

**ALMANYA ÖZELİNDE DÖNGÜSEL EKONOMİ PERSPEKTİFİNDEN GSYİH VE GERİ DÖNÜŞÜM İLİŞKİSİ: ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ****Ayşe Nur ÇIRAK**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü

aysenurcirakk8@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7988-0706

**Öz**

Çalışmada döngüsel ekonomide lider ülkeler arasında yer alan Almanya'nın atık geri dönüşümü ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkisi analiz edilmiştir. Döngüsel ekonomi; ekonomik büyümeyi doğal kaynak kullanımından ayırmak için malzeme girdilerinin azaltılıp atık oluşumunu en aza indirmeyi amaçlayan şemsiye bir kavramdır. Bu kavramın en önemli unsuru geri dönüşüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Analizde 2000-2018 dönemi GSYH değişimi, ambalaj ve kâğıt ve karton atıkları geri dönüşüm oranları kullanılmıştır. Bağımlı değişken GSYH seçilirken bağımsız değişkenler de ambalaj ve kâğıt ve karton atıkları geri dönüşüm oranları ele alınmıştır. Çalışmada Augmented Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi, En Küçük Kareler (EKK) Yöntemi ve Engle-Granger Eşbütünleşme testleri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında değişkenler arasında nedensellik ilişkisi bulunmadığı ancak uzun dönemde eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kâğıt ve karton atık geri dönüşüm değişkenindeki 1 birimlik artış bağımlı değişken olan GSYH'yi 0,723005 birim azaltırken; ambalaj atıkları geri dönüşüm değişkenindeki 1 birimlik artış bağımlı değişken GSYH'yi 0,446706 oranında artırdığı sonucu elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Döngüsel Ekonomi, Geri Dönüşüm, GSYH, Atık Yönetimi**JEL Kodu:** Q01, Q20, Q50**THE RELATIONSHIP OF GDP AND RECYCLING FROM THE PERSPECTIVE OF CIRCULAR ECONOMY IN GERMANY: TIME SERIES ANALYSIS****Abstract**

In the study, the relationship between waste recycling and economic growth in Germany, which is among the leading countries in the circular economy, was analyzed. Circular economy; it is an umbrella concept that aims to reduce material inputs and minimize waste generation in order to separate economic growth from natural resource use. The most important element of this concept is recycling. In the analysis, the 2000-2018 period GDP change, packaging and paper and cardboard waste recycling rates were used. While selecting the dependent variable GDP, packaging and paper and cardboard waste recycling rates were considered as independent

variables. The tests used in the study were Augmented Dickey-Fuller (ADF) Unit Root Test, Least Squares Method test and Engle-Granger Cointegration test. In the results of the analysis, it was concluded that there was no causal relationship between the variables, but that they were cointegrated in the long run. While 1 unit increase in the paper and cardboard waste recycling variable decreased the dependent variable, GDP, by 0.723005 units; It was concluded that 1 unit increase in the packaging waste recycling variable increased the dependent variable GDP by 0.446706.

**Keywords:** Circular Economy, Recycling, GDP, Waste management

**Jel Code:** Q01, Q20, Q5

## GİRİŞ

Sanayi devriminden günümüze kadar kaynakların bilinçsizce kullanılması, nüfusun hızla artması ve diğer sosyoekonomik faktörler nedeniyle her geçen gün doğaya geri dönülemez zararlar verilmekte ve doğal kaynaklar aşırı düzeyde tüketilmektedir. Bu durum 1970'li yıllara kadar göz ardı edilmiş ve küreselleşmenin de getirmiş olduğu tüketim artışı ile atıkların çoğalması, kaynakların hızla tüketilmesi, karbon salınımının artması gibi doğal çevre sorunlarını gün yüzüne çıkarmıştır. Birçok ülke ve uluslararası kuruluşun dikkatini çeken bu sorunlar onları yeni politikalar ve yeni yöntemler arayışına itmiştir. Bu gelişmeler sonucunda da "al-yap-kullan-at" temeline dayanan doğrusal ekonomi modelinden uzaklaşmıştır. Doğrusal ekonomi yerine "sıfır atık" temeline dayanan ve atık oluşumunu en aza indirmeyi ve malzeme girdisini azaltmayı hedefleyen döngüsel ekonomi anlayışı benimsenmiştir. Döngüsel ekonomi anlayışı ilk olarak Almanya tarafından yasal zeminde ortaya atılmıştır ancak döngüsel ekonomi isminin yerine kapalı döngüler ve atık bertarafı terimleri kullanılmıştır. Daha sonra Avrupa Birliği (AB), Almanya'nın atık yönetimi konusunda yapmış olduğu çalışmaları baz alarak AB Döngüsel Ekonomi Paketini hazırlamış ve pakette atıkların geri dönüşümü başta olmak üzere döngüsel ekonomi ilkelerini hedef olarak sunmuştur.

Çalışmanın amacı Almanya'nın ambalaj ve kâğıt atık geri dönüşüm oranları ile büyüme ilişkisi analiz etmektir. Çalışmanın bağımlı değişkeni gayri safi yurtiçi hasıla değişim oranı (GSYH) ve bağımsız değişkenleri sırası ile ambalaj atıkları geri dönüşüm oranı (GD) ve kâğıt ve karton ambalaj atıkları geri dönüşüm oranı (KA) seçilmiştir. Analizde Augmented Dickey-Fuller Birim Kök Testleri uygulanmış ve seriler durağanlaştırılmıştır. Daha sonra Engle-Granger eşbütünleşme testi uygulanmıştır ve kısa dönemde nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Ancak uzun dönemde değişkenler arasındaki ilişki eşbütünleşik çıkmıştır.

### 1. DOĞRUSAL EKONOMİ

İngilizcede take-make-dispose şeklinde tanımlanan ve Türkçedeki karşılığı al-yap-at olan doğrusal ekonomi, hammaddenin alınıp işlemlerden geçirilerek ürün haline dönüştürülür daha sonra tüketiciye ürün halinde sunulup ve en son aşaması da atık olarak doğada yer bulması sürecidir. Aynı zamanda atıklar sadece son aşamada değil ürünün işlenmesi sırasındaki tüm aşamalarda da meydana gelip doğaya karışmaktadır. Kısaca doğrusal ekonomi modelinde sadece tüketim aşaması değil üretim aşaması da atık oluşumuna neden olmaktadır. Doğrusal

ekonomide üretim sürecindeki öncelikler sırasıyla maliyetlerin düşük tutulması, maksimum satış ve aşırı kâr amacı olarak sayılabilmektedir. Bu süreç içerisinde birinci öncelik çevreden ziyade sanayidir. Ancak bu yaklaşımın çevreye vermiş olduğu zararlara dikkat çekilmesi ile sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ön plana alınmıştır. Norveç Başbakanı Gro H. Brundlandt'ın başkanlık ettiği Brundtlandt Komisyonu olarak da isimlendirilen, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun "Ortak Geleceğimiz" isimli raporu ile sürdürülebilir kalkınma anlayışı, uluslararası alanda yer bulmuştur (Önder, 2018, s. 197-198).

Nüfusların büyümesi, kentlerin genişlemesi, kaynak çıkarımlarının ulaşılması zor yerlere taşınması ve doğal sermayenin tükenmesi ile ilişkili olarak çevresel maliyetlerin de artmasına yol açmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda özellikle 21. Yüzyılda birçok firma doğrusal ekonomi modelini terk edip hem maliyetleri azaltan hem de riskleri en aza indiren döngüsel ekonomi modeline geçmiştir (EMAF, 2013b, s. 14).

## 2. DÖNGÜSEL EKONOMİ

Döngüsellik kavramı derin tarihsel ve felsefi kökenlere sahiptir. Walter Stahel'in işlevsel hizmet ekonomisi (performans ekonomisi); William McDonough ve Michael Braungart'ın cradle to cradle (beşikten beşiğe) tasarım felsefesi bu kökenlerden birkaçıdır. Bu kavram II. Dünya Savaşı'ndan sonra öncelikli hale gelmiştir (EMAF, 2013a). Döngüsel ekonomi (CE) kavramı ilk olarak iki İngiliz çevre ekonomisti Pearce ve Turner tarafından ortaya atılmıştır (Su vd., 2013: 215). Döngüsel ekonomi kavramının temelinde daha az malzeme kullanımı ve kaynak verimliliği yer alır. Dolayısıyla kaynakların yeniden kullanımı, azaltılması ve geri dönüşüme gönderilmesi bu kavramın en önemli yapıtaşlarıdır. Bu üç yapıtaşı kavram döngüsel ekonomisin 3R'si (recycle, reuse, reduction) olarak literatürde yer almaktadır (Kozal ve Barbaros, 2020, s. 27).

