

AB’de Döngüsel Ekonomi Üretim ve Tüketim Göstergelerinin Değerlendirilmesi: MEREC Temelli MARCOS Uygulaması

Nazlı Seyhan¹

Received/ Başvuru: 05.08.2023

Accepted/ Kabul: 15.09.2023

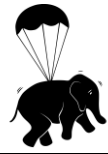
Published/ Yayın: 30.09.2023

Özet

Bu çalışmada, MEREC (Method based on the removal effects of criteria) temelli MARCOS (Measurement of alternatives and ranking according to compromise solution) yöntemi kullanılarak 2020 yılı için AB üyesi 27 ülkenin döngüsel ekonomideki üretim ve tüketim performansları değerlendirilmiştir. Çalışmada; malzeme ayak izi, kaynak üretkenliği, tüketim ayak izi, malzeme ithalat bağımlılığı, geri dönüştürülebilir hammadde ticareti, üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonu gibi birçok üretim ve tüketim göstergeleri ele alınmıştır. MEREC yöntemiyle elde edilen bulgularda en önemli kriterin geri dönüştürülebilir hammadde ticareti olduğu ve bu kriteri sırasıyla döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırım ve brüt katma değer ve döngüsel malzeme kullanım oranı kriterlerinin takip ettiği görülmektedir. MEREC yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıklarının kullanıldığı MARCOS yöntemi uygulaması sonuçlarına göre, döngüsel ekonomide üretim ve tüketim göstergelerine göre performansı yüksek olan ülkelerin sırası ile Hollanda, Almanya, Fransa ve İspanya; performansı düşük olan ülkelerin ise, Lüksemburg, Finlandiya, Malta, Kıbrıs ve Estonya olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgularda döngüsel ekonomiye geçişte bazı ülkelerin çok hızlı dönüşüm gerçekleştirirken bazı ülkelerde bu geçişin daha yavaş olduğu tespit edilmiştir. Ülkelerin alabileceği bazı tedbirler (geri kazanımı olmayan atıklarda yüksek vergilendirme vb., değişim sürecinde olan işletmelere net süre belirtilmesi) ve desteklerle (özellikle sera gazı emisyonu için yenilikçi iş modelleri, geri kazanım projeleri vb.) geçiş sürecinin daha kontrollü yapılabilmesi mümkün olabilir.

Anahtar Kelimeler: döngüsel ekonomi, MEREC yöntemi, MARCOS yöntemi, AB

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Türkiye, nazliarik@gumushane.edu.tr, Orcid: 0000-0003-0759-9119



Evaluation of Circular Economy Production and Consumption Indicators in the EU: A MEREC Based MARCOS Application

Abstract

In this study, with the help of MARCOS (Measurement of alternatives and ranking according to compromise solution) method based on MEREC (Method based on the removal effects of criteria) method, production and consumption indicators and circular economy performances of 27 EU member countries were evaluated with the data of 2020. In the study; many production and consumption indicators, such as material footprint, resource productivity, consumption footprint, material import dependency, recyclable raw material trade, greenhouse gas emissions from production activities are discussed. As a result of the MEREC method it is seen that the most important criterion obtained is the recyclable raw material trade, and this criterion is followed by private investment and gross value added and cyclic material utilization rate related to circular economy sectors, respectively. According to the results of the MARCOS method, the countries with high performance according to the production and consumption indicators in the circular economy are Netherlands, Germany, France and Spain, respectively; The countries with low performance are Luxembourg, Finland, Malta, Cyprus and Estonia. According to the findings, it is seen that some countries transform very quickly in the transition to the circular economy, while some countries achieve a slower transition. It will be possible to carry out the transition process in a more controlled manner with some measures such as high taxation on non-recyclable wastes that countries can take, specifying a net time for businesses in the process of change, and innovative business models, especially for greenhouse gas emissions, and recovery projects.

Keywords: circular economy, MEREC method, MARCOS method, EU



EXTENDED ABSTRACT

Background & Purpose: Increasing population growth over time has brought different needs. Mass production, which started with industrialization, revealed the linear economy phenomenon. The rapid depletion of resources and the accompanying environmental problems have shown us that existing resources should be used more cautiously and that the wastes generated as a result of consumption require a transformation in itself. In this process, the concept of circular economy, which the European Commission expresses as "an economy where the value of products, materials and resources is preserved as much as possible and waste generation is minimized", has become very interesting all over the world with its many advantages such as making resource efficiency performance more efficient and preventing waste (European Commission, 2019).

During the literature review, no study was found that deals with the circular economy with current production and consumption outputs for EU countries. It has been seen that the studies in the literature review the circular economy mostly in terms of waste management, resource efficiency and social factors. This study will contribute to the literature in terms of handling the circular economy with current production and consumption indicators for all EU member countries and using new MCDM methods in performance evaluation.

The aim of this study is to evaluate the performances of the member countries with selected circular economy indicators of 2020 for the 27 EU member states. While examining the performances of the countries, MEREC and MARCOS methods, which are new multi-criteria decision methods, were applied by using some production and consumption indicators.

Research Method: In this study, EU countries' the production and consumption performances in the circular economy were evaluated with the MEREC method and the MARCOS method, which are among the new multi-criteria decision-making methods. The methods used in the study are briefly mentioned below.

Keshavarz-Ghorabae et al. (2021), which is one of the objective criteria weighting methods introduced to the literature, unlike other methods, that criterion is not included in the calculation while calculating the criterion weight (Keshavarz-Ghorabae et al., 2021).

MARCOS method, Stević et al. (2020) is one of the MCDM methods used to rank the decision units brought to the literature. The basic idea of this method is to define the ideal and anti-ideal relationship and to rank the performance. In this method, the best alternative is the one closest to the ideal and farthest from the non-ideal reference point (Stević et al., 2020).

Conclusion: In line with the EU's goal of transitioning to a resource-efficient, low-carbon, green economy that includes waste recycling, the "Circular Economy Package", which is a broad action plan, was adopted by the European Commission in 2015. In 2018, additional measures were introduced to implement the action plan. Along with these developments, it is



seen that important decisions and strategies have started to be adopted by the union countries for the transition to the circular economy.

In this study, the production and consumption performances of EU member countries in the circular economy were evaluated with the help of the MARCOS method based on the MEREC method for the year 2020, which became important after the adoption of the Circular Economy Package in the EU. With the MEREC method, it has been seen that the most important criterion is Recyclable raw material trade, and this criterion is the private investment and gross value added and the Circular material utilization rate related to the Circular economy sectors, respectively. The performance values and rankings obtained by the MARCOS method using the criterion weights obtained by the MEREC Method are given in Table 4. According to the findings; The countries with the highest performance in terms of production and consumption indicators in the circular economy are the Netherlands, Germany, France and Spain, respectively; The countries with low performance are Luxembourg, Finland, Malta, Cyprus and Estonia.

Considering the countries with high performance, it is seen that although the waste generation per capita is high in the Netherlands, the use of circular materials, the trade of recyclable raw materials and the circular economy investments are also high. On the other hand, despite the per capita waste generation of Germany, France and Spain is at a medium level, it is seen that the cyclical material usage rate, recyclable raw material trade and circular economy investments are also high. This shows that the countries with high performance attach importance to the use of cyclic materials no matter how much waste production occurs and they support this with investments. Considering the countries with low performance, it is seen that Luxembourg's per capita waste generation is very high, the use of cyclic materials is medium and the trade in recyclable raw materials has low values. Despite the waste production per capita in Finland and Estonia is very high, circular economy investments are very low. It is seen that the circular economy investments of Malta and Cyprus are also very low.

When looking at the literature, in studies examining circular economy performances in the EU with different variables and methods, it was found that the countries with good performance, similar to the findings of this study, are the Netherlands and Belgium (Fura et al., 2020); Germany, Netherlands, Denmark, France and Italy (Škrinjarić, 2020); Western European countries and the Netherlands (Kaya et al., 2023). However, similar to the study findings, countries with worse performance are Malta, Cyprus, Estonia and Greece (Fura et al., 2020); Romania, Greece, Cyprus, Slovakia and Bulgaria (Škrinjarić, 2020); Malta, Estonia, Greece, Bulgaria, Portugal, Italy, Spain, Croatia and Slovakia (Yılmaz, 2022).

Within the scope of the decisions and practices taken in this study, the circular economy performances of EU countries, which are among the pioneers of the circular economy, were evaluated according to their production and consumption indicators. Considering the findings, it is extremely important for countries to take serious steps in the transition to a circular economy, to adapt more quickly to the conditions that will change in the future and to protect the environment.



1.GİRİŞ

Zamanla artan nüfus artışı farklı ihtiyaçları da beraberinde getirmiştir. Sanayileşmeyle başlayan kitle üretimi doğrusal ekonomi olgusunu ortaya çıkarmıştır. Doğrusal ekonomi, temelinde “al-yap-at” mantığıyla çalışan yani bir ürünün üretilmesi için hammaddenin alınması, çeşitli işlemlerden geçirilmesiyle ürün haline dönüştürülmesi, tüketicinin kullanımına sunulması ve tüketilerek atık haline gelmesi sürecinden oluşan ekonomik bir sistemdir. Doğrusal ekonomi yaklaşımında, üretim sürecinin planlamasından itibaren ilk öncelik olarak düşük maliyet, yüksek satış ve yüksek kar güdüsü yer almaktadır. Bu süreçte önceliğin çevreden ziyade sanayi sektörü olduğu görülmektedir (Önder, 2018, s.197-198).

Kaynakların hızla tükenmesi ve beraberinde ortaya çıkan çevre sorunları var olan kaynakların daha ihtiyatlı kullanılması gerektiğini ve tüketim sonucu oluşan atıkların da kendi içinde bir dönüşüm gerektirdiğini göstermektedir. Bu süreçte Avrupa Komisyonu tarafından “ürünlerin, malzemelerin ve kaynakların değerlerinin mümkün olduğunca korunduğu ve atık üretiminin minimize edildiği bir ekonomi” şeklinde ifade edilen döngüsel ekonomi (DE) kavramı kaynak verimliliği performansını daha verimli kılması ve israfın önüne geçmesi gibi birçok avantajıyla tüm dünyada oldukça ilgi çekici hale gelmiştir (European Commission, 2019). Doğrusal ekonominin iklim değişikliği gibi birçok çevre sorununun tetikleyicisi olmasının yanı sıra sınırlı doğal kaynakların aşırı kullanılmasının da birçok sorununu beraberinde getireceği düşünülmektedir. Bu durumun aksine döngüsel ekonomi kavramı ise, ham maddenin daha verimli kullanıldığı üretimden tüketime (ortaya çıkacak atıkların sürece tekrar dahil edilmesiyle tüketimden üretime) tüm süreçte çevreye verilebilecek zararın en aza indirildiği bir ekonomiyi ifade etmektedir.

