



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

**DÖNGÜSEL EKONOMİ AÇISINDAN BÖLGESEL ETKİNLİĞİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE UYGULAMASI**

Pelin GÜNGÖR AYDEMİR

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2023



DÖNGÜSEL EKONOMİ AÇISINDAN BÖLGESEL ETKİNLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ:  
TÜRKİYE UYGULAMASI

Pelin GÜNGÖR AYDEMİR

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme AnaBilim Dalı

Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2023

## KABUL VE ONAY

Pelin GÜNGÖR AYDEMİR tarafından hazırlanan “Döngüsel Ekonomi Açısından Bölgesel Etkinliğin Değerlendirilmesi: Türkiye Uygulaması” başlıklı bu çalışma, 09.01.2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

---

Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK (Başkan)

---

Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN (Danışman)

---

Doç. Dr. Hatice ÇALIPINAR (Üye)

---

Dr. Öğr. Üyesi Bülent ÇEKİÇ (Üye)

---

Dr. Öğr. Üyesi Onur KOYUNCU (Üye)

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Prof. Dr. Uğur ÖMÜRGÖNÜLŞEN

Enstitü Müdürü

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açıılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ..... ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

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

[İmza]

[Pelin GÜNGÖR AYDEMİR]

I “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*”

- (1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*  
*Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.*

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, **Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN** danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

[İmza]

***Pelin GÜNGÖR AYDEMİR***

*Canım Babam*

*Cemil GÜNGÖR'e*

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında başından itibaren her aşamada beni destekleyen, sabırla dinleyen ve değerli akademik bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşarak yardımcı olan çok kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN'e, çalışmalarımda yol gösteren, motive eden ve desteğini esirgemeyen Dr. Bülent ÇEKİÇ'e, değerli bilgilerinden yararlandığım Doç. Dr. Kazım Barış ATICI'ya ve desteğini hiç esirgemeyen Cem MENTEN'e teşekkür eder ve içten saygılarımı sunarım.

Sürecin başından itibaren hiç sıkılmadan dinleyen, tüm zorlukları aşmamı sağlayan, değerli fikirleriyle ve yüreklendirmesiyle hep yanımda olan en iyi arkadaşım, çok sevgili eşim Oğulcan Berat AYDEMİR'e,

Her başarımında teşekkürü borç bildiğim ve sonsuz desteğini hep hissettiğim canım annem Nilgün GÜNGÖR, özlemlerle andığım babam Cemil GÜNGÖR başta olmak üzere Ayça SAVRANOĞLU, Yasemin EMİRALIOĞLU ve tüm aileme,

Bu tez sürecinde ve yanımda görmek istediğim her anda bana destek olan, mesafeler fark etmeksizin varlığını hep hissettiren Ecem ALTAN TEKE'ye, verdikleri motivasyon ve hissettirdikleri güvenle hep yanımda olan Buğra ÇAVDAR, Elif EKEBAŞ ÇAVDAR, Tansu KOLDAY, Caner TANRIVERDİ ve Serhat Kağan ÇALIŞKAN'a

Çalışanı olduğum TÜBİTAK SAGE'deki çalışma arkadaşlarıma ve değerli yöneticim Serhat YAPRAK'a beni destekledikleri için çok içten teşekkür ederim.



## ÖZET

GÜNGÖR AYDEMİR, Pelin. *Döngüsel Ekonomi Açısından Bölgesel Etkinliğin Değerlendirilmesi: Türkiye Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2023.

Döngüsel ekonomi, çevresel ve toplumsal faydaları olan uzun vadede sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı amaçlayan bir kavram olarak ülkeler için günümüzde oldukça kritik bir öneme sahiptir. Küreselleşme ile artan ticaret hacmi ve tüketim, doğal kaynakların korunmasını, temiz üretim teknolojilerine yönelmeyi, geri dönüşümü ve atığın sisteme tekrar kazandırılarak en aza indirgenmesini hem ekonomik hem de çevresel olarak mecburi kılmıştır. Bu sebeple, ülkeler, döngüsel ekonomiyi gündemlerine almışlar ve bir kalkınma politikası olarak uygulamaya koymuşlardır. Döngüsel ekonomi uygulamalarının bireyleri, sivil toplum kuruluşlarını, firmaları, belediyeleri ve devlet kurumlarını kapsayacak nitelikte hayata geçirilmesi, bu uygulamaların her düzeyde etkinliğinin ölçülmesini de gerekli kılmıştır. Bu çalışmanın amacı da 2020 yılı verileri temel alınarak Türkiye'deki bölgelerin döngüsel ekonomi etkinliklerini ölçmek ve bölgelerin döngüsel ekonomi bakış açısıyla güçlü ve zayıf yönlerini incelemektir. Bu çalışma halihazırda Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nı hazırlamakta olan Türkiye için avantajlı ve dezavantajlı noktaları belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye'nin İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırması (NUTS) Düzey-2 kapsamında 26 Bölgesi'nin göreceli etkinlik skorları Veri Zarflama Analizi ile belirlenmiştir. Çarpan model Veri Zarflama Analizi kullanılarak yapılan çalışmada, istenmeyen çıktı değişkenleri için iki farklı yöntem kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Etkinlik skorları belirlenen bölgeler için sanal girdiler hesaplanarak bölgelerin etkin ya da etkin olmama durumlarının nedenleri incelenmiştir. Türkiye'de analiz edilen yirmi altı bölge arasından on altı bölge etkin olarak belirlenmiş ve etkin olma sebepleri her bir bölge için incelenmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin 26 istatistikî bölgesi için iki farklı yöntemle uygulanan analizlerde %100 etkin çıkan tek bölge İç Anadolu Bölgesi olarak belirlenmiştir. Etkinlik skoru en düşük bölge ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir.

### Anahtar Sözcükler

Döngüsel Ekonomi, Veri Zarflama Analizi, Bölgesel Performans Ölçümü

## ABSTRACT

GÜNGÖR AYDEMİR, Pelin. *Evaluation of Regional Efficiency in terms of Circular Economy: Application in Türkiye*, Master of Science Thesis, Ankara, 2023.

The concept of circular economy has a critical importance for countries with the aim of long-term sustainable economic development as well as besides environmental and social benefits. Increasing trade volume and consumption with globalization have made it necessary both economically and environmentally to protect natural resources, turn to cleaner production technologies, recycle and minimize waste by reintroducing it to the system. For this reason, countries have put the circular economy on their agenda and put it into practice as a development policy. The implementation of circular economy practices in such a way as to include individuals, non-governmental organizations, companies, municipalities and state institutions made it necessary to measure the effectiveness of these practices at all levels. The purpose of this study is to measure the effectiveness of circular economy activities of the regions in Türkiye and to examine the strengths and weaknesses of the regions from a circular economy perspective based on 2020 data. This study aims to identify the advantageous and disadvantageous points for Türkiye, of which is currently preparing the Circular Economy Action Plan. In this study, the relative efficiency scores of 26 regions within the scope of Türkiye's Nomenclature of Territorial Units for Statistics (NUTS) Level-2 are determined by Data Envelopment Analysis. In this study using Multiplier Model Data Envelopment Analysis, two different methods are used for undesired output variables and the results are compared. By calculating virtual inputs for the regions whose activity scores are determined, the reasons for the effectiveness or ineffectiveness of the regions are examined. In this study, sixteen regions are determined as effective among the twenty-six regions analyzed in Türkiye and the reasons for being effective are examined for each region. As a result, the only region with 100% efficiency in the analyses applied with two different methods for the 26 statistical regions of Türkiye is determined as the Central Anatolian Region. The region with the lowest efficiency score is the Southeast Anatolian Region.

### Keywords

Circular economy, Data Envelopment Analysis, Regional Performance Assessment

# İÇİNDEKİLER

<b>KABUL VE ONAY</b> .....	i
<b>YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI</b> .....	ii
<b>ETİK BEYAN</b> .....	iii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	v
<b>ÖZET</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	viii
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	x
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	xi
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>GİRİŞ</b> .....	1
<b>1. BÖLÜM DÖNGÜSEL EKONOMİ KAVRAMI VE UYGULAMALARI</b> .....	4
<b>1.1. DÖNGÜSEL EKONOMİ KAVRAMI VE DÖNGÜSEL EKONOMİNİN TARİHÇESİ</b> .....	4
1.1.1. Döngüsel Ekonomi Kavramının Tanımı ve Tarihçesi.....	5
1.1.2. Döngüsel Ekonominin Amaç ve Temel Prensipleri.....	9
1.1.3. Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik .....	16
<b>1.2. DÖNGÜSEL EKONOMİ UYGULAMALARI</b> .....	18
1.2.1. Döngüsel Ekonomi Uygulama Aşamaları.....	19
1.2.1.1. Mikro Aşaması .....	20
1.2.1.2. Mezo Aşaması.....	21
1.2.1.3. Makro Aşaması .....	22
1.2.2. Dünyada Döngüsel Ekonomi Uygulamaları .....	23
1.2.3. Türkiye’de Döngüsel Ekonomi Uygulamaları .....	26
<b>2. BÖLÜM DÖNGÜSEL EKONOMİ AÇISINDAN ETKİNLİK DEĞERLENDİRMESİ: TÜRKİYE UYGULAMASI</b> .....	38
<b>2.1. DÖNGÜSEL EKONOMİ ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ</b> .....	38

<b>2.2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DÖNGÜSEL EKONOMİ ETKİNLİĞİNİ ÖLÇEN ÇALIŞMALARDA DAİR LİTERATÜR TARAMASI..</b>	<b>42</b>
<b>2.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMASI.....</b>	<b>51</b>
2.3.1. Veri Seti.....	53
2.3.2. Analizin Uygulanması.....	56
2.3.3. Analiz Sonuçları.....	59
<b>SONUÇ.....</b>	<b>69</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>73</b>
<b>EK 1 İŞGÜCÜ VERİLERİ.....</b>	<b>80</b>
<b>EK 2 İL YATIRIM VERİLERİ.....</b>	<b>81</b>
<b>EK 3 ELEKTRİK TÜKETİM VERİLERİ .....</b>	<b>82</b>
<b>EK 4 HAVADAKİ KÜKÜRT DİOKSİT VERİLERİ .....</b>	<b>83</b>
<b>EK 5 ATIKSU VERİLERİ.....</b>	<b>84</b>
<b>EK 6 BELEDİYE ATIK VERİLERİ .....</b>	<b>85</b>
<b>EK 7 GAYRİSAFİ YURTIÇİ HASILA VERİLERİ .....</b>	<b>86</b>
<b>EK 8 YENİLENEBİLİR KAYNAKLARDAN ELDE EDİLEN ELEKTRİK ÜRETİM VERİLERİ .....</b>	<b>87</b>
<b>EK 9 ARITILAN ATIKSU VERİLERİ.....</b>	<b>88</b>
<b>EK 10 GERİ KAZANDIRILAN ATIK VERİLERİ .....</b>	<b>89</b>
<b>EK 11 ORJİNALLİK FORMU .....</b>	<b>90</b>
<b>EK 12 ETİK KURUL MUAFİYET FORMU.....</b>	<b>91</b>

## KISALTMALAR DİZİNİ

DE	Döngüsel Ekonomi
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
AB	Avrupa Birliği
AYM	Avrupa Yeşil Mutabakatı
GÜS	Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu
AVM	Alışveriş Merkezi
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
EKÖK	Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol
DEEP	Döngüsel Ekonomi Eylem Planı
VZA	Veri Zarflama Analizi
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
KVB	Karar Verme Birimleri
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
NUTS	İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması

## TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1 Yeşil Mutabakat Eylem Planı (T.C Ticaret Bakanlığı, 2021) .....	34
Tablo 2 Veri Zarflama Analizi İle Döngüsel Ekonomi Etkinliğini Ölçen Çalışmalara Dair Literatür Taraması.....	49
Tablo 3 Kullanılan Verilerin Çalışmalara göre Dağılımı.....	50
Tablo 4 Türkiye İstatistik Bölge Sınıflandırması Düzey (TÜİK, 2005).....	54
Tablo 5 Girdi, İstenmeyen Çıktı ve Çıktılar .....	56
Tablo 6 Yöntem 1 - Etkinlik Skorları .....	61
Tablo 7 Yöntem 1- Sanal Girdiler.....	62
Tablo 8 Yöntem 2- Etkinlik Skorları .....	63
Tablo 9 Yöntem 2 - Sanal Girdiler.....	64
Tablo 10 Coğrafi Bölgeler Etkinlik Skoru.....	68
Tablo 11 İşgücü Verileri .....	80
Tablo 12 İl Yatırım Verileri .....	81
Tablo 13 Elektrik Tüketim Verileri.....	82
Tablo 14 Havadaki Kükürt Dioksit Verileri .....	83
Tablo 15 Atıksu Verileri .....	84
Tablo 16 Belediye Atık Verileri.....	85
Tablo 17 Gayrisafi Yurtiçi Hasıla Verileri.....	86
Tablo 18 Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrik Üretim Verileri .....	87
Tablo 19 Arıtılan Atık Su Verileri .....	88
Tablo 20 Geri Kazandırılan Atık Verileri .....	89

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Basitleştirilmiş Döngüsel Ekonomi .....	6
Şekil 2 Döngüsel Ekonominin Temel Prensipleri .....	15
Şekil 3 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları .....	17
Şekil 4 Veri Zarflama Analizi Uygulaması.....	58
Şekil 5 Veri Zarflama Analizi Çözücü Parametreleri .....	59
Şekil 6 Etkinlik Skorlarının Uzaydaki Dağılımı .....	67

## GİRİŞ

Kalkınma stratejileri hem ülkeler için refah hem de ülkeler arası rekabette oldukça önemlidir. Küreselleşme ve artan ticaret hacmiyle birlikte, kaynakların sınırlı olması ekonomiler için tartışılacak ve çözüm üretilecek bir konu haline gelmiştir. Doğrusal ekonomi modelinin, mevcut üretimde yetersiz kalması, yeni bir ekonomi modeli geliştirme ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Döngüsel ekonomi kavramı, doğrusal ekonomi modeline alternatif bir ekonomi modeli olarak ortaya atılmıştır. Bu model, çevresel ve toplumsal faydaları da beraberinde getiren bir ekonomik kalkınma stratejisi olarak tüm ülkelerin dünya piyasasında rekabetçi kalabilmeleri için oldukça önemlidir. Bu sebeple, işletmeler, sivil toplum kuruluşları ve ülkeler tarafından döngüsel ekonomi uygulamaları hayata geçirilmeye başlanmıştır. Geçtiğimiz yıllarda, döngüsel ekonomi kavramı üzerine yapılan çalışmaların artış göstermesi ve ülkelerin ulusal kalkınma planlarında bir politika olarak yer almaya başlaması kavramın önemini ortaya koymaktadır.

Döngüsel ekonomi kavramının ortaya atılışından bugüne, Çin başta olmak üzere dünya literatüründe konu üzerine yapılan çalışmalar gittikçe artış göstermektedir. Kavramsal incelemelerden, uygulamaların etkinliklerinin ölçülmesine ve geliştirilmesine kadar birçok çalışma bulunmaktadır. Türkiye’de daha yeni sayılabilecek bir yere sahip olan döngüsel ekonomi kavramına yönelik uygulamalar ve çalışmalar, Avrupa Birliği (AB) ile olan ticari ve siyasi ilişkilerimiz nedeniyle de tetiklenmektedir. Türkiye’deki bölgelerin döngüsel ekonomi bakış açısıyla etkinliğinin değerlendirileceği bu çalışmada gelecekteki uygulamaların başarısını arttıracak kararlar alınmasına destek olunması hedeflenmiştir.

Nitekim konuya tarihi bir perspektiften bakılacak olursa da birinci sanayi devriminin, üretimin yapısını değiştirerek el emeği ile üretimden mekanik üretime geçişi simgelediği görülmektedir. Bu devrim, seri üretimin yolunu açmış ve al-üret-at doğrusal ekonomi modelinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Takip eden ikinci ve üçüncü sanayi devrimleri ile elektrik, elektronik ve bilişimin hayatımıza girişi teknolojik gelişmeler vasıtasıyla seri üretime yeni bir anlayış getirmiş ve tüketim odaklı toplum ortaya çıkmıştır. Büyüyen



üretim hacmi dolayısıyla doğrusal ekonomi modeli, sınırsız kaynak ve enerji tüketimi, atığın doğaya bırakılması ve üretimden kaynaklı çevre zararları ile uygulanabilirliğini kaybetmiştir. Her ne kadar, çevreyi ve doğal kaynakları korumaya yönelik önlemler alan politikalar izlenmiş olsa da kar odaklı üretimin her zaman ön planda kalması çevresel ve toplumsal kaygılar güderek uzun vadede ekonomik olarak kalkınmayı amaçlayan sürdürülebilir bir kalkınma modeline duyulan ihtiyacı ortaya koymuştur. Kapalı döngü ekonomi modeline dayanan döngüsel ekonomi modeli, üretim sürecinden doğan atığın başka bir üretim sürecine girdi olarak dahil edilmesiyle oluşturulan sıfır atık sisteminin uzun vadede oluşacak ekonomik, toplumsal ve çevresel faydalarını amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, politika haline getirilen döngüsel ekonomi uygulamalarının etkinliğinin ölçülmesi, gelecekte alınacak kararlar ve geliştirilecek stratejiler için kritik bir önem taşımaktadır.

Literatürde, döngüsel ekonominin etkinliğinin ölçümü ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak, bulunabildiği kadarıyla Türkiye’de bu konu ile ilgili araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, 2020 yılı temel alınarak Türkiye’deki 26 istatistiki bölgenin döngüsel ekonomi etkinliğini veri zarflama analizi ile ölçmektir. Buna yönelik olarak, analizde kullanılan göstergeler, çevresel, ekonomik ve toplumsal boyutları kapsayan geri kazanım/dönüşüm, işgücü, yenilenebilir elektrik enerjisi, gayri safi yurtiçi hasıla ve atık miktarlarından oluşmaktadır. Çalışmanın Türkiye’de ilk defa yapılması ve dünya literatüründeki yaygın çalışmalara ek olarak yenilenebilir enerji üretiminin analize dahil ediliyor olması açısından literatürdeki boşlukları dolduracağı ve literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışma iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde döngüsel ekonominin kavramsal altyapısına yönelik bilgiler verilmiştir. Kavramın tarihçesi, tanımı, amaçları ve prensiplerinin açıklanmasının akabinde döngüsel ekonomi uygulamaları açıklanmıştır. Döngüsel ekonomi uygulamaları üç seviyede hayata geçirilebilmektedir. Bunlar; mikro, mezo ve makro seviyedir. Dünyada ve Türkiye’de bu uygulamaların mevcut durumları çalışmanın devamında açıklanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümü Türkiye’nin 26 istatistiki

bölgesi için 2020 yılı verileri temel alınarak yapılan Veri Zarflama Analizinden oluşmaktadır. Bu bölümde ilk olarak, dünya literatüründe Veri Zarflama Analizi ile döngüsel ekonomi etkinliğini ölçmeye yönelik yapılan çalışmalar incelenmiş ve literatür taramasının sonuçlarına yer verilmiştir. Çalışmanın devamını Veri Zarflama Analizi uygulaması ve sonuçlarından oluşmaktadır. Analizin her aşaması detaylıca anlatılarak, sonuçlar tartışılmıştır.

## 1. BÖLÜM

### DÖNGÜSEL EKONOMİ KAVRAMI VE UYGULAMARI

Bu bölümde, döngüsel ekonomi kavramı, bu kavramın tarihçesi, teorik çerçevesi, dünyadaki ve Türkiye'deki uygulamaları anlatılmaktadır.

#### 1.1. DÖNGÜSEL EKONOMİ KAVRAMI VE DÖNGÜSEL EKONOMİNİN TARİHÇESİ

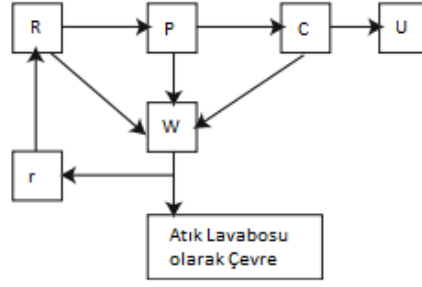
Ülkelerin ekonomik büyüme için, seri ve toplu üretime geçişleri ile kısıtlı kaynaklarının kullanımı ve çevreye verilen zarar uluslararası bir konu olarak gündeme gelmeye başlamıştır. Bir yandan bu politikalar, Birleşmiş Milletler gibi uluslararası organizasyonlarda gündeme gelmiş ve çözüm arayışlarına başlanmıştır; bir yandan ise kısıtlı kaynakları hesaba katmayan, tamamen kaynakların etkin kullanımına dayalı bir ekonomik politikayı benimseyen neo-liberal politikalar ile serbest ekonomiye geçiş teşvik edilmiştir (Murray, Skene, & Haynes, 2017). Serbest ekonomiye geçiş, pazardaki rekabeti arttırmış ve bu da tüketim artışına sebep olmuştur. Çevreye verilen zarar ve kısıtlı kaynakların kullanımı gündemi ile çelişen bu politikalar çevreyi korurken ekonomik büyümeyi de sağlayacak bir ekonomi modeline duyulan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır.

Döngüsel ekonomi, düzeni, doğanın kurallarına uygun bir şekilde düzenleyen bir ekonomik model anlayışı geliştirmiştir (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016). Bu bağlamda, döngüsel ekonomi, tüketim toplumu içinde doğal kaynak kullanımının kısıtlanması çelişmesini açıklar nitelikte ortaya atılmış bir kavramdır. 1987'de Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yayınladığı Ortak Geleceğimiz (Brundtland) raporunda sürdürülebilirliğin tanımı, gelecek nesillerin kaynaklarını tüketmeden bugünkü nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yapılması gereken çalışmalar olarak yapılmıştır (World Commission on Environment and Development, 1987). Küreselleşme ile artan ticaret hacmi ve serbest ekonomi politikaları ile oluşan rekabetçi bir pazarda, ekonomik kalkınma ve sürdürülebilirlik çok daha önemli bir

noktaya taşınmıştır. Sürdürülebilirliğin çevresel, toplumsal ve ekonomik olarak üç temel boyutu göz önünde bulundurulduğunda, ekonomik sürdürülebilirlik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik politikalarının önüne geçmiştir. Döngüsel ekonomi kavramı da var olan yapıya uygun olarak sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı amaçlayan, aynı zamanda da çevre koruma politikalarına yardımcı olan bir ekonomik strateji olarak ortaya çıkmıştır (Yuan, Bi, & Moriguchi, 2006). Bu noktada, döngüsel ekonomiye geçiş için yapılan yatırımlar, üretimden elde edilen atığın tekrar hammadde olarak sisteme girmesi ile doğal kaynak kullanımını azaltmayı hedefleyerek toplumsal ve çevresel katkı sağlarken hammadde maliyetlerindeki azalma ile de uzun vadede ekonomik kalkınma sağlamayı amaçlamaktadır.

### **1.1.1. Döngüsel Ekonomi Kavramının Tanımı ve Tarihçesi**

Döngüsel ekonomi (DE) kavramının ortaya çıkışı ile ilgili literatürde birçok görüş bulunmaktadır. Ancak genel kanı, döngüsel ekonominin temellerinin, doğrusal ekonomi yerine, dairesel ekoloji sistemi yaklaşımı (Boulding, 1966) ile 1966'da Boulding tarafından geliştirildiği ve kavramın ilk olarak Pearce ve Turner tarafından kullanıldığı yönündedir (Sariatli, 2017); (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016). Pearce ve Turner, döngüsel ekonomi terimini ilk defa kullanmışlar ve kavramı termodinamiğin temel yasasına dayandırmışlardır. Tüm enerji ve maddelerin kapalı bir sistemde kaldığını ve asla yok olmadığını ortaya koyan bu yasadan yola çıkarak çevreyi, üretim sisteminin lavabosu olarak tanımlamışlardır. Şekil 1'de, R doğal kaynaklar, P üretim, C tüketim, U sağlanan yarar ya da refah, W atık, r geri dönüşümü temsil etmektedir. Üretim sürecinden çıkan atık, geri dönüşüm sayesinde tekrar doğal kaynak olarak sisteme giriş yapmaktadır. Doğrusal ekonomi şemasına atık ve geri dönüşümü dahil ederek basitleştirilmiş bir döngüsel ekonomi şeması oluşturulmuştur (Pearce & Turner, 1990).



**Şekil 1 Basitleştirilmiş Döngüsel Ekonomi (Pearce ve Turner, 1990)**

Tarihsel olarak, DE, endüstriyel metabolizma, endüstriyel ekoloji ve endüstriyel simbiyoz gibi birçok kavramı temel almaktadır. Endüstriyel metabolizma, bir üretim sistemi içindeki insan faaliyetlerine dayalı malzeme ve enerji akışını incelerken, endüstriyel ekoloji daha ileri giderek doğal ekosistemi bu akışın içine dahil etmektedir. Endüstriyel ekoloji, endüstri sistemini doğal ekosistemin bir parçası olarak gören yaklaşımdır. Bu yaklaşım, belirli malzeme, enerji ve bilgi akışlarının döngüsünün endüstriyel sistemde de, doğal ekosistemde de ortak olduğunu savunur. Bu bağlamda, endüstri sistemi ya da endüstri metabolizması, ekosistemle, bir başka deyişle çevresiyle, bir döngü içindedir. Endüstriyel ekolojinin sağladığı malzemelerin ve enerjinin bu kapalı döngüsü daha az atığa sebep olur. Endüstriyel ekolojinin uzun dönemde odaklandığı bir diğer nokta ise, teknolojik gelişmelerdir. Sürdürülemez bir endüstri sisteminden dinamik bir endüstriyel ekosisteme geçiş için bu alanda katedilen gelişmeler oldukça kritiktir (Erkman, 1997). Endüstriyel ekoloji, tesis içinde, firmalar arasında, bölgesel ya da global olarak ele alınabilirken, endüstriyel simbiyoz ise, sadece firmalar arasında gerçekleşebilmektedir.