Döngüsel ekonomi, ekonomik büyümeyi doğal kaynak kullanımından ayırmak için malzeme girdisinin azaltılmasını ve atık oluşumunun en aza indirilmesini içeren şemsiye bir kavramdır. Bir şemsiye kavramı olarak Döngüsel Ekonomiye tanımlamak zordur. Bazı yazarlar fikir birliğine dayalı ve daha geniş bir tanım önerirken, bazı yazarlarsa tek bir tanımın yetersiz olacağını savunmaktadır. Döngüsel ekonomiyi tanımlamada yol gösterici olarak, *sensu stricto* (dar anlamlı) ve *sensu latu* (geniş anlamlı) olmak üzere döngüsel ekonomiyi temsil eden iki tanım kullanılmaktadır. *Sensu stricto* tanımının dar bir odağı vardır. Döngüsel ekonomiyi doğrusal ekonomiden ayıran iki özellik vardır. Bu özellikler 'kaynak döngülerini yavaşlatma ve kapatma' şeklindedir. Yavaşlatma; bir ürünün ömrünü uzatmak için onarım, yeniden üretim vb. gibi faaliyetlerle olmaktadır. Kapatma ise; kullanım sonrası ve üretim arasındaki döngü kapandığında döngüsel bir kaynak akışının olup atıkların ikincil kaynaklara dönüştürülmesi ile gerçekleşmektedir. *Sensu latu* tanımının ise daha geniş bir odak noktası vardır. Döngüsel ekonominin ekosistem işleyişini ve insan refahını en üst düzeye çıkarmak için hem süreç hem de çıktı olarak planlama, kaynak sağlama, tedarik, üretim ve yeniden işlemenin tasarlandığı ve yönetildiği bir ekonomik model olduğu şeklinde yapılan tanımdır. Bunun üzerine *sensu latu* tanımı, odağı sürdürülebilirliğe ve döngüsel ekonomi stratejilerinin ekonomi, çevre ve toplum üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır (Moraga vd., 2019, s. 452-453).

Döngüsel ekonomi kavramı 21. yüzyılda farklı uluslar, kuruluşlar, akademik kurumlar, politika yapıcılar ve işletmeler tarafından ilgi gören bir kavram olmuştur. Döngüsel ekonomi doğrusal bir üretim ve tüketim modelini içeren açık döngü kurulumunu kapalı döngü kurulumu olan dairesel bir sisteme dönüştürme prensibine göre çalışmaktadır. Kapalı döngü; döngüsel bir kurulumda ürünleri, malzemeleri ve hizmetleri geri dönüştürme, azaltma ve yeniden kullanma ilkeleri çerçevesinde mümkün olduğu kadar aktif kullanımları ile sağlanmaktadır (Goyal vd., 2021, s. 1).

## LİTERATÜR TARAMASI

Küreselleşen dünyada tüketimin hızla artması sonucu doğal kaynaklar hızla azalmaktadır. Bu nedenle ülkeler farklı yöntemler arama arayışına girmişlerdir. Bu yüzden günümüzde döngüsel ekonomi doğrusal ekonomiye göre daha çok tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında döngüsel ekonominin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerine odaklanarak belirli sayıda çalışmalara yer verilmiştir.

Androcineau, Kinnunen ve Georgescu (2021); yapmış oldukları çalışmada zaman serileri analizi kullanarak döngüsel ekonomi, ekonomik büyüme ve çevre konularına odaklanmışlardır. Çalışmada spesifik korelasyon ve nesnel analiz sonucuna göre belediye atıklarının geri dönüşüm oranı ile insanı gelişim endeksi arasında 0,72 oranında güçlü bir pozitif korelasyona ulaşılmıştır. Çalışmada GSYH büyümesi insanı gelişmeye dahil edilmiştir. İnsani gelişim endeksi tarafından ölçülen en gelişmiş alanların en çok çevre koruma, geri dönüşüm, yenilenebilir enerji kaynakları ve ARGE'ye de yatırım yaptığı görülmüştür. Çalışmada döngüsel ekonominin Almanya, Avusturya ve Hollanda gibi Batı Avrupa ülkeleri ile İskandinav ülkeleri tarafından Avrupa Birliği'nin Doğu ve Güney bölgelerine (Yunanistan, Letonya, Bulgaristan ve Romanya) göre daha iyi kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Apaydın (2020); yapmış olduğu çalışmada atıkların geri dönüştürülmesi, kompost ve bertaraf edilmesi ile ekonomik büyüme ilişkisi analiz edilmiştir. Çalışmada panel kantil regresyon yönteminden yararlanılarak OECD ülkelerinin 2000-2017 dönemine ait verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak tüm atık yönetim biçimleri ile ekonomik büyüme arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Özellikle geri dönüştürülen ve kompost edilen atık oranının ekonomik büyümeyi daha fazla etkilediği sonucuna varılmıştır.

Ateş (2021); yapmış olduğu çalışmada 27 AB üyesi ülkeleri ile İngiltere, İzlanda ve Norveç'in 2008-2017 dönemindeki GSYH ile elektronik, evsel, ambalaj, plastik, kâğıt, metal, cam, odun atıklarının geri dönüşüm oranları arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada geri dönüşüm oranlarının genel olarak GSYH'yı olumlu etkilediği görülmüştür. Ancak çalışmada kullanılan bazı değişkenlerin (eski otomobil ve akseslarının, plastik ve ambalaj atıklarının) geri dönüşüm oranı ile GSYH arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Geri dönüşümden elde edilen hammaddelerin sanayi için kullanılan bazı hammadde ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kaldığı sonucuna varılmıştır. Çalışmanın genel sonucunda geri dönüşümün GSYH'yı artırdığına ulaşılmıştır.

Busu (2019); yapmış olduğu çalışmada belediye atıklarının geri dönüşüm oranı ile kaynak verimliliği ve yeşil enerji kullanımına dayalı ekonomik büyüme analiz edilmiştir. Çalışmada

2008-2017 yılları arası 27 Avrupa Birliği ülkesi verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışmada yenilenebilir enerji, kaynakların verimliliği, geri dönüşüm oranı, çevresel istihdam ve inovasyon faktörlerinin ekonomik büyümenin önemli faktörleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Busu ve Trica (2019); yapmış oldukları çalışmada döngüsel ekonomi göstergelerinin sürdürülebilirliğini analiz etmek amaçlanmıştır. Temel döngüsel ekonomi faktörlerinin AB ekonomik büyümesine bağımlılığı panel verilerle çoklu doğrusal regresyon modeli geliştirilmiştir. Döngüsel malzeme kullanım oranı, belediye atıklarının geri dönüşüm oranı, işgücü verimliliği ve kaynak verimliliğine dayalı ekonomik büyüme modeli analiz edilmiştir. Sonuç olarak döngüsel ekonominin kaynakların arzını sürdürmeye yardımcı olarak ekonomik büyümeye ve sosyal yaşama katkıda bulunduğu belirlenmiştir.

Hysa vd. (2020); yapmış oldukları çalışmada döngüsel ekonominin sürdürülebilirliğini ve kalkınmayı destekleyen ana bileşenleri belirlemek, AB ülkelerinin ekonomik büyümesinde bu değişkenlerin etkisini kontrol etmek ve döngüsel ekonominin ekonomik büyüme için önemini bulmak amaçlanmıştır. Çalışmada sabit etki panel veri analizi ve genelleştirilmiş momentler yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın bulgularında döngüsel ekonomi ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Kuşkaya ve Bilgili (2020); yapmış oldukları çalışmada ABD ekonomisi özelinde atık enerji tüketimi ve sanayi üretim endeksi arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Çalışmada değişkenlerin hem zaman hem de frekans alanlarında analizini sağlayan dalgacık analizi kullanılmıştır. Çalışmanın bulgularında ise atık enerji tüketimi ile sanayi üretim endeksi arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Utkulu ve Bilik (2020); yapmış oldukları çalışmada AB üye ülkeleri çerçevesinde atık yönetimi ve ekonomik büyüme ilişkisi analiz edilmiştir. Çalışmada Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) kullanılarak 27 AB ülkesi parametreleri elde edilmiştir. Model tahmin bulgularına göre elektronik atık geri dönüşüm oranı, belediye atıklarının geri dönüşüm oranı ve yurtiçi malzeme kullanım oranının ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkiler bıraktığı sonucuna ulaşılmıştır.

Vuta vd. (2018); yapmış oldukları çalışmada belediye atıkları, ambalaj atıkları ve biyolojik atıkların malzeme yaşam döngüsünü uzatmak amacıyla ekonomik büyüme üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Çalışmada Avrupa Birliği'nin 28 üye ülkesinin 2005-2016 dönemine ait verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak belediye atıklarının geri dönüşüm oranındaki %1'lik artışın kaynak verimliliğini 0.01307 oranında artırdığı; araştırma ve inovasyondaki %1'lik artışın ise GSYH'yı 0,159988 artırdığı belirlenmiştir.