İkinci dünya savaşı sonlarına doğru ortaya çıkmaya başlayan sürdürülebilirlik kavramı sonrasında, sürdürülebilir kalkınmanın tanımı, 1987 Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu raporunda “Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarının karşılanmasından ödün verilmemesidir” olarak net bir şekilde ifade edilmiştir. (United Nations, 1987; Yılmaz, 2019, s.63). Sürdürülebilir kalkınma anlayışının mevcut ekonomik yaklaşımla gerçekleştirilmesinin mümkün olamayacağını anlaşılmaya küresel alanda yeni ekonomik yaklaşımlar için arayışlar başlamıştır. Çünkü doğrusal ekonomik sistemde, bir ürün üretiminde doğal kaynak alınır, işlenir, ürüne dönüştürülür ve sonrasında kullanılarak atık haline dönüşür. Dolayısıyla mevcut sistemin kendisinin zaten atık oluşturma üzerine kurulduğu düşüncesiyle bu yapıya alternatif yaklaşımlar geliştirilmeye başlanmıştır. Yeşil Ekonomi, Mavi Ekonomi ve Döngüsel Ekonomi bu süreçte ortaya çıkan önemli kavramlardandır (Önder, 2018, s.197).

Sürdürülebilir kalkınma kavramıyla yakından ilişkili olan döngüsel ekonomi kavramı, sürdürülebilir bir ekonomi için gereklidir. Daha kapsayıcı olan sürdürülebilir kalkınmada, ekonomik genel düzey, ekoloji ve toplumsal çıktılar makro düzeyde ele alınırken, döngüsel ekonomide ise üretim, tüketim ve atık v.b. mikro olgular ele alınmaktadır (Can, 2017, s.144).



Döngüsel ekonomi, kaynak verimliliği ve atık oluşumu/yönetimi tüm dünyada son dönemlerde oldukça ilgi gören uygulamalardır.

Döngüsel ekonomi çalışmaları incelendiğinde döngüsel ekonomi uygulamalarının ekonomik büyümeyi gerçekleştirirken çevrenin korunması ve sosyal refahın da kazanılmasını sağladığı vurgusu yapılmaktadır (Rizos vd., 2015; Busu ve Trica, 2019; Apaydın, 2020; Ay Türkmen ve Kılıç 2020; Hysa vd., 2020; Ateş, 2021; Açı vd., 2023). Döngüsel ekonomi, çevre tahribatını önlemekle birlikte kaynakların kullanımını optimize ederek ortaya çıkan atıkların da tekrar üretim sürecine dahil edilmesiyle üretim ve tüketimde yeni katma değer kazanımı sağlamaktadır. Bu sürecin iyi bir şekilde yönetilerek Avrupa Birliği(AB)'nde döngüsel ekonomiye geçişin sağlanmasının imalat sektörü kazanımına oldukça ciddi getirileri olacağı belirtilmektedir.

AB döngüsel ekonomi kavramının ortaya çıkmasında öncü olan bir topluluktur. Her ne kadar birlik içinde alınan kararlarla yapılacak uygulamalar ve sınırlar belirlense de üyelik içerisinde yer alan ülkelerin uygulamaları ve çıktıları farklıdır. Alınan kararlar neticesinde ülkelerin gerekli önlem ve uygulamaları ne kadar yerine getirebildikleri ve geçiş sürecinde ne aşamada oldukları merak konusu olmuştur.

Fura vd. (2020), 2010-2016 döneminde 17 eurostat göstergesiyle 28 AB ülkesi için çok boyutlu karşılaştırmalı analiz yardımıyla ülkelerin döngüsel ekonomi düzeylerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, gelişmiş Benelüks ülkelerinin, yani Lüksemburg, Hollanda ve Belçika'nın en yüksek DE ilerleme seviyesine sahip olduğu, Malta, Kıbrıs, Estonya ve Yunanistan DE uygulamasında en az gelişmiş grupta yer aldıkları görülmüştür. Škrinjarić (2020), GİA yöntemiyle AB üyesi ülkeleri için döngüsel ekonomi performanslarını belirlemek amacıyla yaptığı çalışma sonucunda, döngüsel ekonomide en iyi ülkelerin Almanya, Hollanda, Danimarka, Fransa ve İtalya; en kötü ülkelerin ise Romanya, Yunanistan, Kıbrıs, Slovakya ve Bulgaristan olduğu bulgusuna ulaşmıştır. İyi performansa sahip ülkelerin performansına ekonomik büyüme, eğitim, alt yapı, ar-ge gibi sosyo-ekonomik faktörlerin etkisi olduğunu belirtilmiştir. Kaya vd. (2023), 27 AB ülkesi için döngüsel ekonomide sosyal faktörleri ele alarak CRITIC, MARCOS ve MEREC yöntemleriyle performans değerlendirmesi yapmışlardır. Elde edilen bulgularda, ilk kümede yer alan Batı Avrupa ülkeleri en düşük işsizlik ve yolsuzluk oranlarına sahipken, Hollanda'nın bu kümede en iyi performansa sahip olduğu belirtilmiştir. Yılmaz (2022), 2006-2018 yılları atık ve geri dönüşüm verilerini kullanarak veri zarflama analizi ile AB ülkelerinin döngüsel ekonomi performanslarını değerlendirmiştir. Genel olarak kötü performansa sahip ülkelerin Malta, Estonya, Yunanistan, Bulgaristan, Portekiz, İtalya, İspanya, Hırvatistan ve Slovakya olduğu belirtilmiştir.

Literatür incelendiğinde, AB ülkelerini döngüsel ekonomi performansları bağlamında ele alan çalışmalara bakıldığında döngüsel ekonominin daha çok atık yönetimi, kaynak verimliliği ve sosyal faktörler yönüyle değerlendirildiği görülmüştür. Döngüsel ekonomiyi üretim ve tüketim çıktılarıyla ele alan çalışmalara rastlanmamıştır.



Bu çalışmada, kişi başına atık üretim oranıyla birlikte geri dönüştürülebilir hammadde ticareti, döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırım ve brüt katma değer ve döngüsel malzeme kullanım oranı gibi daha çok hükümetlerin politika, destek ve yatırımlarının performanslarını gösteren değişkenler yer almaktadır. Bu yönüyle de diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Ayrıca, döngüsel ekonomi kavramının ön plana çıkmasında önemli rolü olan AB’de döngüsel ekonomiyle direk ilişkili olan üretim ve tüketim göstergelerinin güncel verileri kullanılarak yeni ÇKKV metotları yardımıyla performans değerlendirmesi yapılmıştır. AB ekonomisine ilişkin gelecekteki politikaların tasarlanmasına yardımcı olmak bağlamında güncel durum hakkında bir çerçeve çizebilmek açısından çalışmanın literature katkısı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, 27 AB üye ülkeleri için 2020 yılı bazı döngüsel ekonomi göstergeleriyle ülkelerin performanslarını değerlendirmektir. Ülkelerin performansları incelenirken bazı üretim ve tüketim göstergeleri kullanılarak yeni çok kriterli karar verme metotlarından olan MEREC ve MARCOS yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak, döngüsel ekonomi kavramı literatürüyle birlikte genel olarak ele alınmış ve AB için döngüsel ekonominin önemine değinilerek verilerle ülke durumlarından bahsedilmiştir. Uygulama kısmında ise üretim ve tüketim verileriyle oluşturulan kriterler yardımıyla MEREC ve MARCOS yöntemleriyle ülkelerin performansları değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuç ve öneriler kısmında, uygulama bulguları ışığında ülke durumları karşılaştırmalı olarak ele alınmış ve döngüsel ekonomiye geçişin sağlanabilmesinde önemli olan hususlar ve önerilere yer verilmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

2.1. Döngüsel Ekonomi Kavramı

Döngüsel ekonomi, 3 R olarak adlandırılabilir azaltma (Reduce), yeniden kullanım (Reuse) ve geri dönüşüm (Recycle) kelimelerinden ortaya çıkan bir süreç olup kaynak kıtlığının düşünülmeden (sürecin kendi içinde kapalı bir döngüye sahip olmasıyla yeni kaynak arayışına ihtiyaç duymadan) ekonomik büyümenin sağlanmasını hedefleyen bir yaklaşım (Ghisellin vd., 2016) şeklinde ele alınmaktadır. Bir başka tanımlamada ise döngüsel ekonomi, mikro ve makro seviyede üretim-tüketim sürecinde malzemelerde yeniden kullanım, geri dönüşüm, azaltma ve yenilenme süreçlerinde; gelecek kuşaklar için kaliteli bir çevre, ekonomik refah ve sosyal eşitlik gibi sürdürülebilir kalkınmanın kazanılmasında önemli bir etmen olan ekonomik sistemi ifade etmektedir (Kirchherr vd., 2017).

Döngüsel ekonomi, ekosistemin 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 vd., 2017). Kirchherr vd. (2017), farklı tanımları kapsamlı bir şekilde ele aldıkları çalışmalarında döngüsel ekonomi kavramını, “üretim, dağıtım ve tüketim süreçlerinde malzemeleri azaltma, alternatif olarak yeniden



kullanma, geri dönüştürme ve geri kazanma ile değiştiren ekonomik bir sistem olarak” tanımlamaktadır.

Sanayi toplumunun getirdikleriyle birlikte yaşamda, “al ve kullan” düşüncesine sahip üretim-tüketim yaklaşımının benimsenmesi ve bu düşüncenin artmasıyla birlikte kaynak arzı ve ürün talebi dengesizliği, doğanın yenilenebilmesine fırsat tanımamaktadır (Marino ve Pariso, 2020, s.1). Hobson (2016)’a göre, döngüsel ekonomi sürecinde ilerlemenin; üretim, tüketim, tasarım, atık ve yeniden kullanımda kökten değişimlerin sağlanmasıyla mümkün olabileceğine işaret etmiştir. Burada altı çizilen amaç endüstriyel süreçlerde kaynaklarda verimliliğin sağlanması, oluşturulacak sistematik bir döngüyle değerli ve tükenebilecek kaynakların dolaşım sürecindeki ömrünü arttırmak ve ortaya çıkan atıkları azaltarak atıklarından girdi oluşturmaktır.

Günümüzde doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçişte sürecin devam ettiği görülmektedir. Bu sürecin hızlandırılabilmesinde uygulanabilecek faaliyetler için beş ilkenin;

- a) “Yeniliğe odaklanma
- b) Teklif ve talebe ilişkin kapsamlı, küresel bir yaklaşım benimsemek,
- c) Sektörler arasındaki farklılıklar ve kamu/özel işbirliğinin geliştirilmesi
- d) İlerlemeyi ölçmek: tüm değer zincirini kapsayan güvenilir göstergeler geliştirmek,
- e) Daha gelişmiş ülkelerle sınırlı kalmamak” şeklinde olduğu ifade edilmektedir (Institut Montaigne, 2016, s.4-5).

2.2. AB’de Döngüsel Ekonomi

AB’nin temellerini oluşturan Roma Antlaşması’nda “yaşam kalitesinin iyileştirilmesi” konularında ortak amaç yer alsa da çevre korunmasına yönelik bir hüküm belirtilmemiştir. Ortaya çıkan bir çok sorun birlik içerisinde atık yönetimi politikalarının gelişmesine neden olmuş ve Topluluk düzeyinde ilk olarak Atık Çerçeve Direktifi 1975 yılında kabul edilmiştir. Toksik ve Tehlikeli Atıklar hakkında Direktif 1978 yılında yürürlüğe girmiş ve daha sonra 1984 yılında tekrar düzenlenmiştir. AB, çevrenin korunması için atık bertarafı yapılırken ortaya çıkan birçok istenmeyen durum sonucu Atık Yakma Direktifini (2000) ve beş adımdan oluşan atık hiyerarşisi (önleme, yeniden kullanım, geri dönüşüm, yakma ve depolama yöntemleri) anlayışına odaklanarak Atık Çerçeve Direktifi (2006 ve 2008)’ni kabul etmiştir (Veral ve Yiğitbaşıoğlu, 2018).