Endüstriyel ekoloji ve endüstriyel simbiyoz kavramlarının temelleri ve amaçları aynı ancak uygulanma alanları farklıdır. Endüstriyel simbiyoz, Fischer ve Kowalski tarafından geliştirilmiş bir kavram olup döngüsel ekonominin temelini oluşturan, bir üretim sürecinin atığının diğer üretim sürecinin ham maddesi olma anlayışı üzerine kuruludur (Fischer-Kowalski, 1998). Endüstriyel simbiyoz, aynı bölgede yer alan farklı kuruluşların ya da firmaların birbirleri arasındaki malzeme ya da enerji değişimleridir. Birlikte çalışarak, kolektif yararlarını, bireysel yararlarından daha fazlaya çıkarmayı amaçlayan bu yaklaşım döngüsel ekonomi uygulamalarının başında gelen eko-endüstriyel parkların

temel düşüncesidir ve dünyada başarılı uygulamaları bulunmaktadır (Chertow, 2000). Endüstriyel simbiyozu benimsemek ve uygulamaya geçirmek döngüsel ekonomiye geçişin de temelini oluşturması açısından oldukça avantaj sağlayacaktır.

Döngüsel ekonominin temel aldığı bir diğer kavram ise, beşikten beşiğe kavramıdır. McDonough ve Braungart tarafından ortaya atılan bu kavram, endüstriyel ekoloji fikirlerine dayanmakta ve yaşam döngüsünün sonsuz ve güvenli olacak şekilde tasarlandığı malzemelerin yaratılmasını öngörmektedir. Yeniden kullanım, demontaj ve farklı kullanım şekillerinin malzemenin tasarımında belirlenmesi gerektiğini savunarak yenileme, geri dönüşüm ve yeniden imal etme yoluyla atıkların ortadan kaldırılması gerektiğini savunur. Malzeme tasarımından başlayan bu anlayış, her döngü geçişinin bir malzeme için beşik haline geldiği sistemdir (Sehnm, Vazquez-Brust, Pereira, & Campos, 2019).

Endüstriyel ekoloji, endüstriyel simbiyoz, kapalı döngü, beşikten beşiğe gibi kavramlar döngüsel ekonomi düşüncesinin temelini oluşturan kavramlardır. Döngüsel ekonomi, bu kavramların temel düşüncesiyle gelişmiş ve bir kalkınma modeli olarak ortaya çıkmıştır. Döngüsel ekonomi, doğal kaynakların ya da hammaddenin üretim süreçleri aracılığıyla ürün, atık ve kirlilik çıktıları olan doğrusal ekonomi modeline alternatif olarak ortaya atılmıştır. Bu bağlamda, döngüselden kastın çevreye bir etkisi olmadan, kaynak kullanımının devamlılığının sağlanabildiği, atığın en aza indirildiği ve üretim sürecine dahil edildiği bir sistemi öngördüğünü söylemek mümkündür (Murray, Skene, & Haynes, 2017). Ancak, literatürde döngüsel ekonominin kabul görmüş net bir tanımı bulunmamaktadır. Konu üzerinde çalışan yazarların tanımları dikkate alındığında birçok ortak nokta bulunmakta ancak kapsam açısından farklılıklar göstermektedir. Literatürde en çok kullanılan döngüsel ekonomi tanımlarına aşağıda yer verilmiştir.

Döngüsel ekonomi, ekosistem işleyişini ve insan refahını en üst düzeye çıkarmak için planlama, kaynak sağlama, tedarik, üretim ve yeniden işlemenin hem süreç, hem de çıktı

olarak tasarlandığı ve yönetildiği bir ekonomik modeldir (Murray, Skene, & Haynes, 2017).

Döngüsel ekonomi, doğal kaynakların ekolojik dolaşımına dayalı olarak, kaynakların sağlıklı kullanımını ve ekolojik yasalara uyumlu bir ekonomik kalkınmayı hedefleyen bir ekonomi modelidir (Feng & Yan, Putting a circular economy into practice in China, 2007).

Döngüsel ekonomi, iklim değişikliği, ekosistemin korunması, atık ve kirlilik gibi evrensel konulara, atık ve kirliliği ortadan kaldırmaya, malzeme ve ürünlerin döngüselliğine ve doğayı canlandırmaya dayanan bir sistemdir. Yenilenebilir materyaller ve enerji ile ekonomik faaliyetleri sınırlı kaynakların tüketiminden ayırarak uzun dönemli bir ekonomik bir kalkınmayı hedeflerken çevresel ve sosyal faydalar da sağlamaktadır (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

Döngüsel ekonomi, üretim-tüketim sisteminin doğrusallığını azaltmayı amaçlayan ve çıktıların üretiminde kullanılan enerji ve materyal akışını en aza indirmeyi amaçlayan sürdürülebilir kalkınma girişimidir (Korhonen, Honkasalo, & Seppälä, 2018).

Döngüsel ekonomi, malzeme ve enerji döngülerini yavaşlatarak, kapatarak ve daraltarak kaynak girişi, atık emisyonu ve enerji sızıntısının en aza indirildiği kendini yenileyebilen sistemdir (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017).

Kircherr ve diğerleri ise, döngüsel ekonomi kavramı üzerine yaptığı literatür araştırmasında, derlediği 114 tanımı değerlendirerek kendi tanımını şu şekilde yapmaktadır: Üretim, dağıtım ve tüketim süreçleri içinde malzemenin, hurda ya da ürünün ömrünün tükenmesi anlayışını azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve

kurtarma ile değiştiren bir ekonomik sistemdir. Őimdiki ve gelecek nesillerin sũrdũrũlebilir kalkınma, ekonomik refah ve toplumsal eşitlik amaçlarına ulaşabilmeleri için mikro, mezo ve makro seviyelerde işleyen bir sistemdir (Kirchherr, Reike, & Hekkert, 2017).

### **1.1.2. Dŕngũsel Ekonominin Amaç ve Temel Prensipleri**

Dŕngũsel ekonomi kavramının çıkış noktası, kavramın dayandığı temel kavramlar ve tanımlar bir Önceki bŕlũmde verilmiştir. Bu bŕlũmde ise, dŕngũsel ekonominin teoride ve pratikte amaçlarına yŕnelik çalışmalar derlenmiş ve genişleyen prensip erevesi açıklanmıştır.

Dŕngũsel ekonominin neyi amaçladığı sŕz konusu olduğunda, ilk akla gelen ekonomik kalkınmadır. Ekonomik kalkınma hedefine ulaşırken ise toplumsal ve çevresel faydalar yaratmak temeldir. DE ũzerine yapılan çalışmalarda farklı odak noktalarıyla birçok amaç tanımlanmıştır. Aşağıda dŕngũsel ekonominin amaçlarını ortaya koyan çalışmalardan Őrneklere yer verilmiştir. Çeşitli yazarların belirttiği DE amaçları toparlandığında; sistemin ũretim, tũketim ve dağıtım olarak tũm sũrelerinde daha çok atık azaltmaya yŕnelik olan geri dŕnũřũm ve geri kazanım yolları ile kapalı bir dŕngũ oluşturarak, doğal kaynakların korunmasını, kirlilikten doğan emisyonu azaltmayı ve toplumsal adalete katkı sağlamayı gŕzeterek ekonomik kalkınmayı amaçlandığı gŕrũlmektedir.

Dŕngũsel ekonominin temel amaı; ũretim, dağıtım ve tũketimin tũm aşamalarında malzemenin kapalı dŕngũ akışının verimlilik odaklı bir anlayışıyla kontrol edilmesidir. Bunun yanı sıra, kaynak ve atık problemleri dışında, enerji verimliliği ve enerji tasarrufu, toprak yŕnetimi, su kaynaklarının korunması da dŕngũsel ekonominin temel konularının arasında yer almaktadır (Su, Heshmati, Geng, & Yu, 2013).



Döngüsel Ekonominin temel amaçlarından bir tanesi malzemenin geri dönüşümünden yararlanarak ekonomik büyüme ve gelişmeyi kaynak kullanımı ile dengelemektir (Winans, Kendall, & Deng, 2017).

Döngüsel ekonomi pratikte atık minimizasyonunu, çevre korumayı, enerji verimliliği ve ekonomik kalkınmayı aynı anda amaçlarken, teoride ise ekosistem ve sosyo-ekonomik sistem arasındaki malzeme değişimini azaltarak iki sistem arasındaki dengeyi bulmayı amaçlar (Liu, Li, Zuo, Zhang, & Wang, 2009).

Döngüsel ekonomi, ekonomik büyümeyi sağlamakla birlikte nüfusun, kaynakların ve çevrenin entegrasyonuna yardım eder; çevresel yoksulluğu engeller ve gelir farklılıklarını daraltarak sosyal adaleti sağlar (Feng & Yan, 2007).

Döngüsel ekonomi, şehir ve endüstriyel atıklara odaklanarak ekonomi, toplum ve çevre arasında daha iyi bir denge oluşturarak kaynak kullanımını etkinliğini arttırmayı amaçlar (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016).

Döngüsel ekonomi, doğal kaynak kullanımını, kirlilik emisyonunu ve atığı minimuma indirgeyerek, atığın yeniden kullanımını sağlayarak, geri dönüşüm ve onarım yöntemleri ile teknik olarak kullanılamaz atıkların getirdiği emisyonu azaltarak optimum düzeyde üretimi amaçlamaktadır (Wu, Shi, Xia, & Zhu, 2014).

Döngüsel ekonomi, kaynaklara erişimini garantiye almak ve iklim değişikliği ile mücadele etmek için yenilenebilir enerji kaynakları ve atık yönetimine odaklanarak sürdürülebilir kalkınmayı amaçlamaktadır (Mavi & Mavi, 2019).

Shi ve Zhu ise bu kavramı temel alarak DE'nin temel prensiplerini oluşturan 3R prensibini ortaya atmışlardır (Wu, Shi, Xia, & Zhu, 2014). 3R İngilizce kelimelerden yola çıkılarak kavramsallaştırılmıştır. Reduction (azaltma), Reuse (yeniden kullanım), Recycle (geri dönüşüm) anlamına gelmektedir. Döngüsel ekonomi üzerine yapılan ilk çalışmaların odak noktası, bu prensipler üzerine ilerlese de Jawahir ve Bradley sürdürülebilir üretim kavramının daha geniş ve yenilikçi bir kapsamda incelenmesi gerektiğini savunarak, döngüsel ekonominin teknolojik unsurları olarak tanımladığı Recover (kurtarmak, iyileştirmek), Redesign (yeniden tasarım), Remanufacture (yeniden imalat)'ı ekonomi, toplum ve çevre için sürdürülebilir değer yaratma amacının omurgası olarak nitelendirmiştir (Jawahir & Bradley, 2016). Döngüsel ekonominin, geri dönüşüm ve sürdürülebilir kalkınma anlayışının ötesinde olduğu düşüncesinden yola çıkarak, döngüsel ekonominin temel aldığı R düşüncesi genişletilmiş ve her bir R'nin ekonomiyi döngüsellğe daha da yaklaştırdığı savunulmuştur. Buna göre, prensipler, Refuse (reddetme), Rethink (yeniden düşünme), Repair (onarım), Refurbish (yenileştirmek), Repurpose (başka bir amaç yüklemek) olarak genişletilmiştir (Potting, Hekkert, Worrell, & Hanemaaijer, 2017). Bunların her biri, sıra ile açıklanmaktadır.

Murray; firmaların birbirlerinin atığını girdi olarak kullandıkları, hizmet sektörünün atığı azaltma amacıyla yavaşladığı, planlanmış bir üretim süreciyle ürün yaşam döngüsünün sağlanarak kaynak kullanımının azaldığı bir sistem tasarımı ile döngüsel ekonominin 3R vurgusunun temelini hazırlayarak "waste as food"; gıda olarak atık kavramını ön plana çıkarmıştır (Murray, Skene, & Haynes, 2017).

DE kavramının ortaya çıkışı ve amaçları bugüne kadar ortaya çıkan ekonomik sistemlerden farklıdır. Çevresel ve toplumsal faydaları tetikleyerek ekonomik kalkınmayı amaçlayan bir sistem olarak ortaya atılışından itibaren 3R prensipleri (azalt, tekrar kullan ve geri dönüştür) ile özdeşleşmiş niteliktedir. DE ile ilgili ilerleyen çalışmalarda ise, bu prensipler genişletilerek 9R'ye kadar ulaşmıştır.

➤ Azaltma (Reduction)

Döngüsel ekonominin azaltma, kısma anlamına gelen prensibinin temel amacı doğal kaynakların kullanımının azaltılmasıdır. Üretimin hammaddesi olarak kullanılacak olan doğal kaynak miktarını, üretim sürecinde kullanılacak enerji tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır. Bu temel amaçlarının yanı sıra, diğer kaynak olarak sözü edilen işgücü ve yarı mamüllerin kullanımının da azaltılması amaçlanmaktadır. Prensibin bir üretim sürecine adapte edilebilmesinin sonucu olarak ise hem hammadde hem de enerji tüketiminin azaltılmasıyla hava kirliliği, emisyon ve atık madde de azalma olmaktadır.

➤ Yeniden Kullanım (Reuse)

Yeniden kullanım prensibi, döngüsel ekonominin çevresel ve ekonomik temelli olarak ayırt edilebildiği en önemli prensibidir. Atık olmayan ürün ya da bileşenlerin tasarlanma amacına uygun olarak yeniden kullanıldığı herhangi bir işlem olarak tanımlanmaktadır (EU, 2008). Bir malzemenin, ilk yaşam döngüsünü tamamladıktan sonra kendisinin veya bileşenlerinin daha yeni ürünler ve bileşenler üretmek için sonraki yaşam döngüsünün başlamasıdır. Buradaki amaç, ürünün ya da bileşenin yeniden kullanılarak hiç işlenmemiş kaynakların kullanımını azaltmaktır (Jawahir & Bradley, 2016). Yeniden kullanım prensibi sadece üretici değil, tüketici açısından da kritik bir prensip olarak görülmektedir. Mülkiyet yerine kiralama yöntemi ile ihtiyaç sona erdikten sonra ürünün yaşamını uzatmaya yönelik uygulamalar bu prensibe örnek niteliğindedir.

➤ Geri Dönüşüm (Recycling)

Geri dönüşüm, temelini sürdürülebilirlikten alan, literatürde kendine oldukça yer bulmuş ve günümüzde hane halkından, ülke düzeyine kadar değişik seviyelerde uygulanabilirliği olan bir prensiptir. Geri dönüşüm, kullanım süresi biten bir malzemenin ya da bir üretim sürecinden geriye kalan atığın belirli işlemlerden geçerek, ilk üretim amacına uygun olan ya da olmayan bir şekilde yeni bir yaşam döngüsüne dahil edilmesidir (EU, 2008). Geri dönüşüm prensibine yönelik uygulamalar döngüsel ekonomi içinde en çok ağırlık verilen uygulamalar arasındadır. Geri dönüşüm yöntemlerinin geliştirilmesi ve

yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar hem hükümetler hem de sivil toplum kuruluşları (STK) tarafından her açıdan desteklenmektedir.

➤ Kurtarma (Recover)

Kurtarma, geri dönüşüm ile direkt olarak bağlantılı olan bir prensiptir. Malzemenin kullanım süresinin dolmasından sonra yeni bir yaşam döngüsü için toplama, sökme, ayırma ve temizleme işlemlerini içeren süreçtir (Jawahir & Bradley, 2016). Bu prensip tüketici ve üreticinin birlikte yürüttüğü bir süreç niteliği de taşımaktadır. Atığa ayırmak yerine ürünün bileşenlerinin yeniden döngünün içine dahil edilmesidir.

➤ Yeniden Tasarım (Redesign)

Yeniden tasarım döngüsel ekonominin uygulanabilirliği için oldukça önemlidir. Teknolojik gelişmelerin yardımıyla, ürünün, bir önceki yaşam döngüsünden ya da üretimden elde edilen malzeme, bileşen ya da kaynaklardan üretilmesi için tasarımının yapılmasıdır (Jawahir & Bradley, 2016). Yeniden tasarım prensibi, diğer bütün prensiplerin uygulanabilirliğini kolaylaştırması açısından önem taşımaktadır. En baştan ürünün tasarımının geri dönüşüme / kazanıma uygun olarak ya da başka bir üretim sürecinin hammaddesi olacak şekilde tasarlanması, diğer döngüsel ekonomi prensipleri için tetikleyici nitelik taşımaktadır.

➤ Yeniden Üretim (Remanufacture)

Yeniden tasarımdan farklı olarak, yeniden üretim, kullanılmış bir ürünün işlevlerini kaybetmeden ya da buna çok yakın olan yeni bir formuyla tekrar üretim sürecine alınmasını anlatmaktadır (Jawahir & Bradley, 2016).

➤ Reddetme (Refuse)

Reddetme, ürünün işlevinden vazgeçerek veya tamamen farklı bir ürünle aynı işlevi sunarak ürünü gereksiz kılmak anlamına gelmektedir. Akıllı ürün tüketimi kapsamında yer alan prensibe örnek olarak, gereksiz olduğu yerde paketlemenin reddedilmesi verilebilir (Potting, Hekkert, Worrell, & Hanemaaijer, 2017). Reddetme prensibi döngüsel ekonomi prensiplerinin toplumda benimsenmesi ile oluşacak bir tüketici alışkanlığıdır ve Şekil 2'den de görülebileceği gibi, döngüselliğin zirve noktasında yer almaktadır.

➤ Yeniden Düşünmek (Rethink)

Akıllı ürün tüketimi kapsamında yer alan bir diğer prensip ise yeniden, etraflıca düşünme prensibidir. Bu prensiple amaçlanan malzemelerin ortak kullanımı ya da birçok amaç için kullanımıdır. Çamaşır makinalarının binalar hatta mahallelerce ortak kullanımı bu prensibin amaçlarına örnek niteliğindedir (Potting, Hekkert, Worrell, & Hanemaaijer, 2017).

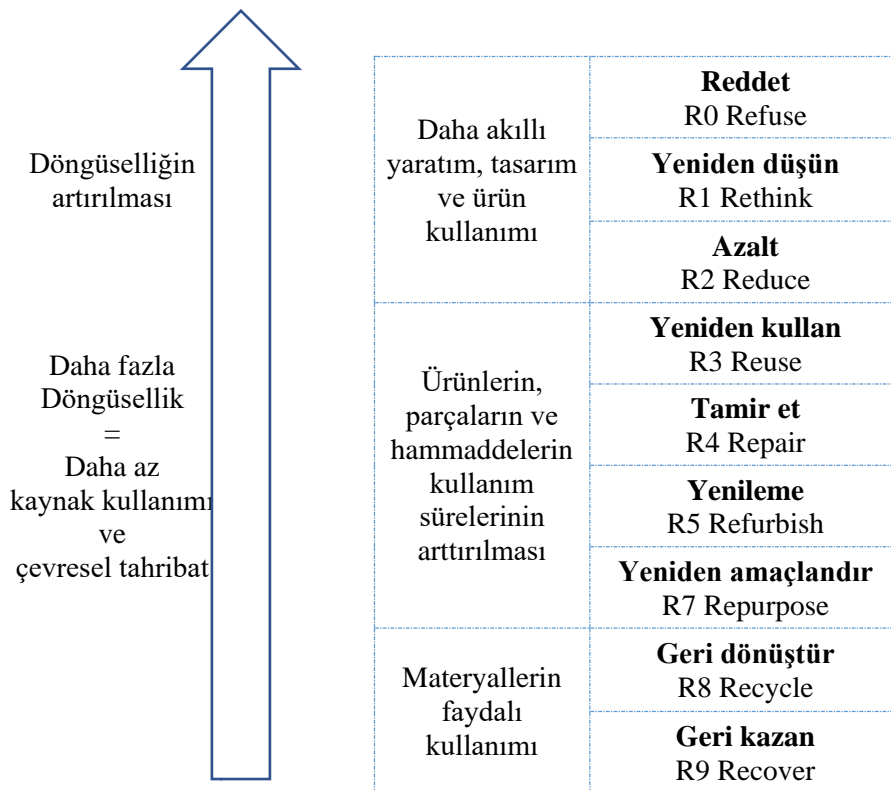
➤ Tamir (Repair)

Ürünün yaşam döngüsünü uzatma amacı taşıyan prensip, tamir ve onarım ile ürünün orijinal amacının korunmasını hedeflemektedir. Yenisi ya da bir üst modeliyle değişim yerine tamir ve onarıma yönelerek atığı engelleyerek döngüselliğe katkı sağlamaktadır.

➤ Yenileme (Refurbish)

Yenileme prensibi, geri dönüşüm ile doğrudan bağlantılı olup eski malzemenin geri dönüşüme gönderilerek modern versiyonuyla değiştirilmesini ve böylece ürün yaşam döngüsünün değiştirilmesini amaçlamaktadır.

## Döngüsel Ekonomi



Şekil 2 Döngüsel Ekonominin Temel Prensipleri Kaynak: (Potting ve diğerleri, 2017)

Şekil 2’de gösterilen prensipler, R9’dan R0’a doğru döngüselliğin artışı sağlamaktadır. Bu bağlamda, geri dönüşüm ve kurtarma gibi malzemenin yararlı kullanımına yönelik prensipler ve ürün yaşam döngüsünü uzatmayı amaçlayan yeniden tasarım, yeniden üretim, yenileme, tamir, yeniden kullanım prensiplerinin uygulanabilirliğinden sonra sosyal ve toplumsal döngüselliğe geçiş olarak akıllı ürün tüketiminde yer alan azaltma, yeniden değerlendirme ve reddetme prensipleri aktif olabilmektedir (Potting, Hekkert, Worrell, & Hanemaaijer, 2017). Bu bağlamda, DE politikalarının oluşturulan bu prensipler dahilinde uygulamaya konması sürdürülebilir kalkınmanın üç temel boyutuna da katkı sağlayacak niteliktedir. Hammadde ve enerji maliyetlerinde, çevresel mevzuat ve vergilerden doğan maliyetlerde ve atık maliyetlerinde azalma sağlanırken çoklu kullanımla kaynak değerindeki artış, çevreci anlayışın firmaya katacağı prestij değeri, hava kirliliği kontrolünün yaygınlaşması ekonomik faydalar arasında yer almaktadır. İkinci olarak, kaynak kullanımının çeşitliliğine bağlı olarak artan iş imkanları, paylaşım ekonomisi dolayısıyla toplumsal birlik anlayışının geliştirilmesi, mülkiyet kavramının daha az

vurgulanarak toplumsal faydanın desteklenmesi sosyal faydalardır. Son olarak, çevre boyutundaki faydalar, doğal kaynakların korunması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim, atık ve emisyonun azalmasıdır (Korhonen, Honkasalo, & Seppälä, 2018). Birlikte değerlendirildiğinde, doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçiş, sürdürülebilirlik ve kapalı döngü sistemi ile doğrudan bir ilişki içerisindedir ve çevreyi koruma altında ve kaynak tüketimini minimumda tutmayı gerektirmektedir (Kazançoğlu, Kazançoğlu, & Sağnak, 2018)

Özetle, prensiplerin bütününe bakıldığında, DE, yeniden tasarım ve kullanım aracılığıyla atığı ve ekonominin malzeme ve enerji girdilerine bağımlılığını azaltan, ekonomik sistemin dayanıklılığını arttıran, sürekli artan nüfus, talep ve üretime karşı çevreyi koruyan dinamik sürdürülebilir ve doğrusal ekonomiye kaçınılmaz bir alternatiftir (Sariatli, 2017). Döngüsel ekonomi üretim sürecinde, tasarım aşamasından tüketici alışkanlıklarındaki değişime kadar bütünsel bir anlayışla uygulandığında çevreyi koruyarak ve toplumsal faydalar sağlayarak ekonomiyi kalkındırma yönünde bir bakış açısı sunmaktadır.

### **1.1.3. Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilirlik kavramı için kullanılan en yaygın tanım Brundlant Komisyonu tarafından yapılmıştır. Kavram, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurarak ve karşılanabilir olmasını koruyarak bugünün gereksinimlerini karşılamak olarak tanımlanmıştır (United Nations, 1987). Bu tanım sürdürülebilirlik kavramının temel amacını ortaya koysa da uygulanabilirliği ve anlaşılması açısından dar kapsamlı bir tanımdır. Sürdürülebilirlik kavramı, literatürde ekonomik, çevresel ve toplumsal olarak üç temel boyutta ele alınmaktadır. 2015'te Birleşmiş Milletler tarafından hayata geçirilen

2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri yayınlanmıştır. Şekil 3'te gösterilen bu 17 hedef sürdürülebilirliğin üç boyutunu da temsil eder niteliktedir.



**Şekil 3 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları**

Anton vd. çalışmalarda, döngüsel ekonominin belirli göstergeleri ile sürdürülebilir kalkınma amaçları arasındaki ilişkiyi inceleyecek şekilde kurulmuş ve özellikle Avrupa Birliği'nin bu yönde izlediği politikalar değerlendirilerek sürdürülebilir kalkınma amaçlarının büyük bir kısmının döngüsel ekonomi kavramıyla doğrudan bağlantılı olduğu ve döngüsel ekonomiye tamamen geçiş için bu amaçların bir koşul olduğu ortaya koymuşlardır (Rodriguez-Anton, Rubio-Andrada, Celemín-Pedroche, & Alonso-Almeida, 2019).