Literatürde genel olarak döngüsel ekonominin ekonomik büyümeye yönelik pozitif yönlü ilişkisine yer verilmesinin yanı sıra döngüsel ekonomiyi önermeyen çalışmalarda mevcuttur. Örneğin

Zink ve Geyer (2017); yapmış oldukları çalışmada döngüsel ekonominin kar amacı gütmeyen firmalar için çekici olmadığını vurgulamışlardır.

## 2.1.Almanya’da Döngüsel Ekonomi

Döngüsel ekonomi kaynakların sorumlu ve döngüsel kullanımını teşvik etmeye yönelik bir yaklaşımdır. Son yıllarda çevreye olan yükleri en aza indirmek ve ekonomik büyümeyi artırmak için döngüsel ekonomi birçok ülke tarafından bir politika olarak kabul edilmiştir. (Moraga vd., 2019, s. 452). Doğal kaynakları kısıtlı bir ülke olan Almanya neredeyse tüm girdilerini ve diğer birçok teknoloji hammaddesini yurtdışından ithal etmek durumundadır. Yerli hammadde kullanımı özellikle metallerde ithalata bağımlılığı azaltmanın bir yoludur. Bu yüzden geri dönüşüm ekonomik ve ekolojik olarak temel bir strateji olmaktadır. Alman şirketleri yurtdışından getirilen ve daha sonra Almanya’da dönüştürülüp yurt içinde üretilen ikincil hammaddeleri sınırlı ölçüde kullanabilmektedir. Örneğin; cep telefonu gibi kullanılmış ürünlerden mineral veya plastik malzemeleri, metalleri ve ahşabı geri kazanarak kentsel alanları bir madene dönüştürerek "kentsel madencilik" kavramı ortaya çıkmıştır. Bu eğilimler giderek Avrupa’da daha görünür hale gelmiş ve tasarım gereği onarıcı ve yenileyici olan doğrusal bir ekonomik modelden dairesel bir ekonomik modele geçişi tetiklemiştir. Bu durumda Avrupa Birliği (AB) Döngüsel Ekonomi Paketi, Avrupa’nın döngüsel ekonomiye geçişini sağlamayı amaçlamıştır (Neligan, 2016, s. 4).

AB döngüsel ekonomi paketinde 2030 yılına kadar belediye atıklarının ve ambalaj atıklarının %75’inin geri dönüştürülmesi ve ayrı olarak toplanan atıkların çöpe atılmasını yasaklaması gibi hedefler belirlemiştir. Almanya 2018 yılında belediye geri dönüşüm hedefini yakalayan tek ülke olmuştur (Musulin, 2018).

Federal Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı’nın hazırlamış olduğu "Almanya’da Atık Yönetimi 2020" isimli broşürde döngüsel ekonomi temelinde atık yönetiminin kazanımları grafik 1’de anlatılmıştır. Son yıllarda kaynakların bilinçsizce kullanılan kaynakların sürdürülebilir yönetimi için dünya çapında bir araç olarak kabul edilen “döngüsel ekonomi”, hammaddelerin olabildiğince verimli kullanılmasına ve uzun vadede ekonominin korunmasına dayanmaktadır. Ürün tasarımı, üretimi, ticareti ve tüketimi yoluyla hammaddelerin çıkarılmasından yeniden kullanım ve geri dönüşüm yoluyla döngülerin kapatılmasına kadar uzanır. Döngüsel ekonomi döngüleri kapatma noktasından, yani israf perspektifinden ekonomik döngünün ötesine geçer. Aynı zamanda hammadde temini, tedarik, eko-tasarım ve atık önleme sorularını da içerir. Almanya’da çevre politikasının bu alanına "kaynak verimliliği" denilmektedir (BMU, 2020b, s. 5).

### 2.1.1. Yasal Dayanak

Döngüsel ekonominin başlangıç noktası 1996 yılında Almanya’da "Kapalı Madde Döngüsü ve Atık Yönetimi Yasası" ile olmuştur. Bu yasa kapalı atık yönetimi sağlayarak çevreye uyumlu atık bertarafını sağlamıştır (Su vd., 2013, s. 215). Günümüzde Almanya’da döngüsel ekonomi ile ilgili en güncel konumdaki yasa 1 Haziran 2012’de yürürlüğe girmiştir. Mevzuatta "KrWG" olarak geçen "Geri Dönüşüm Yasası" döngüsel ekonomiyi teşvik etmek ve atıkların çevre dostu yönetimini sağlamak için yürürlüğe konulmuştur. Kanununun 1. bölümünde yasanın kapsamı açıklanmıştır. Aynı zamanda yasanın kapsamında yer alan maddeler günümüzde Almanya’da kullanılmakta olan "Atık hiyerarşisini" de yansıtmaktadır (KrWG, M.1);

- İsrافی önlemek
- Yeniden kullanıma hazırlık
- Geri dönüşüm
- Diğer geri kazanımlar (Enerji kazanımı)
- Eliminasyon (Bertaraf)

yer almaktadır. Yasanın ikinci bölümünde atık üreticileri ile kamu atık bertaraf kurumlarının ilke ve görevleri ve döngüsel ekonomi için gerekliliklere yer verilmiştir. Döngüsel ekonomi için gereklilikler (KrWG, M.3);

- Tür, kalite veya içeriklerine göre ürün/ürünlerde belirli atıkların bulunmasını kısıtlamak veya yasaklamak,
- Atıkların ayrı toplanması, işlenmesi, taşınması ve depolanması için kurallar koymak,
- Her biri tek tip bir geri dönüşüm kutusunda veya benzer ürünlerle geri dönüştürülme yoluyla toplama ve dağıtım sistemleri ile atıkların sağlanması, teslim edilmesi ve toplanmasını belirlemek,

şeklinde kurallar belirtilmektedir.

9 Aralık 2020 tarihinde Geri Dönüşüm Yasası'nın 2. Maddenin 2. Fıkrasında, çevreye çöp atılmasına ve kaynakların israfına karşı yeni araçlar önerilerek değişiklik getirilmiştir. Değişiklik; tek kullanımlık plastik üreticileri ve perakendecilere yönelik olup park ve sokakların temizlik masraflarını karşılamaları için getirilmiştir (BMU, 2020a).

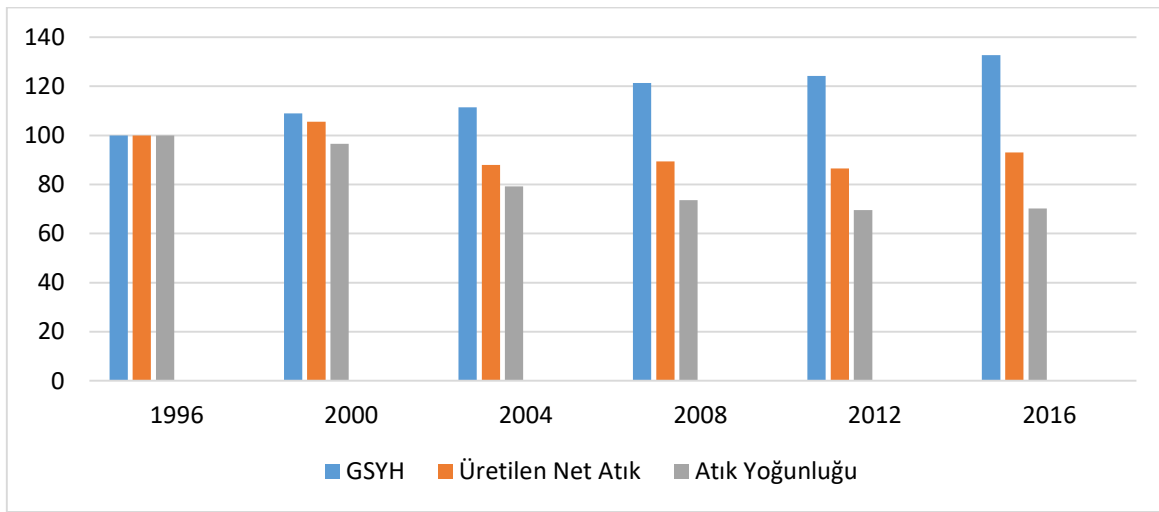
### 2.1.2. Uygulanan Yöntemler

Almanya'da atık yönetimi konusundaki farkındalık 1980'lerin başlarında, çevre politikası, atık yönetiminin daha da geliştirilmesi olarak başlamış ve döngüsel ekonomiye büyük ölçüde önem verilmiştir. Almanya'da yapılan uygulamalar neticesinde vatandaşlar atık ayırma ve geri dönüşüm konusunda büyük ölçüde duyarlı hale gelmiştir. Modern ayrıştırma, arıtma ve geri dönüşüm teknolojileri tanıtılmış ve geri dönüşüm kapasiteleri genişletilmiştir. Almanya, geri dönüşüm ve atık bertarafı konusunda zorluklar yaşadığını belirtmekle birlikte AB'nin de yasal çerçevede yer vermesi ile eş zamanlı olarak geri dönüşüm hedeflerindeki artışla Almanya'da sayısal olarak atık yoğunluk oranında keskin bir şekilde azalma hedeflemektedir. Bu nedenle, birincil hammaddelerin kullanımını ve buna bağlı çevre kirliliğini azaltmak ve geri dönüşümü artırmak için henüz kullanılmayan potansiyelden yararlanma konusu olmaya devam edeceği belirtilmiştir (BMU, 2020b, s. 4-5).