AB Komisyonu, Temmuz 2014 yılında “Döngüsel Ekonomiye Doğru: Avrupa için Sıfır Atık Programını” yayımlamış ve geri dönüşümle ilgili hedefleri belirtmiştir. Bahsi geçen hedeflerin yerine getirilmesi çerçevesinde, AB’de GSYH’sinin %3,3 düzeyde artış sağlanabileceğini ve sera gazı emisyonları %2-4 düzeyinde azalma olabileceğini vurgulamıştır. AB’de 2025 yılına kadar gıda atıkları için %30’luk azalmayla birlikte, 2025 sonrasında plastik, metal, cam ve kâğıt gibi geri kazanımı sağlanan atıklarda depolamanın yasaklanması istenmiştir. Bununla birlikte üye ülkelerin 2030’a kadar belediye çöplerinde %70, ambalaj atıklarında ise %80 seviyesinde geri dönüşüm sağlamaları; kâğıt ve kartonda 2025 sonunda %90, 2030 sonunda ise plastikte



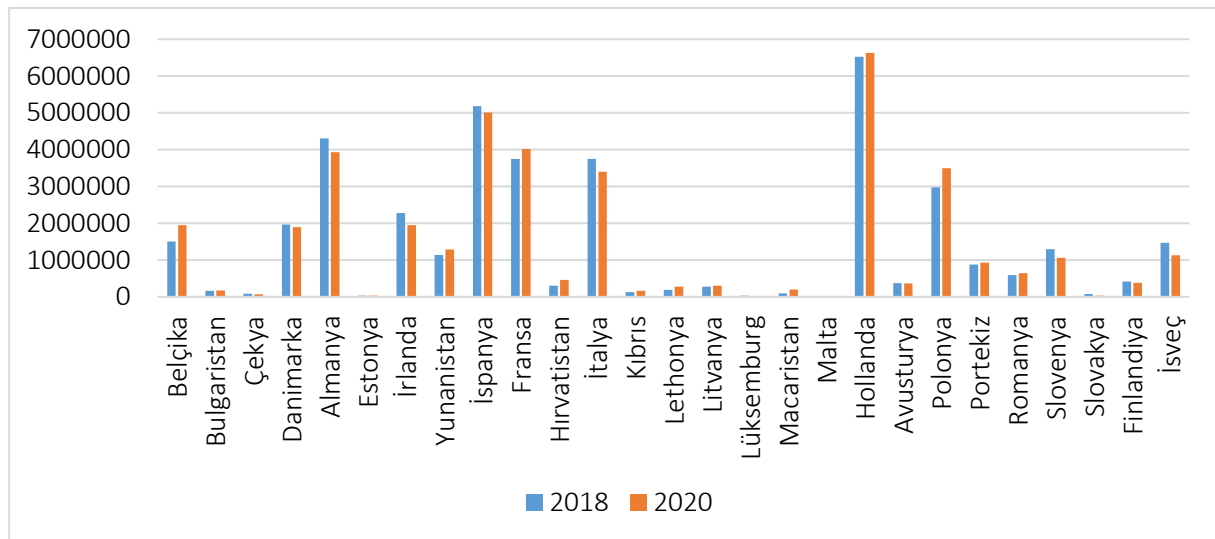
%60, ahşapta %80, demirli metaller, alüminyum ve camda %90 geri dönüşüm sağlanması hedeflenmiştir (Veral ve Yiğitbaşıoğlu, 2018, s.15). MacArthur vd. (2015) çalışmasında, AB ekonomilerinin döngüsel ekonomiye uyumlu hale gelmeleri halinde ekonomik ve çevresel sonuçları değerlendirerek 2030 hedeflerine ulaşırsa, AB’de GSYİH’de %7, kaynak verimliliğinde yüzde %3 artış yaşayabileceği ve sera gazı salınımlarında yüzde %48 azalma; 2050 yılına kadar da %83 azalabileceğini belirtmiştir.

Avrupa Komisyonu 2015 yılında, ilerlemeyi ölçmek AB ve üye devletlerde döngüsel ekonomiye yönelik girişimlerin etkinliğini değerlendirmek için bir izleme çerçevesi içeren Döngüsel Ekonomi Eylem Planı’nı başlatmıştır (Garcia-Bernabeu vd., 2020). Döngüsel Ekonomi Eylem Planı çerçevesinde açıklanan Döngüsel Ekonomi Paketinin hedefi daha fazla geri dönüşüm ve yeniden kullanım ile üretim döngülerinin kapatılması, çevre ve ekonomide ortak faydaların sağlanması olarak açıklanmıştır. Üretimden tüketime her bir aşamayı değerlendiren bu paket, atık direktiflerinde revizyonu içermektedir (European Commission, 2015).

2018 yılında yapılan oylamayla onaylanan hedeflerle Komisyon’un ilk sunduğu hedefler karşılaştırıldığında, belediye atıklarında 2030 itibarıyla geri dönüşüm hedefinin %65’ten %60’a düşürülerek 2035 yılı itibarıyla %65 olarak güncellendiği; özel atık türlerine (ambalaj atıklar vs.) yönelik hedeflerde de 2030 yılı itibarıyla %5 düşüş yapıldığı; düzenli depolamaya giden atığın tüm atığa maksimum oranının %10 olarak sınırlandırılması da 2030 yılından 2015 yılına ertelenerek güncellendiği görülmüştür (Veral, 2018, s.471).

2015 Döngüsel Ekonomi Paketi’nde yer alan hedefler sonrasında ülke ilerlemelerini net bir şekilde görebilmek ve değerlendirebilmek amacıyla aşağıda bazı grafikler verilmiştir. Grafik 1’de 2018 ve 2020 yılları için AB ülkelerinin geri dönüştürülebilir hammadde ticareti değerleri yer almaktadır.

Grafik 1. AB ülkelerinin geri dönüştürülebilir hammadde ticareti

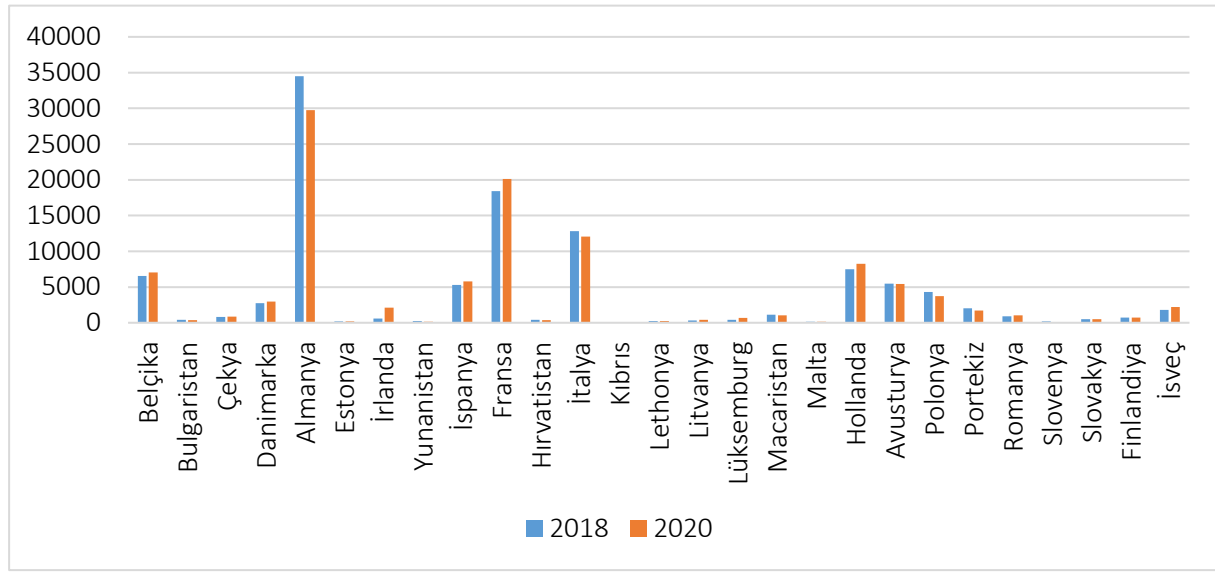




Grafik 1 incelendiğinde AB’de geri dönüştürülebilir hammadde ticaretinde öncü olan ülkeler arasında, Hollanda, İspanya ve Almanya ülkelerinin yer aldığı görülmektedir. Bu ülkelerin Hollanda dışında 2018 yılına göre değerlerinde kısmen düşüş yaşandığı ama genel olarak bu konuyu ciddiyle ele alan AB’de lider ülkeler olmaya devam ettikleri dikkat çekmektedir.

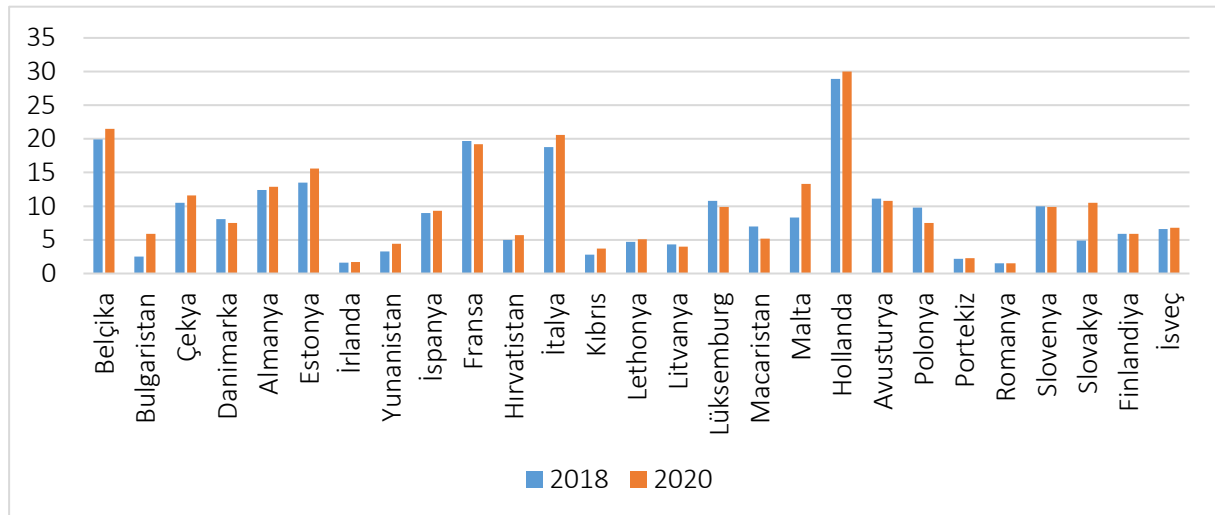
Grafik 2’de 2018 ve 2020 yılları için AB’de döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırım ve brüt katma değerleri yer almaktadır.