Ancak; döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik ilişkisi açısından, literatürdeki döngüsel ekonomi tanımları incelendiğinde, döngüsel ekonominin sürdürülebilir kalkınma kavramıyla olan ilişkisinin zayıf olduğu görülmektedir. Döngüsel ekonominin ana temasının ekonomik refah olduğu göz önüne alındığında, çevresel yönünün ikinci planda kaldığını söylemek mümkündür. Sosyal açıdan ise, döngüsel ekonomi, sosyal eşitlik ve gelecek gibi kavramlara nadiren atıf yapmaktadır (Kirchherr, Reike, & Hekkert, 2017).

Sürdürülebilirlik, ekonomik, sosyal ve çevresel olarak üç temel boyuta ayrılrsa ve bu üç temel boyuta verdiği öncelik uygulamada ülkelerin politik önceliklerine göre farklılık



gösterse dahi, teoride eşit ve dengeli olarak dağılmaktadır (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017). Döngüsel ekonomi kavramının ise, önceliğini ekonomik kaygıları veriyor oluşu, bu ekonomi modelini sürdürülebilir kalkınmadan ayıran en önemli faktördür. Kavram olarak farklılıkları ve benzerliklerinin yanı sıra döngüsel ekonomi ile sürdürülebilirlik arasındaki ilişki yadsınamaz. Anton vd.'nin çalışmasında da ortaya konduğu üzere, iki kavram arasındaki ilişkiye yönelik çalışmalar incelendiğinde, genel eğilim döngüsel ekonomiye geçişin sürdürülebilirlik açısından bir koşul ya da temel bir şart olduğu yönündedir. Yaygın görüşten farklı olarak, döngüsel ekonomiye geçişin yaratacağı problemlerin sürdürülebilirlik açısından olumsuz getirileri olabileceğine dair görüşler de literatürde mevcuttur (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017).

## 1.2. DÖNGÜSEL EKONOMİ UYGULAMALARI

Döngüsel ekonomi politikaları, endüstrileşme ve büyüme için ulus modernizasyonu ve toplum refahını garanti eden yeni bir yol açmıştır (Feng & Yan, 2007). Döngüsel ekonomi stratejisi, üretim ve tüketim süreçlerini kapsayan tüm insan faaliyetlerinin yeniden ve tümüyle düzenlenmesini gerektirir. Bu reform süreci ise ilgili endüstri ya da ürün için iyileştirmeyi, yeni teknoloji geliştirme ve uygulamayı, ekipmanların ve yönetim anlayışının güncellenmesini kapsamaktadır (Yuan, Bi, & Moriguichi, 2006). Yuan'ın stratejisini kapsar nitelikte olan bir çalışma da Winans, Kendall ve Deng tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik birinci sırada, politika araçları olarak eko-endüstriyel parklar ve ağlar ele alınırken, ikinci sırada ise çeşitli sektörlerdeki değer zincirleri, malzeme akışları ve ürün bazlı uygulamalar ele alınmıştır. Son olarak ise teknolojik, örgütsel ve sosyal inovasyonlar başlıkları altında ekonomik ve iş modelleri, enerji sektöründeki sistemsel gelişmeler ve döngüsel ekonomi değerlendirme yöntemleri incelenmiştir (Winans, Kendall, & Deng, 2017). Bu çalışmaların temelindeki amaç ülke bazında çevre baskısını, ekonominin üzerinden kaldırarak çevre, ekonomi ve toplum arasında uyumlu bir iş birliği ile yürütülen bir sistem oluşturmaktadır (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016).

### 1.2.1. Döngüsel Ekonomi Uygulama Aşamaları

Döngüsel ekonomi uygulamalarını birçok aşamada incelemek mümkündür. Bunlar dikey olarak mikro, mezo ve makro seviyelerdeki uygulamalar; yatay olarak ise endüstriler, şehir altyapıları, kültürel çevre ve sosyal tüketim olarak ele alınmaktadır (Feng & Yan, 2007). Döngüsel ekonomi uygulama aşamalarının her birinde rol oynayan aktörlerin ağırlığı da, farklılık göstermektedir. Her bir seviye için devlet desteği ve politikaları oldukça önem arz ederken, makro seviyede gerçekleşecek politikaların uygulanabilirliği direkt olarak devlet desteğine bağlıdır. Daha alt seviyelerde ise, sivil toplum kuruluşları ve bireysel aktörler yer almaktadır.

Su vd. döngüsel ekonomi uygulamalarını dört seviyede ve üç aşamada inceleyerek mikro, mezo ve makro uygulamaların, üretim, tüketim, atık yönetimi ve diğer alanlarda nasıl uygulandığını ortaya koymuştur (Su, Heshmati, Geng, & Yu, 2013). Döngüsel ekonomi uygulamalarının aşamaları alt sektörlerdeki uygulamaları, hükümetlerin farklı alanlardaki politikalarını, teknolojik ve sosyal yenilik çalışmalarını da kapsamaktadır. Döngüsel ekonomi uygulamalarının başarılı ve sürdürülebilir olabilmesi için bütün aşamalardaki aktörlerin ve sektörlerin birbirlerini destekleyici nitelikte olması ve hem kısa, hem uzun dönem hedeflerin belirlenebilmiş ve değerlendirilebilir olması gerekmektedir (Winans, Kendall, & Deng, 2017).

Ülkelerin çevre mevzuatlarında, kalkınma planlarında, yönetmeliklerinde döngüsel ekonomiye yönelik mikro, mezo ve makro seviyede yönlendirici kılavuzlar yer almaya başlamıştır. Bu açıdan bakıldığında, döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik devlet politikalarının zorunlu ve destekleyici niteliği bulunmaktadır. Sivil toplum kuruluşları ise, hem firmalar arasında iş birliğini geliştirmede, hem de tüketiciye yönelik bilinçlendirme çalışmalarında oldukça etkin rol almaktadır. İlerleyen alt başlıklarda mikro, mezo ve makro aşamalar anlatılmaktadır.

### 1.2.1.1. Mikro Aşaması

Mikro aşaması, döngüsel ekonomi stratejisinin bireysel ya da firmalar tarafından uygulandığı aşamadır ve temelini temiz üretim kavramından almaktadır. Temiz üretim kavramı genel verimliliği arttırmak, insan ve çevreye yönelik riskleri azaltmak için süreçlere, mal ve hizmetlere uygulanan bütünleşik ve önleyici çevresel stratejinin sürekli uygulanması olarak UNEP tarafından tanımlanmıştır (UNEP, 2006). Buna göre, ürünün döngüsel ekonomi prensiplerine göre eko-tasarıma sahip olması, yeniden kullanılabilir ya da geri dönüştürülebilir olmasının yanı sıra, üretiminin temiz olması da oldukça önem arz etmektedir. Temiz üretim ise, teknolojik gelişmeler dolayısıyla dijitalleşme ve paylaşım ekonomisi ile doğrudan ilgilidir. Dijitalleşme ve 3D yazıcıların hayatımıza girmesiyle eklemeli üretim olarak adlandırılan katmanlı üretim yapısı da en temel temiz üretim örnekleri arasındadır. Burmaoğlu vd'e göre paylaşım ekonomisi ve eklemeli üretim, yerel malzeme tedarikinde, ulaşım maliyetlerinin azalmasında, kaynak kullanım oranlarında ve geleneksel üretim sisteminde kullanılan enerji miktarının azalmasında döngüsel ekonomi açısından oldukça önemli bir fırsat sunmaktadır (Burmaoğlu, Güngör, Kırbaç, & Sarıtaş, 2022).

Çin'de firmaların temiz üretime yönelmelerini sağlamak amacıyla oluşturulan uygulamada firmalar beş renk ile sınıflandırılarak kamuya açıklanmıştır. Böylelikle, uygulama hem firmalar, hem de bireyler için tetikleyici bir nitelik kazanmıştır (Yuan, Bi, & Moriguchi, 2006). Liu ve diğerlerinin Çin'de yaptığı bir başka araştırmada ise, döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik olarak kamu farkındalığı ölçülmüştür. Mikro seviyeye örnek niteliğinde olan bu çalışmada, ankete katılan tüketicilerden satın alma alışkanlıkları, tüketim ve çöplerine yönelik alışkanlıkları, ortak kullanım ve çevre korumaya yönelik genel davranışlarına yönelik sorular sorulmuştur. Araştırmanın sonuçları ise, ankete katılanların çöp çıkarma, ortak kullanım gibi konularda pozitif bir bakış açısında sahip olmasına rağmen, çevresel önceliklerinin elektrik tüketimini azaltma gibi kendi ekonomilerine katkı sağlayacak enerji tasarrufu yöntemleri olduğunu göstermiştir. Bu olumlu yöneline rağmen, döngüsel ekonomi uygulamaları hakkında bilincin az olduğu sonucu ortaya konmuştur (Liu, Li, Zuo, Zhang, & Wang, 2009).

Mikro aşamadaki döngüsel ekonomi uygulamalarının etkinliğinin ölçülebilmesi, firmaların bu bağlamda kendilerini geliştirebilmeleri için oldukça önem taşımaktadır. Değerlendirmenin doğru bir anlam taşıyabilmesi için kendi üretim şemaları ve döngüsel ekonomi prensiplerinin kesiştiği noktaları dikkate alarak belirlenecek olan göstergelerin kullanılması gerekmektedir. İzleyen alt başlıkta, döngüsel ekonomi politikalarının etkinliğinin ölçülmesine yönelik detaylar verilecektir.

#### 1.2.1.2. Mezo Aşaması

Mezo aşaması, döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik olarak kurulan eko-endüstriyel parkları kapsamaktadır ve endüstriyel simbiyoz kavramıyla doğrudan ilişkili uygulamalardır. Döngüsel ekonominin temelini oluşturan kavramlar açıklanırken incelenmiş olan endüstriyel simbiyoz kavramı, firmalar arasındaki atık yönetimi ve ürün değişimini öngörmektedir. Bir üretim sisteminin atığının bir diğer üretim sisteminin hammaddesi olarak üretime almayı amaçlayan eko-endüstriyel ağların oluşturulması, yerel üretim sistemlerini geliştirecek nitelikte ve amaçta olmakla birlikte, çevre korunması ve sürdürülebilirlik için de oldukça etkilidir (Yuan, Bi, & Moriguichi, 2006). Eko-endüstriyel parklar, mezo seviyenin temelini oluşturmakla birlikte Su (2021) yaptığı çalışmada üretim seviyesinde temel uygulama olarak eko-endüstriyel parkları ve mahsul ve hayvancılıktan elde edilen yan ürünlerin ve atıkların kullanımını amaçlayan eko-tarımı ele almıştır. Tüketim aşamasında ise enerji, su ve arazi tüketimini azaltmaya yönelik uygulamalar, aynı zamanda sakinlerinin atık sularının ve katı atıklarının toplanabileceği çevre dostu yerleşimlerin oluşturulmasına yönelik uygulamalar döngüsel ekonomi mezo seviye uygulamaları arasındadır. Bu seviyedeki atık yönetimi ile ilgili uygulama, atık pazarı düzenlenmesi ve yönetilmesi ile üretime ve ekonomik faydaya katkı sağlayamaya yöneliktir. Üretim, tüketim ve atık yönetimi alanları ile diğer alanlarda ise, mezo seviyedeki uygulamalarda en büyük rol sivil toplum kuruluşlarına aittir (Su, Heshmati, Geng, & Yu, 2013).

### 1.2.1.3. Makro Aşaması

Makro aşaması, şehir düzeyinde uygulanan politikaları ifade etmektedir. Burada amaç, eko-endüstriyel parklardan ziyade, eko-endüstriyel belediyeler ve şehirler oluşturmaktır. Bu aşamada, devlet desteğiyle birlikte altyapı çalışmaları, firmaların desteği ve bireysel katkı yer almaktadır. Makro seviyedeki uygulamalar, endüstriyel sistemi, altyapıları, kültürel uygulamaları ve bireysel tüketimleri kapsamakta ve bu dört sistemin kendi içindeki etkileşimlerinden oluşmaktadır. Döngüsel ekonomiyi temel alarak yeşil planlama ve mimari ile oluşturulan bir eko-şehirde, dönüştürülebilir su, atık, temiz enerji ve temiz toplu taşıma sistemleri ile ekolojik sistemden gelen kaynaklar kullanılarak üretim, dağıtım ve tüketim yapılacaktır (Feng & Yan, 2007). Eko-belediyeler ve eko-şehirler oluşturularak hedeflenen bu alt yapı değişiklikleri ilk etapta, oldukça büyük bir yatırım getirirse de, uzun vadede sağlanacak ekonomik katkılarının daha fazla olacağı düşünülmektedir.

Döngüsel ekonominin nihai amaçlarına ve prensiplerine uygun olarak tasarlanacak olan çerçeveleri eko-şehirlerde yürütülecek uygulamalara yönelik literatürde birçok çalışma mevcuttur. Zhu'nun önerdiği kira sistemi de makro düzeyde tüketim uygulamaları arasında yer almaktadır. Ürünün satın alma ve satış akışından çıkarak üretimden direkt olarak tüketiciye akmamasını öngören bu sistemde, sadece kullanım amaçlanarak artık kullanılmayan ürünlerin atık olmaması amaçlanmaktadır (Wu, Shi, Xia, & Zhu, 2014). İşbirlikçi tüketim modeline örnek olan bu çalışmanın yanı sıra, araçların ortak kullanımı, ödünç verme, takas gibi yöntemler de tüketime yönelik uygulamalardandır.

Üç aşama değerlendirildiğinde DE uygulamalarının devamlılığı ve etkinliği açısından en önemli faktör yasadır. DE bir ekonomi ve kalkınma politikası olarak ülke gündemine alınmasından itibaren, üç aşamada da uygulanabilirliğinin de devletin kontrolünde olması gerekmektedir. Buna göre, Feng ve Yan'a göre yasama, DE düşüncesine uygun olarak sadece ekonomik değil, çevresel ve sosyal katkıları da içererek, ülke genelinde tüm mevzuatlarca benimsenmesi, ekonomik ölçütler standart faiz oranları, borçlar, alacaklarla

sınırlı kalmayıp çevresel vergiler, finansal teşvikler, çevresel zarardan sorumlu sigortalara genişletilmesi ve kamu katılımının sağlanması gerekmektedir (Feng & Yan, 2007). Andersen ise yaptığı çalışmada, döngüsel ekonominin, çevresel vergiler ve harçlarla desteklenmesinin neden tercih edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, çevrenin fiyat cinsinden bir değerinin olmasının üreticileri, ürün maliyetini azaltmak için geri dönüşüm ve geri kazanım uygulamalarına yönlendirerek daha az çevre ve daha çok işgücü kullanımına sevk edeceği ileri sürülmektedir. Bunun yanı sıra, çevresel vergi ve harçlardan kaçınmak için firmaların yeni teknoloji yatırımlarına ya da çevre kirliliğini azaltıcı eylemlere yöneleceği ortaya konmuştur (Andersen, 2007).

Döngüsel ekonominin bireysel ya da firma olarak başlayarak, önce eko-endüstriyel parklara daha sonra eko-şehirlere dönüşmesinin ve ülke politikası haline gelmesinin, uzun vade ekonomik ve çevresel kalkınma için oldukça önemli olduğu açıktır. Ekonomik ve çevresel faydalarının yanı sıra, döngüsel ekonomi uygulamalarının uzun vadede ülkeleri birbirlerine bağımlı kılan enerji politikalarını da etkileyeceği düşünülmektedir. Doğal kaynakların oldukça kısıtlı kullanımı, üretilen ürünlerin geri dönüşümünü ve yeniden kullanımı prensiplerine dayalı olan döngüsel ekonomi modelinin, tükenbilir enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltarak yenilenebilir enerji kullanımları ile ulusal güvenlik açısından da önemli bir etki yaratması beklenmektedir.

### **1.2.2. Dünyada Döngüsel Ekonomi Uygulamaları**

Seri üretime geçiş, küreselleşme ve artan ticaret hacmi ülkelerin sınırlı doğal kaynakları korumak ve çevreyi azaltan politikalar uygulamak adına harekete geçmesine sebep olmuştur. Sadece çevre ve toplumsal olarak bu politikaları hayata geçirmek yerine aynı zamanda ekonomik kalkınmayı amaçlayan bir model olan döngüsel ekonomi uygulamaları devletler tarafından benimsenmeye başlamıştır. Özellikle Çin'de gözlemlenen ekonomik büyümenin kaynak kullanımı, atık yönetimi ve çevreye verilen zararlar düşünüldüğünde, üretimden kaynaklı atığın tekrar ekonomiye kazandırılması ve çevreye verilen zararın azaltılması yönünde çalışmalara başlanmıştır. Birleşmiş Milletler'in İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine katılan 196 ülke arasında sera gazı

emisyonu en fazla olan ülkenin Çin olduğu göz önüne alındığında, dögüsel ekonomiyi, kendi tanımıyla, bir politika haline getirerek yasa kapsamında uygulamaya koyan ilk devlet de Çin olmuştur. 1999’da Devlet Çevre Koruma İdaresi tarafından uygulamaya konulan politikalar, dögüsel ekonominin en büyük adımlarından biri olan eko-endüstriyel parklar için bir rehber niteliği oluşturmuştur. 2004’te ise dögüsel ekonomi politikaları Meclis tarafından uygulamaya konulmaya başlanmıştır. Dögüsel ekonomiyi bir çevre koruma stratejisi olmaktan çıkartıp, devlet politikasına çeviren bu uygulama ilerleyen dönemlerde de tüm dünyada kavramın bir ekonomi politikası olarak ele alınmasına zemin hazırlamıştır (Yuan, Bi, & Moriguichi, 2006).

Su’ya (2013) göre ise dögüsel ekonomi uygulamaları, ilk önce 1996 yılında Almanya’da başlamıştır. “Kapalı Madde Dögüsü ve Atık Yönetim Eylem Planı” adı altında kapalı dögü ekonomi ve atık yönetim politikaları düzenlenmiştir. Japonya’da ise, bu uygulamalar “Geri Dönüşüm Temelli Toplum için Temel Düzenlemeler” adı altında yürütülmüştür (Su, Heshmati, Geng, & Yu, 2013).

Şu anda dögüsel ekonomi uygulamaları arasında temel olarak gösterilen, eko-endüstriyel parkların örnekleri önceye dayanmaktadır. Endüstriyel simbiyoz kavramı ile çoğu zaman aynı anlamda kullanılan eko-endüstriyel ağlar ya da parkların ilk örneği Danimarka’da görülmüştür. Şirketlerin kendi aralarında yaptıkları anlaşmaya dayalı olarak ilerleyen ve herhangi bir hükümet desteği olmayan bu sistem kendi içinde işleyen bir yapı niteliğindedir (Jacobsen, 2006). Danimarka’da ilk olarak görülen ve kendi içinde işleyen bu sistemin örnekleri daha sonrasında İtalya, Amerika, İsveç, İngiltere, Tayland’da da görülmüştür (Winans, Kendall, & Deng, 2017). Bu uygulamalar, çevresel niteliklerine ek olarak, firmaların ekonomik kalkınmalarına da destek veren uygulamalar olarak ortaya konmuştur.

Ancak, dögüsel ekonomi uygulamalarının bugünkü karşılığında bir devlet desteği ve politikasının olması, merkezi bir sistemden yönetiliyor olması oldukça önemlidir.

Döngüsel ekonomi uygulamalarını inşa ettiği eko-endüstriyel parklar vasıtasıyla kanunlarda yaptığı değişikliklerden, finans alanındaki yeniliklere, vergi düzenlemelerinden, teknolojiye, kalite ve yönetim standartlarının revizyonundan istatistiksel sistemler ve değerlendirme indekslerindeki güncellemeye kadar hayata geçirerek geniş çaplı uygulayan devlet Çin olmuştur (Wu, Shi, Xia, & Zhu, 2014). 2003 yılında Temiz Üretim Yasası ile çevresel politikalar uygulamaya başlayan Çin’de, 2009 yılında Döngüsel Ekonomiyi Teşvik Yasası yürürlüğe girmiştir. Bu yasa ile döngüsel ekonomi, ulusal ekonomik ve toplumsal kalkınma stratejisi olarak belirlenmiştir. Azaltma, yeniden kullanım ve geri dönüşümü temel prensipler olarak belirleyerek kurumsal düzenlemeler yapılmıştır (Fan & Fang, 2020). Bu yasayı takiben, geri dönüşüm ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ve belediye atıklarına yönelik yasalarla birlikte çevresel vergiler yürürlüğe konmuştur. Bunun yanı sıra, uygulamalar ile ilgili bilimsel araştırmaları ve teknolojik yenilikleri destekleyici programlar açıklanmıştır. Sistematik olarak 11inci ve 12inci 5 yıllık planların Çin’de uygulamaya konmasıyla döngüsel ekonomi konusunda oldukça başarı elde edilmiştir.

2014 yılında ise, Avrupa Parlamentosunda döngüsel ekonomi gündeme alınarak Avrupa Komisyonu tarafından ilk döngüsel ekonomi paketi “Döngüsel Ekonomiye Doğru: Avrupa için Sıfır Atık Programı” adı altında açıklanmıştır (EU, 2014). Geri dönüşüm, hammaddenin değer kaybını önleme, istihdam alanı yaratma, ekonomik kalkınmaya katkı sağlama, sıfır atık doğrultusunda ilerleyerek sera gazı emisyonunu ve üretimin çevresel etkilerini azaltmaya vurgu yapılmıştır. 2015 yılında Avrupa Komisyonu, Döngüsel Ekonomi için AB Eylem Planını yayınlamıştır. 2015’te yayınlanan eylem planında, döngüsel ekonominin, Avrupa Birliği’ni kaynak kıtlığına ve piyasa değişimlerine karşı koruyarak yeni iş fırsatları ile daha verimli üretim ve tüketim yolları yaratarak AB’yi daha rekabetçi hale getireceği belirtilmektedir. Ekonomik faydanın yanı sıra, iklim, biyoçeşitlilik, hava ve toprak açısından da geri dönüşü olmayan zararların önlenmesine yardımcı olacağı belirtilmektedir. Bu amaçla, Avrupa Birliği ilk eylem planıyla eko tasarım, atık horizonu kapsamında araştırma projeleri, plastik ve gıda atıkları, kritik hammaddeler, endüstriyel atıklar, tüketim ve kamu satın alımlarına yönelik olarak uzun vadeli planları içermektedir (European Commission, 2015). 2020 yılında ise Avrupa



Komisyonu tarafından güncellenmiş hali “Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı” olarak yayımlanmıştır. Ürün dayanıklılığı, yeniden kullanılabilirliğinin artırılması, tehlikeli kimyasalların azaltılması, geri dönüştürülmüş malzeme oranının artırılması, karbon ve çevresel ayak izinin azaltılması, üreticilerin ürünün kullanım ömrü boyunca performansına ilişkin sorumluluğu üstlenmesi, farkı sürdürülebilirlik performanslarına yönelik ürünlerin ödüllendirilmesi yeni eylem planında öne çıkan maddeler arasındadır (Mısır & Arıkan, 2022). Konu üzerinde yetkin uluslararası kuruluşlar tarafından da değerlendirilen Avrupa Birliği’nin DE’ye yönelik açıklanan eylem planları doğrultusunda döngüsel ekonomiye geçişle, yeni materyallerin tüketiminin 15 yıl içerisinde %32 oranında; 2050 itibariyle ise yarıdan fazla oranda azaltılabileceğini öngörmektedirler (Sapmaz Veral, 2019).

AB’nin döngüsel ekonomi bakış açısına sahip bir diğer projesi ise, Avrupa Yeşil Mutabakatı’dır (AYM). AYM, Avrupa’nın yeni eylem planı olup sera gazı emisyonları ve kaynak kullanımının minimuma indirilmesini ve ekonomik büyümenin çevreden bağımsız hale getirilmesini amaçlamaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı, Avrupa ile ticari ilişkiye sahip her ülke için bağlayıcı nitelik taşıdığından AB ile Gümrük Birliği Anlaşması kapsamında olan Türkiye için de bağlayıcıdır. AYM’nin döngüsel ekonomi bakış açısının Türkiye’ye etkileri izleyen alt bölümde detaylı olarak değerlendirilmiştir.

### **1.2.3. Türkiye’de Döngüsel Ekonomi Uygulamaları**

Döngüsel ekonomi, kavram olarak Türkiye’de son birkaç senedir gündemde olsa da döngüsel ekonomi bakış açısı ve buna yönelik uygulamalar konusunda Türkiye oldukça yol katetmiştir. DE’nin prensipleri ve amaçları göz önüne alındığında, doğal kaynakların azaltılması, atık yönetimi, ürün ömrünün uzatılması, ürünlerin yeniden kazanımı ya da geri dönüşüm konularında yıllardır çalışmalar yapılmaktadır. Bu noktada, döngüsel ekonomiye geçişi destekleyen politikaların yapısı ülke koşullarına ve ülkenin ticari ilişkilerine göre şekillenecek nitelikte olsa da, döngüsel ekonomi uygulamalarını hayata geçirmiş ülkelerin deneyimlerinden faydalanmak, döngüsel ekonomiyi sadece sürdürülebilirlik raporlarında yer alan bir kavram olmaktan çıkartıp, döngüsel

ekonominin bir ekonomik model olarak hayata geçirilmesinde önem taşımaktadır (Veral, 2021).

Özuyar, Türkiye'deki DE uygulamaları üzerine yaptığı çalışmasında Türkiye'deki organize sanayi bölgeleri, serbest bölgeler, teknoparklar ve belirli bir alanda kümelenmiş bölgeleri, endüstriyel simbiyozla örnek olarak göstermektedir. Bu yapıda oluşmuş bölgeler, ekonomik avantajlarının yanı sıra, şehirleşme, kaynak kontrolü, atık kontrolü gibi alanlarda da yönetimi ve denetlemeyi kolaylaştırarak döngüsel ekonomi açısından ekonomik, toplumsal ve çevresel kazançlarıyla önemli araçlardır (Özuyar, 2021).