Almanya'da Doğa Koruma Derneği olan NABU (2021)'nin yapmış olduğu çalışmada Almanya'daki her insanın her yıl yaklaşık 16000 kg ham madde tükettiğine ulaşılmıştır. Kullanılan bu hammaddenin en fazla %12'si geri dönüşümden oluşmaktadır. Bu durum Almanya ekonomisinin dairesel yapıdan ziyade doğrusal bir yapıda olduğunu göstermektedir ve çalışmanın diğer bir sonucu da dairesel malzeme kullanım oranının %12 olduğuna ulaşılmıştır. AB Komisyonu dairesel malzeme kullanım oranını döngüsel ekonominin merkezi bir göstergesi olarak kullanmaktadır ve 2030 yılına kadar AB'deki döngüsel malzeme kullanım oranını iki katına çıkartmayı hedeflemektedir (NABU, 2021).

Almanya döngüsel ekonomiye geçişte istikrarlı ülkelerden biridir ve bu yüzden atık yönetimine önem vermektedir. Almanya Federal İstatistik Ofisi'nin 4 Haziran 2021 tarihli 261 numaralı basın bülteninde yapmış olduğu açıklamada 2019 yılında Almanya'da atık hacmi 416,5 milyon ton olduğu belirtilmiştir. Atık miktarı bir önceki yıla göre %0,02'lik bir düşüş sağlamıştır. Toplam atık hacminin büyük bir kısmını %55,4 (230,9 milyon ton) ile "inşaat ve yıkım" atıkları oluştururken üretim ve ticaretten kaynaklanan toplam atık hacmi (50,7 milyon ton) %12,2'sini oluşturmaktadır. Belediye atıkları da %12,2 ve maden kaynaklarının çıkarılması ve işlenmesinden kaynaklanan atıklar %6,8'sini oluşturmaktadır. Bu atıklardan 2019 yılında 339,8 milyon tonu yani %81,6'sı geri dönüştürülmüştür. Atıkların %16,5'i düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmiştir (DESTATIS, 2019).

**Grafik 1:** Almanya'da Yıllara Göre Atık Üretimini Ekonomik Çıktıdan Ayırıştırılması



Kaynak: (BMU, 2020b: 9).

Almanya 2000'li yılların başında üretilen atığın ve atık yoğunluğunun azaltılmasının GSYH üzerinde olumlu etkisi olduğunu fark etmiş ve atık yönetimi ve bertarafı konusuna önem vermiştir. Grafik 1'de görüldüğü üzere Almanya'da 2000 yılından 2016 yılına kadar istikrarlı bir şekilde atık yoğunluğu ile büyüme arasında ters bir ilişki olduğu görülmektedir. Atık yoğunluğu azaldıkça GSYH'deki büyüme gittikçe artmaktadır. Almanya'da atık yönetimi büyük ve güçlü bir sektör haline gelmiştir. Almanya, 2020 yılı verilerine göre 11.000 şirkette 270.000'den fazla çalışana istihdam sağlamakta ve yıllık yaklaşık 70 milyar Euro ciro sağlamaktadır. Ülke genelinde belediye atıkları, üretim ve kumaş atıkları, inşaat ve yıkım atıkları için yüksek geri dönüşüm oranları sağlayan 15.500 tesis bulunmaktadır (BMU, 2020b, s. 5).

Almanya'da atık yönetiminde uygulanan diğer bir yöntem ise insanların sıfır atığa yönelik farkındalıklarını artırmak için her yıl kasım ayında kutlanmış oldukları Avrupa Atık Önleme Haftası'dır. Bu yıl ise 20-28 Kasım 2021 tarihlerinde düzenlenecek olan Avrupa Atık Önleme Haftası'nın "Daha az atık için birlikteyiz! Daha fazla sürdürülebilirlik için Topluluğumuz!" sloganı ile sürdürülebilirlik konusuna dikkat çekerek kamuoyu oluşturmayı hedeflemektedirler (DerAbfallvermeidung, 2021).



### 3. YÖNTEM VE ANALİZ

Çalışmanın amacı Almanya'daki geri dönüşüm oranları ile büyüme arasındaki ilişkiyi analiz etmektir. Analiz için çalışmamızda Augmented Dickey-Fuller birim kök testi, Granger nedensellik testi, En Küçük Kareler (EKK) Yöntemi ve Engle-Granger Eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan testlerin teorik çerçevesi ele alınmıştır.

#### 3.1. Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Değişkenler arasındaki yatay kesit bağımlılığının olup olmaması regresyonda elde edilecek sonuçları etkilemektedir. Bu yüzden serilerde ve eşbütünleşme denkleminde yatay kesit bağımlılığının varlığının test edilmesi gerekir. Analizde kullanılan birim kök ve eşbütünleşme testleri seçilirken yatay kesit bağımlılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Yatay kesit bağımlılığı göz önünde bulundurulmadığında yapılan analizler hatalı sonuçlar vermektedir. (Göçer vd. 2012, 456).

Seriler arasında yatay kesit bağımlılığı Berusch-Pagan (1980) LM incelenebilmektedir. Berusch-Pagan (1980) LM testi zaman boyutu yatay kesit boyutundan büyük olduğunda ( $T > N$ ), kullanılabilir. Bu testler, grup ortalaması sıfır fakat bireysel ortalama sıfırdan farklı olduğunda, sapmalı olmaktadır. LM test istatistiği ilk haliyle aşağıdaki gibidir (Mercan, 2014, s. 235);

$$CDLM1: T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N P_i^2 \sim X^2 \frac{N(N-1)}{2}$$

Daha sonra düzenlenerek;

$$LM_{adj} : \left( \frac{2}{N(N-1)} \right)^{1/2} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N P_i \frac{2^{(T-K-1)P_{ij}-mT_{ij}}}{uT_{ij}} \sim N(0,1)$$

Burada;  $mT_{ij}$  ortalamayı,  $uT_{ij}$  varyansı göstermektedir. Testin hipotezleri;

$H_0$  : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$  : Yatay kesit bağımlılığı vardır,

şeklinde. Test sonucunda elde edilecek olasılık değeri 0.05'ten küçük olduğunda, %5 anlamlılık düzeyinde,  $H_0$  hipotezi reddedilir ve birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğuna karar verilir (Mercan, 2014, s.235).

#### 3.2. Çoklu Doğrusal Bağlantı ve Varyans Artış Faktörü

Bağımsız değişkenler arasında güçlü ilişkilerin olmasına çoklu doğrusal bağlantı adı verilir. Bu durum regresyon analizinde istenmeyen durumu gösterir. Tam çoklu doğrusal bağlantı durumunda regresyon katsayıları belirsizdir Ayrıca regresyon bu katsayıların standart hataları sonsuz olmaktadır. Çoklu doğrusal bağlantı halinde regresyon katsayılarının varyans ve kovaryansları artmaktadır. Dolayısıyla ilgili bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenle olan ilişkilerinin yönü kuramsal ve ampirik beklentilerle çelişmektedir. (Albayrak, 2005, s. 109).

Çoklu doğrusal bağlantıyı tespit etmek için kullanılan yöntemlerden biri varyans artış faktörüdür. Bağımsız değişkenlere ait korelasyon matrisinin tersinin köşegen öğelerine VIF denilmektedir. VIF bir bağımsız değişkenin diğer bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin derecesini hesaplamak için kullanılır. VIF 10'a eşit veya daha büyük ise çoklu doğrusal bağlantı problemi ile karşılaşılmaktadır (Büyükuysal ve Öz, 2011, s. 111).