Grafik 2. AB ülkelerinin döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırım ve brüt katma değer



Grafik 2 incelendiğinde AB’de döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırım ve brüt katma değer verilerine göre özellikle Almanya’nın diğer ülkelere göre çok ilerde oldukları; Kıbrıs, Malta, Slovenya, Yunanistan ve Bulgaristan gibi küçük ölçekli ve birliğe yeni katılmış gelişmekte olan ülkelerin ise bu konuda daha geri planda kaldıkları görülmektedir.

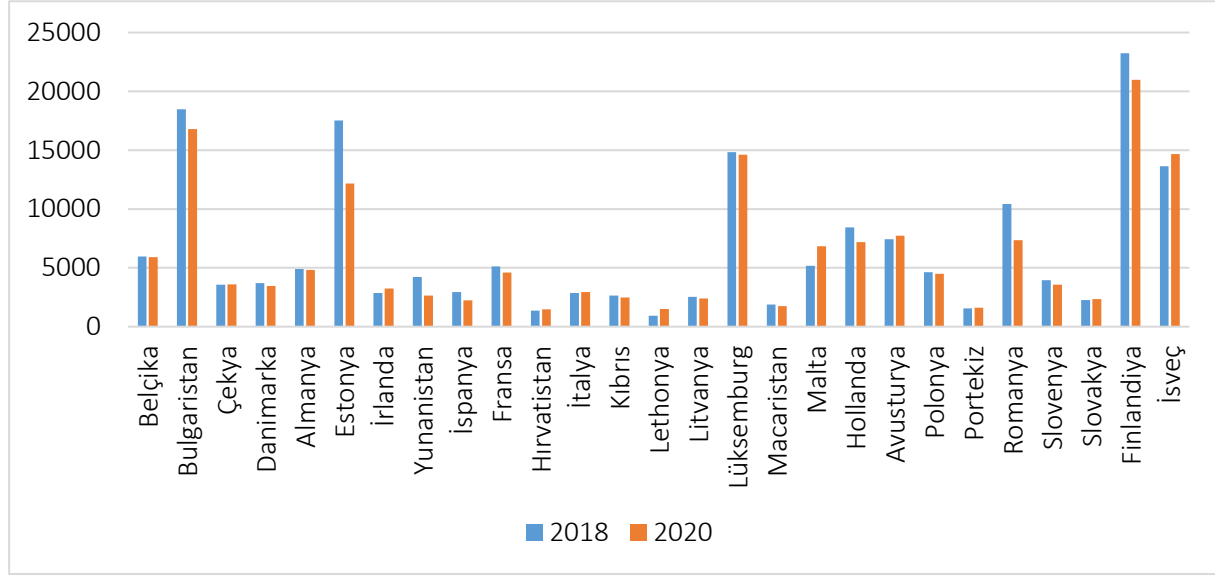
Grafik 3. AB ülkelerinin döngüsel malzeme kullanım oranı





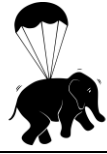
Grafik 3'te AB ülkelerinde döngüsel malzeme kullanım oranları yer almaktadır. Hollanda, Belçika, Fransa, İtalya gibi ülkelerin döngüsel malzeme kullanım oranlarının en yüksek ülkeler olduğu; Romanya, İrlanda ve Portekiz ülkelerinin en düşük değerler aldığı ve 2020 yılında bu ülkelerin çok ilerleme kaydedemedikleri görülmektedir.

Grafik 4. AB Ülkelerinin Kişi Başı Atık Üretimi



Grafik 4'te 2018 ve 2020 yılları için AB ülkelerinde kişi başı atık üretim değerleri yer almaktadır. AB'de alınan kararlar kapsamında ülkelerin atık üretiminde daha ihtiyatlı davranarak kişi başı atık üretiminin düşürülmesi hedeflenmektedir. Grafik 4'de bakıldığında genel olarak ülkelerin 2018 yılına göre atık üretimini azalttığı fakat bazı ülkelerde (İsveç, Malta, Avusturya vb.) atık üretiminde artış yaşandığı gözlenmiştir. Bununla birlikte Finlandiya, Bulgaristan, Lüksemburg İsveç ve Estonya'nın diğer ülkelere göre çok daha yüksek kişi başı atık üretimine sahip olduğu görülmektedir.

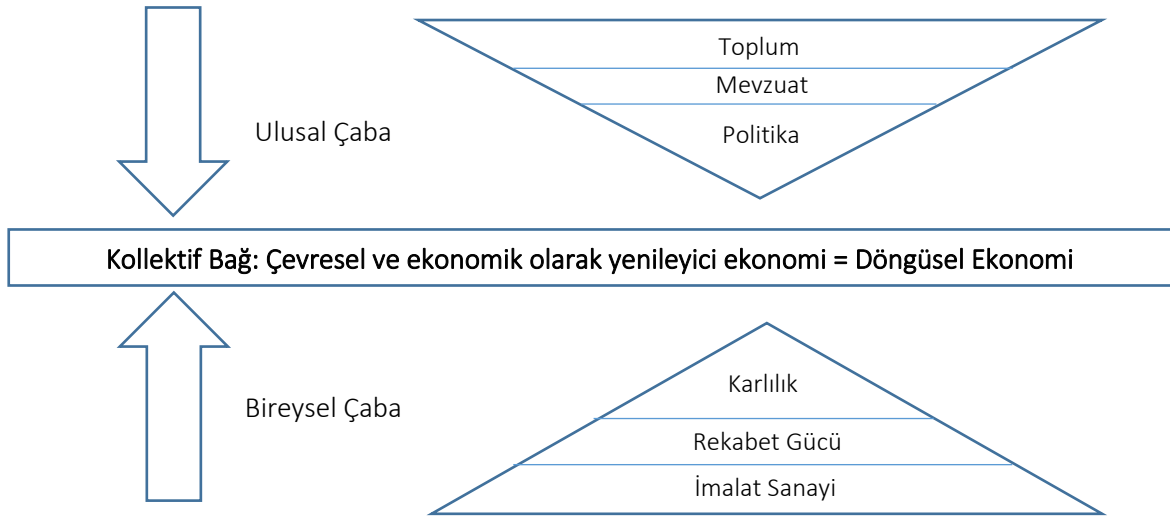
Döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde bazı ülkelerin yeni düzenleyici tedbir ve kararlara ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Yapılan yatırımların, teknoloji, yenilik ve uygulamaların genellikle özel sektörler tarafından yürütülmesi, hükümetlerin bu konuda geri planda kalmalarına sebep olsa da aslında yerel yönetimlerin ve sanayi-üniversite işbirliklerine yapılan yatırımların da ilerleme sürecinde yaptığı olumlu katkısı yadsınmaz. Tüm veriler ve grafikler değerlendirildiğinde, süreçte dönüşümün gerçekleşebilmesi için doğrusal ekonomi faaliyet ve projeleri yerine döngüsel ekonomi projelerine öncelik verilmesi gerektiği ve dönüşümün önündeki engeller kaldırılarak yeniden düzenlemeler yapılması gerektiği öngörülmektedir. Bu sürecin hemen gerçekleşmesi beklenemeyeceğinden yasa yapıcıların bir denge içinde, gerekirse işletmelere bu konuda finansman sağlayarak dönüşümün önünü açmaları önemlidir. Kaynaklar ile alakalı dışsallıkların fiyatlandırılması, kaynak kullanımının azaltılması, atık ve kirlilikte yüksek vergilendirme, materyallerde geri dönüşüm sağlanması amacıyla teşviklerin ve geri



kazanım ödülleri getirilmesi, kaynağı ve araziye bozan kullanımların kısıtlanması veya kaldırılması hükümetler tarafından alınabilecek diğer tedbirlerdendir.

Döngüsel ekonomiye geçişte yapılan ve planlanan yatırım ve tedbirlerle birlikte ileri teknolojilerin kullanılması ve davranışta köklü değişiklikler yapılması gerektiği öngörülmektedir. Elbette bu süreçte tüm paydaşlara önemli görevler düşmektedir. AB komisyon ve üyelerinin bu konuda yaptığı çalışmalar ve aldığı kararlara bakıldığında, özellikle bazı ülkelerin döngüsel ekonomiye dönüşüm için zemin hazırladıkları ve kendi içerisinde kapalı sistem oluşturmada kararlı oldukları göze çarpmaktadır.

Şekil 1. Yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya döngüsel ekonomi yaklaşımı



Kaynak: Lieder ve Rashid, 2016, s.46

Şekil 1’de DE kapsamında işletmelerin bireysel çabaları ile hükümetlerin (politika yapıcıların) ulusal çabaları arasında denge sağlanmasında etkili olan faktörler yer almaktadır. Hükümetler, işletmeler ve toplum israfın azaltılması ve atıkların toplum ve doğa üzerinde var olan baskılarını azaltmanın çaresini döngüsel ekonomide aramaktadırlar. Döngüsel ekonomi ilkeleriyle çalışan işletmelerin çevreye verdiği negatif etkilerini azaltmanın yanında daha fazla büyüme, daha fazla harcanabilir gelir ve daha fazla istihdam gerçekleştirmektedir. Bununla birlikte endüstri ve toplumda var olan doğrusal düşünce süreci zorlaştırdığı açıktır. Döngüsel ekonominin çevreye katacağı olumlu katkılarının öngörülebileceği fakat ekonomik bağlamda sağlayacağı katkıların öngörülememesi sürece geçişte en büyük engellerdendir. Döngüsel ekonominin geniş çapta uygulanabilmesi için yukarıdan aşağıya doğru kamu kurumları ve aşağıdan yukarıya doğru sanayi yoluyla çalışan eşzamanlı bir yaklaşım gerekmektedir (Lieder ve Rashid, 2016, s.46-47).



2.3. Literatür

Popüler bir kavram olan döngüsel ekonomi kavramı literatürde sıklıkla ele alınan konulardan biridir. Literatürde, döngüsel ekonomi kavramını farklı ülkelerle, farklı veri seti ve uygulamalarla ele alan bir çok çalışma yer almaktadır.