Türkiye'de döngüsel ekonomi konusunda ilk olarak bakılması gereken yer Çevre Kanunu'dur. Çevre kanununda amaç, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır (Çevre Kanunu, 1983). Çevre kanunu, bu alandaki gelişmeler ile Avrupa Birliği'ne aday sürecimizle de bağlantılı olarak güncellenmekte ve yeni hedefler belirlenmektedir. Bunun yanı sıra, ulusal düzeyde hazırlanan kalkınma planları da döngüsel ekonomi politikalarında yol gösterici ve hedef belirleyici niteliğe sahiptirler. Türkiye'nin en son yayımlanan 2019-2023 yıllarını kapsayan 11. Kalkınma Planında döngüsel ekonomi kavramı olarak yer alıp ulusal bir politika niteliği kazanmamış olsa dahi 11. Kalkınma Planında döngüsel ekonomiye geçişe yönelik birçok hedef ortaya konmuştur. Su arıtma tesislerinin yaygınlaştırılması ve arıtılmış atık suyun kullanımının çoğaltılması, katı atık yönetim sisteminin geliştirilerek atığın azaltılması, atığın kaynakta ayrılması, ayrı toplanması, geri kazanılması veya dönüştürülmesi yöntemlerinin mali ve teknik olarak desteklenmesi, hava kalitesini artırma amacıyla toplu taşımaya yönlendirme, yeşil alanlarının çoğaltılması ve sıfır atık politikasının yaygınlaştırılması gibi hedefler kentsel altyapı hedefleri içine dahil edilmiştir. Ayrıca, yayımlanan kalkınma planında çevresel hedefler dahilinde de sera gazı emisyonları, çevre kirliliği, gürültü kirliliği, iklim değişikliği gibi ana hedeflere yer verilmiştir (On Birinci Kalkınma Planı, 2019).

Çevre kanunu ve kalkınma planı dışında da, döngüsel ekonomi prensiplerini hayata geçirmeye yönelik politikalar uygulanmaktadır. Atık Yönetimi Yönetmeliği ile firmaların kendi üretim sahaları içerisinde geri dönüşüm/kazanım yapılması, üretim çıktısının atık olmaktan çıkarılarak, yeni bir üretim sürecine dahil edilmesi ve alternatif hammadde uygulamaları bu yönetmelikte düzenlenerek firmalara lisans verilmesi sağlanmış ve endüstriyel simbiyozu teşvik edilmiştir. Atık yönetmeliğinin bir diğer vurgulanması gereken noktası ise, genişletilmiş üretici sorumluluğu (GÜS) projesidir. Yönetmelikte, GÜS, ürünlerin rekabetçi özelliği gözetilerek DE prensipleri çerçevesinde ürünlerin yaşam süreleri boyunca verimli kullanımını tasarımında, üretim sürecinde ve satışında destekleyecek bir sorumluluk projesi olarak yer almaktadır. GÜS kapsamındaki ürün grupları elektrikli ve elektronik eşya, ambalaj, araç (otomotiv), pil ve akümülatör olarak belirlenmiştir ve bu ürün grupları için üretici sorumlulukları üretim ve hammadde temininde alacakları önlemlerden tamir ve geri dönüşüme kadar genişletilmiştir (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2019).

Türkiye'nin döngüsel ekonomiye yönelik uygulamaları arasında en geniş çapta olanlardan bir tanesi de Sıfır Atık Yaklaşımıdır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından geliştirilen proje hammadde ve doğal kaynakların etkin yönetimi ile sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda atık yönetimi süreçlerinde çevre ve insan sağlığının ve tüm kaynakların korunmasını hedeflemektedir (Sıfır Atık Yönetmeliği, 2019). Sıfır atık yaklaşımı, atığın da bir kaynak olarak görülmesi açısından döngüsel ekonomi için önemli bir adımdır. Proje kapsamında, Türkiye'deki bütün kamu kuruluşları, belediyeler, hastaneler, organize sanayi bölgeleri, okullar, belirli AVM'ler vb. sıfır atık planlarını oluşturmakla ve uygulamakla yükümlü tutulmuşlardır. Sıfır atık projesi kapsamında başvuran ve zorunlu tutulan kurumlar için çeşitli seviyelerde belgelendirme yapılması sağlanmaktadır. Bu tutum aslında tüketicilerin bilinçlenmesi ve döngüsel tüketim kapsamında hareket etmeleri açısından da destekleyici bir nitelik taşımaktadır.

Döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik olarak Türkiye'de hayata geçirilen bu projelerin yanı sıra, henüz kendi adıyla yayınlamış bir mevzuat olmasa dahi Çevre ve

Şehircilik Bakanlığı'nın sitesinde Döngüsel Ekonomi ve Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı adı altında yayınlanan bilgilendirme kılavuzları mevcuttur. Sektörel bazda yayınlanan bu kılavuzlarda, üretim esnasında ve sonrasında atık yönetimine yönelik yönlendirmeler mevcuttur.

Uluslararası açısından ise, Türkiye'nin Avrupa Birliği aday ülke statüsü taşıması ve Gümrük Birliğine üye olması nedeniyle Avrupa Birliği'nin döngüsel ekonomiye geçişte attığı adımları ve hedefleri bağlayıcı kılmaktadır. Bu doğrultudaki en önemli projelerden birisi de, Avrupa Yeşil Mutabakatıdır. Avrupa Yeşil Mutabakatı 2019 yılında Avrupa Komisyonu tarafından nihai iklim eylem planı olup Birliğin iklim ve çevreye karşı olan tutumunu ortaya koymaktadır. AYM, 2050 yılına kadar AB'yi sera gazı emisyonlarının ortadan kalktığı ve kaynak tüketimi ile ekonomik büyümenin ayrıştırıldığı rekabetçi ve münferit bir topluma dönüştürmeyi amaçlayan bir büyüme stratejisi olarak tanımlanmıştır. İklim hedeflerini arttırmak, temiz enerji sağlamak, döngüsel ekonomiye geçiş, inşaat ve yenilenebilir enerji ve kaynak verimli bir yol sağlamak, sıfır kirlilik, ekosistemleri ve biyoçeşitliliği korumak, çevre dostu bir gıda sistemi tasarlamak, sürdürülebilir hareketliliğe geçişin hızlanmasını hedefler olarak belirlenmiş ve tüm bu faaliyetlerin en uygun şekilde finanse edilmesine ilişkin bir yol haritası belirlemiştir (EU, 2019). Döngüsel ekonomi bakış açısından değerlendirildiğinde döngüsel ekonomi, Avrupa Yeşil Mutabakatının ekonomik kalkınma ayağı olarak görülmektedir. Bu nedenle, Avrupa ile ticaret ilişkisi olan her ülke için AYM, bir rehber niteliği taşımaktadır. Türkiye'nin de Avrupa ile ticaret hacmi düşünüldüğünde mutabakat doğrultusunda mevzuat düzenlemeleri yaparak uygulamaya geçilmesi gerekmektedir.

Döngüsel ekonomiyi destekleyecek ve geçişini hızlandıracak olan AYM için Türkiye'de de bir eylem planı hazırlanarak bu doğrultuda çalışmalara başlanmıştır. Türkiye'nin AYM Eylem Planı ile amaçladığı, ihracat odaklı büyüme kapsamındaki ekonomik modelin yeşil dönüşümü ile sürdürülebilir bir büyüme sağlamak ve AB başta olmak üzere, AB dışındaki ticaret partneri olarak üçüncü ülkelerle ihracatta rekabetçi bir yere sahip olabilmektir. Türkiye'nin bu amaçla hazırlamış olduğu eylem planı, 9 ana başlıktan

oluşmaktadır. Bunlar, sınırda karbon düzenlemeleri, yeşil ve döngüsel bir ekonomi, yeşil finansman, temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı, sürdürülebilir tarım, sürdürülebilir akıllı ulaşım, iklim değişikliği ile mücadele, diplomasi ve Avrupa Yeşil Mutabakatı bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri olarak belirlenmiştir (T.C Ticaret Bakanlığı, 2021). Sınırda karbon düzenlemelerinin kapsamı enerji yoğun sektörlerde yapılacak düzenlemeler, sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik çalışmalar ve karbon fiyatlandırma çalışmaları olarak belirlenmiştir. Bu düzenlemenin amacı, AB'nin ürünlerin ekonomik değerlerini, ürünlerin karbon içeriğini değerlendirmeye alarak belirleyeceğine yönelik politikasına karşı Türkiye'nin pazarda rekabetçi kalabilmesini sağlamaktır. Yeşil dönüşümü finanse etmek amacıyla yapılacak çalışmalar AB mevzuatına uygun olarak kredi projelerini ve firmaları yeşil üretime yönlendirici çeşitli mali teşvikleri kapsamaktadır. Temiz, ekonomik ve güvenlik enerji arzı konusunda yapılacak çalışmalar, yenilenebilir enerji kaynakları odaklı olarak yapılacak olan organize sanayi bölgelerinde bilinçlendirme, sertifikalandırma ve güneş enerji santrallerini arttırmaya yönelik çalışmalar olarak belirlenmiştir.

Bir diğer ana başlık olan sürdürülebilir tarım için AB mevzuatına uygun olacak şekilde organik tarım ve tarımsal atıkların yeniden değerlendirilmesine yönelik çalışmalar başrol oynayacaktır. Bunun yanı sıra, AB'nin 'Tarladan Sofraya ve Biyoçeşitlilik Stratejileri' konusunda bilgilendirme çalışmaları yürütülebileceği belirlenmiştir. Sürdürülebilir akıllı ulaşım için hedefler ise, AB ile Türkiye arasındaki demiryolunu geliştirmeye yönelik çalışmalar, Yeşil Liman Sertifikasyon çalışması, elektrikli araç altyapılarının güçlendirilmesi ve egzoz emisyonunun azaltılmasına yönelik çalışmalardır. İklim değişikliği konusunda halihazırda imzalanmış olan Paris Anlaşması çerçevesinde Türkiye'nin pozisyonu belirlenerek iklim değişikliği stratejisi ve hedefleri belirlenecektir. Son olarak, AB mevzuatına uygun olarak mevzuatla ilgili güncellemeler yapılarak AB ve AB üye ülkeleriyle olan ticari ilişkilerin korunması ve geliştirilmesi Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamındadır. Buna yönelik olarak da devlet kurumlarından, STK'lara, organize sanayi bölgelerinden tüketiciye kadar bilinçlendirmeye yönelik eğitimler düzenlenmesi amaçlanmaktadır (T.C Ticaret Bakanlığı, 2021).

Buraya kadar belirtilen faaliyetlerin hepsi döngüsel ekonomiyle direkt olarak bağlantılı çalışmalardır. Avrupa Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nda belirtildiği, DE atık miktarının minimum seviyede tutularak ve hammadde ve kullanılan enerjinin ürün döngüsüne yeniden dahil edilmesi ile ürünün piyasa değerinin korunduğu bir ekonomik anlayış benimsenmesini gerektirmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı da, döngüsel ekonomi çerçevesiyle çizilmiştir. Bu bağlamda, Türkiye'nin Eylem Planı'nda tüm maddeleri bu döngüsel ekonomi bakış açısında ve bu ekonomik yaklaşıma geçişe hizmet etmektedir. Tablo 3'te, Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nda belirlenen yeşil ve döngüsel bir ekonomiye geçiş için belirlenen hedefler ve eylemler gösterilmiştir. Söz konusu bu tablo, ana hedefler olarak belirtilen 8 maddenin kısa açıklamalarını içermekte olup, döngüsel ekonomiye geçişte bir yol haritası çizmesi amacıyla belirtilmiştir.

HEDEFLER	EYLEMLER
<b>Türkiye’de sanayinin yeşil dönüşümünün ve dōngüsel ekonominin geliştirilmesi hedefi</b>	Dōngüsel ekonomi çerçevesinde, öncelikli sektörlerin belirlenerek sektörlere yönelik detaylı etki ve ihtiyaç analizi çalışmaları yapılması.
	Ulusal Dōngüsel Ekonomi Eylem Planı hazırlanması,
	Yeşil OSB ve Yeşil Endüstri Bölgesi Sertifikasyon sisteminin uygulamaya alınmasına yönelik olarak teknik ve idari çalışmaların tamamlanması,
	Türkiye Çevre Etiketli Sisteminin yaygınlaştırarak, AB Dōngüsel Ekonomi Eylem Planı kapsamında uyum çalışmalarının yürütülmesi, AB ile işbirliği olanaklarının araştırılması.
	Su tüketiminin fazla olduğu tekstil sektöründe temiz üretim mevzuatı güncellenmesi.
	Su tüketiminin fazla olduğu deri sektörü için temiz üretim mevzuatının oluşturulması.
	Tekstil ve deri sektöründe temiz üretim uygulamalarına ilişkin eğitim programları düzenlenmesi.
	Çevre etiketi ve atık yönetimi konularında başta KOBİ’ler olmak üzere firmaların bilgilendirilmesi.
	Sanayinin yeşil ve dōngüsel ekonomiye geçişine ve emisyon azaltımına katkıda bulunacak faaliyetlerde ve projelerde mümkün olduğunca uluslararası finansman kaynaklarının kullanımı.
Ulusal Yaşam Dōngüsü Değerlendirmesi (YDD) Veri Tabanının geliştirilmesi.	

<b>HEDEFLER</b>	<b>EYLEMLER</b>
<b>Yeşil dönüşüm için teknolojik altyapının güçlendirilmesi hedefi</b>	AYM'ye uyum ve yeşil üretimi destekleyecek ön plana çıkan teknolojilerin teknoloji ihtiyaç analizi ile belirlenmesi ve tespit edilen teknolojilerin geliştirilmesi/ yaygınlaştırılması/ transferine yönelik çalışmaların yapılması.
<b>Sürdürülebilir tüketim ve üretim kapsamında entegre kirlilik önleme ve kontrol çalışmaları hedefi</b>	AB Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK) mevzuatının uygulanmasına yönelik ulusal eylem planının ve uygulama takviminin hazırlanması.
	AB'nin Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK) mevzuatı ile Mevcut En İyi Teknikler Sonuç Dokümanlarını da içeren genel ve sektörel ulusal mevzuatın hazırlanması.
	Ulusal Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim Eylem Planının Hazırlanması.
<b>Üretimde ve tüketimde suların sürdürülebilir kullanımı ile atık suların yeniden kullanımının geliştirilmesi hedefi</b>	Arıtılmış atık suların kullanımının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması.
	Türkiye'nin "Su Ayak İzi" değerlendirmesine yönelik çalışmalar yürütülmesi bağlamında havza özelinde sektörel olarak su ayak izi hesaplanması.
	Sektörel Su Tahsis Planları ışığında su kullanımına yönelik sektörel su ayak izinin hesaplanması.
	Su kaynaklarının yönetiminde uzaktan algılama, sensörler ve bilişim uygulamalarının kullanımı, faydaları, gelişmeye açık yönleri üzerinde araştırmalar yapılması.



<b>HEDEFLER</b>	<b>EYLEMLER</b>
<b>Sürdürülebilir Ürün İnisyatifine uyum çalışmaları hedefi</b>	AB Sürdürülebilir Ürün İnisyatifi kapsamında oluşturulacak yeni yasal çerçevenin uyumunun sağlanması,
	Sürdürülebilir Ürün İnisyatifi, AB yasal çerçevesi ve bu kapsamda sektörel stratejilerin açıklanmasının akabinde sektörel bazda bilgilendirme faaliyetleri gerçekleştirilmesi.
<b>AB'nin Kimyasallar Mevzuatına uyum hedefine yönelik olarak</b>	AB kimyasallar mevzuatındaki değişikliklerin takibi ve AB mevzuatına uyum çalışmalarının tamamlanması.
<b>Endokrin Bozucu Kimyasalların azaltılması hedefine yönelik olarak</b>	İçme suyu kaynaklarında endokrin bozucu kimyasalların izlenmesi.
<b>Bölgesel düzeyde kaynak verimliliği çalışmaları hedefine yönelik olarak</b>	26 Düzey 2 Bölgesinde kurulu Kalkınma Ajansları tarafından bölgelerde yeşil ve dögüsel ekonomiye geçişi sağlamak amacıyla kaynak verimliliği çalışmaları yürütölmesi.

**Tablo 1 Yeşil Mutabakat Eylem Planı (T.C Ticaret Bakanlığı, 2021)**

Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nda belirlenen eylemler kapsamında Döngüsel Ekonomi Eylem Planı (DEEP) oluşturulmasına yönelik olarak, DEEP projesi 07 Şubat 2022 tarihinde başlatılmıştır. Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilen projede amaç, döngüsel ekonomiye geçişin teşvik edilmesi, kurumsal ve teknik kapasitenin güçlendirilmesi ve Döngüsel Ekonomi Eylem Planının hazırlanmasıdır. Proje kapsamında çalışmalar yürütülürken, Ekim ayı içinde kamu ve özel sektöre yönelik çalıştaylar düzenlenerek alanında uzman kişilerle dünyadan örnekler, Türkiye'de bölgesel potansiyeller, Yeşil Mutabakat, kamu politikaları ve finansmana yönelik konular ele alınmıştır (T.C Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Yeşil ve Döngüsel Bir Ekonomi ana başlığı altında belirlenen hedefler ve bunlara yönelik olarak gerçekleştirilecek olan eylemler incelendiğinde, Avrupa Yeşil Mutabakatı Türkiye'de döngüsel ekonomiye geçiş için tetikleyici olduğu görülmektedir. Döngüsel ekonominin mikro, mezo ve makro aşamalarının hepsi için gerek organize sanayi bölgelerine yönelik olarak, gerek sektör temelli, gerekse mevzuat düzeyinde bir çok düzenleme öngörülmüştür. Döngüsel ekonominin ana prensiplerini benimseyen Yeşil Mutabakat Eylem Planında, yaşam döngüsü, kaynak verimliliği, atık yönetimi, teknoloji ve Ar-Ge çalışmaları gibi döngüsel ekonomi için anahtar kelime olma niteliği taşıyan kavramlara yer verilmiştir. Son olarak, Tablo 3'ün son maddesinde belirtilen bölgelere ve amaca yönelik olarak yapılan bu çalışmanın da, ilgili hedefler kapsamında yol gösterici olacağına inanılmaktadır.

Türkiye'de döngüsel ekonomiye geçişte, devlet tarafından yürütülen ulusal mevzuat ve uluslararası anlaşmalar haricinde, sivil toplum kuruluşları da etkin rol oynamaktadır. Bunların başında Sürdürülebilir Kalkınma Derneği kapsamında yer alan Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu gelmektedir. STK, döngüsel ekonomiye yönelik olarak firmaların bir arayüzü konumunda yer almaktadır. DE'ye yönelik kütüphane niteliği taşıyan platformda konuya yönelik çalıştaylar, destek programları, araştırma raporları yer almaktadır. Döngüsel Ekonomi Platformu'nun atıkların başka bir üretim hattında yeniden kullanılması ve yaşam döngüsünün uzatılması amacıyla oluşturduğu bulut tabanlı bir

programla da destek vermektedir. Bunun yanı sıra, firmaların döngüsel ekonomiye geçişlerini desteklemek amacıyla oluşturduğu destek programları hem mali açıdan, hem de teknolojik destek açısından katkı sağlamaktadır. DE'ye geçiş politikalarının belirlenmesi ve firmaların geçiş süreçlerinin yönetilmesinin yanı sıra, döngüsel ekonomi etkinliğinin değerlendirilmesine yönelik raporlar da yayınlanmaktadır. 2022 yılında KPMG isimli şirket ile sektör temelinde hazırlanan rapora göre, plastik ambalaj, tekstil, beyaz eşya, otomotiv ve inşaat sektörlerinin döngüsellik potansiyelleri değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmada, yenilemeyen kaynak kullanım, yenilenebilir kaynak kullanım, ikincil malzeme kullanım oranları döngüsellik girdileri olarak; ürün, atık, kurtarma potansiyeli ve kurtarma oranı döngüsellik çıktıları olarak değerlendirilmiştir (Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu, 2022). Mezo seviyede sektör temelli yapılan bu çalışmada üye firmaların bir ön değerlendirmesi niteliğinde olup döngüsellik ölçme ve değerlendirme çalışmalarına geniş çaplı bir örnek teşkil etmektedir.

Sektör temelli, firmaların gönüllü katılımları ile gerçekleştirilen döngüsel ekonomi performansının ölçülmesine yönelik çalışmalar, literatürde de mevcut olmakla beraber Türkiye'de döngüsel ekonomi etkinliğinin makro düzeyde ölçülmesine ilişkin bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar çevresel etkinlik ölçümüne yönelik çalışmalardır. Bu çalışmaların sonuçlarına bakıldığında, Tunca'nın il bazında yaptığı çalışmaya göre illerin gelişmişlik düzeyleri ile çevresel etkinlikleri arasında ters orantılı bir ilişki bulunmuştur ve en yüksek etkinliğe sahip iller Erzurum, Çankırı, Ağrı, Şanlıurfa ve Muş olarak belirlenmiştir (Tunca, 2021). Üstün ise, Türkiye'deki illerin çevresel etkinlik değerlerini veri zarflama analizi kullanarak hesaplamıştır. Üstün'ün 81 il için 2010 yılı verileri ile yaptığı çalışmada İstanbul, Konya, Balıkesir, Kırıkkale, Manisa, Ardahan, Bingöl, Niğde, Sinop, Tokat, Trabzon, Tunceli ve Yalova etkin şehirler olarak bulunmuştur (Üstün, 2015). Literatürdeki bir başka çalışma ise, 2011 yılında Şimşek'e aittir. Türkiye'nin çevresel enerji etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile değerlendirildiği çalışmada, OECD ülkeleriyle karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, OECD ülkeleri arasında Türkiye'nin en etkin olmayan ülkeler arasında olduğu sonucuna varılmıştır (Simsek, 2011). Bu çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarına yaptığı vurgu sebebiyle önemlidir. Türkiye her tür yenilenebilir enerji kaynağı açısından oldukça

avantajlı bir ülkedir. Hem uzun vadede enerji maliyetlerini düşürmek, hem de karbondioksit salınımını azaltarak çevresel fayda sağlamaya yönelik çalışmalar döngüsel ekonomi açısından da oldukça kritiktir. Yukarıdaki çevresel etkinlik ölçmeye yönelik çalışmalar dışında, belirli organize sanayi bölgeleri ya da belirli sektörler için yapılan mikro ve mezo düzeyde çalışmalar mevcuttur. Ancak, bu çalışma döngüsel ekonomi etkinliğine yönelik olarak Türkiye'nin bölgesel ya da kentsel etkinliğini veri zarflama analizi ile değerlendiren, bilinebildiği kadarıyla, ilk çalışma olacaktır.

## 2. BÖLÜM

### DÖNGÜSEL EKONOMİ AÇISINDAN ETKİNLİK DEĞERLENDİRMESİ: TÜRKİYE UYGULAMASI

Döngüsel ekonomi kavramı, çevresel ve sosyal kazançları ile ekonomik bir kalkınma stratejisi olarak hayatlarımıza girmiştir. Özellikle Çin’de pilot uygulamalar, endüstriyel parklar ve son olarak pilot eko-şehirlerde döngüsel ekonomi uygulamaları başlamış ve bu stratejinin etkinliğini ölçme gereği doğmuştur. Bu bölümde, ilk önce döngüsel ekonominin ölçülmesinde çok sık kullanılan yöntemlere değinilecektir. Akabinde, bu çalışmanın metodu olarak kullanılan Veri Zarflama Analizine anlatılacaktır. Literatürdeki Veri Zarflama Analizi ile döngüsel ekonomi etkinliğini ölçen çalışma örneklerini içeren bir çalışma ile Türkiye’de gerçekleştirilen bu çalışmanın temelleri oluşturulacaktır. Son olarak, Veri Zarflama Analizi ile Türkiye’nin 26 istatistiki bölgesinde etkinlik çalışması ve sonuçları yer alacaktır.

#### 2.1. DÖNGÜSEL EKONOMİ ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

Etkinlik değerlendirmesi için göstergelerin doğru bir şekilde belirlenmesi, geleceğe yönelik uygulamalar ve politikalar için oldukça önem arz etmektedir. Döngüsel ekonominin ne olduğu, nasıl ölçülebileceği, kamunun farkındalığı, geçiş dönemi politikalarının nasıl yer bulacağı ile ilgili sorular hakkında; Avrupa Çevre Ajansı, Avrupa Birliği tarafından belirlenen döngüsel ekonominin dört prensibine dair mevcut bilgilerin derlenip yorumlanması gerektiğine değinmektedir. Kavram ve faydalar; ana faktörler, geçiş zorlukları; ilerlemeyi ölçmek için göstergelerin ele alınması ve değerlendirilmesi ile döngüsel ekonominin ve uygulamalarının daha iyi anlaşılabilmesini belirtilmektedir (EEA, 2016). Bu anlayış ile oluşturulan göstergeler, nicel ve nitel hedefleri belirlemede, pilot faaliyetlerin raporlanmasında, gelişimin takibinde, yatırım seçimlerinde, eğitim ve rehberliğin içeriğinin belirlenmesinde oldukça önem arz etmektedir (Saidani, Yannou, Leroy, Cluzel, & Kendall, 2019). Bu bağlamda, döngüsel ekonominin amaçlarına ve prensiplerine uygun göstergeler için çalışmalar yürütülmüştür. Döngüsel ekonominin, daha önceki çevresel yaklaşımlardan farkının ekonomik katma değere öncelik vermesi

olduğu düşünülürken, değerlendirme göstergeleri de bu yapıya uygun olarak literatürde yer bulmuştur. Döngüsel ekonomi bakış açısıyla yapılan çevresel değerlendirmeler, sürdürülebilir kalkınma üzerindeki negatif etkilerin belirlenebilmesi için verimsiz üretim sürecini de açığa çıkartıcı nitelikte olmalıdır (Mavi & Mavi, 2019).