Değişkenin regresyon tahmininin standart hatası  $j(\beta_j)$ ;

$$Se(\beta_j): \sqrt{\hat{\sigma}^2 / \sum X_j^2} * \sqrt{1/1-R_j^2}$$

Regresyon denkleminde yalnızca bir değişken olduğunda veya değişkenlerin korelasyon katsayısı sıfıra eşit olduğunda denklemin  $1/(1 - R_j^2)$  değerinin 1'e eşit olması gerekir. Bu terim  $1/(1 - R_j^2)$ , varyans artış faktörü (VIF) olarak bilinir. Korelasyon 0'dan farklı bir değer aldığında VIF değeri artar. Bu durumda regresyon parametresinin standart hata değerleri VIF'nin karekökü ile artmaktadır. VIF'nin karşılığı tolerans ile ifade edilmektedir ve  $1 - R_j^2$ 'ye eşittir. Modelde yer alan her bir tahmin edici analizdeki diğer tüm tahmin edicilere gerilemektedir. Tolerans ve VIF değerleri için genel bir kural; toleransın 0,1'den az olmaması ve VIF'nin 10'dan büyük olmaması gerektiğidir. Tolerans değerlerinin 0,1'den az olması ve VIF değerlerinin 10'dan büyük olması durumunda çoklu bağlantı problemi ile karşılaşılmaktadır (Miles, 2014, s. 1-2).

### 3.3. Breusch-Godfrey LM Otokorelasyon Testi

Breusch-Godfrey LM Otokorelasyon testinin tarihi bir regresyon modelinde otokorelasyonlu hatalar için klasik testleri tanıtan Durbin ve Watson'un (1950) makalelerine kadar uzanmaktadır. Diğer bir adıyla yanlış tanımlama testi (Breusch-Godfrey LM) genişletilerek yerine alternatif testler önerilmiştir. Dolayısıyla yapılan çalışmalar bilinen asimptotik özelliklere sahip test istatistiklerini oluşturmak için mevcut olan genel yöntemlere yani olabilirlik oranı (LR), Wald ve Lagrange çarpanı (LM) yöntemlerine yöneltilmiştir. Bu testler içerisinde en büyük ilgi LM testlerine olmuştur çünkü LM testleri yanlış tanımlamanın olmadığı sıfır hipotez altında tahmin çıkarımında bulunur. LM testlerinin pratik kullanımına ilişkin ilk atılımlar Breusch (1978) ve Godfrey (1978) tarafından yazılan makalelerle olmuştur. Bu yazarlar LM otokorelasyon testinin ilk regresyonun orijinal model üzerinde gerçekleştirildiği bir çift regresyon testine asimptotik olarak eşdeğer olduğunu göstermiştir. İlk regresyonda tahmin edilen atıklar daha sonra ikinci regresyonda bağımlı değişkenler olarak kullanılır. Test istatistiği; sıfır hipotezi altında asimptotik olarak dağıtılan kıkare ile yardımcı regresyondan elde edilen belirleme katsayısının çarpımı sonucu elde edilir (Edgerton ve Shukur, 1999, s. 1-2).

Stokastik denklemlerden oluşan genel bir dinamik model;

$$Y_t: X_t B + Y_{t-1} R_1 + \dots + Y_{t-H} R_H + \theta t^l$$

Burada  $Y_t$  ve  $\epsilon_t$ ,  $(1 \times n)$ ;  $X_t$ ,  $(1 \times m)$ ;  $R$ ,  $(n \times n)$  ve  $B$  de  $(m \times n)$  olacak şekilde ifade edilmiştir. Tüm  $t \neq s$  eşitsizliklerinde  $E(\epsilon_t' \epsilon_s) : 0$  otokorelasyonun olmadığı boş hipotezin altında hata kovaryans matrisi  $E(\epsilon_t', \epsilon_s) : \sum \epsilon_t'$  şeklinde gösterilir. Denklem birinci regresyon olarak adlandırılır (Edgerton ve Shukur, 1999, s. 4).

Breusch-Godfrey testi ilk olarak;

$\hat{E}=(I_t-Z(ZZ')^{-1}Z')Y$  regresyonundan en küçük kareler artıkları hesaplanarak gerçekleştirilir. Burada  $Y$  içsel değişkenler matrisini ( $T*n$ ) ve  $Z=(XY-1...XY-H)$  ise ( $T*lm+Hnl$ ) dışsal ve gecikmeli içsel değişkenler matrisini göstermektedir. Bu artıklar daha sonra aşağıdaki yardımcı denklemde kullanılır (Edgerton ve Shukur, 1999, s. 5);

$$\hat{E}_t=X_tB+Y_{t-1}R_1+\dots+Y_{t-H}R_H+\hat{E}_{t-1}\psi_1+\dots+\hat{E}_{t-G}\psi_G+\xi_t'$$

BG testi hipotezi aşağıdaki gibidir;

$H_0$ :  $\psi_1=\dots=\psi_G=0$  ve bu denklemde gecikmeli artıkların ( $G$ ) sayısına karar verilmelidir.

$E_t=E_{t-1}P_1+\dots+\xi_{t-g}P_g+u_t'$  bu denklemde  $u_t$  kovaryans matrisi  $\sum u'$  ile çok değişkenli beyaz gürültüdür. Breusch ve Godfrey, MA(g) işleminin alternatifinin aynı zamanda yardımcı regresyona yol açtığını göstermiştir. LM testlerinin pratik kullanımına ilişkin ilk atılımlar Breusch (1978) ve Godfrey (1978) tarafından yazılan makalelerle olmuştur. Bu yazarlar LM otokorelasyon testinin ilk regresyonun orijinal model üzerinde gerçekleştirildiği bir çift regresyon testine asimptotik olarak eşdeğer olduğunu göstermektedir (Edgerton ve Shukur, 1999, s. 5-6).

### 3.4. Augmented Dickey-Fuller Birim Kök Testi

Standart regresyon analizinde serilerin durağan olmaması sahte regresyon sorununu oluşturmaktadır. Bu yüzden serilerin durağan olup olmadığını belirlemek için birim kök testleri uygulanmaktadır (İçellioğlu ve Öztürk, 2018, s. 61). Çalışmada Augmented Dickey-Fuller birim kök testi uygulanmıştır.

İstatistiksel olarak durağan bir testte Dickey-Fuller (DF) ilkesi, bir otoregresif modelde bir birim kökün varlığı için sıfır hipotezine dayanır. DF, sıfır hipotezi altında, yani  $\Pi = 0$  ise,  $X_{t-1}$  katsayısının tahmini  $t$  değerinin  $\tau$  (tau) istatistiğini takip ettiğini göstermiştir. Tau istatistiği veya testi, DF testi olarak bilinir. DF, kritik tau değerlerini hesaplamıştır ve tablo halinde elde edilebilir. DF testi genellikle üç farklı sıfır hipotezi altında karşılık gelen denklemleriyle üç model üzerinde tahmin edilir. Ancak, diğerleri çoğunlukla finans alanında ekonomistler tarafından kullanıldığı model için yalnızca bir rastgele yürüyüş denklemini dikkate alınmaktadır (Ramenah vd. 2018, s. 48).

Model:  $X_t$ , sabit veya sürüklenme bileşeninin ve trendin olmadığı rastgele bir yürüyüştür:

$$X_t = pY_{t-1} + u_t \text{ ya da } \Delta X_t = \Pi X_{t-1} + u_t$$

Her durumda,  $\Pi = 0$  için sıfır hipotezi verilir, yani bir birim kök vardır ve zaman serisi durağan değildir. Alternatif hipotez, sıfırdan küçük ve zaman serisinin durağan olmasıdır.

Hipotez  $H_0$   $\Pi = 0$ ,  $p = 1$ , bu durumda bu tür seriler durağan olmayan bir seridir.

Hipotez  $H_1$   $\Pi < 0$ ,  $p < 1$ , bu durumda bu tür seriler durağan bir seridir.

$\Pi = 0$  hipotezini test etmek için tau testinin kritik değerlerinin, DF testinin önceki üç spesifikasyonunun her biri için farklı olduğuna dikkat edilmelidir. Tau istatistiğinin ( $\tau$ )

hesaplanan mutlak değeri, tablolardaki DF kritik tau değerlerinden küçükse,  $H = 0$  hipotezi reddedilir, bu durumda zaman serisi durağandır. Öte yandan, hesaplanan  $\tau$  kritik tau değerinden küçükse boş hipotez reddedilmez, bu durumda zaman serisi durağan değildir. DF testi yapılırken temiz dizi (White noise) hata teriminin  $u_t$  ilişkisiz olduğu varsayılmıştır. Ancak,  $u_t$ 'nin korelasyonlu olması durumunda Augmented DickeyFuller (ADF) testi olarak bilinen bir test geliştirmiştir. Bu test, bağımlı değişken  $\Delta X_t$ 'nin gecikmeli değerleri eklenerek yukarıdaki denklemin artırılmasıyla yapılır. Bu denklem aşağıdaki gibi verilir (Ramenah vd., 2018, s. 48-49):

$$\text{Model (1): } X_t = \rho X_{t-1} + \sum_{j=1}^p \psi_j \Delta X_{t-j} + u_t \text{ ya da } \Delta X_t = \rho \Delta X_{t-1} + \sum_{j=1}^p \psi_j \Delta X_{t-j} + u_t$$

ADF modelinin Dickey-Fuller modellerinden farkı bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin modele dahil edilmesi sonucu elde edilmiş olmasıdır. ADF'de de  $\rho = 0$  olup olmadığını test edilir. ADF testi, DF istatistiğiyle aynı asimptotik dağılımı takip eder ve aynı kritik değerler kullanılabilir (Arı ve Yıldız, 2017, s. 312).