Bonciu (2014) çalışmasında, enerji tasarrufu, verimliliğin artması, geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik kavramları açısından döngüsel ekonomiye ve yaşanan sorunlara çözümde AB’de döngüsel ekonomi uygulamalarını ele almıştır. Gregson vd. (2015), Birleşik Krallık'ta kaynak geri kazanımına ilişkin iki vaka çalışması analiziyle, AB’de döngüsel ekonomilerin oluşturulmasında karşılaşılan zorlukları vurgulamışlardır. Stahel (2016) çalışmasında, ürün ve malzemelerle kaynak ve enerji tasarrufu sağlayacak ve yerel istihdam yaratacak kavram olan döngüsel ekonomiyi uygulamadaki yararlarıyla birlikte ele almıştır. McDowall vd. (2017) çalışmasında, Çin ve Avrupa'daki DE politikasının odak noktasındaki benzer ve farklılıkları değerlendirmiştir. Smol vd. (2017) çalışmasında, AB uyum politikası çerçevesindeki mevcut göstergelere (Eurostat) dayalı olarak oluşturulması mümkün olabilecek eko-inovasyon faktörlerine ek öneriler sunmuştur. Çalışmada bölgesel DE-eko-inovasyonu ölçmek için beş grup göstergenin (eko-inovasyon girdileri, eko-inovasyon faaliyetleri, eko-inovasyon çıktıları, kaynak verimliliği sonuçları ve sosyo-ekonomik sonuçlar) kullanılması tavsiye edilmiştir. Veral (2018), AB’de Döngüsel Ekonomi Paketi’nin kabul edilmesi sonrasındaki gelişmelere ve yeni tedbirlere değindikleri çalışmasında, bazı üye ülkelerin stratejileri incelemiştir. Morago vd. (2019), AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı çerçevesinde döngüsel ekonomiye ilişkin bir sınıflandırma çerçevesi sunmuşlardır. Fura vd. (2020), eurostat göstergeleri yardımıyla 28 AB ülkesi için döngüsel ekonomi düzeylerini ele almıştır. Çalışma sonucunda, gelişmiş Benelüks ülkelerinin, yani Lüksemburg, Hollanda ve Belçika'nın en yüksek DE ilerleme seviyesine sahip olduğunu, Malta, Kıbrıs, Estonya ve Yunanistan DE uygulamasında en az gelişmiş grupta yer aldıkları görülmüştür. Sverko Grdic vd. (2020) çalışmasında, 2008-2016 döneminde AB üye ülkelerinde ekonomik gelişmenin döngüsel ekonomi değişkenleri ile ilişkisini değerlendirmiş ve çalışma bulgularında, döngüsel ekonomi uygulamalarının, doğal kaynakların kullanımını azaltırken daha fazla çevre korunmasıyla ekonomik büyüme sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Hartley vd. (2020) çalışmasında, AB'den 47 kamu ve özel sektör döngüsel ekonomi uzmanıyla yapılan görüşmelerle döngüsel ekonomi politikalarına ilişkin beklentileri ele almıştır. Çalışma sonucunda belirlenen beklentiler, üretimde daha sağlam standartlar ve normlar, döngüsel tedarikin genişletilmesi, döngüsel ürünler için vergi indirimi, atık ticaretinin serbestleştirilmesi ve sanal platformlar aracılığıyla kolaylaştırılması, eko-endüstriyel parkların desteklenmesi ve bilinçlendirme kampanyalarını içermektedir. Robaina vd. (2020) çalışmasında, AB ülkeleri için 2000-2016 döneminde bir çok DE belirleyicilerini ele alarak kümeleme analizi ve ekonometrik tahmin yöntemleriyle AB ülkelerinin Avrupa ülkelerini kaynak verimliliklerinin büyüme hızına göre üç farklı grupta toplandığı bulgusuna ulaşmıştır.

Ateş (2021), döngüsel ekonomide geri dönüşüm bileşenleri ve ekonomik büyüme ilişkisini 2008-2017 dönemi için 30 ülke verisiyle değerlendirmiştir. Çalışma bulgularında ekonomik



büyüme ile plastik ve eski otomobil atıkları geri dönüşüm oranları arasında negatif yönlü, diğer değişkenlerle pozitif yönlü ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Balbay vd. (2021), döngüsel ekonomi kavramını ele alarak dünya ve Türkiye'deki endüstriyel sürdürülebilirlik açısından durum değerlendirilmesi yapmışlardır. Friant vd. (2021), sürdürülebilirlik etkilerini değerlendirerek, nitel ve nicel araştırma yöntemlerini birlikte kullanarak Junker Komisyonu'nun (2014-2019) DE söylemi ve politikalarını değerlendirmiştir. Wierzbicka (2021), AB-28 ülkelerini döngüsel ekonomi uygulamalarında ilerlemelerine göre belirlemek ve gruplandırmak amacıyla yaptığı çalışmada, temel bileşenler analizi, hiyerarşik ve k-ortalamlar kümeleme analizleriyle AB ülkeleri DE göstergelerine göre gruplandırılmıştır. Mısır ve Arıkan (2022) çalışmada, AB ve Türkiye için döngüsel ekonomi kapsamında yapılanlar ve sıfır atık projesine değinmiştir. Yılmaz (2022), 2016-2018 yılları atık ve geri dönüşüm verilerini kullanarak Veri zarflama analizi ile AB ülkelerinin döngüsel ekonomi performanslarını değerlendirmiştir. Genel olarak kötü performansa sahip ülkelerin Malta, Estonya, Yunanistan, Bulgaristan, Portekiz, İtalya, İspanya, Hırvatistan ve Slovakya olduğu belirtilmiştir.

Bununla birlikte ÇKKV (Çok kriterli karar verme) yöntemleri kullanılarak bazı döngüsel ekonomi göstergelerinin ele alındığı birçok çalışmaya rastlanmaktadır. (Zhao vd., 2017; Sassanelli vd., 2019; Erceg ve Margeta 2019; Garcia-Bernabeu vd., 2020; Alamerew vd., 2020; Gomes vd., 2020; Kaya vd., 2023).

Zhao vd. (2017), eko-endüstriyel parkların faydasını döngüsel ekonomi kapsamında ele almış ve ekonomik, sosyal, çevresel, ekoloji endüstrisi fayda kriterleri gibi bir çok kriteri DEMATEL yöntemiyle değerlendirmiş, ENTROPİ, VIKOR gibi ÇKKV metotlarıyla birlikte vaka analizi ile hibrit bir durum değerlendirmesi yapmışlardır. Sassanelli vd. (2019), geniş literatür incelemesiyle döngüsel ekonomide performans değerlendirme yöntemlerini ele almış ve bir işletmede döngüsel ekonomi performansının ölçülmesi için öneriler sunmuştur. Aravossis vd. (2019), gıda endüstrisinde idari, enerji, su, emisyon ve atık için Çevre için Bütünsel Değerlendirme Performans Endeksi (HAPI-E) geliştirmek amacıyla AHP yönteminden yararlanmıştır. Erceg ve Margeta (2019), PROMETHEE yöntemini kullanarak Hırvatistan'daki Vis Adası için gıda atığı yönetimi için paydaşların doğal ve sosyoekonomik ortamı için uygun çözümü seçmek için sorumluluklarını değerlendirmiştir.

Alamerew vd. (2020), ürünlerin döngüsellik durumlarını değerlendirebilmek için ekonomik, çevresel ve sosyal yönleri dikkate alan Product Recovery Multicriteria Decision Tool (PR-MCDT) metodunu geliştirmişlerdir. Garcia-Bernabeu vd. (2020), döngüsel ekonomide atık yönetimi, değer geri kazanımı, ikincil ham maddeler ve diğer konularla ilgili 17 composite göstergesini kullanarak TOPSİS metodu yardımıyla AB ülkeleri için döngüsel ekonomi indeksi oluşturmuşlardır. Çalışma bulgularında, döngüsel ekonomi performanslarında Almanya, Birleşik Krallık ve Fransa en üst sıralarda yer alırken, Finlandiya, Kıbrıs, Malta ve Estonya sıralamanın en alt sıralarında yer aldığı görülmüştür. Gomes vd. (2020), döngüsel ekonomi kapsamında endüstriyel atık kurutma için en uygun kurutma seçimini yapmak amacıyla Kriter ağırlıkları CRITIC yöntemi kullanılarak MOORA ve TOPSIS olmak üzere iki çok kriterli karar



verme (MCDM) yöntemini uygulamışlardır. Stankevičienė ve Nikanorova (2020), Baltık Denizi Bölgesi ülkelerinin ekonomik verileri üzerinde yeşil yatırım, yeşil maliye politikası ve teknolojik gelişme gibi yeşil ekonomi boyutlarını döngüsel ekonomi kapsamında TOPSIS ve MULTIMOORA yöntemleriyle değerlendirmiştir. Tonini vd. (2020), Amsterdam Metropol Bölgesi'ndeki evsel gıda atığı yönetiminin çevresel ve sosyo-ekonomik etkilerini belirlemek için ELECTRE-II yöntemiyle mevcut sisteme karşı beş alternatif olarak kısa vadeli yönetim seçeneği geliştirmişlerdir. Škrinjarić (2020), AB üyesi ülkeleri için döngüsel ekonomi performanslarında Gri ilişkisel Analiz yöntemini kullanarak en iyi ve en kötü ülkeleri belirlemek amacıyla yaptığı çalışma sonucunda, döngüsel ekonomide en iyi ülkelerin Almanya, Hollanda, Danimarka, Fransa ve İtalya iken; en kötü ülkelerin ise Romanya, Yunanistan, Kıbrıs, Slovakya ve Bulgaristan olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Ayrıca, iyi performansa sahip ülkelerin ekonomik büyüme, eğitim, alt yapı, ar-ge gibi sosyo-ekonomik faktörlerin etkisi olduğunu belirtmiştir.

Chauhan vd. (2021), sağlık hizmeti atık bertarafı için tek kullanımlık malzemelerden geri dönüşüm için döngüsel ekonomi kapsamında yedi kriterle DEMATEL yöntemini kullanılarak neden-sonuç ilişkisine göre kriter öncelik sıralaması yapmışlardır. Kaya vd. (2023), 27 AB ülkesi için döngüsel ekonomide sosyal faktörleri ele alarak CRITIC, MARCOS ve MEREC yöntemleriyle performans değerlendirmesi yapmışlardır. Elde edilen bulgularda, üç küme elde edilmiş ve ilk kümede yer alan Batı Avrupa ülkeleri en düşük işsizlik ve yolsuzluk oranlarına sahip ve Hollanda'nın bu kümede en iyi performansa sahip olduğu belirtilmiştir. Sürmen ve Çokmutlu (2022) çalışmasında, 2019-2021 dönemleri için BİST'e bağlı imalat işletmelerde döngüsel ekonomi performanslarını TOPSIS yöntemiyle değerlendirmiştir.

Litaratür incelendiğinde, AB ülkeleri için döngüsel ekonomiyi güncel üretim ve tüketim çıktılarıyla ele alan çalışmalara rastlanmamıştır. Literatürde yer alan çalışmaların döngüsel ekonomiyi daha çok atık yönetimi, kaynak verimliliği ve sosyal faktörler yönüyle değerlendirildiği görülmüştür. Bu çalışmada döngüsel ekonominin tüm AB üye ülkeleri için güncel üretim ve tüketim göstergeleriyle ele alınması ve performans değerlendirilmesinde yeni ÇKKV yöntemlerinin kullanılması yönleriyle çalışma literatürüne katkı sağlayacaktır.

3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, 27 AB üye ülkesi için 2020 yılı bazı döngüsel ekonomi göstergeleriyle üye ülkelerin performanslarını değerlendirmektir. Belirlenen amaç çerçevesinde, 27 AB üye ülkesinin döngüsel ekonomi performansları, MEREC ve MARCOS yöntemleriyle değerlendirilmiştir.