Literatürde döngüsellik ölçülmesinde kullanılan indekslere dair birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir derlemesini yapan Saidani, 55 indeksi, 10 kategori olmak üzere döngüsel ekonomi paradigmlarına, uygulama alanlarına, verinin nicel veya nitel oluşuna, döngünün hangi yöntemle sağlandığına ve verinin hangi platformda işlendiğine göre gruplandırmış ve detaylanmıştır (Saidani, Yannou, Leroy, Cluzel, & Kendall, 2019). Döngüsel ekonomi göstergelerinin değerlendirildiği bir diğer çalışmada ise, yazar kullanılan verilerin odak noktasının daha çok atık yönetimi, kaynakların birincil ve ikincil kullanımı, geri dönüşüm etkinliği ve kaynak etkinliği olduğunu, buna karşın yaşam döngüsü ve katma değerli ürün gibi unsurların nadiren kullanıldığını ortaya koymuştur (Parchomenko, Nelen, Gillabel, & Rechberger, 2019). İlgili çalışmada belirlenen göstergeler arasında belediye atık miktarları, geri dönüşümü ya da kazanımı yapılan kaynaklar, üretim değerleri yer almaktadır. Elia ise, Avrupa Çevre Ajansı'nın Döngüsel Ekonominin temel özellikleri olarak belirlediği; girdilerin ve doğal kaynak kullanımının azalması, emisyon seviyelerinin azalması, malzemelerin değer kaybının geri dönüşüm, ve kurtarma gibi yöntemlerle azaltılması, yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir kaynak ve materyal kullanımının artırılması, ürün yaşam döngüsünün uzatılması (EEA, 2016) değerleri üzerinden yola çıkarak döngüsellik ölçülmesine dair yaptığı çalışmada bu beş özelliği kapsayıcı nitelikte ve döngüsel ekonominin her aşaması için uygulanabilir tek bir metot olmadığını ortaya koymuştur (Elia, Gnoni, & Tornese, 2017).

Döngüsel ekonomi uygulamalarının mikro, mezo ve makro seviyede farklı nitelik gösterdiği düşünülürken, her bir seviye için de değerlendirme göstergeleri ve metotlarının uygulanabilirlik seviyeleri farklıdır.

Mikro seviye için, firmaların kendi içlerindeki malzeme döngüsü analizini yapmaları ve ürettikleri çıktıya ve atık miktarına göre göstergelerini doğru bir şekilde belirlemeleri gerekmektedir. Mikro seviye DE etkinlik değerlendirmelerinde önemli olan, şirketin özelliklerini, şartlarını, mevcut problemlerini göz önüne alınarak göstergeleri belirlemektir. Kristensen ve Mosgaard yaptıkları çalışmada döngüsel ekonomi için mikro aşama göstergelerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışma, daha önceki çalışmaları da doğrular nitelikte olup mikro aşama döngüsellliğini ölçebilecek standart bir indeksin bulunamayacağı yönünde sonuçlanmıştır. Literatür çalışması sonucunda elde edilen ve değerlendirmeye sokulan göstergeler, geri dönüşüm, ürün yaşam döngüsü yönetimi, yeniden üretime odaklanmakla birlikte çok daha az gösterge ayırıştırma, ürünlerin yaşam döngüsünü uzatma, atık yönetimi, yeniden kullanıma odaklanmaktadır (Kristensen & Mosgaard, 2020).

Mikro seviyede ürün döngüselligi ya da döngüsel ekonomi uygulamalarının verimliliğini ölçmek için malzeme akışı odaklı metotların kullanımını öne çıkılmaktadır. Malzeme Akış Analizi ve Madde Akış Analizi bu metotlardan en çok kullanılan ve en baskın olanlarıdır. Malzeme Akış Analizi, üretim sistemi içindeki malzemelerin akış ve stok değerlendirmelerinin yapılmasıdır. Madde Akış Analizi ise, sadece malzeme olarak değil, üretim sistemi içindeki çevre ve sağlığa zararlı olabilecek maddelerin akış ve stok analizlerinin yapıldığı yöntemdir (Elia, Gnoni, & Tornese, 2017). Tablo 4’de literatürde döngüsel ekonomi etkinliği üzerine Veri Zarflama Analizi ile yapılan çalışmalarda da malzeme akış analizi ve madde akış analizi ile göstergelerin belirlendiği çalışmalar olduğu görülmektedir.

Makro ve mezo seviyedeki değerlendirmeler, eko-endüstriyel parklar, eko-şehirler ve bölgesel odaklı göstergeler ya da uygulanan politikaların etkinliğine yönelik olarak yapılmaktadır. Mezo seviyedeki ölçme değerlendirmelerin, endüstriyel simbiyoz kavramına dayanacağı düşünüldüğünde, ortak altyapıların ve hizmetlerin kullanımına yönelik göstergelerin belirlenmesi gerekmektedir (Sánchez-Ortiz, Rodríguez-Cornejo, Del Río-Sánchez, & García-Valderrama, 2020). Ancak her iki seviyede de yapılacak

değerlendirmeler, döngüsel ekonomi temel prensipleri ve bölgesel uygulanma metotları dikkate alınarak yapılan analizlerle ölçülmektedir. Yukarıda bahsi geçen malzeme ve madde akış analizleri yine bu seviyede uygulanan analizlerdendir. Bunun yanı sıra, makro ve mezo seviyede uygulanan analizler genel olarak aynı özelliklere ancak farklı boyutlara sahiptirler. Bunların içinde, enerji akışının ölçülmesine yönelik analizler iki seviye için de oldukça önem taşımaktadır. Enerji akışına yönelik analizlerden Enerji Analizi, bir ürün ya da hizmeti üretmek için gerekli olan güneş enerjisi miktarına odaklı bir yaklaşımdır. Exergy Analizi ise, enerjinin maksimum kullanılabilirliğine odaklanan analizdir. Bu iki analizde, enerji tüketiminin yalnızca miktarına değil, aynı zamanda sağlanan enerjinin kalitesi de önem taşımaktadır (Elia, Gnoni, & Tornese, 2017). Enerji akışının kalitesinin ve miktarının ölçülmesi, temiz enerji kullanımı ve döngüsel ekonomi açısından oldukça kritiktir. Sadece enerji kullanımının ve doğal enerji kaynaklarının tüketimini en aza indirmenin yeterli bir ölçüt olamayacağı döngüsel ekonomi uygulamalarında yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artması da kritiktir. Halkos ve Petrou, küresel ekonominin genel olarak petrol, gaz ve kömür gibi sera gazı emisyonu yüksek olan fosil yakıtlara dayalı olmasına rağmen petroldeki fiyatlar ve fosil yakıt kullanımından kaynaklı çevre zararları göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüşte önemli bir artış gözlemlendiğini belirtmiştir (Halkos & Petrou, 2019a).

Döngüsel ekonomi etkinliğine yönelik yaygın olarak kullanılan analizler arasında Yaşam Döngüsü Analizi ve Ayak İzi Analizleri de bulunmaktadır. Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu tarafından standartlaştırılmış olan bu analizlerden yaygın olanları su ayak izi ve karbon ayak izi analizleridir. Karbon ayak izi, bir ülkenin atmosferi ne kadar kirlettiğine dair bir göstergedir. Yaşam döngüsü analizi, ürünün yaşam döngüsü boyunca geçtiği her sürecin analizini yaparak gelişmeye açık noktaları ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, yaşam döngüsü analizi ile bir ürünün çevresel etkilerinin tahmini yapılabilmektedir (Halkos & Petrou, 2019b).

Döngüsel ekonomi değerlendirme göstergelerini belirlemek için yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğunda aynı bakış açısı dikkat çekmektedir. Sürdürülebilirliğin üç temel



boyutu olan sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlar etrafında döngüsel ekonomi temel prensiplerine odaklanarak geliştirilmiş bir değerlendirme sistemi ortaya atılmaktadır. Buna göre DE değerlendirme ölçütlerinin tüm kıstasları azaltma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm çerçevesinde oluşturulmuştur.

Ekonomi boyutunda, etkinliğini ölçmede en çok kullanılan göstergeler GSYH ve yatırımlardır. Sosyal boyutta, insan yaşam alanlarının kalitesini ölçmeye yönelik göstergeler ön plana çıkmaktadır: Hava kalitesi, içme suyu ve sağlık önemleri, kişi başına düşen yeşil alan vb. Bunların yanı sıra, işgücü, sosyal sigorta göstergeleri de eklenmektedir. Çevresel boyut dahilinde ise azaltıma yönelik göstergeler; yıllık enerji ve su tüketimleri, atık tahliyesi, yıllık malzeme tüketimi, yeniden kullanıma yönelik göstergeler; endüstriyel amaçlı suların yeniden kullanım oranı, ürün ve enerjinin yeniden kullanımı, kentsel kanalizasyon arıtma oranı, geri dönüşüme yönelik göstergeler; atık endüstriyel gazların kullanım oranı, katı belediye atıklarının geri dönüşüm oranı ve kentsel evsel atıkların geri dönüşüm oranı kullanılmaktadır (Feng & Yan, 2007).

## **2.2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DÖNGÜSEL EKONOMİ ETKİNLİĞİNİ ÖLÇEN ÇALIŞMALARDA DAİR LİTERATÜR TARAMASI**

Veri Zarflama Analizi ile çevre politikalarının etkinliği, enerji kullanımı, atık yönetimi, temiz üretim etkinliği gibi döngüsel ekonomiyi doğrudan bağlayan birçok sistemin etkinliğini ölçmeye yönelik metod olarak kullanılmıştır. Bu bölümde, döngüsel ekonomi etkinliğini ölçmek için Veri Zarflama Analizi kullanan çalışmaların derlemesine yer verilmiştir. Çalışmalarda kullanılan girdi ve çıktıların döngüsel ekonomi etkinliğinin ölçülmesi açısından önemi tartışılarak bu çalışmada kullanılan girdi ve çıktılarının mevcut literatürdeki yerine açıklık getirilecektir.

Literatürde, döngüsel ekonomi etkinliğini mikro, mezo ve makro aşamada ölçen birçok çalışma bulunmaktadır. Mikro aşamada değerlendirme yapan çalışmaların girdi ve

çıktıları hedef aldıkları firma ya da sektöre özgü girdi ve çıktılardan oluşmaktadır. Eko-endüstriyel parklar, şehirler, bölgeler ve ülkeler arasındaki görece etkinliğin ölçülmesinde sosyal, ekonomik ve çevresel yönden daha genel geçer girdi ve çıktılar kullanılmaktadır.

Alandaki en önemli çalışma, döngüsel ekonomi literatürüne de yön veren Wu, Xia ve Zhu'nun Çin'deki 11'inci beş yıllık döngüsel ekonomi politikalarının, kentler arasındaki göreceli etkinliğini ölçtüğü çalışmadır. Çalışmada, kentlerde uygulanan döngüsel ekonomi politikalarının değerlendirilmesi için üç alt sistem oluşturulmuş ve bu alt sistemlerin girdi ve çıktıları belirlenerek yıllar ve oluşturulan alt sistemler bazında bir çalışma yapılmıştır. Kaynak tasarrufu ve kirlilik azaltmaya yönelik alt sistem, atıkların yeniden kullanımı ve kaynak geri dönüşümü, kirlilik kontrolü ve atık bertarafı olarak belirlenen üç sistemin kendi aralarındaki göreceli etkinliklerinin karşılaştırması da çalışmada yer almıştır. Araştırmanın sonucuna göre ilk alt sistemin diğerlerinden da az etkin olduğu ve buna da bağlı olarak geri dönüşümün döngüsel ekonomi politikalarında belirleyici nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra, Çin'de değerlendirilen 30 şehir ve bölgesine ilişkin olarak varılan sonuçta merkezi hükümet politikalarının yanı sıra belediyelerin de destekleyici politikalar uygulaması gerektiği ortaya konmuştur (Wu, Shi, Xia, & Zhu, 2014).

Literatürdeki çalışmalara ilişkin literatür özeti Tablo 4'te yer almaktadır. Literatür araştırmasında belirlenen çalışmaların döngüsel ekonomi odaklı olması ayırt edici özellik taşımaktadır ve analizde kullanılacak veriler de buna göre seçilmiştir. Yapılan literatür taramasında, Scopus, Science Direct ve Web of Science veri tabanlarından yararlanılmıştır. Temelde, "circular economy" ve "data envelopment analysis" anahtar kelimeleri ile tarama yapılmış ve 70 civarında makale sonucuna rastlanmıştır. Bu makaleler arasından, özetler ve anahtar kelimeler okunarak döngüsel ekonomi odaklı olmayan makaleler ayıklanarak aşağıdaki tabloda verilen 33 makale temel alınmıştır. Makaleler arasında, mikro, mezo ve makro seviyede yapılan çalışmalar mevcuttur. Bu çalışma döngüsel ekonominin makro aşamasına bir örnek oluşturacak nitelikte olmasına rağmen, kullanılan girdi ve çıktıların belirlenmesi açısından üç aşamadaki makaleler de

değerlendirmeye alınmıştır. Girdi ve çıktı değişkenleri, makalede kullanılan yöntem ve analize göre girdi ya da çıktı olarak değişkenlik göstermektedir. Örnek olarak, döngüsel ekonomi kapsamında atığın sisteme yeniden dahil edilmesi esas olduğu için bazı çalışmalarda oluşan atık girdi olarak ele alınırken, üretim sürecinin istenmeyen çıktısı olarak ele alınan makaleler de mevcuttur. Bu nedenle, kullanılan göstergelerin girdi ya da çıktı olarak kullanılması değil, döngüsel ekonomi etkinliğini ölçmede kullanıyor olması dikkate alınarak bu çalışmada kullanılacak yöntem ve analize göre girdi ve çıktılar belirlenmiştir.

Yıl	Yazar	Girdiler	İstenmeyen Çıktılar	Çıktılar
2011	Xiong, Dang, & Qian	İşgücü, Enerji tüketimi, Yatırımlar,	-	GSYH, Üç atık çeşidi için kapsamlı kullanım oranı
2011	Liang & Wang	Enerji tüketimi, Elektrik tüketimi, Sabit sermaye yatırımları,	-	GSYH, Katı atıkların kullanım oranı, Kentsel kanalizasyon arıtma yaşam oranı, Belediye katı atıklarının zararsız onarım oranı, yerleşim alanı yeşil kaplama oranı
2011	Zhu & Liu	Su tüketimi, Enerji tüketimi, Arazi tüketimi, Sermaye, İşgücü	Karbondioksit salınımı, Kükürt dioksit salınımı, Üretimden ortaya çıkan amonyak	GSYH
2011	Zeng & Zhang	Kömür, su ve enerji tüketimi, Uçucu kül çıkış hacmi ve duman tozu emisyonu hacmi, Kükürt dioksit emisyonu ve azot emisyonu, Atık su	-	Kaynak verimliliği, Uçucu kül kullanım oranı, Geri dönüştürülmüş su kullanım oranı, Güç üretimi başına düşen çıktı değeri
2012	Bi, Shan, & On	Enerji, su, elektrik tüketimi, Toprak tüketimi, Atık su, Endüstriyel gaz emisyonu	-	GSYH, Kaynakların kullanım oranı
2014	Wu, Shi, Xia, & Zhu	İşgücü, Sermaye, Enerji, Güç, Su Tüketimi Endüstriyel kirlilik, Hane halkı atıkları ve çöpleri için yapılan yatırım miktarı, Endüstriyel katı atık ve atık gaz emisyonu, Endüstriyel ve belediye tahliye edilen atık su miktarı, Kentsel çevre altyapısına yapılan yatırım, Endüstriyel katı atıklar ve tahliye edilen atık su miktarı, endüstriyel kükürt dioksit, Hane halkı atıkları, Tahliye edilen belediye atık su miktarı	Endüstriyel katı atık, atık su ve atık gaz emisyonu, Hane halkı atıkları, Tahliye edilen belediye atık su miktarı, Kullanılan endüstriyel katı atık miktarı,	Kullanılan endüstriyel katı atık miktarı, Endüstriyel ve belediyelerden geri dönüştürülen atık su miktarı, Atıklardan elde edilen ürünün çıktı değeri, Tahliye standartlarını karşılayan endüstriyel atık su emisyonu ve kükürt dioksit, İşlenen hane halkı atıkları ve belediye atık su miktarı

Yıl	Yazar	Girdiler	İstenmeyen Çıktılar	Çıktılar
2016	Pagotto & Halog	Enerji tüketimi, Su tüketimi, Ürün maliyeti	Sera gazı emisyonu, Atık miktarı,	Ekonomiye katma değeri, Toplam gelir
2018	Halkos & Petrou	İşgücü, Sabit sermaye yatırımları, Nüfus yoğunluğu	Hane halkı atık miktarı, Azot, kükürt dioksit ve sera gazı emisyonları,	GSYH
2018	Mitrović & Veselinov	Sabit	Kişi başına düşen belediye atık miktarı	Kullanımdan sonra geri dönüşüm tesisi olan şirketler, Döngüsel malzemeleri almayı seçen müşteri miktarı, Kaynak verimliliği, Belediye atıklarının geri dönüşüm oranı, Döngüsel malzeme kullanım oranı, Kişisel ve haneye ait bilgisayarların tamiri, Geri dönüştürülmüş su, atık ve malzeme üretip satan şirketler
2019	Liu, Guo, & Guo	Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji, Yenilemeyen kaynaklardan elde edilen enerji, İthal enerji	Atık enerji	İhraç edilen enerji
2019	Sun, Li, & Wang	Sabit sermaye yatırımları, İşgücü, Toplam su kaynağı, Atık su emisyonu, Katı atık miktarı, Atıksu arıtma ve katı atık bertarafı için yapılan yatırımlar	Atıksu emisyonu, Katı atık miktarı	GSYH, Katı atık kullanımı, Geri dönüştürülen su ve atık su arıtım oranı
2019	Halkos & Petrou	İşgücü, Nüfus yoğunluğu, Enerji tüketimi	Sera gazı emisyonu, Azot ve kükürt dioksit oranı	GSYH
2019	Mavi & Mavi	İşgücü, Enerji tüketimi	Belediye atıkları	GSYH, Yenilenebilir enerji, Sera gazı emisyonu (karbondioksit bazında)
2019	Wang, ve diğerleri	Sabit kıymetler, İşgücü	-	Gelir

Yıl	Yazar	Girdiler	İstenmeyen Çıktılar	Çıktılar
2020	Fan & Fang	Birleşik enerji tüketimi, Toplam su kaynağı, Sabit sermaye yatırımları	Katı atık miktarı, Atık su miktarı, Kükürt dioksit oranı	GSYH ,Endüstriyel katı atıkların kapsamlı kullanım oranı,
2020	Giannakitsidou, Giannikos, & Chondrou	Belediye katı atık miktarı, Temel insan ihtiyaçları, Refah temelleri, Fırsatlar	-	Belediye katı atıklarının geri dönüşüm oranı, Döngüsel malzeme kullanım oranı,
2020	Ding, Lei, Wang, & Zhang	İşgücü, Kapital stok, Atık su arıtma maliyeti, Atıksu arıtma tesisleri, Endüstriyel kirlilik için ayrılan yatırım fonu	Endüstriyel atık su, Endüstriyel katı atık	Endüstriyel katma değer, Arıtılan endüstriyel atık su, Katı atıkların entegre kullanımı
2020	Robaina, Murillo, Rocha, & Villar	İşgücü, Yatırımlar, Tüketilen enerji miktarı	Karbondioksit emisyonu, Plastik atık	GSYH, Plastik geri dönüşümü, Plastik onarımı
2020	Ding, Lei, Wang, Zhang, & Calin	İşgücü, Sermaye, Endüstriyel atık suyun ve katı atığın kontrol projeleri, Çevre yönetimine yapılan yatırım	Deniz endüstrisinden denize tahliye edilen atık su ve katı atık	Brüt okyanus ürünü
2020	Li, Wang, & Lee	Endüstriyel atık su, gaz ve katı atıkların arıtması için yapılan yatırım, İstenmeyen girdiler: Tahliye edilen endüstriyel atık su, Gaz emisyonu, Üretilen katı atık	-	Endüstriyel atık su, gaz ve katı atıktan elde edilen ürünlerin çıktı değeri, Geri dönüştürülen atık su, gaz ve katı atık
2020	Lu, ve diğerleri	Endüstriyel katma değer kapsamlı enerji tüketimi ve su tüketimi, Endüstriyel sabit varlıklar, Endüstriyel işgücü	Tahliye edilen endüstriyel atık su ve katı atık miktarı, Endüstriyel katı atık miktarı	Endüstriyel katma değer, Yeniden kullanılan endüstriyel atık su miktarı, Endüstriyel katı atıkların kullanım oranı
2020	Chen & Yao	Elektrik tüketimi, Sabit sermaye yatırımları	Kükürt dioksit	Endüstriyel katı atıkların kullanım oranı, GSYH

Yıl	Yazar	Girdiler	İstenmeyen Çıktılar	Çıktılar
2021	Wang, Lei, & Xing	Yıllık enerji tüketimi, Zararsız iyileştirme kapasitesi, Çevre sağlığı yatırım miktarı, Kanalizasyon arıtma kapasitesi	Endüstriyel atıksu miktarı, Endüstriyel toz miktarı, Kükürt dioksit miktarı, Hane halkı çöp miktarı	GSYH, Kanalizasyon arıtma oranı, Ev çöpünü zararsız iyileştirme oranı, Endüstriyel toz giderme miktarı
2021	Chen, Ma, Yang, & Sun	Ölçek üstü sanayi firmalarının toplam varlıkları, Endüstriyel su tüketimi, Endüstriyel güç tüketimi, Genel endüstriyel katı atıkların kapsamlı kullanımı, Endüstriyel kirlilik arıtma yatırımı	Endüstriyel atık su, Endüstriyel kükürtdioksit, Endüstriyel katı atık miktarı	Brüt değer endüstriyel çıktı, Genel ve katı atıkların kapsamlı kullanımı
2021	Lacko, Hajduová, & Zawada	Üretilen atık miktarı, Brüt sermaye oluşumu	-	Belediye katı atıklarının geri dönüşüm oranı, Döngüsel malzeme kullanımı
2021	Lombardi, Gastaldi, Rapposelli & Romano	Kişi başına düşen toplam maliyet, Kg başına düşen toplam maliyet	Toplanan toplam atık miktarı	Kişi başına düşen ayrı toplanan atık miktarı, Ayrı toplanan toplam atık miktarı
2021	Wang, ve diğerleri	Ana maden kaynakları tüketimi, Enerji, arazi ve su tüketimi	Kükürt dioksit miktarı, Katı atık ve atık su miktarı	GSYH
2021	Huang, Hu, Matias & Renna	İşgücü, Sermaye, Toplam enerji tüketimi, Geridönüştürülen katı atık, Enerji tasarrufu, Enerji kazanımı olmadan yakılan atık	Toplam atık miktarı	GSYH
2021	Bagheri	İşgücü, Enerji tüketimi	Sera gazı emisyonu, Her bir sektörden üretilen atık miktarı	GSYH
2022	Shang, Song, & Zhao	Şehir sabit varlıkları, İşgücü, Arazi kullanımı, Elektrik tüketimi, Su tüketimi	Tahliye edilen endüstriyel atık su, Kükürt dioksit	Ekonomik çıktı, Atık geri dönüşümü ve atık arıtma miktarı, GSYH, Kükürt dioksit ve endüstriyel duman giderme oranı Katı atık kullanım oranı, Kanalizasyon arıtma oranı

Yıl	Yazar	Girdiler	İstenmeyen Çıktılar	Çıktılar
2022	Chen P.	Sermaye, İşgücü, Arazi kullanımı, Elektrik tüketimi, Kirlilik kontrolü için yapılan yatırım, Atıksu arıtma kapasitesi	Endüstriyel atık su, toz ve kükürt dioksit miktar	GSYH, Atıksu arıtma oranı, Evsel atık arıtma oranı, Endüstriyel toz giderme oranı, Endüstriyel katı atık kullanım oranı
2022	Atstaja, Skačkauskien, Nazarko, Chodakowska, & Nazarko	Sabit	Belediye atık miktarı, Evsel malzeme tüketimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi	GSYH birimi başına büyük mineral atıklar hariç atık üretimi, Belediye atıklarının geri dönüşüm oranı, Büyük mineral atıklar hariç tüm atıkların geri dönüşüm oranı, Ambalaj türüne göre ambalaj atıklarının geri dönüşüm oranı, Belirli atık akışları için geri dönüşüm/geri kazanım, Dairesel malzeme kullanım oranı, Döngüsel ekonomi sektörü temelinde yatırımlar, işler ve brüt katma değer, Geri dönüşüm ve ikincil hammaddelerle ilgili patentler
2022	Lu, Chiu, Chiu, & Chang	Tarımsal işgücü, Tarımsal toprak alanı, Gübre, Gıda ithalatı, Gıda atığı harcamaları, Tarımsal enerji kullanımı	Metan, amonyak ve karbondioksit miktarı, Gıda atığı	Toplam gıda tüketimi

**Tablo 2 Veri Zarflama Analizi İle Döngüsel Ekonomi Etkinliğini Ölçen Çalışmalara Dair Literatür Taraması**



Döngüsel ekonomi, toplum, ekonomi ve çevre ile ilgili tüm göstergeleri kapsar niteliktedir. Ancak, sürdürülebilirlik kapsamında yapılan etkinlik değerlendirmeler veya çevresel etkinlik değerlendirmelerinden ziyade döngüsel ekonomiye odaklı girdi ve çıktılar ile Veri Zarflama Analizi kullanarak döngüsel ekonomi etkinliğini ölçmeye yönelik yapılan yukarıdaki çalışmalar incelendiğinde belli başlı göstergelerin makalelerdeki dağılımları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Aşağıdaki göstergelerden yatırım, sermaye grubuna dahil olarak; sabit sermaye yatırımları, belirli kirlilik azaltıcı sektörlerde yapılan yatırımlar yer almaktadır. İşgücü, karar değişkeni olarak ele alınan bölgenin, sektörün ya da firmaların çalışan sayısını göstermektedir. Enerji ya da elektrik tüketimi olarak veri bulunabilirliğine göre kömür ya da elektrik üzerinden tüketim verileri değerlendirmeye alınmıştır. GSYH temel ekonomik gösterge olarak makalelerin büyük bir kısmında yer almaktadır. Döngüsel ekonominin yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjiye yönelik teşvik edici yaklaşımına rağmen, makalelerin sadece ikisinde değerlendirmeye alınmıştır. Atık göstergeleri ise çalışmanın boyutuna göre farklılık göstermektedir. Ülke ya da bölge düzeyinde yapılan çalışmalarda belediye katı atık ve atıksu miktarları değerlendirmeye alınırken, sektör bazlı yapılan çalışmalarda ilgili sektörün atık miktarları dikkate alınmıştır. Atık göstergelerinde genel olarak, üretilen atık miktarı ile geri dönüşüm/geri kazanım tesislerine gönderilen atık miktarları kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, su göstergelerinde, kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen su miktarı ile arıtılan su miktarları kullanılmaktadır. Son olarak hava kirlilik verilerini kükürt dioksit ve karbon dioksit oluşturmaktadır.