### 3.5.Engle-Granger Eşbütünleşme Testi (Nedenselliğe Dayalı Eşbütünleşme Testi)

Granger analizi iki değişken arasındaki nedenselliğin yönünün ampirik olarak test edilebilmesinde en sık kullanılan yöntemdir. 1980'lerin ikinci yarısında geliştirilmeye başlanan eşbütünleşme (cointegration) literatüründe nedensellik ile ilgili teorik tartışmalara önemli katkıda bulunarak eşbütünleşmeye dayalı nedensellik testi uygulanmaya başlanmıştır. Granger, nedensellik testinin uygulanmasını değişkenlerin zaman serileri özelliklerini incelemeye yönünden dolayı eleştirmiştir. İki değişkenin eşbütünleşik olması hata teriminin durağan olmasına bağlıdır. Değişkenlerin hata terimi, düzey değeri ile durağansa değişkenlerin eşbütünleşik olduğu sonucuna varılmaktadır. Engle-Granger çalışmalarında iki değişken arasındaki uzun dönemli bir ilişkiyi araştırırken modelde kullanılan tüm değişkenlerin aynı dereceden durağan olduğunu kabul etmektedir. Değişkenler farklı dereceden durağansalysa Engle-Granger yaklaşımı uygulanmamaktadır (Taban ve Kar, 2006, s. 167).

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \epsilon_t$$

Engle-Granger'a göre iki değişken olan  $Y_t$  ve  $X_t$  arasında uzun dönem bir ilişkinin olup olmadığı yukarıdaki model yardımıyla analiz edilmektedir.

### 3.6.En Küçük Kareler (EKK) Yöntemi

En küçük kareler yöntemleri (EKK) (Least Squares Method) istatistikte en sık kullanılan tekniklerden biridir. Birincisi EKK yöntemi bir dağılımın puanların sapmalarının karelerinin toplamını en aza indiren değerdir. İkincisi, karelerin kullanılmasını EKK yöntemi matematiksel olarak izlenebilir kılmaktadır. Üçüncüsü, EKK'de yer alan matematiksel araçlar ve algoritmalar (türevler, öz bileşim, tekil değer ayrıştırması) nispeten uzun süredir iyi çalışılmış olması EKK'nin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. EKK, modern istatistiğin en eski tekniklerinden birisidir. EKK'nin modern bir istatistiksel çerçevede kullanımı korelasyonun ve regresyon analizinin temellerini oluşturan Galton'a aittir. Günümüz gelişiminde üzerinde çalışılmış olan iki karşıt istatistik devi Pearson ve Fisher EKK yöntemini farklı bağlamlarda kullanmışlar ve

geliştirmişlerdir. Günümüzde EKK, bir fonksiyonu bir veri kümesine sığdırmak için parametrelerin sayısal değerlerini bulmak veya tahmin etmek ve tahminlerin istatistiksel özelliklerini karakterize etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Standart formülasyonunda bağımlı değişkenin (Y) değerini bağımsız bir değişkenin (X) değerleriyle ilişkilendiren bir fonksiyonu bulmak için bir dizi N gözlem  $\{Y_i, X_i\}$  kullanılır. Bir değişken ve doğrusal bir fonksiyon ile tahmin aşağıdaki denklemle verilir (Abdi, 2007, s. 1);

$$\hat{Y} = a + bX$$

Bu denklem, regresyon doğrusunun kesişimini (a) ve eğimini (b) belirleyen iki serbest parametreyi içerir. EKK yöntemi, bu parametrelerin tahminini, ölçümler ve model arasındaki karelerin toplamını en aza indiren değerler olarak tanımlar. Bu, şu ifadeyi en aza indirmek anlamına gelir:

$$\mathcal{E} = \sum_i (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_i (Y_i - (a + bX_i))^2$$

Parametrelerin tahmini, analizden elde edilen temel sonuçlar kullanılarak elde edilir ve ikinci dereceden bir ifadenin türevleri kaybolduğunda minimum değerine ulaşması özelliğini kullanır. E'nin a ve b'ye göre türevi ve bunları sıfıra ayarlamak aşağıdaki denklem setini verir;

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial a} = 2Na + 2b \sum X_i - 2 \sum Y_i = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial b} = 2b \sum X_i^2 + 2a \sum X_i - 2 \sum Y_i X_i = 0$$

Çalışmada otokorelasyon sorunu olmadığı için bu denklemler ile EKK tahmincisi yapılmaktadır.

### 3.7. Analizin Yorumlanması

Çalışmada Almanya'nın 2000-2018 dönemindeki GSYH, ambalaj malzemelerinin geri dönüşüm oranı ve karton ve kâğıt malzemelerinin geri dönüşüm oranı verileri kullanılmıştır. Veriler Statista ve IMF'nin internet sitelerinden alınmıştır. Çalışmada bağımlı değişken gayri safi yurt içi hasıla (GSYH) alınmıştır. Bağımsız değişkenler ise ambalaj malzemelerinin (GD) ve karton ve kâğıt malzemelerini (KA) geri dönüşüm oranlarıdır. Analizlerde EViews 10.0 versiyonundaki ekonometrik paket programı kullanılmıştır.

**Tablo 1:** Breush-Godfrey LM Otokorelasyon Testi

F-Statistic	0.348893	Prob. F (1,15)	0.5635
R-Squared	0.431886	Prob. Chi Square (1)	0.5111

Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çalışmada zaman serileri analizi kullanıldığı için otokorelasyon sorunu olup olmadığı test edilmelidir. Otokorelasyon analizi için B-godfrey testi kullanılmıştır.

H0 hipotezi: Otokorelasyon yok

H1 hipotezi: Otokorelasyon var

Breush-Godfrey testine göre %5 düzeyde 0.05'ten büyük (0.5635) olduğu için anlamlı değildir ve H0 hipotezi kabul edilir. Modelde seriler arasında otokorelasyon sorununun olmadığı sonucuna varılmıştır.

**Tablo 2:** Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

CD Test		Test İstatistiği	
Breush-Godfrey		0.0777	
Değişkenler	t-Statistic	Prob.	
GD	0.000785	0.9994	
KA	0.018937	0.9851	

Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yatay kesit bağımlılığı, daha öncede belirtildiği gibi seriyi oluşturan birimler arasında korelasyonunun varlığını ifade etmektedir. Tablo 2'den izlenebileceği gibi; ambalaj atıkları geri dönüşüm oranı (GD) ve karton ve kâğıt atıkları geri dönüşüm oranına (KA) değişkenlerine ait olasılık değerleri 0.05'ten küçük olduğu için, H0 hipotezleri, güçlü biçimde reddedilmiş, serilerde ve yatay kesit bağımlılığının olduğuna karar verilmiştir.

Yatay kesit bağımlılığını hipotezleri;

H0: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H1: Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Dolayısıyla, %10 anlamlılık düzeyinde H0 hipotezi reddedilmektedir.

Çalışmada kullanılan GD ve KA serileri için, analizin bundan sonraki aşamalarında birim kök testi yapılırken yatay kesit bağımlılığını dikkate alan testler kullanılmalıdır. Bu yüzden çalışmanın bundan sonraki aşamalarında yatay kesit bağımlılığını dikkate alan eş-bütünleşme analizi yöntemleri kullanılmıştır.

**Tablo 3:** Çoklu Doğrusal Bağlantı Testi

Değişkenler	Coefficient	Uncentered VIF	Centered VIF
GD	0.038635	1365.207	12.43814
KA	0.108845	4445.799	12.43814

Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Seriler arasında güçlü ilişkilerin olup olmadığını analiz etmek için çoklu doğrusal bağlantı testi yapılmıştır. Çalışmanın varyans artış faktörü (Centered VIF) sonuçları (12.43814) 1 ve 5 değer aralığı dışında kaldığı için modelde çoklu doğrusal bağlantı sorunu ile karşılaşmıştır. Bu durum

bağımsız değişkenler arasında güçlü ilişkinin ve standart hatanın sonsuz olduğunu göstermektedir.

Çoklu doğrusal bağlantı problemi ortadan kaldırmak için serilerin birinci dereceden farkı alınmıştır.

**Tablo 4:** Serilerin birinci dereceden farkı

Değişkenler	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GD	-0.723005	0.329917	-2.191476	0.0436
KA	0.446706	0.196557	2.272652	0.0372

Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bağımsız değişkenlerin düzey değerleri sırası ile 0.04 ve 0.03 düzeyindedir ve %10 düzeyinde anlamlıdır.