Çalışmada performans değerlendirmesi için kullanılan MEREC ve MARCOS yöntemleri literature yeni kazandırılan çok kriterli karar verme yöntemlerindedir. Özellikle MARCOS yönteminde ideal ve anti ideal ilişki ölçülerinin kullanılması, iyi ve kötü performans gösteren ülkelerin saptanmasında daha uygun bir yöntem olduğu düşünülmektedir.



AB’de 2015 Döngüsel Ekonomi Paketi kapsamında belirlenen hedefler kapsamında Eurostat göstergeleri değerlendirilerek ve literatür incelenerek Tablo 1’de yer alan değişkenler çalışma kapsamına alınmıştır. Çalışma, 2020 yılı verileriyle tüm (27) AB üye ülkelerini kapsamaktadır.

Belirlenen kriterleri ağırlıklandırmak için literature yeni kazandırılan MEREK yönteminden yararlanılmıştır. MEREK yönteminin ilk adımı olarak belirlenen kriterler yardımıyla karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisinin normalize edilmesi sonrasında sırasıyla aşağıda belirtilen adımlar uygulanarak alternatiflerin genel performans değerleri, mutlak sapmalar toplamı ve kriter önem ağırlıkları belirlenmiştir. Çalışmada karar birimlerinin (ülkelerin) performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan MARCOS yönteminde ise, ilk olarak ideal (Aİ) ve anti ideal (AAİ) değerlerin eklenmesinden oluşan genelleştirilmiş karar matrisi oluşturularak normalize edilmiştir. Sonrasında, MEREK yönteminden elde edilen ağırlık değerleri kullanılarak genişletilmiş karar matrisinin ağırlıklandırılması sağlanmıştır. İdeal ve anti ideal değerlere göre fayda dereceleri hesaplanmıştır. Son olarak fayda dereceleri yardımıyla belirlenen fayda fonksiyonları değerleri hesaplanarak bu değerler en büyüğe en küçüğe doğru sıralanmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan döngüsel ekonomi kriterleri ve elde edilen veri kaynakları

Kodu	Kriter Adı ve Yönü	Kaynak
MAİ	Malzeme ayak izi – min	Eurostat
KBAÜ	Kişi başı atık üretimi – min	Eurostat
KÜ	Kaynak Üretkenliği – min	Eurostat
TAİ	Tüketim ayak izi – min	Eurostat
SGE	Üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonu – min	Eurostat
MİB	Malzeme ithalat bağımlılığı – min	Eurostat
DMKO	Döngüsel malzeme kullanım oranı - mak	Eurostat
GHT	Geri dönüştürülebilir hammadde ticareti – mak	Eurostat
DEY	Döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırım ve brüt katma değer - mak	Eurostat

Çalışmada kullanılan yöntemlere aşağıda değinilmiştir.

3.1. MEREK Yöntemi

Keshavarz-Ghorabae vd. (2021)’nin literatüre kazandırdığı objektif bir kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden olan MEREK yöntemiyle diğer yöntemlerden farklı olarak kriter ağırlığı hesaplanırken o kriter hesaplamaya dahil edilmemektedir (Keshavarz-Ghorabae vd., 2021).

MEREK yöntemi, kolay ve sağlam matematiksel alt yapıya sahip olmasının yanında kullanışlı olması gibi birçok avantaja sahiptir. Bu yöntem altı adımdan oluşmaktadır (Keshavarz-Ghorabae vd., 2021):



Adım 1. Karar Matrisinin Oluşturulması

m alternatif sayısı ve n kriter sayısı olmak üzere oluşturulan matris Eşitlik (1)'de verilmiştir.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{matrix} \quad (1)$$

Burada karar matrisinin elemanları sıfırdan büyük değerlere sahip olmaktadır ($x_{ij} > 0$).

Adım 2. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{\min x_{kj}}{x_{ij}} , & j \in B \\ \frac{x_{ij}}{\max x_{kj}} , & j \in C \end{cases} \quad (2)$$

Burada B fayda yönlü, C maliyet yönlü kriterlerdir.

Adım 3. Genel Performans Değerlerinin (S_i) Elde Edilmesi

Burada eşitlik (3) yardımıyla alternatiflerin genel performansları elde edilir.

$$S_i = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{n} \sum |\ln(n_{ij})| \right) \right) \quad (3)$$

Adım 4. Kriter Değeri Hariç Tutularak Genel Performans Değerlerinin (S'_{ij}) Elde Edilmesi

Burada, S'_{ij} değerleri Eşitlik (4)'ten yararlanılarak hesaplanmaktadır.

$$S'_{ij} = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{n} \sum_{k, k \neq j} |\ln(n_{ik})| \right) \right) \quad (4)$$

Adım 5. Mutlak Sapmalar Toplamının (E_j) Elde Edilmesi

Bu adımda Eşitlik (5) yardımıyla mutlak sapmalar toplamı hesaplanmaktadır.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (5)$$



Adım 6. Kriter Önem Ağırlıklarının Elde Edilmesi

Nihai ağırlıklar eşitlik (6) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (6)$$

3.2. MARCOS Yöntemi

MARCOS yöntemi, Stević vd. (2020) 'nin literatüre kazandırdığı karar birimlerinin sıralanması için kullanılan ÇKKV yöntemlerindedir. İdeal ve anti ideal ilişkinin tanımlanarak performans sıralamasının yapılması bu yöntemin temel fikridir. Bu yöntemde en iyi alternatif, ideale en yakın ve ideal olmayan referans noktasından en uzak olan alternatiftir (Stević vd., 2020). MARCOS yöntemi uzlaşık çözümlerle çok sayıda kriterin değerlendirilmesine imkan tanınması, basit uygulamasıyla karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabilmesi gibi birçok avantaja sahiptir (Pamucar vd., 2021). MARCOS yöntemi altı adımdan oluşmaktadır (Stević vd., 2020):

Adım 1. Karar Matrisinin Elde Edilmesi

j adet kriter ve i adet alternatiften oluşan değerler Eşitlik (7)'de gösterilmektedir.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \end{bmatrix} \\ \vdots & \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \end{bmatrix} \\ A_m & \begin{bmatrix} x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

Adım 2. Genişletilmiş Karar Matrisinin Elde Edilmesi

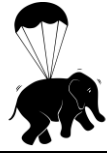
Karar matrisine ideal (Aİ) ve anti ideal (AAİ) değerlerin eklenmesinden oluşan bu matris eşitlik (8)'de gösterilmiştir.

$$X^E = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \end{bmatrix} \\ \vdots & \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \dots & \vdots \end{bmatrix} \\ A_m & \begin{bmatrix} x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \\ A_{AAİ} & \begin{bmatrix} x_{aai1} & x_{aai2} & \dots & x_{aain} \end{bmatrix} \\ A_{Aİ} & \begin{bmatrix} x_{ai1} & x_{ai2} & \dots & x_{ain} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$

İdeal değerler eşitlik (9), anti ideal değerler eşitlik (10) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Aİ = \max x_{ij} \text{ eğer } j \in B \text{ ve } \min x_{ij} \text{ eğer } j \in C \quad (9)$$

$$AAİ = \min x_{ij} \text{ eğer } j \in B \text{ ve } \max x_{ij} \text{ eğer } j \in C \quad (10)$$



Adım 3. Genişletilmiş Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Genişletilmiş karar matrisi elemanları normalizasyon işlemiyle eşitlik (11)'de ifade edildiği gibi standardize edilmektedir.

$$N = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ A_2 & n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_m & n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \\ A_{AAi} & n_{aai1} & n_{aai2} & \dots & n_{aain} \\ A_{Ai} & n_{ai1} & n_{ai2} & \dots & n_{ain} \end{matrix} \quad (11)$$

Burada fayda yönlü kriterlerde eşitlik (12), maliyet yönlü kriterlerde eşitlik (13) kullanılmaktadır.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ai}} \quad \text{eğer } j \in B \quad (12)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ai}}{x_{ij}} \quad \text{eğer } j \in C \quad (13)$$

Adım 4. Genişletilmiş Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Bu aşamada Eşitlik (14)'te gösterildiği gibi kriter ağırlıklarıyla genişletilmiş normalize karar matrisi eşitlik (15)'te verilen şekilde çarpılarak elde edilir.

$$v_{ij} = n_{ij} \times w_j \quad (14)$$

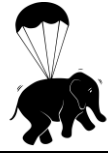
$$V = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ A_2 & v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_m & v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \\ A_{AAi} & v_{aai1} & v_{aai2} & \dots & v_{aain} \\ A_{Ai} & v_{ai1} & v_{ai2} & \dots & v_{ain} \end{matrix} \quad (15)$$

Adım 5. Fayda Derecelerinin Hesaplanması (K_i).

İdeal ve anti ideal değerlere göre (16) ve (17) eşitliklerine göre fayda dereceleri hesaplanır.

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (16)$$

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (17)$$



Eşitlik (18)'de gösterilen S_i değeri Eşitlik (16) ve (17)'de kullanılmaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (18)$$

Adım 6. Alternatiflerin Fayda Fonksiyonlarının Belirlenmesi $f(K_i)$ ve Sıralanması

İdeal ve anti ideal değerleri yardımıyla elde edilen fayda fonksiyonu Eşitlik (19) ile elde edilmektedir.

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1 - f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1 - f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (19)$$

Eşitlik (20) yardımıyla elde edilen $f(K_i^+)$ ideal çözüme göre fayda fonksiyonunu, eşitlik (21) yardımıyla elde edilen $f(K_i^-)$ ise anti ideal çözüme göre fayda fonksiyonunu ifade edilmektedir.

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (20)$$

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (21)$$

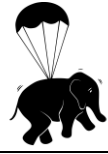
Eşitlik (19)'dan elde edilen değerlere göre alternatifler sıralanır. Bu sıralamada, en yüksek olan alternatif, en iyi alternatiftir.

4. BULGULAR

MEREC ve MARCOS yönteminin ilk adımı olan, belirlenen kriterler yardımıyla oluşturulan karar matrisi Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablo ülkelerin hangi kriterlerde diğer ülkelere göre iyi veya kötü durumda olduklarının rahatlıkla görülebilmesi ve kıyas yapılabilmesi için faydalıdır.