KULLANILAN GÖSTERGELER	ÇALIŞMA SAYISI
Katı Atık Göstergeleri	26
Enerji & Elektrik Tüketimi	22
GSYH	18
Hava Kirlilik Göstergeleri	18
İşgücü	16
Atık Su Göstergeleri	15
Yatırım & Sermaye	13
Yenilenebilir Elektrik Enerjisi	2

**Tablo 3 Kullanılan Verilerin Çalışmalara göre Dağılımı**

### 2.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMASI

Veri Zarflama Analizi temeli doğrusal programlamaya dayanan ve karar verme birimleri (KVB) arasındaki göreceli etkinliğin ölçülmesinde kullanılan yöntemdir. VZA aynı hedef ve amaçlara yönelik işletmelerin birçok girdi ve çıktı ile değerlendirilebilmesine imkân tanımaktadır. VZA girdilerin kullanılarak çıktıların üretildiği bir üretim sistemi içerisinde ölçü biriminden bağımsız olarak etkinlik değerlemesi yapabilmektir. VZA'nın bu özelliği üretim sistemlerinin değişik boyutlarının aynı anda ölçülmesine olanak tanımaktadır.

Veri Zarflama Analizi, Farrell'in geliştirdiği modelden temellerini alarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ortaya atılmış bir yöntemdir (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978). Veri Zarflama Analizinde amaç karar verme birimleri arasında en etkin olanı belirlemek ve etkin olmayanlar için etkinsizlik sebeplerini belirlemektir. En etkin karar birimini ele alarak diğer karar birimlerinin etkinlik skorları göreceli olarak hesaplanır ve etkin olmayan birimler için hedef birimler belirlenebilmektedir.

Temel olarak VZA'nın iki tip modeli bulunmaktadır. Bunlar Zarflama modeli ve Çarpan modeli olarak tanımlanmaktadır. Zarflama modeli, etkinlik sınırını temel alarak birimlerin etkinlik skorlarını hesaplarken, çarpan modeli Çıktı/Girdi oranını dikkate alarak etkinlik skorlarını hesaplamaktadır. KVB'lerin etkinlik skorları hesaplanırken birbirlerinin matematiksel duali olan bu iki modelde de aynı etkinlik skoru elde edilmektedir. Ancak, modeller değerlendirme açısından birbirlerinden farklıdır. Zarflama modeli ile hesaplanan etkinlik skorlarında KVB'lerin göreceli etkinlikleri ve birbirlerine karşı konumları yorumlanabilmektedir. Zarflama modeli, etkin sınırlara ulaşmak için gerekli olan hedefleri belirlerken çarpan modeli KVB'lerin etkin ya da etkin olmama durumlarının sebeplerini belirlemektedir (Ömürgönülşen, Emre, & Atıcı, 2016). Bu çalışmada kullanılacak olan VZA modeli, Çarpan modelidir.

Charnes vd.(1978) tarafından ortaya atılan orijinal VZA modellerinde ölçeğe göre sabit getiri, (constant returns to scale) yaklaşımı varsayımı kullanılmıştır ve CCR modelleri

olarak adlandırılırlar. Bu modellerde girdi ve çıktılar arasında oransal bir ilişkinin olduğu varsayılır. Oransal bir ilişkinin öngörülemediği durumlarda ise, Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından ortaya atılan ölçeğe göre değişken getiri (variable returns to scale) yaklaşım benimsenmektedir (Banker, Charnes, & Cooper, 1984). BCC modeli olarak adlandırılan bu model orijinal VZA modeline  $\lambda$  değişkenlerinin toplamını 1'e eşitleyen kısıtın eklenmesiyle modellenmektedir. Zarflama modeli ya da Çarpan modeli CCR ve BCC olarak uygulanabilirken, kurulan modelde girdi odaklı yaklaşım ya da çıktı odaklı yaklaşım söz konusudur. Girdi odaklı yaklaşımda model, girdi değişkenleri temel alınarak kurulur ve hedefler de girdiyi değiştirerek / azaltarak üretilebilecek en yüksek çıktıyı üretmeye yöneliktir. Çıktı odaklı yaklaşımda model, çıktı değişkenleri temel alınarak kurulur ve hedefler çıktıyı arttırmaya yöneliktir.

Veri Zarflama Analizi firmaların üretim etkinliğinin göreceli olarak ölçülmesi amacıyla ortaya çıkmış bir sistem olsa da VZA'nın, 1999 – 2006 döneminde çevreye ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik olarak yapılan etkinlik değerlendirme çalışmalarında kullanımı oldukça artmıştır. Performans ölçümünün enerji ve çevre konularında yaygın kullanımı, enerji kaynaklarının verimli tüketimi ve çevreye zararının minimum seviyede tutulması sürdürülebilir kalkınma hedefi için kritiktir (Ulucan & Atıcı, 2010). Sueyoshi vd, bu alanda, Veri Zarflama Analizinin rolünü doğa bilimleri, mühendislik ve sosyal bilimler arasında metodolojik bir bağlantı oluşturmak böylelikle çeşitli çevre kirliliklerini azaltarak ve enerji verimliliğini artırarak sürdürülebilirlik düzeyini arttırmak olarak tanımlamışlardır (Sueyoshi, Yuan, & Goto, 2017). VZA'nın çevre ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında uygulanmasında model açısından farklılıklar mevcuttur. Bir üretim sisteminin değerlendirilmesinde, VZA'nın amacı minimum girdiyle maksimum çıktı anlayışına dayanmaktadır. Ancak, çevre söz konusu olduğunda çıktılar, istenmeyen çıktılar olarak ayrılmaktadır. Bu sebeple standartta kullanılan VZA modellerinin istenmeyen çıktıyı kapsayan modellerine adaptasyonu gerekmiştir (Seiford & Zhu, 2002). Bu çalışmada bu yöntemlerden ikisi kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bunlardan ilki, VZA'nın girdiyi minimuma indirmeyi amaçlamasından yola çıkılarak istenmeyen çıktıları da minimuma indirmeyi amaçlayarak analize girdi olarak dahil edilmesidir (Reinhard, Lovell, & Geert, 1999). İkincisi ise, doğrusal olmayan monoton azalan

dönüşüm yöntemidir (Lovell, Pastor, & Turner, 1995). Bu yöntem, istenmeyen çıktı değerlerinin çarpımsal tersleri alınarak ve VZA modeline çıktı olarak dahil edilerek uygulanan bir yöntemdir. Bu çalışmada iki yöntem kullanılarak hesaplanan etkinlik skorları karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada uygulanan Veri Zarflama Analizinde girdi odaklı CCR yaklaşımı benimsenmiştir. Uygulama, bölgelerin etkin ya da etkin olmama durumlarındaki faktörleri belirleyebilmek adına çarpan modeli kullanarak yapılmıştır. Zarflama modelinin duali olan çarpan modelde girdi odaklı amaç fonksiyonu maksimizasyon olarak yazılmış ve aşağıdaki veri setiyle her bir KVB için uygulanarak etkinlik skorları ve sanal ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Sanal (virtual) ağırlık değerleri, çarpan modelden elde edeceğimiz girdi ve çıktı ağırlıkları ile gerçek değerlerin çarpımıdır. Bu çarpım sonucu değerlendirmedeki birimin güçlü ve zayıf noktalarını göstermektedir.

### **2.3.1. Veri Seti**

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin döngüsel ekonomi etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile ölçülmesidir. Bu amaçla, karar değişkenlerinin kendi içlerinde aynı sosyo-ekonomik özelliklere sahip olması analiz sonuçları için önem taşımaktadır. AB ile karşılaştırılabilir analizler yapılabilmesi amacıyla AB bölgesel kriterlerine göre 2002 yılında Devlet Planlama Teşkilatı ve Türkiye İstatistik Kurumu tarafından Türkiye İstatistik Bölge Sınıflandırılması oluşturularak bölgeler arasında sosyal ve ekonomik gelişmişlik düzey farklarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu sınıflandırmada, Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesine olarak sosyo-ekonomik olarak benzer özellikler gösteren bölgeler tanımlanmıştır. Bölgesel verilerin tek bir noktada toplanmaması ve karşılaştırılabilir olması amacı ile bu çalışmada da karar değişkeni olarak Türkiye İstatistik Bölge Birimleri Sınıflandırması (NUTS) Düzey 2 bölgeleri kullanılmıştır. 26 bölgeden oluşan bu sınıflandırma Tablo 6'da yer almaktadır.

Bölge Kodları	İller
TR10	İstanbul
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli
TR22	Balıkesir, Çanakkale
TR31	İzmir
TR32	Aydın, Denizli, Muğla
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova
TR51	Ankara
TR52	Konya, Karaman
TR61	Antalya, Isparta, Burdur
TR62	Adana, Mersin
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt

**Tablo 4 Türkiye İstatistiki Bölge Sınıflandırması Düzey (TÜİK, 2005)**

Veri Zarflama Analizinde kullanılacak girdi ve çıktılar ise, Tablo 4’te literatürde Veri Zarflama Analizi ile döngüsel ekonomi etkinliğini ölçmeye yönelik çalışmalar, döngüsel ekonomi göstergelerini belirlemeye yönelik çalışmalar ve Türkiye’deki veri bulunabilirliği dikkate alınarak belirlenmiştir. Döngüsel ekonominin sürdürülebilir kalkınmayı amaçlayan bir ekonomik model olması etkinliğinin ölçülmesinde Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, işgücü ve yatırım verilerinin kullanımını gerektirmiştir. Enerji tüketimi ve temiz üretim konularının döngüsel ekonomi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bununla alakalı olarak elektrik tüketimi ve yenilenebilir elektrik üretimi verisinin analize dahil edilmesi de etkinlik ölçümü açısından önem teşkil etmektedir. Toplam atık miktarı, kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen atık su miktarı, havadaki kükürt dioksit oranı ise çevresel boyutu olan her kavramda olduğu gibi bu çalışmada da çevre göstergeleri

olarak kullanılmıştır. Bu verilerin döngüsellik boyutunda, katı atığın geri kazanım miktarı ve atık suyun arıtılma miktarı doğrudan döngüsellığe yaptığı vurgu açısından oldukça kritiktir.

Çalışma, Türkiye’de Döngüsel Ekonomi etkinliğini ölçmeye yönelik ilk çalışma olması dolayısıyla geri kazanım tesislerine gönderilen atık, arıtılan atık su miktarı ve yenilenebilir elektrik enerjisi verileri ilk defa beraber değerlendirmeye alınmıştır. Buradaki önemli nokta, geri kazanım ve geri dönüşüm verilerinin kullanılarak döngüsellığe vurgu yapmak ve yenilenebilir elektrik enerjisi miktarını kullanarak Türkiye’nin bu yöndeki avantajını kullanmaktır. Buna göre, Tablo 7’de bir özeti görülebilecek olan girdi ve çıktı değişkenleri 3 girdi, 3 istenmeyen çıktı ve 4 çıktı olacak şekilde belirlenmiştir. İşgücü, il bazında sabit sermaye yatırımları ve elektrik tüketimleri girdi değişkeni olarak ele alınmıştır. İşgücü, çalışanlar ve iş arayan nüfusu kapsamaktadır. Sabit sermaye yatırımları, belediye harcamaları dikkate alınmaksızın cari fiyatlarla il bazında yapılan yatırımları göstermektedir. Elektrik tüketimi, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından yayınlanan, söz konusu yıl ile ilgili faturalandırılan elektrik tüketim miktarıdır. Çalışmada istenmeyen çıktı olarak, kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen atık su miktarı, ölçüm merkezlerinden alınan verilerle yayınlanan hava kalitesi raporuna göre havadaki kükürt dioksit oranı ve belediye toplam atıkları kullanılmıştır. Havadaki kükürt dioksit yoğunluğu ile ilgili verilerde, her şehirdeki her ölçüm merkezinden veri alınamaması sebebiyle ilgili karar değişkeni sınıflandırma bölgesinin ortalaması alınarak veriye dahil edilmiştir. Analizde kullanılan çıktılar, ekonomik gösterge olarak Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, arıtılan atık su miktarı, belediyelerden geri kazanım tesislerine gönderilen atık miktarı ve yenilenebilir elektrik enerjisi üretim miktarı olarak ele alınmıştır. Analizde kullanılan veriler, TÜİK’in erişime açık veri tabanından elde edilmiş olup sabit sermaye yatırımları için Strateji ve Bütçe Başkanlığı’na Cimer’den talepte bulunularak toplanmıştır.

Girdiler	İstenmeyen Çıktılar	Çıktılar
İşgücü	Kanalizasyon Şebekelerinden Deşarj Edilen Atıksu Miktarı	Arıtılan Atık Su Miktarı
Sabit Sermaye Yatırımları	Kükürt Dioksit	Geri Kazanım Tesislerine Gönderilen Katı Atık
Elektrik Tüketimi	Belediye Toplam Atık	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
		Yenilenebilir Elektrik Enerjisi

**Tablo 5 Girdi, İstenmeyen Çıktı ve Çıktılar**

### 2.3.2. Analizin Uygulanması

Çalışmada uygulanan Veri Zarflama Analizi, Çarpan Model VZA olup girdi odaklı CCR yöntemidir. Analizin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$n$  adet karar verme birimi için;

her bir karar verme birimi ( $j$ ),  $j=(1,2,\dots,n)$

$m$  adet girdi kullanıyor ve  $s$  adet çıktı üretiyor.

her bir girdi değeri:  $x_{ij}$   $i=(1,2,\dots,m)$

her bir çıktı değeri:  $y_{rj}$   $r=(1,2,\dots,s)$

$o$  değerlendirme altındaki birim

$\mu$ : çıktı ağırlığı

$\omega$ : girdi ağırlığı

#### Girdi Odaklı CCR

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{Maksimize } \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro}$$

Kısıtlar;

$$\sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m \omega_i x_{io} = 1$$

$$\mu_r, \omega_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, s$$

Veri Zarflama Analizi, Microsoft Excel, Solver eklentisi kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4'te VZA uygulanırken oluşturulan ve Birinci Karar Verme Birimi için çözdürülen Excel görüntüsü yer almaktadır. Şekil 5'te ise Excel'de oluşturulan verilerin ve kısıtların Solver eklenti görüntüsü yer almaktadır. İki analizde de Solver ve Excel görüntüleri aynı olup, ilk kısıt olarak eklenen M sütunundaki Topla.Çarpım formülünde ele alınan girdiler ve çıktılar iki yöntem için değişkenlik göstermektedir. Şekil 4'te gösterilen Excel, Yöntem 1'in uygulanmasına yönelik istenmeyen çıktıların kendi değerleri ile kullanıldığı Veri Zarflama Analizi uygulamasına aittir.



Numara Bölge Adı	GİRDİ DEĞİŞKENLERİ			İSTENMEYEN ÇIKTI DEĞİŞKENLERİ			ÇIKTI DEĞİŞKENLERİ						
	İşgücü	Cari Fiyatlarla Yatırım	Elektrik Tüketimi	SO2	Kanalizasyondan Deşarj Edilen Atıksu	Belediye Toplam Atık	GSYİH	Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrik Üretimi	Artılan Atık Su	Geri Kazandırılan Atık			
1 TR10 (İstanbul)	12.509	14.144.393.642	38.487.633	5,20	1.400.882	6.959.481	97.950	7.694	1.396.181	748.174	0	≥	0
2 TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	1.598	688.829.509	10.262.871	16,23	91.782	734.758	203.137	17.283	79.239	37.371	0	≥	0
3 TR22 (Balıkesir, Çanakkale)	1.334	1.647.198.646	6.244.151	8,07	100.119	767.917	121.489	251.123	84.147	61.602	0	≥	0
4 TR31 (İzmir)	3.555	2.848.771.973	15.238.973	10,17	279.135	2.336.954	70.010	460.513	276.259	284.305	0	≥	0
5 TR32 (Aydın, Denizli, Muğla)	2.500	1.547.405.911	9.365.161	13,42	172.039	1.526.714	154.258	761.724	172.039	81.269	0	≥	0
6 TR33 (Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak)	2.399	1.204.071.407	9.580.994	26,59	133.855	1.126.960	201.726	1.212.060	113.500	66.012	0	≥	0
7 TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik)	3.187	2.148.987.129	16.442.393	7,79	224.003	1.575.295	201.693	580.446	207.581	218.045	0	≥	0
8 TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova)	3.032	1.903.284.550	16.789.546	6,67	273.190	1.421.605	339.577	36.978	268.096	125.624	0	≥	0
9 TR51 (Ankara)	4.389	8.944.790.944	14.099.403	4,74	306.837	2.126.019	85.396	622.015	199.315	1.206.387	0	≥	0
10 TR52 (Konya, Karaman)	1.759	2.119.972.282	7.739.110	8,48	118.539	995.101	103.995	1.077.981	98.278	51.289	0	≥	0
11 TR61 (Antalya, Isparta, Burdur)	2.669	2.113.723.375	9.345.177	6,17	255.051	1.602.457	149.160	635.163	250.517	249.907	0	≥	0
12 TR62 (Adana, Mersin)	2.820	2.480.488.567	12.184.618	7,85	230.958	1.618.492	96.244	532.549	214.269	702.376	0	≥	0
13 TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye)	2.101	1.448.943.779	12.519.693	13,33	161.488	1.254.691	112.867	498.149	115.916	32.213	0	≥	0
14 TR71 (Kırkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	1.122	2.346.600.686	4.120.615	11,08	62.930	491.423	215.258	805.106	41.156	21.267	0	≥	0
15 TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat)	1.645	1.058.451.917	5.800.622	13,09	126.699	811.723	130.476	837.617	104.858	24.612	0	≥	0
16 TR81 (Zonguldak, Karabük, Bartın)	757	696.868.923	2.441.838	7,10	37.581	323.647	128.956	32.110	32.441	32.264	0	≥	0
17 TR82 (Kastamonu, Çankırı, Sinop)	615	454.292.368	1.928.397	14,43	23.162	222.715	137.786	115.292	4.593	15.680	0	≥	0
18 TR83 (Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	2.132	1.130.337.888	5.548.036	11,88	144.249	791.630	153.888	347.791	119.687	45.034	0	≥	0
19 TR90 (Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	2.133	2.603.070.366	5.019.623	8,35	153.574	764.062	263.096	15.310	118.739	39.549	0	≥	0
20 TRA1 (Erzurum, Erzincan, Bayburt)	720	716.846.014	1.631.389	8,03	46.277	329.422	135.870	265.333	42.796	1.285	0	≥	0
21 TRA2 (Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	653	543.526.388	1.144.761	7,75	29.638	358.736	139.659	40.101	2.506	2.245	0	≥	0
22 TRB1 (Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	1.204	1.074.106.403	3.302.633	13,53	104.245	503.000	172.097	599.206	80.784	24.540	0	≥	0
23 TRB2 (Van, Muş, Bitlis, Hakkari)	1.340	902.622.969	2.104.084	57,83	77.237	736.198	114.027	100.917	36.863	65.182	0	≥	0
24 TRC1 (Gaziantep, Adyaman, Kilis)	1.800	1.770.618.018	9.844.991	8,58	172.234	927.776	109.937	514.182	151.836	47.390	0	≥	0
25 TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır)	1.834	1.397.134.304	8.208.791	21,56	155.581	1.321.738	47.475	767.073	97.883	70.953	0	≥	0
26 TRC3 (Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	1.166	1.275.791.347	4.041.113	19,81	78.391	695.956	126.125	111.765	48.791	9.157	0	≥	0
	0	0,00000000000000000000	0	0	0,0000007008097	0,0000000026221	0,0000000108680	0,0000000000000000	0,0000007058254	0,0000000180113			

Değerlendirme Altındaki KVB  
Etkinlik Değeri  
Ağırlandırılmış Çıktı

1  
1  
1 = 1

Şekil 4 Veri Zarflama Analizi Uygulaması

Çözücü Parametreleri

Hedef Ayarla:

Hedef:  En Büyük  En Küçük  Değeri:

Değişken Hücreleri Değiştirerek:

Kısıtlamalara Bağlıdır:

Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap

Çözme Yöntemi Seçin:

Çözüm Yöntemi

Düzensiz doğrusal olmayan Çözümleri için GRG Doğrusal Olmayan altyapısını seçin.  
Doğrusal Çözümleri için Basit LP altyapısını seçin ve düzensiz olmayan Çözümleri için Açılım altyapısını seçin.

Şekil 5 Veri Zarflama Analizi Çözücü Parametreleri

### 2.3.3. Analiz Sonuçları

Veri Zarflama Analizi sonuçları detaylı bir şekilde Tablo 8, Tablo 9, Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir. Analiz iki yöntem kullanılarak yapılmıştır. Bunlardan ilki, istenmeyen çıktıları, sistem içinde azaltmayı amaçlayacak şekilde girdi olarak ele alındığı yöntemdir. İkincisi ise istenmeyen çıktı değerlerinin tersinin alınarak çıktı olarak ele alındığı doğrusal olmayan monoton azalan dönüşüm yöntemidir. Yapılan analiz girdi odaklı olduğundan sanal girdilerin yorumlanması uygundur.

Tablo 8 istenmeyen çıktıların girdi olarak ele alındığı Veri Zarflama Analizi etkinlik sonuçlarını göstermektedir. Tablo 9 uygulanan Çarpan Modeli ile belirlenen ağırlıkların kendi değerleriyle çarpılması sonucu elde edilen bölgelerin etkin olma ya da etkin olmama durumlarının hangi girdilerden kaynaklandığını göstermektedir. Bu iki tablonun analizinden sonra ise Tablo 10 istenmeyen çıktı diğerlerinin doğrusal olmayan monoton azalan dönüşüm yöntemi ile elde edilen etkinlik skorlarını göstermektedir. Tablo 11 ise bu analiz ile elde edilen etkin olma ya da etkin olmama durumlarının hangi girdi ve çıktılarından kaynaklandığını göstermektedir.

<b>Bölge Adı</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>
TR10 (İstanbul)	100,00%
TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	100,00%
TR22 (Balıkesir, Çanakkale)	86,85%
TR31 (İzmir)	100,00%
TR32 (Aydın, Denizli, Muğla)	100,00%
TR33 (Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak)	100,00%
TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik)	100,00%
TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova)	100,00%
TR51 (Ankara)	100,00%
TR52 (Konya, Karaman)	100,00%
TR61 (Antalya, Isparta, Burdur)	100,00%
TR62 (Adana, Mersin)	100,00%
TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye)	74,35%
TR71 (Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	100,00%
TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat)	100,00%
TR81 (Zonguldak, Karabük, Bartın)	100,00%
TR82 (Kastamonu, Çankırı, Sinop)	100,00%
TR83 (Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	100,00%
TR90 (Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	100,00%
TRA1 (Erzurum, Erzincan, Bayburt)	100,00%
TRA2 (Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	100,00%
TRB1 (Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	100,00%
TRB2 (Van, Muş, Bitlis, Hakkâri)	97,44%
TRC1 (Gaziantep, Adıyaman, Kilis)	99,25%
TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır)	85,25%
TRC3 (Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	66,11%

**Tablo 6 Yöntem 1 - Etkinlik Skorları**

Yapılan ilk analizde, 26 bölge arasından 20 bölgenin göreceli etkinlik skorunun 1 olduğu sonucu elde edilmiştir. Etkin olmayan bölgeler; Balıkesir, Çanakkale; Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye; Van, Muş, Bitlis, Hakkâri; Gaziantep, Adıyaman, Kilis; Şanlıurfa, Diyarbakır; Mardin, Batman, Şırnak, Siirt'tir.