**Tablo 5:** Çoklu Doğrusal Bağlantı Testi

Değişkenler	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
GD	0.106632	1.902081	1.757513
KA	0.137955	1.838509	1.757513

Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Serilerin birinci dereceden farkı alınarak çoklu doğrusal bağlantı testi yapılmıştır. Serilerin varyans artış faktörü (Centered VIF) sonuçları (1.757513) 1 ve 5 değer aralığında yer aldığı için modelde çoklu doğrusal bağıntı sorunu ortadan kaldırılmıştır.

Model yatay kesit bağımlılığı içermektedir ve bununla birlikte modelde otokorelasyon ve çoklu bağlantı sorunu da bulunmamaktadır. Modele birim kök testi uygulanarak serilerin durağanlığı tablo 6'da test edilmektedir.

**Tablo 6:** Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF t-istatistiği	Anlamlılık Düzeyi	Prob.*
GSYH	-4.601975	%1, -3.886751 %5, -3.052169 %10, -2.666593	0.0024
D(GSYH)	-4.637185	%1, -3.959148 %5, -3.081002 %10, -2.631330	0.0029

KA	-1.001153	%1, -3.857386 %5, -3.040391 %10, -2.660551	0.7294
D(KA)	-4.773373	%1, -3.886751 %5, -3.052169 %10, -2.666593	0.0017
GD	-0.473610	%1, -3.857386 %5, -3.040391 %10, -2.660551	0.8754
D(GD)	-4.448951	%1, -3.886751 %5, -3.052169 %10, -2.666593	0.0033

Yazar tarafından oluşturulmuştur.

H0: Birim kök vardır. Seri durağan değildir.

H1: Birim kök yoktur. Seri durağandır.

Çalışmanın birim kök test sonuçlarına baktığımızda bağımlı değişkenimiz GSYH'nin Augmented Dickey-Fuller test istatistiği sonucunun anlamlılık düzeyinden daha küçük olduğu görülmektedir. Düzey değerinin de (0.0024) 0.10 değerinden daha küçük olması serinin birim kök içermediği ve durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. H0 hipotezi kabul edilir. Çalışmanın bağımsız değişkenleri olan kâğıt ve karton malzemelerinin geri dönüşüm oranı (KA) ve ambalaj malzemelerinin geri dönüşüm oranı (GD) Augmented Dickey-Fuller test istatistiğini sonuçlarının anlamlılık düzeyinden daha büyük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda bağımsız değişkenlerin düzey değerlerinin de (KA: 0.7294 ve GD: 0.8754) 0.10 değerinden büyük olması sonucuna varılarak birim kök içerdiği ve serilerin durağan olmadığı görülmektedir. Bu durumda serilerin birinci farkları alınarak seriler durağan hale getirilmiştir.

**Tablo 7:** En Küçük Kareler Yöntemi Sonuçları

Dependent	Variable:	GSYH		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	30.47161	15.40668	1.977818	0.0654
GD	0.446706	0.196557	2.272652	0.0372
KA	-0.723005	0.329917	-2.191476	0.0436

Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Çalışmada en küçük kareler yöntemi uyguladığımızda çıkan sonuçlar tablo 1.'de gösterilmiştir. Ambalaj atıkları geri dönüşüm oranı olan GD bağımsız değişkeninin katsayısı 0.446706 ve kağıt ve karton atıkları geri dönüşüm oranı olan KA bağımsız değişkeninin katsayısı -0.723005 olarak bulunmuştur. Kâğıt ve karton atık geri dönüşüm değişkenindeki 1 birimlik artış bağımlı değişken olan GSYH'yi 0.723005 birim azaltırken; ambalaj atıkları geri dönüşüm değişkenindeki 1 birimlik artış bağımlı değişken GSYH'yi 0.446706 oranında artırmaktadır.

**Tablo 8:** Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Null Hypothesis	Obs	F-Statistic	Prob.
GD does not Granger Cause GSYH	16	1.32270	0.3264
GSYH does not Granger GD		3.08164	0.0829
KA does not Granger Cause GSYH	16	3.15097	0.0791
GSYH does not Granger Cause KA		3.71349	0.0548
KA does not Granger Cause GD	16	0.02657	0.9937
GD does not Granger Cause KA		0.84139	0.5048

Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 3'de değişkenlerin arasındaki nedensellik düzeyleri ölçülmüştür ve düzey değerlerinin 0.05'ten büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda seriler arasında nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

**Tablo 9:** Engle-Granger Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Hypothesized No.of(CE)s	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None*	0.829645	49.75719	29.79707	0.0001
At Most 1*	0.673070	19.66939	15.49471	0.0111
Hypothesized No.of(CE)s	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None*	0.829646	30.08780	21.13162	0.0021
At Most 1*	0.973070	19.00615	14.26460	0.0083

Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4'te değişkenler arasındaki ilişki analiz edilmiştir ve bu analiz için Engle-Granger Eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Test sonuçlarında 0.05 kritik değerde düzey değerleri 0.05'ten küçük bulunduğu için değişkenler durağandır. Sonuç olarak ambalaj atık geri dönüşümü ve kâğıt ve karton atık geri dönüşümü ile GSYH değişkenlerinin eşbütünleşik olduğu sonucuna varılmıştır.

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmanın temel amacı Almanya özelinde ambalaj ve kâğıt atık geri dönüşüm oranı ile ekonomik büyüme ilişkisini analiz etmektir. Çalışmamıza benzer ampirik çalışmalar literatür taraması bölümünde incelenmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde genel olarak ambalaj, malzeme, belediye, kâğıt, plastik gibi atıkların geri dönüşümünün ekonomik büyüme üzerinde pozitif sonuçları olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda geri dönüşüm ile insani gelişim endeksi ve sanayi üretim endeksi gibi değişkenler arasında pozitif yönlü korelasyonun olduğu çalışmalara da yer verilmiştir.

Çalışmada Almanya'nın döngüsel ekonomi içerisindeki yeri ve önemine değinilerek Almanya'nın geri dönüşümdeki başarısının GSYH ile ilişkisi analiz edilmiştir. Çalışmamızın teorik bölümünde "al-yap-kullan-at" temeline dayanan doğrusal ekonomiden döngülerin kapatılmasını temel alan ve "Sıfır Atık"ı hedefleyen döngüsel ekonomiye yer verilmiştir. Yapmış olduğumuz araştırmada Almanya'nın döngüsel ekonominin yapı taşları olan atık yönetiminde oldukça başarılı olduğu ve AB'de lider ülke konumunda olduğu görülmektedir. Özellikle geri dönüşüm oranlarına bakıldığında AB döngüsel ekonomi paketinin 2030 yılındaki geri dönüşüm oranı hedeflerinin 2018 yılında yakalayan, döngüsel ekonomiyi ilk yasal zemine taşıyan, insanların farkındalık düzeylerini artıran bir ülke olması ile döngüsel ekonomide ne kadar başarılı olduğunun göstergesi olmaktadır.

Eldeki bu çalışmanın bulgularında Almanya'da ambalaj atıklarının geri dönüşümü ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü ilişki olduğuna ulaşılrken; kâğıt ve karton atıkları geri dönüşüm ile ekonomik büyüme arasında negatif yönlü ilişkiye ulaşılmıştır. Kâğıt ve karton atıkları ne kadar geri dönüştürülse de doğaya geri kazanılması uzun yıllar aldığı için GSYH'de düşüş yaratmaktadır. Çünkü kâğıdın hammaddesi olan selüloz bitkilerin temel yapı taşıdır. Her ne kadar geri dönüşüme kazandırılrsa da doğanın kendini yenilemesi geri dönüşüm süresi kadar kısa olmamaktadır. Çalışmanın sonucunda ağaçların, doğanın önemi ortaya çıkmaktadır. Kâğıt israfının doğaya zararı olduğu gibi ekonomik büyümeye de olumsuz etkisi sonucuna varılmıştır. Döngüsel ekonomiyle çelişen bu sonuç kâğıt ve karton atıklarını israf edilmemesi gerektiğini, israf sonucu her ne kadar geri dönüştürülse de ağaçların kesilip eski hallerine tekrar gelmesinin uzun yıllar sürmesi neticesinde hem ekonomik büyümeye hem de döngüsel ekonomiye zarar verdiği görülmektedir. Bu yüzden toplum olarak kâğıt israfının önlenmesi gereken davranışlar sergilenmelidir. Evlerde, işyerlerinde, okullarda ve dışarda atıkların ayrıştırılması yaygınlaştırılmalıdır. Doğal gübreleme olarak bilinen kompost ile atıklar değerlendirilmelidir. Günlük yaşantımızda sıklıkla kullandığımız kâğıt bardaklar yerine cam bardaklar tercih edilmelidir. Daha yaşanılabilir bir dünya için defter, kitap, gazete, dergi, karton gibi kullanılan kâğıt ürünlerini buruşturup çöpe atmak yerine bu atıklar toplama ünitelerine atılmalıdır. Her geçen gün dijitalleşen dünyada evrak işleri dijital taşınmalı ve e-kitap, e-kütüphane gibi uygulamalar yaygınlaşmalıdır. Diş macunu kutuları gibi gereksiz kâğıt ambalaj üretiminden kaçınılmalı ve ihtiyaç dışı kâğıt ve karton üretimine devlet tarafından sınır getirilmelidir.