Tablo 2. Karar matrisi

Kriter/Ülke	MAİ	KBAÜ	KÜ	TAİ	SGE	MİB	DMKO	GHT	DEY
Belçika	13,049	5899	2,8164	106	7070,8213	73,2	21,5	1948777,75	7029
Bulgaristan	20,671	16785	0,3516	108	6691,6561	16	5,9	175057,548	380
Çekya	15,597	3598	1,1656	100	8380,7523	31,4	11,6	66845,3320	858
Danimarka	25,603	3453	2,1086	109	12086,460	37,5	7,5	1897572,17	2960
Almanya	14,959	4824	2,7045	104	6996,2861	40,1	12,9	3926042,05	29751
Estonya	27,87	12163	0,6395	103	8052,8895	26,4	15,6	36852,1675	192
İrlanda	10,758	3248	3,1765	94	10261,000	31,1	1,7	1948448,41	2109
Yunanistan	11,095	2651	1,5869	84	7100,2384	41,1	4,4	1281745,08	163
İspanya	9,922	2230	2,4909	97	4592,4902	38	9,3	5005185,31	5792
Fransa	10,901	4593	3,1375	92	4320,5508	34,5	19,2	4019137,63	20108
Hırvatistan	13,085	1483	1,0921	108	4441,6412	32,1	5,7	456310,132	379



İtalya	9,846	2942	3,4304	100	4928,9264	46,5	20,6	3399183,14	12070
Kıbrıs	21,979	2491	1,2887	100	7628,5873	32,2	3,7	159645,085	50
Letonya	18,04	1501	0,9576	95	4916,9907	32	5,1	280664,121	224
Litvanya	22,681	2396	0,7753	105	8055,7034	36,7	4	302842,051	416
Lüksembur	28,587	14618	4,3409	120	13067,555	90,3	9,9	12055,0052	681
Macaristan	14,741	1759	0,9063	99	5134,664	26,2	5,2	195707,056	1022
Malta	18,095	6847	1,8317	132	3829,5064	68,6	13,3	3508,88874	155
Hollanda	7,745	7175	4,918	99	8702,3699	80,3	30	6628356,70	8267
Avusturya	21,267	7728	2,0497	99	6094,5034	42,1	10,8	362788,481	5448
Polonya	17,615	4492	0,7824	114	8945,2355	19,7	7,5	3499502,82	3727
Portekiz	17,097	1612	1,0945	107	4815,7213	28,2	2,3	931813,311	1731
Romanya	29,616	7338	0,3398	107	4964,3155	9,1	1,5	638189,425	1060
Slovenya	16,908	3576	1,5784	92	6233,3985	46,2	9,9	1057830,53	109
Slovakya	13,278	2340	1,3377	109	5535,9787	42,8	10,5	36605,5264	484
Finlandiya	33,617	20993	1,2258	95	7885,2695	24	5,9	379627,506	728
İsveç	24,932	14664	1,9008	92	3786,8397	23,6	6,8	1128137,67	2200

Kriterlerin performans ölçümünde eşit ağırlığa sahip olmaması gerektiği düşünüldüğünden objektif yani karar matrisi değerlerinin kullanılarak ağırlıklandırma işlemi yapan metotlardan olan MEREC yöntemi kullanılmıştır. Tablo 2’de yer alan karar matrisi değerleri kullanılarak MEREC yöntemiyle Tablo 3’te yer alan kriter ağırlıkları hesaplanmıştır.

Tablo 3. MEREC yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları

Kriter	MAİ	KBAÜ	KÜ	TAİ	SGE	MİB	DMKO	GHT	DEY
ağırlık (w)	0,0427	0,1010	0,0798	0,0161	0,0452	0,0616	0,1084	0,3379	0,2070

MEREC yöntemiyle elde edilen bulgulara göre, en önemli kriterin geri dönüştürülebilir hammadde ticareti (GHT) olduğu ve bu kriteri sırasıyla döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırım ve brüt katma değer (DEY) ve döngüsel malzeme kullanım oranı (DMKO) kriterlerinin takip ettiği görülmektedir.

Uygulamanın sonraki aşamasında MARCOS yöntemiyle AB üyesi ülkelerin döngüsel ekonomide üretim ve tüketim göstergelerine göre performans değerleri Eşitlik (7)-(21) yardımıyla hesaplanarak başarı sıralamaları elde edilmiştir.

Tablo 4. MARCOS yöntemi ile AB ülkelerinin DE üretim ve tüketim performans sıralamaları

Ülkeler	F(Ki)	Sıralama	Ülkeler	F(Ki)	Sıralama
Belçika	0,329979	7	Litvanya	0,193758	21
Bulgaristan	0,207567	19	Lüksemburg	0,099503	27
Çekya	0,188702	22	Macaristan	0,241152	14
Danimarka	0,254377	11	Malta	0,166956	25
Almanya	0,566687	2	Hollanda	0,611399	1
Estonya	0,181327	23	Avusturya	0,198108	20
İrlanda	0,253921	12	Polonya	0,376584	6



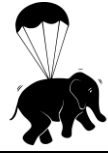
Yunanistan	0,238971	15	Portekiz	0,272223	8
İspanya	0,504935	4	Romanya	0,264771	10
Fransa	0,554693	3	Slovenya	0,222771	16
Hırvatistan	0,265424	9	Slovakya	0,208246	18
İtalya	0,483006	5	Finlandiya	0,143761	26
Kıbrıs	0,171005	24	İsveç	0,218195	17
Letonya	0,246654	13			

MEREC yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak MARCOS yöntemiyle elde edilen performans değerleri ve sıralamaları Tablo 4'te yer almaktadır. Bulgulara göre; döngüsel ekonomide üretim ve tüketim göstergelerine göre yüksek performansa sahip ülkelerin sırasıyla Hollanda, Almanya, Fransa ve İspanya olduğu; performansı düşük olan ülkelerin ise, Lüksemburg, Finlandiya, Malta, Kıbrıs ve Estonya olduğu görülmektedir.

Performansı yüksek ülkelere bakıldığında; Hollanda'nın kişi başı atık üretimi yüksek olmasına rağmen döngüsel malzeme kullanım oranı, geri dönüştürülebilir hammadde ticareti ve döngüsel ekonomi yatırımlarının yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Almanya, Fransa ve İspanya'nın da kişi başı atık üretimleri orta düzeyde olmalarına rağmen döngüsel malzeme kullanım oranı, geri dönüştürülebilir hammadde ticareti ve döngüsel ekonomi yatırımlarının yüksek olduğu görülmektedir. Buradan da performansı yüksek olan ülkelere ne kadar atık üretimi olursa da döngüsel malzeme kullanma önem verdikleri ve yatırımlarla da bunu destekledikleri anlaşılmaktadır. Performansı düşük olan ülkelere bakıldığında; Lüksemburg'un kişi başı atık üretimiminin çok fazla, döngüsel malzeme kullanımının orta ve geri dönüştürülebilir hammadde ticaretinin ise düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Finlandiya ve Estonya ülkelerinin de kişi başı atık üretimlerinin çok yüksek olmasına rağmen döngüsel ekonomi yatırımlarının çok düşük olduğu ve Malta ve Kıbrıs'ın da döngüsel ekonomi yatırımlarının çok düşük olduğu görülmektedir. Genel olarak performansı düşük ülkelerdeki bu sonucun, bazı ülkelerin kişi başı atık üretiminin çok fazla olmasından bazı ülkelerin de döngüsel ekonomi yatırımlarının ve döngüsel malzeme kullanım oranlarının düşük olmasından kaynaklandığı görülmüştür.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sanayileşmenin getirdiği kitlesel üretim, ülkeleri doğrusal ekonomiye yönlendirmiş ve doğrusal ekonominin getirdiği çevresel sorunlar ve kaynak kıtlığı, farklı üretim ve tüketim süreçlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. AB'nin aldığı kararlar ve önlemlerle bu konuya katkısı ve hangi hususlara dikkat edilmesi gerektiği konusunda bazı ülkelere öncü olduğu görülmektedir. Özellikle üretim ve tüketim çıktıları; ülkelerin var olan kaynaklarını, onların tükenme durumunu ve tüketim sonucu ortaya çıkan atıkları ve geri dönüşüme yapılan yatırımlarının bir göstergesi olması ve ülkelerin kendi kendilerine ne kadar yetebildiklerini gösterdiği için önemlidir.



AB'nin kaynak-verimli, düşük-karbonlu, atık dönüşümü içeren yeşil ekonomiye geçiş hedefi doğrultusunda, geniş kapsamda bir eylem planı olan "Döngüsel Ekonomi Paketi", 2015'te Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilmiştir. 2018 yılında eylem planının hayata geçirilmesi amacıyla ek tedbirler getirilmiştir. Bu gelişmelerle birlikte, döngüsel ekonomiye geçiş amacıyla birlik ülkeleri tarafından önemli kararlar ve stratejilerin kabul edilmeye başlandığı görülmektedir.

Bu çalışmada, AB'de Döngüsel Ekonomi Paketinin kabul edilmesinden sonra alınan kararların uygulanması yönünden önem teşkil eden 2020 yılı için MEREC temelli MARCOS yöntemi yardımıyla 27 AB üyesi ülkenin döngüsel ekonomideki üretim ve tüketim performansları değerlendirilmiştir. Çalışmada üretim ve tüketim göstergelerinden Tablo 1'de yer alan 9 kriter ele alınmıştır. MEREC yöntemiyle elde edilen bulgularda en önemli kriterin geri dönüştürülebilir hammadde ticareti (GHT) olduğu ve bu kriteri sırasıyla döngüsel ekonomi sektörleriyle ilgili özel yatırım ve brüt katma değer (DEY) ve döngüsel malzeme kullanım oranı (DMKO) izlemiştir. MEREC yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak MARCOS yöntemiyle elde edilen performans değerleri sıralamalarına göre; döngüsel ekonomide üretim ve tüketim göstergelerine göre yüksek performanslı ülkelerin sırasıyla Hollanda, Almanya, Fransa ve İspanya olduğu; performansı düşük olan ülkelerin ise, Finlandiya, Malta, Kıbrıs ve Estonya olduğu görülmüştür.

Literatüre bakıldığında, farklı değişken ve yöntemlerle AB'de döngüsel ekonomi performanslarını inceleyen çalışmalarda, bu çalışma bulgularına benzer şekilde iyi performansa sahip ülkelerin, Lüksemburg, Hollanda ve Belçika (Fura vd., 2020); Almanya, Hollanda, Danimarka, Fransa ve İtalya (Škrinjarić, 2020); Batı Avrupa ülkeleri ve Hollanda (Kaya vd., 2023) olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, çalışma bulgularına yine benzer şekilde diğer ülkelere göre daha kötü performansa sahip ülkelerin, Malta, Kıbrıs, Estonya ve Yunanistan (Fura vd., 2020); Romanya, Yunanistan, Kıbrıs, Slovakya ve Bulgaristan (Škrinjarić, 2020); Malta, Estonya, Yunanistan, Bulgaristan, Portekiz, İtalya, İspanya, Hırvatistan ve Slovakya (Yılmaz, 2022) olduğunu belirtmişlerdir.

Doğrusal ekonomiye alternatif olarak ortaya çıkan döngüsel ekonomi, hem ülkelere hem de şirketlere ürünlerin üretiminden tüketimine kadar tüm sürecin tekrardan değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu geçişin hızlı ve başarılı bir şekilde yapılabilmesinde, kaynak verimliliği sağlayan kapalı malzeme döngüleriyle iş yapan yenilikçi iş modellerine ihtiyaç olduğu görülmektedir. Döngüsel ekonomiye katkı sağlayacak yeni iş modellerine yapılan devlet destekleri de yenilikçi iş modellerinin gelişmesinde önemli rolünün olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte toplumun tüketim alışkanlığını değiştirmeye yönelik bazı önlemler almak, ürün kullanma ve tüketimin şeklini değiştirmede özellikle geri dönüştürülebilir ürünlerin tekrar kullanılmasında ve geri dönüşümüne katkıda bulunmasını sağlamak için bilinçlendirmek vb. hususların bu süreçte önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca gelecek kuşakları sürdürülebilir düşünceye teşvik etmek ve daha iyi bir geleceğin inşasında döngüsel ekonomi bilincinin kazandırılması ülkeler için sürecin iyi yönetilmesinde giderek önem kazanmaktadır.