Bölge Kodları	Sanal Girdiler					
	İşgücü	Cari Fiyatlarla Yatırım	Elektrik Tüketimi	SO2	Kanalizasyondan Deşarj Edilen Atıksu Miktarı	Belediye Toplam Atık
TR10 (İstanbul)	0%	0%	0%	0%	98%	2%
TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	0%	13%	0%	0%	87%	0%
TR22 (Balıkesir, Çanakkale)	1%	0%	0%	0%	99%	0%
TR31 (İzmir)	0%	0%	2%	0%	98%	0%
TR32 (Aydın, Denizli, Muğla)	0%	0%	14%	0%	86%	0%
TR33 (Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak)	0%	8%	42%	0%	50%	0%
TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik)	0%	44%	0%	21%	35%	0%
TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova)	0%	28%	48%	0%	0%	24%
TR51 (Ankara)	0%	0%	100%	0%	0%	0%
TR52 (Konya, Karaman)	0%	0%	83%	17%	0%	0%
TR61 (Antalya, Isparta, Burdur)	0%	0%	72%	0%	28%	0%
TR62 (Adana, Mersin)	0%	9%	91%	0%	0%	0%
TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye)	28%	19%	0%	0%	53%	0%
TR71 (Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	0%	0%	67%	33%	0%	0%
TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat)	0%	0%	0%	2%	63%	35%
TR81 (Zonguldak, Karabük, Bartın)	0%	7%	28%	43%	22%	0%
TR82 (Kastamonu, Çankırı, Sinop)	0%	14%	63%	0%	0%	23%
TR83 (Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	0%	60%	40%	0%	0%	0%
TR90 (Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	0%	0%	83%	17%	0%	0%
TRA1 (Erzurum, Erzincan, Bayburt)	0%	0%	4%	0%	96%	0%
TRA2 (Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	54%	1%	5%	41%	0%	0%
TRB1 (Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	0%	0%	100%	0%	0%	0%
TRB2 (Van, Muş, Bitlis, Hakkari)	0%	23%	77%	0%	0%	0%
TRC1 (Gaziantep, Adıyaman, Kilis)	0%	8%	0%	17%	0%	75%
TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır)	80%	20%	0%	0%	0%	0%
TRC3 (Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	1%	0%	0%	0%	99%	0%

Tablo 7 Yöntem 1- Sanal Girdiler

Yapılan ikinci analizde, 26 bölge arasında etkin bulunan bölge sayısı 16 olarak belirlenmiştir. Yöntem 1 ile yapılan analizde etkin durumda iken Yöntem 2 ile yapılan analizde etkin olmayan bölgeler; İzmir, Aydın, Muğla, Denizli; Bursa, Eskişehir, Bilecik; Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane'dir.

<b>Bölge Adı</b>	<b>Etkinlik Skoru</b>
TR10 (İstanbul)	100,00%
TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	100,00%
TR22 (Balıkesir, Çanakkale)	82,03%
TR31 (İzmir)	82,82%
TR32 (Aydın, Denizli, Muğla)	98,18%
TR33 (Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak)	100,00%
TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik)	85,09%
TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova)	100,00%
TR51 (Ankara)	100,00%
TR52 (Konya, Karaman)	100,00%
TR61 (Antalya, Isparta, Burdur)	100,00%
TR62 (Adana, Mersin)	100,00%
TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye)	71,79%
TR71 (Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	100,00%
TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat)	100,00%
TR81 (Zonguldak, Karabük, Bartın)	100,00%
TR82 (Kastamonu, Çankırı, Sinop)	100,00%
TR83 (Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	100,00%
TR90 (Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	85,07%
TRA1 (Erzurum, Erzincan, Bayburt)	100,00%
TRA2 (Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	100,00%
TRB1 (Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	100,00%
TRB2 (Van, Muş, Bitlis, Hakkari)	97,44%
TRC1 (Gaziantep, Adıyaman, Kilis)	96,95%
TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır)	85,25%
TRC3 (Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	63,42%

**Tablo 8 Yöntem 2- Etkinlik Skorları**

Bölge Kodları	Sanal Girdiler			
	İşgücü	Cari Fiyatlarla Yatırım	Elektrik Tüketimi	SO2
TR10 (İstanbul)	48%	49%	3%	0%
TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	52%	48%	0%	0%
TR22 (Balıkesir, Çanakkale)	100%	0%	0%	30%
TR31 (İzmir)	71%	29%	0%	0%
TR32 (Aydın, Denizli, Muğla)	0%	90%	10%	0%
TR33 (Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak)	62%	38%	0%	0%
TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik)	0%	100%	0%	16%
TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova)	67%	33%	0%	0%
TR51 (Ankara)	24%	30%	46%	0%
TR52 (Konya, Karaman)	83%	17%	0%	11%
TR61 (Antalya, Isparta, Burdur)	0%	8%	92%	0%
TR62 (Adana, Mersin)	0%	82%	18%	0%
TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye)	32%	68%	0%	0%
TR71 (Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	51%	49%	0%	6%
TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat)	0%	43%	57%	7%
TR81 (Zonguldak, Karabük, Bartın)	15%	80%	4%	33%
TR82 (Kastamonu, Çankırı, Sinop)	0%	14%	86%	0%
TR83 (Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	0%	63%	37%	0%
TR90 (Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	0%	0%	100%	0%
TRA1 (Erzurum, Erzincan, Bayburt)	60%	40%	0%	44%
TRA2 (Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	0%	19%	81%	0%
TRB1 (Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	50%	28%	22%	7%
TRB2 (Van, Muş, Bitlis, Hakkari)	0%	23%	77%	0%
TRC1 (Gaziantep, Adıyaman, Kilis)	100%	0%	0%	8%
TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır)	80%	20%	0%	0%
TRC3 (Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	100%	0%	0%	0%

Tablo 9 Yöntem 2 - Sanal Girdiler

İstenmeyen çıktıların girdi olarak değerlendirildiği Yöntem 1 ve istenmeyen çıktı değerlerinin çarpımsal tersinin ele alındığı Yöntem 2 kullanarak yapılan girdi odaklı, çarpan model Veri Zarflama Analizi sonuçlarına ait etkinlik skorları ve sanal girdiler Tablo 8, Tablo 9, Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir. Sonuçlar birlikte incelendiğinde şu yorumları yapmak mümkündür. İstanbul; Tekirdağ, Edirne, Kırklareli; Erzurum, Erzincan, Bayburt bölgeleri için Yöntem 1 ile yapılan analizde kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atıksu miktarı bölgenin etkin olmasında %98 rol oynarken, istenmeyen çıktının girdi olarak değerlendirilmediği Yöntem 2 sonuçlarına göre de bölge etkinliğini korumuş ancak bu etkinlik daha çok yatırım miktarı ve işgücünden kaynaklanmıştır. Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak bölgesinde yapılan ilk analizde etkin olma durumu kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atıksu miktarı ve elektrik tüketimine odaklanmışken yapılan ikinci analizde işgücü ağırlıklı olmakla birlikte yatırımlar rol oynamıştır. Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova bölgesinde Yöntem 1 ile yapılan analiz sonuçlarında bölgenin etkin olmasında rol oynayan sanal girdi dağılımları sırasıyla elektrik tüketimi, yatırım ve belediye atıkları iken Yöntem 2 ile yapılan analizde bu faktörlerden ziyade iş gücü ağırlıklı olmuştur. Ankara ve Malatya, Elâzığ, Bingöl, Tunceli bölgeleri ilk analizde elektrik tüketimlerinden kaynaklı bir şekilde etkin bölge olarak belirlenmişlerdir. İkinci analiz de ise bu durum Ankara için elektrik tüketimi %46 ile ağırlıklı kalacak şekilde yatırımlar ve işgücünün etkisiyle değişmiştir. Malatya, Elâzığ, Bingöl, Tunceli bölgesinde ise işgücü %50 ile etkili olmuş ve yatırımlar ile elektrik tüketimi takip etmiştir. Konya, Karaman bölgesi değerlendirildiğinde istenmeyen çıktıların girdiye dahil edildiği analizde elektrik tüketimi %83 ve havadaki kükürt dioksit oranı %17’lik bir ağırlığa sahipken ikinci analizde aynı oranlar sırasıyla işgücü ve yatırımlara dağılmıştır. Antalya, Isparta, Burdur bölgesinde elektrik tüketimi ağırlığını ikinci analizde arttırarak korumuştur. Adana, Mersin bölgesinin ilk analizdeki etkinlik skorunun 1 olması elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. İkinci analizde ise, bu ağırlık değişmiş ve bölgenin etkinlik skorunun 1 olmasında rol oynayan temel faktör, elektrik tüketiminin desteğiyle, yatırımlar olmuştur. Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir bölgesi de iki analiz için de değerlendirildiğinde etkin olan bölgelerdir. Bölgenin etkinliğinde elektrik tüketimi %67’lik, havadaki kükürt dioksit oranı %33’lük bir paya sahipken ikinci analizde işgücü ve yatırımlar arasında nerdeyse eşit oranlı dağılmıştır. Kayseri, Sivas, Yozgat bölgesinde kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atık su

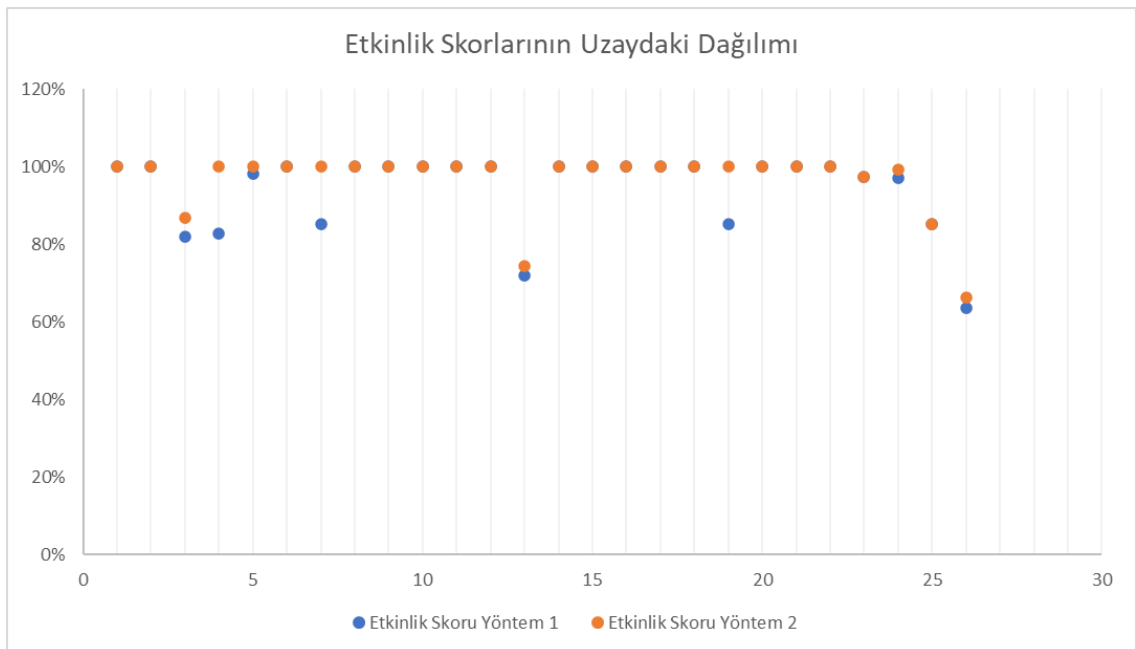


miktarı çoğunlukta olmak üzere belediye atıkları bölgenin etkinliğinde rol oynarken yapılan ikinci analizde elektrik tüketimi ve yatırımlar etki göstermiştir. Zonguldak, Karabük, Bartın bölgesinin etkin olarak belirlenmesinde birçok faktörün etkisi olmuştur. Yapılan ilk analizde havadaki kükürt dioksit oranı bu bölgede en ağırlıklı faktörken elektrik tüketimi ve kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atık su miktarı takip etmiştir. Yöntem 2 ile yapılan analizde bölgeye yapılan yatırımların etkisi %80 oranında ve işgücü %20 oranında rol oynamıştır. Kastamonu, Çankırı, Sinop bölgesinde sırasıyla elektrik tüketimi, belediye atık miktarı ve yatırımlar bölgeyi etkin kılan faktörlerdir. İkinci analizde ise buna paralel olarak elektrik tüketimi ve yatırımlar bölgenin güçlü yönleri olarak belirlenmiştir. Samsun, Tokat, Çorum, Amasya bölgesinde Yöntem 1 ve Yöntem 2 ile yapılan analizler yaklaşık olarak aynı faktörlerle etkinlik belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla bölgeye yapılan yatırımlar ve elektrik tüketimidir. İki analizde de etkin olarak belirlenen son bölge olarak Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan bölgesi için ilk analizde iş gücü ve havadaki kükürt dioksit oranı etkiliyken ikinci analizde elektrik tüketimi oldukça ön plana geçmiştir ve bunu da yatırımlar takip etmiştir.

Veri Zarflama Analizi ile iki yöntem kullanılarak yapılan analizlerde Yöntem 1 ile etkinken Yöntem 2 ile yapılan analizde etkin olmayan 4 bölge bulunmaktadır. Bunlar; İzmir bölgesi, Aydın, Denizli, Muğla bölgesi; Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi, Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane bölgesidir. İzmir ve Aydın, Denizli Muğla bölgeleri için ilk analizdeki etkinlik skorları neredeyse tamamen kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen atık su miktarından kaynaklanmaktadır. İkinci analizde bu istenmeyen çıktının girdi olarak işleme alınmaması ile etkinlik skoru yeterli olmamıştır. Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesinin sanal girdilerine bakıldığında yatırımlar ağırlıklı olmak üzere, kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atık su miktarı ve havadaki kükürt dioksit oranı bölgeyi etkin kılmıştır. İkinci analizde ise tüm ağırlık bölgeye yapılan yatırımlarda kalmış ve bölge etkin sınırın altında kalmıştır. Son olarak, Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane bölgesi için Yöntem 1 ile yapılan analizde bölge elektrik tüketim miktarı %83 ve havadaki kükürt dioksit oranı %17 ağırlığa sahip olacak şekilde etkin bulunmuştur. İkinci analizde ise bu ağırlık tamamen elektrik tüketimine kaymış ve göreceli etkinlik skoru 1'in altında kalmıştır.

İki analizde de 6 bölge etkin değil olarak tespit edilmiştir. Bu bölgelerin sanal girdilerine bakıldığında etkin olmama ağırlıkları şu şekilde dağılmıştır. Balıkesir, Çanakkale için kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen atık su miktarı, Hatay, Kahramanmaraş için kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen atık su miktarı, işgücü, yatırımlar; Osmaniye; Van, Muş, Bitlis, Hakkâri için elektrik tüketimi ve yatırımlar; Gaziantep, Adıyaman, Kilis için belediye atıkları, havadaki kükürt dioksit oranı ve yatırımlar; Şanlıurfa, Diyarbakır; Mardin, Batman, Şırnak, Siirt için ise kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen atık su miktarı olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizler için Yöntem 1 ile yapılan analizde etkin olmamasına rağmen Yöntem 2 ile yapılan analizde etkin olarak belirlenen bölge bulunamamıştır. Genel olarak, iki yöntemle yapılan analiz sonuçları birbiri ile tutarlı olup uzaydaki dağılımları aşağıda verilmiştir.



**Şekil 6 Etkinlik Skorlarının Uzaydaki Dağılımı**

26 bölge için yapılan analizlerde etkinlik skorları ve sanal girdi ağırlıkları belirlenmiş ve bölge bazında detaylı sonuçlar açıklanmıştır. Coğrafi bölge temelinde incelendiğinde ise, etkinlik skoru ortalamaları Tablo 12'deki gibi sonuç vermiştir. Sonuçlar yedi coğrafi bölge için toparlanırken Türkiye İstatistiki Bölge Sınıflandırması Düzey 2 bölgeleri içerisinde iki coğrafi bölgeden de illeri kapsayan istatistiki bölgeler için ağırlıklı olan bölge belirlenerek etkinlik skoru bu bölgenin ortalamasına dahil edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, Türkiye'deki yedi coğrafi bölge arasından göreceli etkinlik skoru her iki yöntemle de %100 olan tek bölge İç Anadolu Bölgesi olarak belirlenmiştir ve her iki yöntemde de en düşük etkinlik skoruna sahip bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi olarak belirlenmiştir.

<b>Bölgeler</b>	<b>Yöntem 1 Etkinlik Skoru</b>	<b>Yöntem 2 Etkinlik Skoru</b>
Akdeniz Bölgesi	91%	91%
Doğu Anadolu Bölgesi	99%	99%
Ege Bölgesi	100%	94%
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	84%	82%
İç Anadolu Bölgesi	100%	100%
Karadeniz Bölgesi	100%	96%
Marmara Bölgesi	97%	93%

**Tablo 10 Coğrafi Bölgeler Etkinlik Skoru**

## SONUÇ

Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki bölgelerin döngüsel ekonomi bakış açısıyla etkinlik analizlerinin yapılması ve bölgeler arası karşılaştırmanın yapılmasıdır. Çalışma, Türkiye İstatistik Bölge Sınıflandırması Düzey 2 bölgeleri olarak belirlenen birbirleri ile benzer toplumsal ve ekonomik özelliklere sahip bölgeler arasında döngüsel ekonomi etkinliğini ölçmeyi amaçlamaktadır. Döngüsel ekonominin çevresel ve toplumsal katkıları yadsınamayacak düzeyde olan bir ekonomik model olarak geliştiği düşünüldüğünde hem sürdürülebilir bir dünya için hem de ülkelerin büyüme hacmi ve diğer ülkeler ile olan ticaret ilişkileri için kavramsal olarak oldukça önemli bir noktaya ulaşmıştır. Bu bağlamda, bu çalışmanın ülkemizde de hangi bölgelerin bu anlamda daha etkin bir rol oynadığı ve bu rolün altında yatan faktörlerin belirlenmesinin halihazırda eylem planı hazırlanmakta olan döngüsel ekonomi ve gelecekteki uygulamaları için yol gösterici nitelikte olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın ilk aşamasında döngüsel ekonomi kavramı hakkında bilgi verilmiştir. Döngüsel ekonomi kavramının temel aldığı kavramlardan başlayarak gelişimi ve tarihesi anlatılarak literatürde kabul görmüş tanımları, amaçları ve prensipleri açıklanmıştır. Döngüsel ekonominin 3R olarak başlayan ve konu bilim insanları arasında çalışılıp genişletildikçe 9R'ye kadar uzanan prensipleri ve bu prensiplerin temsil ettikleri döngüsellik dereceleri ülkelerin döngüsel ekonomi uygulamalarına nereden başlayacakları ve nihai döngüsellige nerede ulaşacaklarına dair önem teşkil etmektedir. Bu önem doğrultusunda şu anki durumun ve eldeki avantajlar ile dezavantajların ne olduğunun tespiti oldukça kritiktir. Mikro, mezo ve makro düzeylerin hepsi için bu amaçla yapılacak çalışmalar döngüsel ekonomiye yönelik politika geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde Türkiye'deki 26 bölgenin Çarpan Model Veri Zarflama Analizi ile iki yöntem kullanılarak göreceli etkinlik skorları hesaplanmıştır. Etkinlik

skorlarının hesaplanması için kullanılacak olan veriler yapılan literatür taraması sonucunda tespit edilmiş ve bulunabildiği kadarıyla TÜİK'ten alınmıştır. Bu çalışmada yapılan analizlerin diğer çalışmalardan farkı, istenmeyen çıktı değerlerinin analize dahil edilme yöntemi ile farklılık göstermiştir. Veri Zarflama Analizinin minimum girdi ile maksimum çıktıyı üretmek prensibi temel alınarak ilk yöntemde istenmeyen çıktılar analize girdi olarak dahil edilmiştir ve bu analiz için 26 karar değişkeni, 6 girdi ve 4 çıktı ile analiz yapılmıştır. İkinci yöntemle yapılan analizde ise istenmeyen çıktı miktarları 1'e bölünerek çıktı olarak analize dahil edilmiştir. Bu analizde de aynı karar değişkenleri ile 3 girdi ve 7 çıktı kullanılmıştır. Bölgelerin etkinlik skorlarının yanı sıra, etkin olan ve etkin olmayan karar birimlerinin, etkinliklerinin veya etkin olmama durumlarının hangi girdi ve çıktılarından kaynaklandığını belirlemek amacıyla uygulanan Çarpan Veri Zarflama Analizi modeli ile sanal girdiler tespit edilerek bölgelerin güçlü ve zayıf yönleri ortaya konmuştur.

VZA sonucunda ilk yöntem ile 26 bölge arasından 20 bölge etkin çıkarken ikinci yöntem ile 16 bölgenin etkinlik skoru 1 olarak belirlenmiştir. Her bir bölge açısından iki analizin karşılaştırılması amacıyla hesaplanan sanal girdiler ile etkinlik skoru aynı kalan birimler için değişen güçlü ve zayıf yönler; etkinlik skoru değişerek 1'in altına inen bölgeler için ise zayıf yönlerin tespiti yapılmıştır. İstenmeyen çıktıların girdi olarak analize dahil edildiği yöntem kullanılarak yapılan analizde, etkin birimlerin çoğunluğunda etkinlik sebebinin kanalizasyondan deşarj edilen atık su miktarından ya da elektrik tüketiminden kaynaklandığı gözlemlenmektedir. İstenmeyen çıktıların çarpımsal terslerinin ele alındığı doğrusal olmayan monoton azalan dönüşüm yöntemi analiz sonuçlarında ise sanal girdilere bakıldığında girdi olarak kullanılan işgücü, yatırım ve elektrik tüketimi verilerinde her bölge için farklı dağılımlar gözlemlenmiştir. Etkin olmayan birimlerde ise işgücünün daha büyük rol oynadığı belirlenmiştir. Etkinlik skorları açısından değerlendirildiğinde ise iki yöntem ile alınan sonuçlar birbiri ile tutarlı bir nitelik taşımaktadır.

Türkiye'nin 26 bölgesi için yapılan analiz sonuçlarının Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesi açısından değerlendirilmesi amacıyla hesaplanan etkinlik skorlarının ortalamaları alınmıştır. Yapılan değerlendirmede Türkiye'de en etkin bölgeleri kapsayan coğrafi bölgenin İç Anadolu Bölgesi olduğu ve etkinlik skoru en düşük olan bölgenin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tunca'nın ortaya koyduğu çevresel etkinliğin gelişmişlik düzeyiyle alakalı olmadığı tezini destekler niteliktedir (Tunca, 2021).

Döngüsel ekonomi bölgesel etkinlik skorları ve her bölgenin sahip olduğu etkinlik skorunun ağırlıklı nedenleri incelendiğinde döngüsel ekonomiye geçişte bölgesel temelde politika uygulama gerekliliği görülmektedir. Wang, Lei, & Xing (2021) tarafından yapılan çalışmada bölgeler arasında odaklanılması gereken konuların farklılığı ve buna yönelik DE politikaları geliştirilmesi gerektiği ortaya konmuştur.

Döngüsel ekonominin en önemli unsurlarından birinin geri dönüşüm olduğu düşünüldüğünde, Halkos ve Petrou (2019) Avrupa Birliği üye ülkelerine yönelik yaptıkları çalışmada etkinlik skorlarını geri dönüşüm oranları ile karşılaştırmış ve geri dönüşüm oranlarının etkinlik skorunu da ortaya koyduğunu iddia etmişlerdir. Ancak, bu çalışmada ve Giannakitsidou vd.'nin (2020) çalışmasında geri dönüşüm oranlarının etkinlik skorları ile aynı doğrultuda olmadığı belirlenmiştir. Döngüsel ekonomi bütün prensipleri ve zincir halkaları ile değerlendirildiğinde geri dönüşüm oldukça önemli olmakla birlikte tek başına yeterli gelmemektedir. Aynı şekilde, Lacko, Hajduová, & Zawada'nın (2021) çalışmasında GSYİH'nin yüksek olmasının mutlaka döngüsel ekonomi etkinlik skorunun da daha yüksek bir seviyede olacağı anlamına gelmediği ortaya konmuştur. Türkiye'nin 26 bölgesi düzeyinde yapılan bu çalışmada da GSYİH miktarları diğer bölgelere göre göreceli olarak yüksek olmasına rağmen döngüsel ekonomi etkinlik skoru daha düşük kalan bölgeler bulunmuştur. Özetle, bölgesel düzeyde döngüsel ekonomi etkinlik değerlendirilmesinde ekonomik ve geri kazanım göstergelerinin yanı sıra, çevresel faktörlerin de hesaba katıldığı değerlendirmeler yapılmalıdır (Liu, Guo, & Guo, 2019).

Bulunabildiği kadarıyla; çalışmanın konusu olan döngüsel ekonomi etkinliği Türkiye’de daha önce değerlendirilmemiştir. Ayrıca yine bulunabildiği kadarıyla döngüsel ekonominin karakteristik özelliklerini temsil eden; atıkların geri kazanımı, arıtılan su miktarı, yenilenebilir elektrik üretimi verileri döngüsel ekonomi bakış açısıyla ve veri zarflama analizi ile daha önce değerlendirilmemiştir. Bu açılardan çalışma, literatüre katkı sağlayacaktır ve Türkiye’de döngüsel ekonomi etkinliğinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalar için yol gösterici olacaktır.

Çalışmanın kısıtı olarak; TÜİK tarafından veriler toplanırken 2021 yılına dair verilerin henüz yayınlanmamış olması sebebiyle 2020 yılı temel alınmıştır. Bunun yanı sıra verilerin her yıl için bulunamıyor olması, çalışmanın karşılaştırmalı yapılmasına imkân vermemiştir. Döngüsel ekonomi eylem planı ile, döngüsel ekonomi göstergelerine yönelik verilerin bulunabilmesi ya da sezgisel yöntemler ile tahmin edilerek her yıl için bu çalışmanın tekrarlanıp karşılaştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, girdi ve çıktı değişkenlerinde veya analiz yönteminde yapılabilecek değişiklikler farklı alanların analizine imkân tanıyacaktır.