**KAYNAKÇA**

- Abdi, H. (2007). "The Method of Least Squares", *Encyclopedia of Measurement and Statistics*, 1. 530-532.
- Albayrak, A. S. (2005). "Çoklu Doğrusal Bağlantı Halinde Enküçük Kareler Tekniğinin Alternatifi Yanlı Tahmin Teknikleri ve Bir Uygulama", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 1(1), 105-126.
- Androniceanu, A., Kinnunen, J. ve Georgescu, I. (2021). "Circular economy as a strategic option to promote sustainable economic growth and effective human development", *Journal of International Studies*, 14(1), 60-73.
- Apaydın, Ş. (2020). "OECD ülkelerinde atık yönetimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: bir panel kantil regresyon yaklaşımı", *Third Sector Social Economic Review*, 55(1), 300-312.
- Ateş, E. (2020). "Döngüsel Ekonomi Kapsamında GSYİH ile Geri Dönüşüm İlişkisi: Avrupa Birliği Ülkeleri Örneği", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (67), 125-137.
- Busu, M. (2019). Adopting circular economy at the European Union level and its impact on economic growth. *Social Sciences*, 8(159), 1-12.
- Busu, M. ve Trica, C. L. (2019). "Sustainability of circular economy indicators and their impact on economic growth of the European Union", *Sustainability*, 11(19), 1-13.
- Büyükuysal, M. Ç. ve Öz. (2016). "Çoklu Doğrusal Bağlantı Varlığında En Küçük Karelere Alternatif Yaklaşım: Ridge Regresyon<sup>x</sup>", *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 110-114.
- Arı, E. ve Yıldız, A. (2017). "Examination of Affecting Variables for Youth Unemployment with Cointegration Analysis", *Alphanumeric Journal*, 5/2, 309-316.
- KrWG, "Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz", [http://www.gesetze-im-internet.de/krwg/\\_1.html](http://www.gesetze-im-internet.de/krwg/_1.html) (07.06.2021).
- BMU. (2020a). "Bunderministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit", <https://www.bmu.de/pressemitteilung/neue-instrumente-im-einsatz-gegen-vermuellung-und-ressourcenverschwendung/> (07.06.2021)
- BMU. (2020b). "Abfallwirtschaft in Deutschland 2020 Fakten, Daten, Grafiken ", *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit*, [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/abfallwirtschaft\\_2020\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/abfallwirtschaft_2020_bf.pdf) (09.06.2021).
- DESTATIS. (2019). "Destatis Statistisches Bundesamt, "Das Abfallaufkommen in Deutschland Bleibt 2019 Hoch High"  
[https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/06/PD21\\_261\\_321.html;jsessionid=F9CAE547855A0511CF1627B573F538FD.live731](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/06/PD21_261_321.html;jsessionid=F9CAE547855A0511CF1627B573F538FD.live731) (21.06.2021).

- Edgerton, D. ve Shukur, G. (1999). "Testing Autocorrelation in a System Perspective Testing Autocorrelation", *Econometric Reviews*, 343-386.
- EMAF. (2013a) Ellen Macarthur Foundation, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/> (04.05.2021).
- EMAF. (2013b). "Towards The Circular Economy", *Ellen Macarthur Foundation*, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf> (04.05.2021).
- DerAbfallvermeidung. (2021). "Europäische Woche Der Abfall-vermeidung", <https://www.wochederabfallvermeidung.de/home/> (23.06.2021).
- Goyal, S., Garg, D. Ve Luthra, S. (2021). "Sustainable Production and Consumption: Analysing Barriers and Solutions for Maintaining Green Tomorrow by Using Fuzzy-AHP–Fuzzy-TOPSIS Hybrid Framework", *Environment, Development and Sustainability*, <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01357-5>
- Göçer, İ., Mercan, M. ve Hotunluoğlu, H. (2012). "Seçilmiş OECD Ülkelerinde Cari İşlemler Açığının Sürdürülebilirliği: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Çoklu Yapısal Kırılmalı Panel Veri Analizi", *Maliye Dergisi*, 163, 449-467.
- Hysa, E., Kruja, A., Rehman, N. U., & Laurenti, R. (2020). Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: an integrated model for sustainable development. *Sustainability*, 12(4831), 1-16.
- İçellioğlu, M. Ş. ve Öztürk, M. B. E. (2018). "Bitcoin ile Seçili Döviz Kurları Arasındaki İlişkinin Araştırılması: 2013-2017 Dönemi için Johansen Testi ve Granger Nedensellik Testi", *Maliye ve Finans Yazılar*, 109, 51-70.
- Kozal, Ö. E. ve Barbaros, R. F. (2020). Sürdürülebilirlik ve Döngüsellik: Kavramsal Bir Çerçeve. Sayın, F. (Ed. ) *Döngüsel Ekonomi Makro ve Mikro İncelemeler* (ss.17-43). İzmir: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kuşkaya, S. ve Bilgili, F. (2020). Atık Enerji Tüketimi İle Sanayi Üretimi İlişkisi: Dalgacık Uyumu Modeli. Sayın, F. (Ed. ) *Döngüsel Ekonomi Makro ve Mikro İncelemeler* (ss.209-232). İzmir: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Mercan, M. (2014). "Feldstein-Horioka Hipotezinin AB-15 ve Türkiye Ekonomisi için Sınanması: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Yapısal Kırılmalı Dinamik Panel Veri Analizi", *Ege Akademik Bakış*, 14(2), 231-245.
- Miles, J. (2014). "Tolerance and variance inflation factor", *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 1-2.
- Moragaa, G., Huysvelda, S., Mathieuxe, F., Bilenginic, G. A., Alaertsd, L., Ackerd, K. V., Meesterb, S. ve Dewulfa, J. (2019). "Circular economy indicators: What do they measure?", *Resources, Conservation & Recycling*, 146, 452-461.

- Musulini, K. (2018). "Germany is No. 1 on Politico's circular economy index for EU", <https://www.wastedive.com/news/germany-circular-economy-index-number-one-politico/523957/> (23.06.2021).
- NABU, (2021). "Kreislaufwirtschaft in Deutschland", <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/abfall-und-recycling/kreislaufwirtschaft/29818.html> (07.06.2021)
- Neligan, A. (2016). "Moving towards a circular economy: Europe between ambitions and reality", *Working Paper*, 9,1-29.
- Önder, H. (2018). "Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışında Yeni Bir Kavram: Döngüsel Ekonomi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5, 196-204.
- Ramenah, H., Casin, P., Ba, M., Benne, M. ve Tanogust, C. (2018). "Accurate Determination of Parameters Relationship for Photovoltaic Power Output by Augmented Dickey Fuller Test And Engle Granger Method", *AIMS Energy*, 6(1), 19-48.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y. ve Yu, X. (2013). "A Review of The Circular Economy in China: Moving From Rhetoric To Implementation", *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227.
- Vuță, M., Vuță, M., Enciu, A., & Cioacă, S. (2018). Assessment of the circular economy's impact in the EU economic growth. *Amfiteatru Economic*, 20(48), 248-261
- Taban, S. ve Kar, M. (2006). "Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme: Nedensellik Analizi, 1969-2001", [https://www.researchgate.net/profile/Muhsin-Kar/publication/46508294\\_Beseri\\_Sermaye\\_ve\\_Ekonomik\\_Buyume\\_Nedensellik\\_Analizi\\_1969-2001/links/02bfe51442e3e9c41b000000/Beseri-Sermaye-ve-Ekonomik-Bueyume-Nedensellik-Analizi-1969-2001.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Muhsin-Kar/publication/46508294_Beseri_Sermaye_ve_Ekonomik_Buyume_Nedensellik_Analizi_1969-2001/links/02bfe51442e3e9c41b000000/Beseri-Sermaye-ve-Ekonomik-Bueyume-Nedensellik-Analizi-1969-2001.pdf) (22.06.2021).
- Utkulu, U. ve Bilik, M. (2020). Atık Yönetimi ve Ekonomik Büyüme: Avrupa Birliği için Dinamik Panel Veri Analiz Bulguları. Sayın, F. (Ed. ) *Döngüsel Ekonomi Makro ve Mikro İncelemeler* (ss.181-204). İzmir: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Zink, T. ve Geyer, R. (2017). "Circular Economy Rebound", *Journal Of Industrial Ecology*, 21(3), 593-601.