Bu çalışmada, AB’de alınan karar ve uygulamalar kapsamında döngüsel ekonominin öncülerinden olan AB ülkelerinin üretim ve tüketim göstergelerine göre döngüsel ekonomi performansları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara bakıldığında, ülkelerin döngüsel ekonomiye geçişinde daha kesin adımlarla hareket ederek değişen koşullara daha hızlı adapte olabilmesi, çevrenin korunması için de gereklidir. Bu süreçte, birlik içinde dengenin sağlanabilmesi için AB üyesi ülkelerin birlikte hareket etmeleri gerektiği görülmektedir. Birlik içerisinde ekonomisi daha gelişmiş ülkelerde döngüsel ekonominin değerinin diğer ülkelere göre daha iyi anlaşıldığı ve ekonomilerini bu yönde tasarlamaya başladıkları görülmektedir. Elbette ki, ekonomik yapıdaki değişimlerin uzun ve maliyetli olması, özellikle gelişme sürecinde olan ülkeler için bu maliyetlerin karşılanabilmesinin zor ve zaman alacağı söylenebilir. Bu sorunu aşmak için AB kanalıyla döngüsel ekonomiye geçişte ekonomik teşvik ve yardımların olması da bu ülkeler için bir avantajdır.

AB’de yer alan ekonomik yapısı benzer ülkeler özelinde, döngüsel ekonomi performans değerlendirmeleri yapılması ve benzer ekonomik ve sosyal yapıya sahip ülkelerin döngüsel ekonomi performanslarını artırmak için neler yapması gerektiği üzerine yapılacak çalışmaların ilgi çekici olduğu düşünülmektedir. Özellikle üye ülkelerin hangi göstergelerde zayıf kaldığı ve nasıl düzeltebileceği konularının farklı çalışmalarda ele alınması literature katkı sağlayabilir.

Kaynakça

- Açıcı, Y., Akarsu, G., & Cafrı, R. (2023). Döngüsel ekonomi ve yeşil büyüme çerçevesinde sürdürülebilir kalkınma göstergelerinin ekonomik büyüme üzerine etkisi: Seçilmiş AB ülkelerinden ampirik kanıtlar. *Verimlilik Dergisi, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı*, 53-67.
- Alamerew, Y. A., Kambanou, M. L., Sakao T., & Brissaud, D. (2020). A multicriteria evaluation method of product-level circularity strategies. *Sustainability*, 12(12), 5129. <https://doi.org/10.3390/su12125129>
- Apaydın, Ş. (2020). OECD ülkelerinde atık yönetimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: Bir panel kantil regresyon yaklaşımı. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(1), 300-312.
- Aravossis, K. G., Kapsalis, V. C., Kyriakopoulos, G. L., & Xouleis, T. G. (2019). Development of a holistic assessment framework for industrial organizations. *Sustainability*, 11(14), 3946. <https://doi.org/10.3390/su11143946>
- Ateş, E. (2021). Döngüsel ekonomi kapsamında GSYİH ile geri dönüşüm ilişkisi: Avrupa Birliği ülkeleri örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (67), 125-137.
- Ay Türkmen, M., & Kılıç, F. (2020). Sürdürülebilir kalkınma anlayışına yönelik döngüsel ekonomi modeli. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(4), 2538-2556.
- Balbay, Ş., Sarıhan, A., & Avşar, E. (2021). Dünyada ve Türkiye’de “Döngüsel ekonomi/endüstriyel sürdürülebilirlik” yaklaşımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 557-569.



- Bonciu, F. (2014). The European economy: From a linear to a circular economy. *Romanian Journal of European Affairs*, 14(4), 78-91.
- Busu, M., & Trica, C. L. (2019). Sustainability of circular economy indicators and their impact on economic growth of the European Union. *Sustainability*, 11(19), 5481. <https://doi.org/10.3390/su11195481>
- Can, F. (2017). Sürdürülebilir kalkınmanın yeni boyutları. *International Journal of Academic Value Studies*, 3(10), 138-146.
- Chauhan, A., Jakhar, S. K., & Chauhan, C. (2021). The interplay of circular economy with industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123854. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123854>
- Erceg, O., & Margeta, J. (2019). Selection of food waste management option by PROMETHEE method. *Advances in Civil and Architectural Engineering*, 10(19), 87-97. <https://doi.org/10.13167/2019.19.9>
- European Commission (2015). *EU Action for the Circular Economy*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614> (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2023).
- European Commission. (2019). <https://ec.europa.eu/futurium/en/circular-economy/terms/news/Circular+Economy.html> (Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2023).
- Friant, M. C., Vermeulen, W. J., & Salomone, R. (2021). Analysing European Union circular economy policies: Words versus actions. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 337-353.
- Fura, B., Stec, M., & Miś, T. (2020). Statistical evaluation of the level of development of circular economy in European Union member countries. *Energies*, 13(23), 6401. <https://doi.org/10.3390/en13236401>
- Garcia-Bernabeu A., Hilario-Caballero A., Pla-Santamaria D., & SalasMolina F. (2020). A process oriented mcdm approach to construct a circular economy composite index. *Sustainability*, 12(2), 618. <https://doi.org/10.3390/su12020618>
- Ghisellin, 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, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gomes, L. A., Santos, A. F., Pinheiro, C. T., Góis, J. C., & Quina, M. J. (2020). Screening of waste materials as adjuvants for drying sewage sludge based on environmental, technical and economic criteria. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120927. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120927>
- Gregson, N., Crang, M., Fuller, S., & Holmes, H. (2015). Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and Society*, 44(2), 218-243.



- Hartley, K., van Santen, R., & Kirchherr, J. (2020). Policies for transitioning towards a circular economy: Expectations from the European Union (EU). *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104634. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104634>
- Hobson, K. (2016). Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy. *Progress in Human Geography*, 40(1), 88-104. <https://doi.org/10.1177/0309132514566342>
- Hysa, E., Kruja, A., Rehman, N. U., & Laurenti, R. (2020). Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: An integrated model for sustainable development. *Sustainability*, 12(12), 4831. <https://doi.org/10.3390/su12124831>
- Institut Montaigne. (2016). *The circular economy: Reconciling economic growth with the environment*. <https://www.institutmontaigne.org/ressources/publications-pdfs/circular-economy-policy-paper.pdf> (Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2023).
- Kaya, S. K., Ayçin, E., & Pamucar, D. (2023). Evaluation of social factors within the circular economy concept for European countries. *Central European Journal of Operations Research*, 31(1), 73-108. <https://doi.org/10.1007/s10100-022-00800-w>
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREC). *Symmetry*, 13(4), 525. <https://doi.org/10.3390/sym13040525>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- MacArthur, E., Zumwinkel, K., & Stuchtey, M. R. (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*. Ellen MacArthur Foundation. <https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe> (Erişim Tarihi: 21 Mayıs 2023).
- Marino, A., & Pariso, P. (2020). Comparing European Countries' performances in the transition towards the circular economy. *Science of the Total Environment*, 729, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138142>
- McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., Kemp, R., & Doménech, T. (2017). Circular economy policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 651-661. <https://doi.org/10.1111/jiec.12597>
- Mısıır, A., & Arıkan, O. (2022). Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye’de döngüsel ekonomi ve sıfır atık yönetimi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(1), 69-78.



- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S., & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure?. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452-461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140, 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Önder, H. (2018). Sürdürülebilir kalkınma anlayışında yeni bir kavram: Döngüsel ekonomi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 196-204.
- Pamucar, D., Ecer, F., & Deveci, M. (2021). Assessment of alternative fuel vehicles for sustainable road transportation of United States using integrated fuzzy FUCOM and neutrosophic fuzzy MARCOS methodology. *Science of the Total Environment*, 788, 147763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147763>
- Rizos, V., Behrens, A., Kafyeke, T., Hirschnitz-Garbers, M., & Ioannou, A. (2015). *The circular economy: Barriers and opportunities for SMEs*. CEPS Working Documents No. 412, 1-25.
- Robaina, M., Villar, J., & Pereira, E. T. (2020). The determinants for a circular economy in Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 12566-12578. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07847-9>
- Sassanelli, C., Rosa, P., Rocca, R., & Terzi, S. (2019). Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 229, 440-453. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.019>
- Škrinjarčić, T. (2020). Empirical assessment of the circular economy of selected European Countries. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120246. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120246>
- Smol, M., Kulczycka, J., & Avdiushchenko, A. (2017). Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19, 669-678. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1323-8>
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531, 435-438. <https://doi.org/10.1038/531435a>
- Stankevičienė, J., & Nikanorova, M. (2020). Eco-innovation as a pillar for sustainable development of circular economy. *Business: Theory and Practice*, 21(2), 531-544. <https://doi.org/10.3846/btp.2020.12963>
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COMPromise solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106231. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231>



- Sürmen, M., & Çokmutlu, M. E. (2022). Döngüsel ekonomi performans ölçümü üzerine bir araştırma. *Ekonomi İşletme ve Yönetim Dergisi*, 6(2), 209-234.
- Sverko Grdic, Z., Krstinic Nizic, M., & Rudan, E. (2020). Circular economy concept in the context of economic development in EU countries. *Sustainability*, 12(7), 3060. <https://doi.org/10.3390/su12073060>
- Tonini, D., Wandl, A., Meister, K., Unceta, P. M., Taelman, S. E., Sanjuan-Delmás, D., Dewulf, J., & Huygens, D. (2020). Quantitative sustainability assessment of household food waste management in the Amsterdam Metropolitan Area. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104854. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104854>
- United Nations. (1987). *Our Common Future. Oslo: Report of the World Commission on Environment and Development.* <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2023).
- Veral, E. S. (2018). Döngüsel ekonomiye geçiş doğrultusunda yeni tedbirler ve AB üye ülkelerinin stratejileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 463-488.
- Veral, E. S., & Yiğitbaşıoğlu, H. (2018). Avrupa Birliği atık politikasında atık yönetiminden kaynak yönetimi yaklaşımına geçiş yönelimleri ve döngüsel ekonomi modeli. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-19.
- Wierzbicka, M. E. (2021). Circular economy: Advancement of European Union countries. *Environmental Sciences Europe*, 33, 111. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00549-0>
- Yılmaz, V. (2019). Sürdürülebilir kalkınma ve döngüsel ekonominin bibliyometriği. *Enderun*, 3(2), 60-72.
- Yılmaz, V. (2022). Avrupa Birliği ülkelerinin döngüsel ekonomi performansı. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1), 94-114.
- Zhao, H., Zhao, H., & Guo, S. (2017) Evaluating the comprehensive benefit of eco-industrial parks by employing multi-criteria decision making approach for circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2262-2276. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.041>

Katkı Oranı Beyanı: Yazar çalışmayı tek başına gerçekleştirmiştir.

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

Çatışma Beyanı: Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını deklare etmektedir.

Bu çalışmada "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması belirtilen kurallara uyulmuştur.

Bu makale **benzerlik** tespit yazılımlarıyla taranmıştır.