## KAYNAKÇA

- Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2(1), s. 133-140.
- Atstaja, D., Skačkauskien, I., Nazarko, J., Chodakowska, E., & Nazarko, Ł. (2022). Evaluating the Transition of the European Union Member States towards a Circular Economy. *Energies*, 15(11), s. 3924.
- Bagheri, N. (2021). Evaluation of the Efficiency of UAE Sectors on the Basis of Sustainable Development Objectives and Circular Economy Using DEA. *International Conference On Cyber Management and Engineering, CyMaEn*.
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), s. 1078-1092.
- Bi, X., Shan, S., & On, Y. X. (2012). Assessing ecological efficiency of Zhejiang Province—From the perspective of circular economy innovation. *2012 International Symposium on Management of Technology*, (s. 614-618).
- Boulding, K. (1966). *The Economics of the Coming Spaceship Earth*. New-York.
- Burmaoğlu, S., Güngör, D. Ö., Kırbaç, A., & Sarıtaş, Ö. (2022). Future research avenues at the nexus of circular economy and digitalization. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), s. 429-444.
- Chen, D., Ma, Y., Yang, R., & Sun, J. (2021). Performance analysis of China's regional circular economy from the perspective of circular structure. *Journal of Cleaner Production*, 297, s. 126644.
- Chen, F., & Yao, W. (2020). Evaluation of circular economy efficiency in eastern China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 453.
- Chen, P. (2022). The spatial impacts of the circular economy on carbon intensity - new evidence from the super-efficient SBM-DEA model. *Energy and Environment*.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, s. 313-337.
- Ding, L. l., Lei, L., Wang, L., & Zhang, L. f. (2020). Assessing industrial circular economy performance and its dynamic evolution: An extended Malmquist index based on cooperative game network DEA. *Science of the Total Environment*, 731, s. 139001.



- Ding, L. I., Lei, L., Wang, L., Zhang, L. f., & Calin, A. C. (2020). A novel cooperative game network DEA model for marine circular economy performance evaluation of China. *Journal of Cleaner Production*, 253.
- EEA. (2016). *Circular Economy in Europe- developing the knowledge base*. European Environment Agency.
- Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 142, s. 2741-2751.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Finding a common language - the circular economy glossary*. ellenmacarthurfoundation.org:  
<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/glossary>  
 adresinden alindi
- Erkman, S. (1997). Industrial ecology: An historical view. *Journal of Cleaner Production*, 5(1-2), s. 1-10.
- EU. (2008). *Directive 2008/122/EC of the European Parliament and of the Council of 19 november 2008 on waste and repealing certain directives*. Official Journal of European Union.
- EU. (2014). Towards a circular economy– a zero waste programme for europe. *ICAMS Proceedings of the International Conference on Advanced Materials and Systems* (s. 563-568). Brüksel: European Commission.
- EU. (2019). *The European Green Deal*. Brüksel: European Commission.
- European Commission. (2015). *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*. Brüksel: European Commission.
- Fan, Y., & Fang, C. (2020). Circular economy development in China-current situation, evaluation and policy implications. *Environmental Impact Assessment Review*, 84.
- Feng, Z., & Yan, N. (2007). Putting a circular economy into practice in China. *Sustainability Science*, 2(1), s. 95-101.
- Feng, Z., & Yan, N. (2007). Putting a circular economy into practice in China. *Sustainability Science*, 2(1), s. 95-101.
- Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's Metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), s. 61-78.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, s. 757-768.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, s. 11-32.

- Giannakitsidou, O., Giannikos, I., & Chondrou, A. (2020). Ranking European countries on the basis of their environmental and circular economy performance: A DEA application in MSW. *Waste Management*, *109*, s. 181-191.
- Halkos, G., & Petrou, K. N. (2019). Analysing the energy efficiency of EU member states: The potential of energy recovery from waste in the circular economy. *Energies*, *12*(19).
- Halkos, G., & Petrou, K. N. (2019). Assessing 28 EU member states' environmental efficiency in national waste generation with DEA. *Journal of Cleaner Production*, *208*, s. 509-521.
- Huang, H.-C., Hu, C.-F., Matias, O., & Renna, P. (2021). Performance Measurement for the Recycling Production System Using Cooperative Game Network Data Envelopment Analysis. *Sustainability*, *13*(19), s. 11060.
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of Industrial Ecology*, *10*(1-2), s. 239-255.
- Jawahir, I. S., & Bradley, R. (2016). Technological Elements of Circular Economy and the Principles of 6R-Based Closed-loop Material Flow in Sustainable Manufacturing. *Procedia CIRP*, *40*, s. 103-108.
- Kazançoğlu, Y., Kazançoğlu, İ., & Sağnak, M. (2018). A new holistic conceptual framework for green supply chain management performance assesment based on circular economy. *Journal of Cleaner Production*, *195*, s. 1282-1299.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, *127*, s. 221-232.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, *143*, s. 37-46.
- Kristensen, H. S., & Mosgaard, M. A. (2020). A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability? *Journal of Cleaner Production*, *243*, s. 118531.
- Lacko, R., Hajduová, Z., & Zawada, M. (2021). The efficiency of circular economies: A comparison of visegrad group countries. *Energies*, *14*(6).
- Li, D., Wang, M. Q., & Lee, C. (2020). The waste treatment and recycling efficiency of industrial waste processing based on two-stage data envelopment analysis with undesirable inputs. *Journal of Cleaner Production*, *242*, s. 118279.
- Liang, B., & Wang, Y. (2011). Data envelopment analysis on efficiency evaluation of city circular economy. *International Conference on E-Business and E-Government*, (s. 3120-3123). Zhengzhou.

- Liu, Q., Li, H. m., Zuo, X. l., Zhang, F. f., & Wang, L. (2009). A survey and analysis on public awareness and performance for promoting circular economy in China: A case study from Tianjin. *Journal of Cleaner Production*, 17(2), s. 265-270.
- Liu, X., Guo, P., & Guo, S. (2019). Assessing the eco-efficiency of a circular economy system in China's coal mining areas: Emery and data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production*, 206, s. 1101-1109.
- Lombardi, G. V., Gastaldi, M., Rapposelli, A., & Romano, G. (2021). Assessing efficiency of urban waste services and the role of tariff in a circular economy perspective: An empirical application for Italian municipalities. *Journal of Cleaner Production*, 323.
- Lovell, C. K., Pastor, J. T., & Turner, J. A. (1995). Measuring macroeconomic performance in the OECD: A comparison of European and non-European countries. *European journal of operational research*, 87(3), s. 507-518.
- Lu, C., Zhang, Y., Li, H., Zhang, Z., Cheng, W., Jin, S., & Liu, W. (2020). An Integrated Measurement of the Efficiency of China's Industrial Circular Economy and Associated Influencing Factors. *Mathematics*, 8(9), s. 1610.
- Lu, L. C., Chiu, S. Y., Chiu, Y. h., & Chang, T. H. (2022). Three-stage circular efficiency evaluation of agricultural food production, food consumption, and food waste recycling in EU countries. *Journal of Cleaner Production*, 343, s. 130870.
- Mavi, N. K., & Mavi, R. K. (2019). Energy and environmental efficiency of OECD countries in the context of the circular economy: Common weight analysis for malmquist productivity index. *Journal of Environmental Management*, 247, s. 651-661.
- Mısır, A., & Arıkan, O. (2022). Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye'de Döngüsel Ekonomi ve Sıfır Atık Yönetimi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(1), s. 69-78.
- Mitrović, Đ., & Veselinov, M. (2018). Measuring countries competitiveness in circular economy-composite index approach. *Quantitative Models in Economics* (s. 417-436). içinde
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *140*(3), s. 369-380.
- Ömürgönülşen, M., Emre, T., & Atıcı, K. B. (2016). Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Görel Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçümü. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 34(2), s. 76-96.
- Özuyar, P. (2021). Circular Economy Practices in Turkey and Their Potential Interaction with Climate Change Mitigation and Adaptation. *Academic Review of Humaniteis and Social Sciences*, 4, s. 18-32.
- Pagotto, M., & Halog, A. (2016). Towards a Circular Economy in Australian Agri-food Industry: An Application of Input-Output Oriented Approaches for Analyzing Resource Efficiency and Competitiveness Potential. *Journal of Industrial Ecology*, 20(5), s. 1176-1186.

- Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., & Rechberger, H. (2019). Measuring the circular economy - A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production*, 210, s. 200-216.
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment. Land Economics*.
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *Circular economy: Measuring innovation in the product chain*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Reinhard, S., Lovell, C. K., & Geert, T. (1999). Econometric estimation of technical and environmental efficiency: an application to Dutch dairy farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(1), s. 44-60.
- Robaina, M., Murillo, K., Rocha, E., & Villar, J. (2020). Circular economy in plastic waste - Efficiency analysis of European countries. *Science of The Total Environment*, 730, s. 139038.
- Rodriguez-Anton, J. M., Rubio-Andrada, L., Celemín-Pedroche, M. S., & Alonso-Almeida, M. D. (2019). Analysis of the relations between circular economy and sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 26(8), s. 708-720.
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, s. 542-559.
- Sánchez-Ortiz, J., Rodríguez-Cornejo, V., Del Río-Sánchez, R., & García-Valderrama, T. (2020). Indicators to measure efficiency in circular economies. *Sustainability*, 12(11).
- Sapmaz Veral, E. (2019). Döngüsel Ekonomiye Geçiş Doğrultusunda Yeni Tedbirler ve AB Üye Ülkelerinin Stratejileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), s. 463-488.
- Sariatli, F. (2017). Linear Economy Versus Circular Economy: A Comparative and Analyzer Study for Optimization of Economy for Sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6(1), s. 31-34.
- Sehnm, S., Vazquez-Brust, D., Pereira, S. C., & Campos, L. M. (2019). Circular economy: benefits, impacts and overlapping. *Supply Chain Management*, 24(6), s. 784-804.
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142(1), s. 16-20.
- Shang, Y., Song, M., & Zhao, X. (2022). The development of China's Circular Economy: From the perspective of environmental regulation. *Waste Management*, 149, s. 186-198.
- Simsek, N. (2011). Türkiye'nin Çevresel Enerji Etkinliği ve Toplam Faktor Verimliliği : Karsılaştırmalı Bir Analiz. *Ege Academic Review*, 11(3), s. 379-396.

- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, s. 215-227.
- Sueyoshi, T., Yuan, Y., & Goto, M. (2017). A literature study for DEA applied to energy and environment. *Energy Economics*, 62, s. 104-124.
- Sun, J., Li, G., & Wang, Z. (2019). Technology heterogeneity and efficiency of China's circular economic systems: A game meta-frontier DEA approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, s. 337-347.
- T.C Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *Döngüsel Ekonomi Politikaları*. <https://dongusel.csb.gov.tr/dongusel-ekonomi-calistaylari-i-108147> adresinden alındı
- T.C Resmi Gazete. (2019, 07 18). On Birinci Kalkınma Planı. (1225). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190723M1-1.htm> adresinden alındı
- T.C Ticaret Bakanlığı. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı.
- T.C. Resmi Gazete. (1983, 08 09). Çevre Kanunu. (18132), 499. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.2872.pdf> adresinden alındı
- T.C. Resmi Gazete. (2019, 03 27). Atık Yönetimi Yönetmeliği. (29314). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402.pdf> adresinden alındı
- T.C. Resmi Gazete. (2019, 07 12). Sıfır Atık Yönetmeliği. (30829). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190712.pdf> adresinden alındı
- Tunca, H. (2021). Türkiye'deki İllerin Çevresel Etkinliğinin Ölçülmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimler Akademik Araştırma Dergisi*, 5(12), s. 47-57.
- Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu. (2022). *Türkiye'de 5 Sektörde Döngüsellik Potansiyelinin Ön Araştırma Raporu*. Agence Française de Developpement.
- Ulucan, A., & Atıcı, K. B. (2010). Enerji ve Çevre Konularında Parametrik Olmayan Etkinlik Analizi ve Türkiye Elektrik Sanayii Uygulaması. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(1), s. 173-203.
- UNEP. (2006). *Environmental Agreements and Cleaner Production*. United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry, and Economics.
- United Nations. (1987). *Our Common Future ("Brundtland Raporu")*. Oxford: Oxford University Press.
- Üstün, K. (2015). Evaluating Environmental Efficiency Of Turkish Cities By Data Envelopment. *Global Nest Journal*, 17(2), s. 281-290.
- Veral, E. S. (2021). Döngüsel Ekonomi : Engeller , Stratejiler ve İş Modelleri. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 8(1), s. 7-18.

- Wang, N., Guo, J., Zhang, X., Zhang, J., Li, Z., Meng, F., . . . Ren, X. (2021). The circular economy transformation in industrial parks: Theoretical reframing of the resource and environment matrix. *Resources, Conservation and Recycling*, 167.
- Wang, S., Lei, L., & Xing, L. (2021). Urban circular economy performance evaluation: A novel fully fuzzy data envelopment analysis with large datasets. 324, s. 129214.
- Wang, Z., Hao, H., Gao, F., Zhang, Q., Zhang, J., & Zhou, Y. (2019). Multi-attribute decision making on reverse logistics based on DEA-TOPSIS: A study of the Shanghai End-of-life vehicles industry. *Journal of Cleaner Production*, 214, s. 730-737.
- Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, s. 825-833.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*.
- Wu, H. Q., Shi, Y., Xia, Q., & Zhu, W. D. (2014). Effectiveness of the policy of circular economy in China: A DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan. *Resources, Conservation and Recycling*, 83, s. 163-175.
- Xiong, P., Dang, Y., & Qian, W. (2011). The empirical analysis of circular economy development efficiency in Jiangsu Province. *Energy Procedia*, 5, s. 1732-1736.
- Yuan, Z., Bi, J., & Moriguchi, Y. (2006). The circular economy: A New Development Strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1-2), s. 4-8.
- Zeng, S. L., & Zhang, H. L. (2011). Promoting low-carbon development of electric power industry in China: A circular economy efficiency perspective. *Energy Procedia*, 5, s. 2540-2548.
- Zhu, Z., & Liu, S. (2021). Ecological Efficiency Analysis in Zhejiang Province: Based on Improved Super-SBM Model. *E3S Web of Conferences*. Changzhou.

## EK 1 İşgücü Verileri

Bölge Kodu	İller	İşgücü (Bin)
TR62	Adana, Mersin	2.820
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	653
TR51	Ankara	4.389
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	2.669
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	2.500
TR22	Balıkesir, Çanakkale	1.334
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	3.187
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	720
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	1.800
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osn	2.101
TR10	İstanbul	12.509
TR31	İzmir	3.555
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	615
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	1.645
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, N	1.122
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bol	3.032
TR52	Konya, Karaman	1.759
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunc	1.204
TR33	Manisa, Afyonkarahisar, Küt	2.399
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	1.166
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Ama	2.132
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	1.834
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	1.598
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize,	2.133
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	1.340
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	757

**Tablo 11 İşgücü Verileri**

## EK 2 İl Yatırım Verileri

Bölge Kodu İller	İl Yatırımları (Cari Fiyatlarla) TL	
TR10	İstanbul	14.144.393.642,00
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	688.829.509,00
TR22	Balikesir, Çanakkale	1.647.198.646,00
TR31	İzmir	2.848.771.973,00
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	1.547.405.911,00
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	1.204.071.407,00
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	2.148.987.129,00
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	1.903.284.550,00
TR51	Ankara	8.944.790.944,00
TR52	Konya, Karaman	2.119.972.282,00
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	2.113.723.375,00
TR62	Adana, Mersin	2.480.488.567,00
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	1.448.943.779,00
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	2.346.600.686,00
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	1.058.451.917,00
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	696.868.923,00
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	454.292.368,00
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	1.130.337.888,00
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	2.603.070.366,00
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	716.846.014,00
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	543.526.388,00
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	1.074.106.403,00
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	902.622.969,00
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	1.770.618.018,00
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	1.397.134.304,00
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	1.275.791.347,00

**Tablo 12 İl Yatırım Verileri**



### EK 3

#### Elektrik Tüketim Verileri

Bölge Kodu	İller	Faturalanan Elektrik Tüketimi (MWh)
TR10	İstanbul	38.487.633
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	10.262.871
TR22	Balıkesir, Çanakkale	6.244.151
TR31	İzmir	15.238.973
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	9.365.161
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	9.580.994
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	16.442.393
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	16.789.546
TR51	Ankara	14.099.403
TR52	Konya, Karaman	7.739.110
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	9.345.177
TR62	Adana, Mersin	12.184.618
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	12.519.693
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	4.120.615
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	5.800.622
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	2.441.838
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	1.928.397
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	5.548.036
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	5.019.623
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	1.631.389
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	1.144.761
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	3.302.633
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	2.104.084
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	9.844.991
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	8.208.791
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	4.041.113

Tablo 13 Elektrik Tüketim Verileri

## EK 4

### Havadaki Kükürt Dioksit Verileri

Bölge Kodu	İller	Kükürt Dioksit Ortalaması ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
TR10	İstanbul	5,2
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	16,23
TR22	Balıkesir, Çanakkale	8,07
TR31	İzmir	10,17
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	13,42
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	26,59
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	7,79
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	6,67
TR51	Ankara	4,74
TR52	Konya, Karaman	8,48
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	6,17
TR62	Adana, Mersin	7,85
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	13,33
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	11,08
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	13,09
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	7,1
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	14,43
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	11,88
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	8,35
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	8,03
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	7,75
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	13,53
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	57,83
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	8,58
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	21,56
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	19,81

**Tablo 14 Havadaki Kükürt Dioksit Verileri**

## EK 5 Atıksu Verileri

Bölge Kodu İller	Deşarj Edilen Atıksu Miktarı (Bin M3/Yıl)	
TR10	İstanbul	1.400.882
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	91.782
TR22	Balıkesir, Çanakkale	100.119
TR31	İzmir	279.135
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	172.039
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	133.855
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	224.003
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	273.190
TR51	Ankara	306.837
TR52	Konya, Karaman	118.539
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	255.051
TR62	Adana, Mersin	230.958
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	161.488
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	62.930
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	126.699
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	37.581
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	23.162
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	144.249
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	153.574
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	46.277
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	29.638
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	104.245
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	77.237
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	172.234
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	155.581
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	78.391

**Tablo 15 Atıksu Verileri**

## EK 6 Belediye Atık Verileri

Bölge Kodu	İller	Belediye Atık Miktarı (Ton/Yıl)
TR10	İstanbul	6.959.481
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	734.758
TR22	Balıkesir, Çanakkale	767.917
TR31	İzmir	2.336.954
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	1.526.714
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	1.126.960
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	1.575.295
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	1.421.605
TR51	Ankara	2.126.019
TR52	Konya, Karaman	995.101
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	1.602.457
TR62	Adana, Mersin	1.618.492
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	1.254.691
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	491.423
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	811.723
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	323.647
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	222.715
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	791.630
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	764.062
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	329.422
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	358.736
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	503.000
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	736.198
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	927.776
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	1.321.738
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	695.956

**Tablo 16 Belediye Atık Verileri**

**EK 7**  
**Gayrisafi Yurtiçi Hasıla Verileri**

<b>Bölge Kodu İller</b>	<b>Kişi Başına Düşen GSYH (TL)</b>	
TR10	İstanbul	97.950,00
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	203.137,00
TR22	Balıkesir, Çanakkale	121.489,00
TR31	İzmir	70.010,00
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	154.258,00
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	201.726,00
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	201.693,00
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	339.577,00
TR51	Ankara	85.396,00
TR52	Konya, Karaman	103.995,00
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	149.160,00
TR62	Adana, Mersin	96.244,00
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	112.867,00
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	215.258,00
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	130.476,00
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	128.956,00
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	137.786,00
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	153.888,00
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	263.096,00
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	135.870,00
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	139.659,00
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	172.097,00
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	114.027,00
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	109.937,00
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	47.475,00
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	126.125,00

**Tablo 17 Gayrisafi Yurtiçi Hasıla Verileri**

## EK 8

### Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrik Üretim Verileri

Bölge Kodu	İller	Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimi (MWh)
TR10	İstanbul	7.694
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	17.283
TR22	Bahkesir, Çanakkale	251.123
TR31	İzmir	460.513
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	761.724
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	1.212.060
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	580.446
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	36.978
TR51	Ankara	622.015
TR52	Konya, Karaman	1.077.981
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	635.163
TR62	Adana, Mersin	532.549
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	498.149
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	805.106
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	837.617
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	32.110
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	115.292
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	347.791
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	15.310
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	265.333
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	40.101
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	599.206
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	100.917
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	514.182
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	767.073
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	111.765

**Tablo 18 Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrik Üretim Verileri**

## EK 9

### Arıtılan Atıksu Verileri

Bölge Kodu	İller	Arıtılan Atıksu Miktarı (Bin M3/Yıl)
TR10	İstanbul	1.396.181
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	79.239
TR22	Balıkesir, Çanakkale	84.147
TR31	İzmir	276.259
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	172.039
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	113.500
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	207.581
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	268.096
TR51	Ankara	199.315
TR52	Konya, Karaman	98.278
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	250.517
TR62	Adana, Mersin	214.269
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	115.916
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	41.156
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	104.858
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	32.441
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	4.593
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	119.687
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	118.739
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	42.796
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	2.506
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	80.784
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	36.863
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	151.836
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	97.883
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	48.791

**Tablo 19 Arıtılan Atık Su Verileri**

**EK 10**  
**Geri Kazandırılan Atık Verileri**

<b>Bölge Kodu</b>	<b>İller</b>	<b>Geri Kazandırılan Atık Miktarı (Ton)</b>
TR10	İstanbul	748.174
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	37.371
TR22	Bahkesir, Çanakkale	61.602
TR31	İzmir	284.305
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	81.269
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	66.012
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik	218.045
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	125.624
TR51	Ankara	1.206.387
TR52	Konya, Karaman	51.289
TR61	Antalya, Isparta, Burdur	249.907
TR62	Adana, Mersin	702.376
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	32.213
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	21.267
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat	24.612
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın	32.264
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop	15.680
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	45.034
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	39.549
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt	1.285
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	2.245
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	24.540
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkari	65.182
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis	47.390
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır	70.953
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	9.157

**Tablo 20 Geri Kazandırılan Atık Verileri**





HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: .../.../.....

Tez Başlığı : DÖNGÜSEL EKONOMİ AÇISINDAN BÖLGESEL ETKİNLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE UYGULAMASI

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 107 sayfalık kısmına ilişkin, .../.../2023 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %....'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- Kaynakça hariç
- Alıntılar hariç
- Alıntılar dâhil
- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

**Adı Soyadı:** Pelin GÜNGÖR AYDEMİR  
**Öğrenci No:** N19139329  
**Anabilim Dalı:** İŞLETME  
**Programı:** ÜRETİM YÖNETİMİ VE SAYISAL YÖNTEMLER

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN



HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES  
MASTER'S THESIS ORIGINALITY REPORT

HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES  
BUSINESS ADMINISTRATION DEPARTMENT

Date: .../.../.....

Thesis Title : EVALUATION OF REGIONAL EFFICIENCY FROM THE PERSPECTIVE OF CIRCULAR ECONOMY: AN APPLICATION IN TURKEY

According to the originality report obtained by my thesis advisor by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options checked below on .../.../2023 for the total of 107 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, and d) Conclusion sections of my thesis entitled as above, the similarity index of my thesis is .... %.

Filtering options applied:

- Approval and Declaration sections excluded
- Bibliography/Works Cited excluded
- Quotes excluded
- Quotes included
- Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Social Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

Date and Signature

Name Surname: Pelin GÜNGÖR AYDEMİR

Student No: N19139329

Department: BUSINESS ADMINISTRATION

Program: PRODUCTION/OPERATIONS MANAGEMENT AND  
QUANTITATIVE METHODS

**ADVISOR APPROVAL**

APPROVED.

Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: .../.../.....

Tez Başlığı: DÖNGÜSEL EKONOMİ AÇISINDAN BÖLGESEL ETKİNLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE UYGULAMASI

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır,
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullar ve Komisyonlarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Pelin GÜNGÖR AYDEMİR

Öğrenci No: N19139329

Anabilim Dalı: İŞLETME

Programı: ÜRETİM YÖNETİMİ VE SAYISAL YÖNTEMLER

Statüsü:  Yüksek Lisans  Doktora  Bütünleşik Doktora

**DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI**

Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN

Detaylı Bilgi: <http://www.sosyalbilimler.hacettepe.edu.tr>

Telefon: 0-312-2976860

Faks: 0-3122992147

E-posta: [sosyalbilimler@hacettepe.edu.tr](mailto:sosyalbilimler@hacettepe.edu.tr)



HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES  
ETHICS COMMISSION FORM FOR THESIS

HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES  
BUSINESS ADMINISTRATION DEPARTMENT

Date: .../.../.....

Thesis Title: EVALUATION OF REGIONAL EFFICIENCY FROM THE PERSPECTIVE OF CIRCULAR ECONOMY: AN APPLICATION IN TURKEY

My thesis work related to the title above:

1. Does not perform experimentation on animals or people.
2. Does not necessitate the use of biological material (blood, urine, biological fluids and samples, etc.).
3. Does not involve any interference of the body's integrity.
4. Is not based on observational and descriptive research (survey, interview, measures/scales, data scanning, system-model development).

I declare, I have carefully read Hacettepe University's Ethics Regulations and the Commission's Guidelines, and in order to proceed with my thesis according to these regulations I do not have to get permission from the Ethics Board/Commission for anything; in any infringement of the regulations I accept all legal responsibility and I declare that all the information I have provided is true.

I respectfully submit this for approval.

Date and Signature

Name Surname: Pelin GÜNGÖR AYDEMİR

Student No: N19139329

Department: BUSINESS ADMINISTRATION

Program: PRODUCTION/OPERATIONS MANAGEMENT AND  
QUANTITATIVE METHODS

Status:  MA  Ph.D.  Combined MA/ Ph.D.

**ADVISER COMMENTS AND APPROVAL**

Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN