



## DOĞU AVRUPA ÜLKELERİNİN ÇEVRESEL PERFORMANSININ VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Feyzi YAŞAR<sup>1</sup>

Fatih AKIN<sup>2</sup>

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, 2022 yılı Çevresel Performans İndeksi (EPI) verileri kullanılarak Doğu Avrupa Ülkelerinin çevresel performansını Veri Zarflama Analiz (VZA) Yöntemi ile incelemektir. Çalışmada bir sanal girdi değişkeni kullanılırken, çevresel sağlık, ekosistem canlılığı ve iklim değişikliği olmak üzere üç tane çıktı değişkeni kullanılmıştır. 19 Doğu Avrupa ülkesine yönelik yapılan etkinlik analizleri sonuçlarına göre çevresel performans açısından toplamda 15 ülke etkin değilken, 4 ülke etkin olarak çıkmıştır. Etkin olan ülkeler Estonya, Kıbrıs, Kuzey Makedonya ve Slovenya olarak gerçekleşirken, Türkiye ise etkin olmayan ülkeler içinde en son sırada yer almaktadır. Ayrıca yapılan korelasyon analizinde VZA sonuçları ile EPI sonuçları arasında kuvvetli pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel Performans İndeksi, Veri Zarflama Analizi, Etkinlik

### ANALYZING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF EASTERN EUROPEAN COUNTRIES USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

#### ABSTRACT

The aim of this study is to examine the environmental performance of Eastern European Countries by using the Data Envelopment Analysis (DEA) Method using the Environmental Performance Index (EPI) data for 2022. While one virtual input variable is used in the study, three output variables, namely environmental health, ecosystem vitality and climate change, are used. According to the results of the efficiency analysis of 19 Eastern European countries, a total of 15 countries were found to be inefficient in terms of environmental performance, while 4 countries were found to be efficient. The efficient countries are Estonia, Cyprus, North Macedonia and Slovenia, while Turkey ranks last among the inefficient countries. In addition, the correlation analysis revealed a strong positive relationship between DEA results and EPI results.

**Key Words:** Environmental Performance Index, Data Envelopment Analysis, Efficiency

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Göksun Meslek Yüksekokulu, feyziyasar1246@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6465-5813

<sup>2</sup> Öğr. Gör., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Refahiye Meslek Yüksekokulu, akinfatih29@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7741-4004

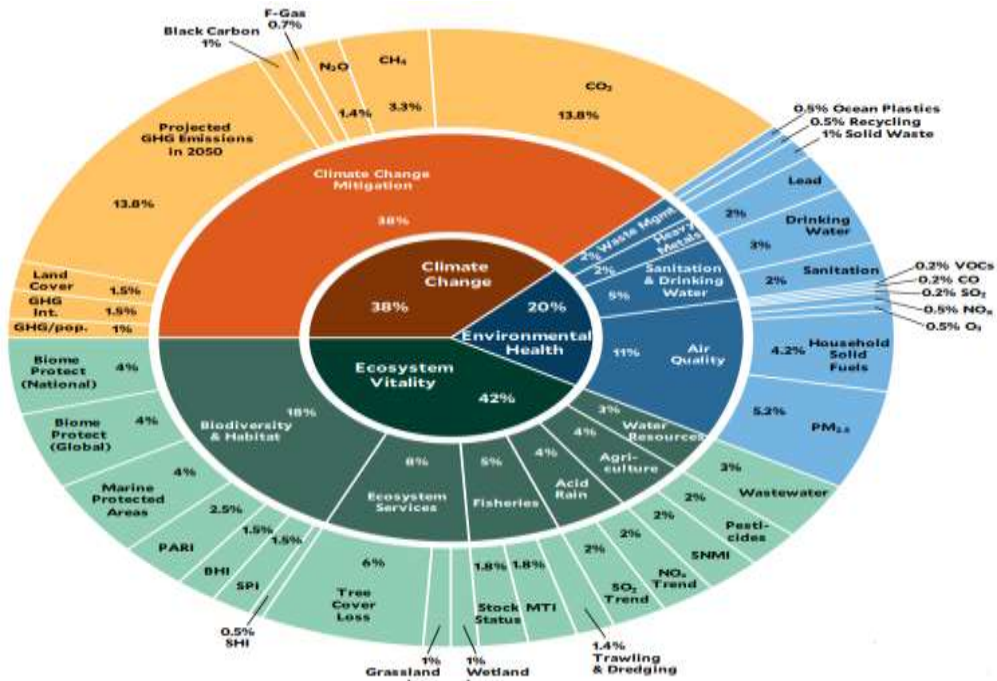
## GİRİŞ

Sanayi devriminin etkisi ile hızlı ekonomik büyüme, nüfus artışı ve enerji kullanımındaki artış çevreye olan zararları artırmaya başlamıştır. Çünkü sanayileşmede kullanılan enerji, yenilenebilir enerji olmadığı ve tüketim endekslili bir toplum olduğu için çevreye büyük zararlar vermektedir. Bu nedenle yenilenemeyen enerji kullanımıyla plansız ve hızlı ekonomik büyüme gerçekleşmesi ile çevre kirliliğinin de artışına neden olmuştur. Dolayısıyla çevre kirliliğinin artması sonucunda ise toprak kirliliği, su kirliliği, hava kirliliği, asit yağmurları, kıyı kirliliği, gürültü kirliliği, görüntü kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, ozon tabakasının tahribi, bitki ve hayvan türleri ile ormanlar yok olmaktadır.

1970'li yıllardan itibaren çevre sorunlarının küresel bir boyut kazanmasıyla birlikte çevreye verilen zararlar ülkelerin çevre politikalarında yer almaya ve Birleşmiş Milletlerin girişimiyle uluslararası arenada çevreye yönelik toplantılar yapılmaya başlanılmıştır. İlk toplantı Stockholm'de 1972'de Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı Rio de Janeiro'da 1992'de, 2002'de Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Johannesburg'da ve Rio20+ Zirvesi 2012'de ve son olarak 2015 yılında Paris İklim Anlaşması gerçekleşmiştir. Bu yapılan toplantıların ortak amacı çevreye zararlı olan yenilenemeyen enerji tüketimini azaltarak, yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmektir. Bu nedenle ülkelerin çevresel durumunu belirlemek ve politikalar üretmek için Çevresel Performans İndeksi kullanılmaktadır.

Çevresel Performans İndeksi, 2002 yılında Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Hedeflerinde belirtilen çevresel hedefleri desteklemek üzere tasarlanmıştır. Yale Üniversitesi ve Columbia Üniversitesi tarafından Dünya Ekonomik Forumu'nun yardımıyla oluşturulmuştur. Ülkelerin belirli çevre sorunlarına yönelik uluslararası düzeyde belirlenmiş sürdürülebilirlik hedeflerini karşılamaya ne kadar yakın olduklarını ölçmektedir. EPI, 40 performans göstergesi kullanarak 180 ülkeyi çevre sağlığını koruma, ekosistemin canlılığını artırma ve iklim değişikliğini azaltma yönündeki ulusal çabalarına göre sıralamaktadır. Şekil 1'de üç politika hedefi, 11 konu kategorisi ve 40 performans göstergesi gösterilmiştir. Ağırlıklar, toplam EPI puanının yüzdesi olarak ele alınmaktadır (EPI, 2022: 6).

Şekil 1. 2022 Yılı Çevresel Performans İndeksi Çerçevesi



**Kaynak:** EPI, 2022: 6.

Şekil 1'e bakıldığında %42 ile Ekosistem Canlılığı, %38 ile İklim Değişikliği ve %20 ile Çevresel Sağlık 2022 Yılı Çevresel Performans İndeksini oluşturmaktadır. Bu üç ana başlık altında 11 konu ve 40 performans göstergesinin aldığı değerler verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, 2022 yılı EPI verileri kullanılarak Doğu Avrupa Ülkelerine yönelik VZA Yöntemi yardımıyla Çıktıya Yönelik CCR Etkinlik Modeli ve Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli ile analiz edilecektir. VZA sonuçları ile EPI sonuçları arasındaki ilişkinin yönü SPSS 23.0 Programı kullanılarak Spearman ve Pearson korelasyon katsayıları tespit edilecektir.

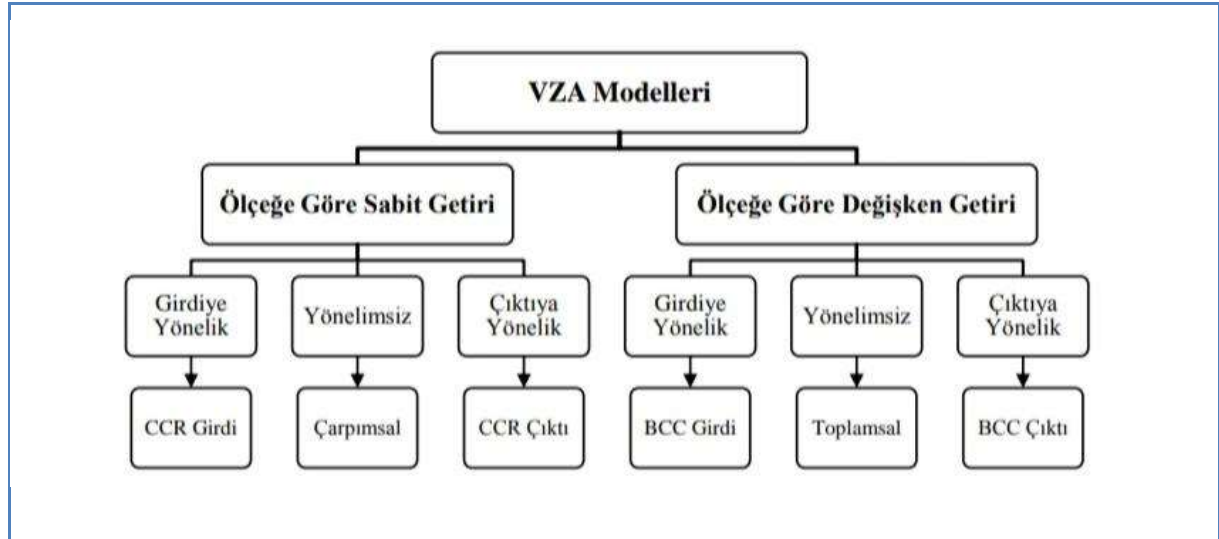
## 1. LİTERATÜR TARAMASI

### 1.1. Veri Zarflama Analizi

VZA, çoklu girdi-çıkı konfigürasyonlarını kullanan Karar Verme Birimlerinin (KVB) verimliliğini ölçmek için kullanılan parametrik olmayan bir metodoloji olarak ifade edilmektedir. VZA, ekonomik faaliyetlerin tüm alanlarına uygulanan verimlilik ve etkinlik değerlendirmelerinde sınır tahminleri için en yaygın kullanılan bir araçtır (Cooper vd., 2007).

İlk VZA modeli Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından ölçeğe göre sabit getirili üretim teknolojisi varsayımı altında, yani üretim kaynaklarındaki bir artışın çıktıda orantılı bir artışa neden olduğu durumda geliştirilmiştir (Charnes vd., 1978). Bu modele CCR modeli denilmektedir. Daha sonraki yıllarda Ölçeğe Göre Değişken Getiri uygulayan VZA modeli Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından BCC modeli geliştirildi. CCR ve BCC VZA yöntemlerinde temel iki analiz yöntemi olarak kabul edilmektedir. Şekil 2'de Charnes'in vd., VZA modellerini ölçeğe göre sınıflandırılması verilmiştir.

**Şekil 2. VZA Modelleri**



**Kaynak:** Lorcu, 2008: 69.

Çalışmada Çıktıya Yönelik CCR Modeli ve Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli ile analiz yapılacağından dolayı bu iki analiz yöntemi sırasıyla açıklanacaktır.

**Çıktıya Yönelik CCR Modeli:** Çıktıya Yönelik CCR Modeli (1) nolu denklemde gösterilmiştir (Doğan, 2014: 193). Bu modelde yer alan  $j=1, \dots, n$  olmak üzere, negatif olmayan skalerleri  $\lambda_j$ ,  $\phi$  ise

etkinliği belirleyen  $KVB_0$ 'yi ifade etmektedir. Çıktıya Yönelik CCR Modeli, ölçeğe göre sabit varsayımını dikkate aldığından dolayı KVB'lerin 1'e eşit olması etkin olduğunu gösterirken, 1'den küçük olması ise etkin olmadığını göstermektedir (Xu ve Ouenniche, 2012; Parajuli ve Haynes, 2013).

### Çıktıya Yönelik CCR Modeli (1)

$$\begin{aligned}
 & \max \phi \\
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi r_0, \quad r = 1, \dots, s \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

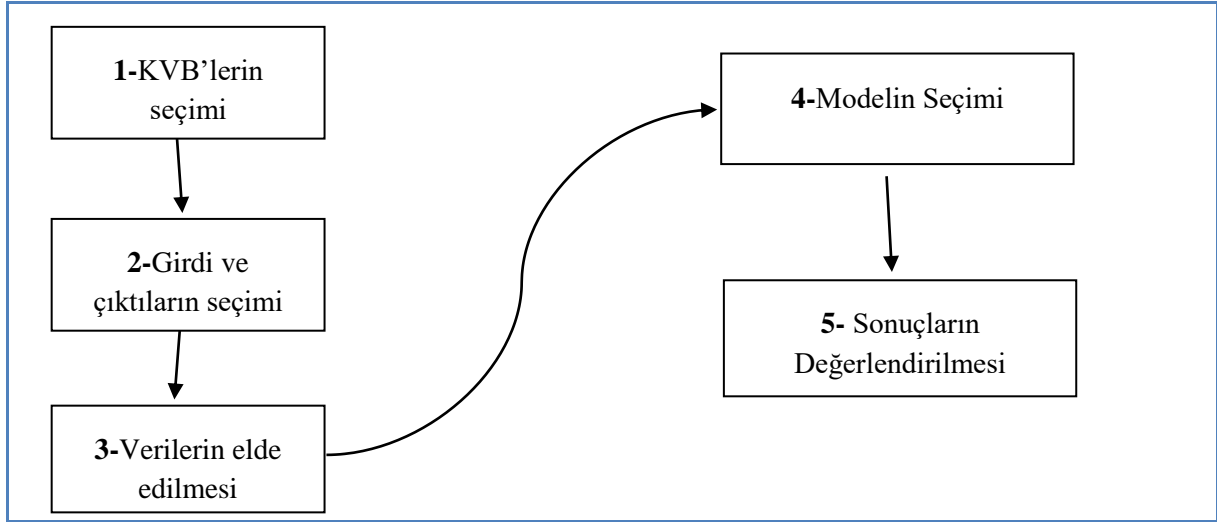
**Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli:** 1993 yılında Andersen ve Petersen tarafından önerilen Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli (2) nolu denklemde gösterilmiştir (Doğan, 2014: 193). Aslında bu modelin temelleri Çıktıya Yönelik CCR Modeline dayanmaktadır (Yang ve Zhao, 2010: 345). Bu modelde yer alan  $j=1, \dots, n$  olmak üzere, negatif olmayan skalerleri  $\lambda_j$ ,  $\phi$  ise etkinliği belirleyen  $KVB_0$ 'yi ifade etmektedir. Çıktıya Yönelik CCR Modeline benzer şekilde, KVB'lerin 1'e eşit olması etkin olduğunu gösterirken, 1'den küçük olması ise etkin olmadığını göstermektedir. Bu model sayesinde etkin birimlerin sıralaması gerçekleştirilmekte ve etkin KVB'ler ile diğer tüm KVB'ler karşılaştırılması yapılarak sıralanmaktadır (Kutlar ve Bakırcı, 2018:168). Yapılan sıralamalarda en üstte bulunan KVB en etkin birim olarak gerçekleşir (Depren, 2008: 55; Erpolat, 2011: 84; Yaşar, 2019: 121).

### Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli (2)

$$\begin{aligned}
 & \max \phi \\
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_{j=1}^n \sum_{j \neq 0} \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \sum_{j \neq 0} \lambda_j y_{rj} \geq \phi r_0, \quad r = 1, \dots, s \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

Çıktıya Yönelik CCR Modeli ve Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli açıklandıktan sonra VZA Uygulamalarında İzlenmesi Gereken Adımlar Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 3. VZA Uygulamalarında İzlenmesi Gereken Adımlar



**Kaynak:** Martin-Gamboa ve Iribarren, 2021: 299.

## 1.2. Literatür Özeti

Tyteca (1996) yılında yapmış olduğu çalışmada, endüstriyel faaliyetler ile çevresel performansın sağlık ve çevreye olan etkisini geniş çaplı bir literatür araştırması yapmıştır.

Azzone vd. (1996) yılında yapmış oldukları çalışmada şirketlerin çevresel performanslarını ölçmeye yönelik göstergelere yönelik teorik bir çalışma yaparak, kurumsal çevre politikası çerçevesinin temelini oluşturmak ve kapsamlı beyanların üretilmesini ve şirketler tarafından üstlenilen tüm önemli çevresel girişimlerin tanınmasını sağlamak için 21 temel hedef önerisinde bulunmuştur.

Jung vd., (2001) yılında yapmış oldukları çalışmada, kurumsal çevresel performansın ölçmek ve bunun petrol firmalarındaki verimlilik analizine uygulanmasını incelemiştir. Bu analizi gerçekleştirmek için girdi, çıktı, süreç, sonuç ve genel çevre yönetimi olmak üzere beş başlıktan oluşan "Gscore" isimli bir yöntem önerisinde bulunmuştur. Analizde kullanılan 39 firmanın internette bulunan gönüllü çevre, sağlık ve güvenlik (ÇSG) raporlarının verilerine uygulanarak ve 4 tane petrol şirketinin etkin olduğu bulunmuştur.

Tyteca vd., (2001) yılında yapmış oldukları çalışmada Avrupa Komisyonu 4. Çerçeve Programı (Çevre ve İklim başlıklı program) çerçevesinde yürütmüş oldukları MEPI (Measuring Environmental Performance of Industry) isimli araştırma ile 6 Avrupa ülkesindeki altı sanayi sektörü analiz edilmiştir.

Färe vd. (2004) yılında yapmış oldukları çalışmada 1990 yılı için OECD ülkelerine yönelik VZA teknikleri kullanılarak kullanılan kaynakları, üretilen iyi çıktıları ve kirleticileri veya yayılan istenmeyen çıktıları aynı anda hesaba katan bir çevresel performans indeksi önerisinde bulunmuştur.

Kortelainen (2008) yılında yapmış olduğu çalışmada 1990-2003 dönemi için 20 Avrupa ülkesi için dinamik çevresel performans analizi için Malmquist İndeksi ve Sınır Verimliliği yöntemi kullanılarak EPI çerçevesi belirlenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında, çevresel teknik değişim çoğunlukla genel çevresel performanstaki iyileşmeyi açıklarken, örneklem dönemi boyunca çoğu ülke için göreceli eko-verimlilik değişimi küçük düzeyde kaldığı bulunmuştur.

Siong ve Hussein (2008) yapmış oldukları çalışmada, Malezya için VZA'nın CCR modelini kullanarak dört şehrin kentsel yaşam kalitesinin performansını incelemiştir. Şehirleri karşılaştırma

yaparken iktisadi, kamusal olanaklar, taşıma ve erişilebilirlik, demografik, finans, yönetim, toprak kullanımı, kentsel tasarım, çevresel ve sosyal etkenler gibi çok çeşitli göstergeler kullanılmıştır.

Wang vd. (2011) yılında yapmış oldukları çalışmada, enerji kullanımının çevresel performansını nasıl etkilediğini ölçmek için Çin'in Beijing iline bir model önerisinde bulunmuştur. Bu model 18 alt gösterge ile dört kategoriye ayrılmıştır: enerji kullanımının teknoloji ve verimliliği, enerji kullanımı ve sanayinin yapısı, enerji kullanımından kaynaklanan çevresel etkiler ve enerji kullanımının sosyo-ekonomik yararı.

Jin vd. (2014) yılında yapmış oldukları çalışmada APEC ülkelerinin çevresel performanslarını 2010 yılı için VZA yöntemini kullanarak incelemiştir. Çalışmada toplam enerji tüketimi ve işgücü olmak üzere iki girdi değişkeni kullanılırken, GSYİH ve CO<sub>2</sub> emisyonu iki çıktı değişkeni olarak kullanılmıştır.

Tektüfekçi ve Kutay (2016) yılında yapmış oldukları çalışmada 7 tane gelişmiş ve 7 tane de gelişmekte olan ülkeden oluşmak üzere toplam 14 ülke için GSYİH ile EPI arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Analiz sonucunda, gelişmiş ülkelerin EPI sıralama ortalaması gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksek bulunmuştur.

Aksu ve Gencer (2018) yapmış oldukları çalışmada OECD ülkelerine yönelik 2016 yılı Çevresel Performans İndeksi (EPI) verilerinden yararlanarak VZA yöntemi (CCR ve Süper Etkinlik Modeli) ile analiz etmiştir. Çalışmada sanal olarak oluşturulan girdi değişkeni değeri 1 olarak kullanılırken, biyolojik çeşitlilik ve yaşam alanı, su ve sanitasyon, sağlık etkileri, iklim, su kaynakları, tarım, enerji ve hava kalitesi çıktı değişkenler olarak kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında, İzlanda çevresel performans yönünden en etkin ülke iken, etkin olmayan ülkeler içerisinde Türkiye ise 2. sırada yer almaktadır.

Özkan ve Özcan (2018) yapmış oldukları çalışmada OECD ülkelerine yönelik 2015 yılı EPI verilerini temel alarak verilerini kullanarak VZA yöntemini ile analiz etmişlerdir. Çalışmada toplam bütçe içindeki çevreyle ilgili harcama geliştirme oranları, kentsel nüfus, GSMH içinde toplam sera gazı emisyon oranı, enerji kullanımı, AR-GE bütçe oranı, toplam kamu enerji bütçesi içinde fosil yakıt girdi değişkenler olarak kullanılırken, Kişi Başına Sera Gazı Emisyonu, ulaşım kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu oranı, ortalama nüfusa göre solunabilir partikül madde oranı çıktı değişkenler olarak kullanılmıştır. Analiz sonucunda, çevresel performans yönünden Türkiye'nin etkin ülkeler içerisinde sonucuna ulaşmışlardır.

Çakın ve Ayçin (2019) yılında yapmış oldukları çalışmada EPI 2018 yılı verilerini kullanarak AB'ye aday ülkeler ve AB ülkelerinin çevresel performanslarının ölçümünde MOORA, GİA ve Entropi yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, Avusturya, Danimarka ve Fransa en yüksek çevresel performans düzeyi olan ülkeler olarak bulunmuştur.

Matsumoto vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada 2000-2017 dönemi için 27 AB ülkesinin çevresel performanslarını Malmquist-Luenberger İndeksi ve VZA yöntemini kullanarak incelemiştir. Çalışmada işgücü, enerji tüketimi ve sermaye olmak üzere üç girdi değişkeni kullanılırken, GSYİH, CO<sub>2</sub> emisyonu, PM<sub>2.5</sub> emisyonu olmak üzere dört çıktı değişkeni kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında, tüm AB'nin ve bireysel ülkelerinin çevresel performansındaki eğilimlerin, incelenen tüm modellerde benzer olduğunu bulunmuştur. 2007-2008 mali krizden çevresel performans olarak olumsuz etkilendiği ve özellikle bu etki esas olarak Doğu AB ülkelerinde gerçekleşmiştir.

Doğan (2022) yılında yapmış olduğu çalışmada seçilmiş OECD ve AB ülkeleri için çevresel performanslarını ölçmek için 2021 yılının Çevresel Performans İndeksi (EPI) ile İklim Değişikliği Performans İndeksi (CCPI) verileri kullanılarak Bütünleşik CRITIC-MABAC Yöntemleriyle

Ölçümünü gerçekleştirmiştir. Analizin CCPI indeksi sonuçlarına göre CRITIC-MABAC analizinde en iyi performans gösteren ülke Danimarka olurken, en kötü performans gösteren ülke ise Kanada olmuştur. EPI indeksi sonuçlarına göre MABAC yönteminde Finlandiya en iyi çevresel performansı gösteren ülke olurken; İsveç ise CRITIC-MABAC yönteminde en iyi çevresel performansı gösteren ülke olmuştur. Türkiye açısından bakıldığında, yapılan iki analiz yönteminde çevresel ve iklim açısından en kötü performansı gösteren ülke olarak bulunmuştur.

Alkaya (2022) yapmış olduğu çalışmada VZA yöntemini kullanarak OECD ülkelerinin çevresel performanslarını incelemiştir. Çalışmada yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi, GSYİH, CO<sub>2</sub> emisyonu, yanabilir ve yenilenebilir atıklar olmak üzere dört girdi değişkeni kullanılırken, işgücü ve enerji tüketimi olmak üzere iki çıktı değişkeni kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre etkin ülkeler Letonya, Finlandiya, İzlanda, Litvanya, İsveç, Lüksemburg, Kolombiya ve Danimarka olarak tespit edilmiştir.

### 1.3. Araştırmanın Yöntemi ve Veri Seti

Analizde kullanılacak veriler, 2022 yılı EPI raporundan elde edilerek ve VZA paket programı (DEA-Solver Pro. V14.0) kullanılarak analiz yapılmıştır. Tablo 1’de çalışmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri gösterilmektedir.

**Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Ülkelerin Girdi ve Çıktılarına Ait Değerler**

| No | Ülkeler         | Çıktılar                 |                     |                        |                      |
|----|-----------------|--------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
|    |                 | Girdi<br>(I) Sanal Girdi | (O) Çevresel Sağlık | (O)Ekosistem Canlılığı | (O)İklim Değişikliği |
| 1  | Arnavutluk      | 1                        | 40                  | 45.5                   | 52.5                 |
| 2  | Bosna Hersek    | 1                        | 38                  | 34.8                   | 45.1                 |
| 3  | Bulgaristan     | 1                        | 43.2                | 58                     | 49.8                 |
| 4  | Çek Cumhuriyeti | 1                        | 63.5                | 64.5                   | 52.8                 |
| 5  | Estonya         | 1                        | 71.8                | 65                     | 52                   |
| 6  | Hırvatistan     | 1                        | 55.7                | 65.6                   | 56.6                 |
| 7  | Karadağ         | 1                        | 41.3                | 44.7                   | 52.3                 |
| 8  | Kıbrıs          | 1                        | 73.8                | 54.2                   | 53.8                 |
| 9  | Kuzey Makedonya | 1                        | 36.5                | 48.7                   | 69.8                 |
| 10 | Letonya         | 1                        | 56.9                | 65.4                   | 58.6                 |
| 11 | Litvanya        | 1                        | 61.8                | 61                     | 47.1                 |
| 12 | Macaristan      | 1                        | 47.6                | 65                     | 48.1                 |
| 13 | Polonya         | 1                        | 53                  | 60                     | 38.8                 |
| 14 | Romanya         | 1                        | 45.2                | 65.4                   | 51.3                 |
| 15 | Sırbistan       | 1                        | 41.6                | 47                     | 41.7                 |
| 16 | Slovakya        | 1                        | 59                  | 66.3                   | 53.5                 |
| 17 | Slovenya        | 1                        | 64.4                | 72.7                   | 62.9                 |
| 18 | Türkiye         | 1                        | 47.8                | 20.3                   | 21.5                 |
| 19 | Yunanistan      | 1                        | 71.5                | 53.9                   | 50.8                 |

**Kaynak:** EPI, 2022.

Tablo 1’deki verilere bakıldığında çalışmada sanal olarak alınan bir tane girdi değişkeni ve çevresel sağlık, ekosistem canlılığı, iklim değişikliği olmak üzere üç tane çıktı değişkeni kullanılmaktadır. Sanal olarak girdi değişkeni 1 olarak ele alınırken, çıktı değişkenleri ise 0-100 arasında değerler alabilmektedir. VZA’da Çıktıya Yönelik CCR Modeli ve Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli ile bu veriler analiz edilmiştir.

## 2. ARAŞTIRMANIN SONUÇLARI

### 2.1. Çıktıya Yönelik CCR Etkinlik Modeli Sonuçları

VZA programından elde edilen sonuçlara göre etkin, etkin olmayan ülkelerin listesi ve ülkelerin hangi ülkeyi referans alması gerektiği Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2. Ülkelerin Etkinlik Skorları ve Referansları**

| No | Ülkeler           | Skor   | Referanslar     |       |          |       |
|----|-------------------|--------|-----------------|-------|----------|-------|
| 1  | Arnavutluk        | 0.7915 | Kuzey Makedonya | 0.497 | Slovenya | 0.503 |
| 2  | Bosna Hersek      | 0.6914 | Kuzey Makedonya | 0.338 | Slovenya | 0.662 |
| 3  | Bulgaristan       | 0.7978 | Slovenya        | 1     |          |       |
| 4  | Çek Cumhuriyeti   | 0.9346 | Estonya         | 0.479 | Slovenya | 0.521 |
| 5  | Estonya *         | 1      | Estonya         | 1     |          |       |
| 6  | Hırvatistan       | 0.9023 | Slovenya        | 1     |          |       |
| 7  | Karadağ           | 0.7931 | Kuzey Makedonya | 0.442 | Slovenya | 0.558 |
| 8  | Kıbrıs *          | 1      | Kıbrıs          | 1     |          |       |
| 9  | Kuzey Makedonya * | 1      | Kuzey Makedonya | 1     |          |       |
| 10 | Letonya           | 0.9236 | Kuzey Makedonya | 0.079 | Slovenya | 0.921 |
| 11 | Litvanya          | 0.8969 | Estonya         | 0.609 | Slovenya | 0.391 |
| 12 | Macaristan        | 0.8941 | Slovenya        | 1     |          |       |
| 13 | Polonya           | 0.8253 | Slovenya        | 1     |          |       |
| 14 | Romanya           | 0.8996 | Slovenya        | 1     |          |       |
| 15 | Sırbistan         | 0.6595 | Kuzey Makedonya | 0.047 | Slovenya | 0.953 |
| 16 | Slovakya          | 0.914  | Estonya         | 0.021 | Slovenya | 0.979 |
| 17 | Slovenya *        | 1      | Slovenya        | 1     |          |       |
| 18 | Türkiye           | 0.6477 | Kıbrıs          | 1     |          |       |
| 19 | Yunanistan        | 0.9719 | Estonya         | 0.116 | Kıbrıs   | 0.884 |

\*: Etkin olan ülkeleri göstermektedir.



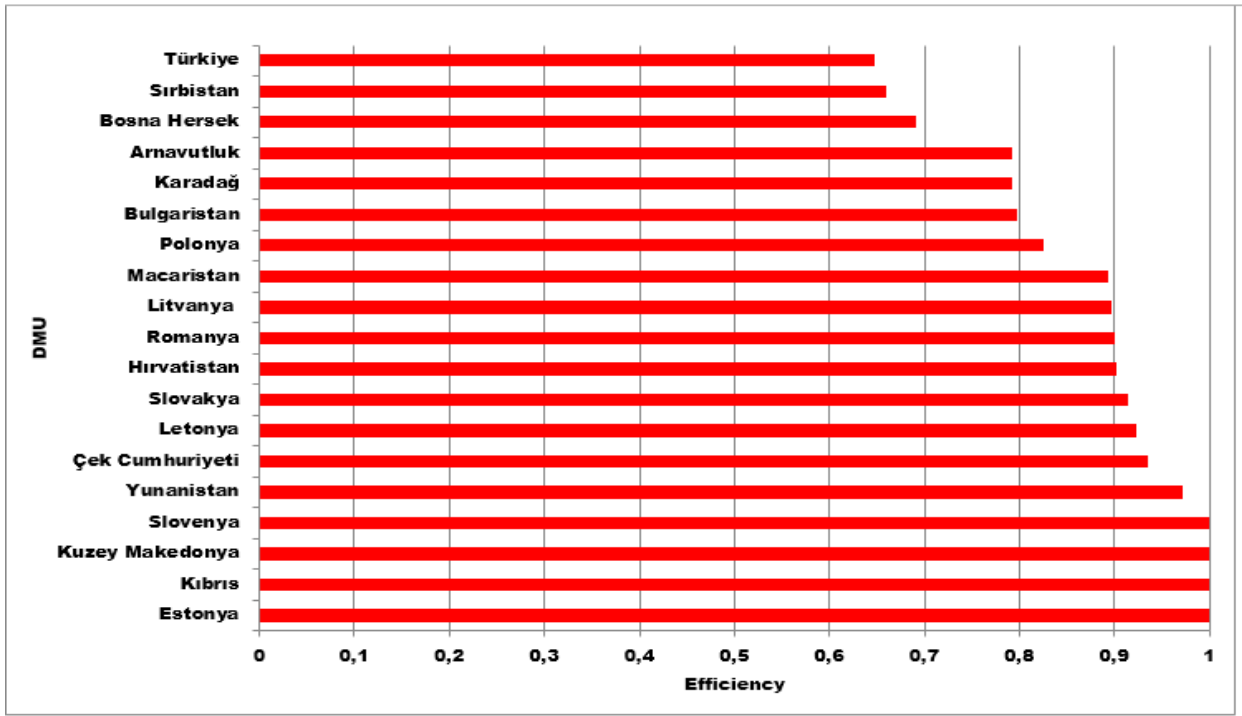
Tablo 2'ye bakıldığında çevre performansı açısından toplamda 15 ülke etkin değilken, 4 ülke etkin olarak çıkmıştır. Etkin olan ülkeler Estonya, Kıbrıs, Kuzey Makedonya ve Slovenya olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye için Tablo 2'deki sonuçlara bakıldığında etkin olmayan ülkeler içinde en son sırada yer almaktadır. Bu yüzden çevre performansı için etkin ülkeler arasında yer alabilmesi için çıktılarını %35.23 oranında artırması veya referans ülkesi olarak %100 ile Kıbrıs'ı örnek alması gerekmektedir. Diğer ülkeler içinde aynı şekilde hesaplamalar yapılmaktadır.

Etkin olan ülkeleri referans alan ülke sayılarına bakıldığında Estonya'yı 4 ülke, Kıbrıs'ı 2 ülke, Kuzey Makedonya'yı 5 ülke ve Slovenya'yı ise 13 ülke referans almaktadır. Bu sonuçlara bakıldığında en çok referans ülke Slovenya olarak gerçekleşmiştir.

Çıktıya Yönelik CCR Etkinlik Modeli Sonuçları grafiksel gösterimi Şekil 4'te gösterilmiştir.

Şekil 4. Çıktıya Yönelik CCR Etkinlik Sonuçları



## 2.2. Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli Sonuçları

Ülkelerin Süper Etkinlik Skorları ve Sıralamaları Tablo 3’te gösterilmiştir.

**Tablo 3. Ülkelerin Süper Etkinlik Skorları ve Sıralamaları**

| Ülkeler         | Etkinlik Skoru | Sıralama |
|-----------------|----------------|----------|
| Kuzey Makedonya | 1.1097         | 1        |
| Slovenya        | 1.10737        | 2        |
| Estonya         | 1.03441        | 3        |
| Kıbrıs          | 1.03008        | 4        |
| Yunanistan      | 0.9719         | 5        |
| Çek Cumhuriyeti | 0.9346         | 6        |
| Letonya         | 0.92364        | 7        |
| Slovakya        | 0.91397        | 8        |
| Hırvatistan     | 0.90234        | 9        |
| Romanya         | 0.89959        | 10       |
| Litvanya        | 0.89689        | 11       |
| Macaristan      | 0.89409        | 12       |
| Polonya         | 0.82531        | 13       |
| Bulgaristan     | 0.7978         | 14       |
| Karadağ         | 0.79305        | 15       |
| Arnavutluk      | 0.79151        | 16       |
| Bosna Hersek    | 0.69136        | 17       |
| Sırbistan       | 0.65952        | 18       |
| Türkiye         | 0.6477         | 19       |

Tablo 3’te Ülkelerin Süper Etkinlik Skorları ve Sıralamalarına bakıldığında etkin olan ülkeler ilk 4 sırayı almıştır. En etkin ülkeler arasında ilk sırada Kuzey Makedonya (1.1097) yer alırken, etkin olmayan ülkeler arasında Türkiye (0.6477) ise son sırada yer almaktadır.

## 2.3. VZA Sonuçları ile EPI Sıralamalarının Karşılaştırılması

Doğu Avrupa ülkelerine ait 2022 yılı EPI verilerine ait sıralamalar ve skorlar ile VZA sayesinde elde edilen Süper etkinlik modeli sıralamaları ve skorlarının karşılaştırılmasının yapılması SPSS 23.0 programı sayesinde analiz edilmiştir. Spearman Korelasyonu ile sıralamaların karşılaştırılması yapılabilirken, Pearson Korelasyonu sayesinde ise skorların karşılaştırılması yapılmıştır. Ülkelerin Süper Etkinlik Sıralamaları ile EPI Sıralamaları Tablo 4’te gösterilmiştir.

**Tablo 4. Ülkelerin Süper Etkinlik Sıralamaları ile EPI Sıralamaları**

| Ülkeler                | Süper Etkinlik Skoru | Sıralama | EPI Skoru | Sıralama |
|------------------------|----------------------|----------|-----------|----------|
| <b>Arnavutluk</b>      | 0.79151              | 16       | 47.1      | 15       |
| <b>Bosna Hersek</b>    | 0.69136              | 17       | 39.4      | 18       |
| <b>Bulgaristan</b>     | 0.7978               | 14       | 51.9      | 13       |
| <b>Çek Cumhuriyeti</b> | 0.9346               | 6        | 59.9      | 6        |
| <b>Estonya</b>         | 1.03441              | 3        | 61.4      | 2        |
| <b>Hırvatistan</b>     | 0.90234              | 9        | 60.2      | 4        |
| <b>Karadağ</b>         | 0.79305              | 15       | 46.9      | 16       |
| <b>Kıbrıs</b>          | 1.03008              | 4        | 58        | 7        |
| <b>Kuzey Makedonya</b> | 1.1097               | 1        | 54.3      | 12       |
| <b>Letonya</b>         | 0.92364              | 7        | 61.1      | 3        |
| <b>Litvanya</b>        | 0.89689              | 11       | 56        | 10       |
| <b>Macaristan</b>      | 0.89409              | 12       | 55.1      | 11       |
| <b>Polonya</b>         | 0.82531              | 13       | 50.6      | 14       |
| <b>Romanya</b>         | 0.89959              | 10       | 56        | 9        |
| <b>Sırbistan</b>       | 0.65952              | 18       | 43.9      | 17       |
| <b>Slovakya</b>        | 0.91397              | 8        | 60        | 5        |
| <b>Slovenya</b>        | 1.10737              | 2        | 67.3      | 1        |
| <b>Türkiye</b>         | 0.6477               | 19       | 26.3      | 19       |
| <b>Yunanistan</b>      | 0.9719               | 5        | 56.2      | 8        |

Tablo 4’te Ülkelerin Süper Etkinlik Sıralamaları ile EPI Sıralamaları karşılaştırılması yapılarak aşağıdaki hipotezler kurulmuştur.

$H_0$  : Ülkelerin EPI sıralamaları ile VZA süper etkinlik sıralamaları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

$H_1$  : Ülkelerin EPI sıralamaları ile VZA süper etkinlik sıralamaları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Ülkelerin VZA Süper Etkinlik Sıralamaları ile EPI Sıralamaları arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek için kullanılan Spearman Korelasyonu için bulunan sonuçlar Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5. Spearman Korelasyon Sonuçları**

|                               | VZA Süper Etkinlik Sıralaması | EPI Sıralaması |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| EPI Sıralaması                | 0.825**                       | 1.000          |
| VZA Süper Etkinlik Sıralaması | 1.000                         | 0.825**        |

**Not:** \*\* Korelasyon, 0.01 düzeyinde anlamlıdır (2-terafı),  $p=0.000$ ,  $N=19$ .

Tablo 5’te Ülkelerin EPI sıralaması ile VZA süper etkinlik sıralamaları arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek için kullanılan Spearman Korelasyonu sonuçlarına bakıldığında,  $H_0$  hipotezi reddedilmiş,  $H_1$  hipotezi kabul edilmiştir. Yani, istatistikî olarak anlamlılık değeri 0.01’den ( $0.000 < 0.01$ ) küçüktür. EPI sıralaması ile VZA süper etkinlik sıralaması arasındaki Spearman korelasyon katsayı derecesi  $r = 0.825$  olduğundan dolayı aralarında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Tablo 4’te Ülkelerin EPI Skorları ile VZA Süper Etkinlik Skorları karşılaştırılması yapılarak aşağıdaki hipotezler kurulmuştur.

$H_0$  : Ülkelerin EPI Skorları ile VZA Süper Etkinlik Skorları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

$H_1$  : Ülkelerin EPI Skorları ile VZA Süper Etkinlik Skorları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Ülkelerin EPI Skoru ile VZA Süper Etkinlik Skorları arasındaki karşılaştırılmasında kullanılan Pearson Korelasyonu için bulunan sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6. Pearson Korelasyon Sonuçları**

|                          | VZA Süper Etkinlik Skoru | EPI Skoru |
|--------------------------|--------------------------|-----------|
| EPI Skoru                | 0.834**                  | 1.000     |
| VZA Süper Etkinlik Skoru | 1.000                    | 0.834**   |

**Not:** \*\* Korelasyon, 0.01 düzeyinde anlamlıdır (2-terafı),  $p=0.000$ ,  $N=19$ .

Tablo 6’da Ülkelerin EPI skoru ile VZA süper etkinlik skorları arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek için kullanılan Pearson Korelasyonu sonuçlarına bakıldığında,  $H_0$  hipotezi reddedilmiş,  $H_1$  hipotezi kabul edilmiştir. Yani, istatistikî olarak anlamlılık değeri 0.01’den ( $0.000 < 0.01$ ) küçüktür. EPI skorları ile VZA süper etkinlik skoru arasındaki Pearson Korelasyon katsayı derecesi  $r = 0.834$  olduğundan dolayı aralarında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sanayi Devriminden itibaren 1970’li yıllara kadar ülkeler hızlı ekonomik büyüme gerçekleştirirken, çevre ikinci planda kalmıştır. Bu yıldan sonra çevreye olan zararın arttığı gözle görünür seviye ulaştığından dolayı Birleşmiş Milletler önderliğinde 1972 yılında çevreye yönelik ilk toplantı gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda çeşitli ülkelerde ve hemen hemen tüm dünya ülkelerinin katıldığı çeşitli toplantılar yapılmıştır. Bu toplantılar sonucunda çevreye yönelik ülkelerin yapması ve uyması gereken çeşitli programlar önerilmiştir.

Çevreye yönelik performansı ölçen Birleşmiş Milletler öncülüğünde Yale Üniversitesi ve Columbia Üniversitesi tarafından 2002 yılında Çevresel Performans İndeksi kavramı ortaya konularak Pilot bölgelerde uygulanmaya başlanılmıştır. 2006 yılından itibaren ise her iki yılda bir EPI raporu yayınlamaya başlanılmıştır. EPI, 40 performans göstergesi kullanarak 180 ülkeyi çevre sağlığını koruma, ekosistemin canlılığını artırma ve iklim değişikliğini azaltma yönündeki ulusal çabalarına göre sıralama yapmaktadır.

Çalışma kapsamında, 2022 yılı EPI verileri kullanılarak Doğu Avrupa Ülkelerine yönelik VZA Yöntemi yardımıyla Çıktıya Yönelik CCR Etkinlik Modeli ve Çıktıya Yönelik CCR Süper Etkinlik Modeli ile analiz edilmiştir. Çalışmada bir sanal girdi değişkeni kullanılırken, çevresel sağlık, ekosistem canlılığı ve iklim değişikliği olmak üzere üç tane çıktı değişkeni kullanılmıştır. 19 Doğu Avrupa ülkesine yönelik yapılan etkinlik analizleri sonuçlarına göre çevresel performans açısından toplamda 15 ülke etkin değilken, 4 ülke etkin olarak çıkmıştır. Etkin olan ülkeler Estonya, Kıbrıs, Kuzey Makedonya ve Slovenya olarak gerçekleşirken, Türkiye ise etkin olmayan ülkeler içinde en son sırada yer almaktadır. Ülkelerin EPI sıralaması ile VZA süper etkinlik sıralamaları arasındaki ilişki Spearman korelasyon katsayısı 0.825 bulunmuşken, EPI skorları ile VZA süper etkinlik skorları arasındaki Pearson korelasyon katsayısı ise 0.834 bulunmuştur. Dolayısıyla her iki korelasyon sonucuna göre VZA sonuçları ile EPI sonuçları arasında kuvvetli pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Çevresel Performans İndeksinin VZA yöntemi ile Doğu Avrupa ülkeleri için etkinlik ölçümünün gerçekleştirildiği bu çalışmayı takip edecek çalışmalarda farklı ülke gruplarının etkinlik ölçümü ve farklı değişkenler kullanılarak literatüre daha fazla katkı sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

AKSU, Esra Özkan & GENCER, Cevriye Temel (2018), “Veri Zarflama Analizi ile OECD Ülkelerinin Çevre Performansının İncelenmesi”, *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 18. EYİ Özel Sayısı; 191-206.

ALKAYA, Aylin (2022), Ekonomi, Finans ve İktisadi Bilimler Alanında Akademik Çalışmalar- I: Hasan Selçuk Eti (Ed.), OECD Ülkelerinin Çevresel Performans Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi, (s.9-30). İstanbul: Artikel Akademi.

- AYÇİN, Ejder & Çakın, Enver (2019), “Ülkelerin Çevresel Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Bulanık Mantık Tabanlı Bir Yaklaşım ile Bütünleşik Olarak Değerlendirilmesi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(3); 631-656.
- AZZONE, Giovanni; NOCÌ, Giuliano; MANZİNİ, Raffaella; Welford, RICHARD & YOUNG, William (1996), “Defining Environmental Performance Indicators: An Integrated Framework”, *Business Strategy and The Environment*, Vol.5 (2); 69-80.
- BANKER, Rajiv; CHARNES, Abraham & COOPER, William.W (1984), “Some Models For Estimating Technical And Scale Inefficiencies In Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Vol. 30 (9); 1078-1092.
- CHARNES, Abraham; COOPER, William.W. & Rhodes, E. (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operations Research*, 2(6); 429-444.
- COOPER, William.W.; SEİFORD, Lawrence.M. & TONE, Kaoru (2007), “Data Envelopment Analysis: A Comprehensive text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software”, *Springer*, New York.
- DEPREN, Özer (2008), “Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, İstanbul.
- DOĞAN, Hatice (2022), “Seçilmiş Ülkelerin Çevresel Performanslarının Bütünleşik CRITIC-MABAC Yöntemleriyle Ölçülmesi”, *Journal of Emerging Economies and Policy*, 7(2); 433-448.
- DOĞAN, Nuri Ö. (2015), “VZA Süper Etkinlik Modelleri ile Etkinlik Ölçümü: Kapadokya’da Faaliyet Gösteren Balon İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 29(1); 187-203.
- ERPOLAT, Semra (2011), “Veri Zarflama Analizi (Ağırlık Kısıtlamasız, Ağırlık Kısıtlamalı, Şans Kısıtlı, Bulanık), Türkiye’deki Özel Bütçeli İdarelerin Etkinlik Analizi”, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- FÄRE, Rolf; GROSSKOPF, Shawna & HERNANDEZ-SANCHO, Francesc (2004), “Environmental performance: An index number approach”, *Resource and Energy Economics*, Vol. 26(4); 343-352.
- JİN, Jingliang; ZHOU, Dequn & ZHOU, Peng (2014), “Measuring environmental performance with stochastic environmental DEA: The case of APEC economies”, *Economic Modelling*, Vol.38; 80-86.
- JUNG, E.J.; KİM, J.S. & RHEE, S.K (2001), “The Measurement of Corporate Environmental Performance and Its Application to The Analysis of Efficiency in Oil Industry”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.9(6); 551-563.
- KUTLAR, Aziz ve BAKIRCI, Fehim (2018), “Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama”, Orion Kitabevi, Ankara.
- KORTELAİNEN, Mika (2008), “Dynamic Environmental Performance Analysis: A Malmquist Index Approach”, *Ecological Economics*, 64(4); 701-715.
- LORCU, Fatma (2008), “Veri Zarflama Analizi (DEA) ile Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinin Sağlık Alanındaki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- MARTÍN-GAMBOA, Mario & IRÍBARREN, Diego (2021), “COUPLED life cycle thinking and data envelopment analysis for quantitative sustainability improvement”, in: J. Ren (Ed.), *Methods in Sustainability Science e Assessment, Prioritization, Improvement, Design and Optimization*, Elsevier, Amsterdam, pp. 295-320.

- MATSUMOTO, Ken'ichi; MAKRIDOU, Georgia & DOUMPOS, Michalis (2020), "Evaluating environmental performance using data envelopment analysis: The case of european Countries", *Journal of Cleaner Production*, Vol.272; 1-13.
- ÖZKAN, Mustafa & ÖZCAN, Ayşe (2018), "Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Seçilmiş Çevresel Göstergeler Üzerinden Bir Değerlendirme: OECD Performans İncelemesi", *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32); 485-508.
- PARAJULI, Jitendra & HAYNES, Kingsley.E. (2013), "Efficient and Super-efficient Use of Broadband by U.S. States", 23rd Pacific Conference of the Regional Science Association International Bandung, Indonesia, July 2-4, pp.1-27.
- SİONG, Ho C. & HUSSEİN, Muhammad Z.S. (2008), "Modeling Urban Quality of Life With Data Envelopment Analysis Methods", (Research Result Report), Universiti Teknologi Malaysia, VOT78513, Malaysia.
- WANG, Lei; XU, Linyu & SONG, Huimin (2011), "Environmental Performance Evaluation of Beijing's Energy Use Planning", *Energy Policy*, Vol.39(6); 3483-3495.
- XU, Bing & OUENNİCHE, Jamal (2012), "A data envelopment analysis-based framework for the relative performance evaluation of competing crude oil prices' volatility forecasting models", *Energy Economics*, 34; 576-583.
- TEKTÜFEKÇİ, Fatma & KUTAY, Nilgün (2016), "The Relationship Between EPI and GDP Growth: An Examination on Developed and Emerging Countries", *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 12(5); 268-276.
- TYTECA, Daniel (1996), "On The Measurement Of The Environmental Performance Of Firms- A Literature Review And A Productive Efficiency Perspective", *Journal of Environmental Management*, Vol.46(3); 281-308.
- TYTECA, Daniel; CARLENS, Jerome; BERKHOUT, Frans; HERTİN, Julia; WEHRMEYER, Walter & WAGNER, Marcus (2001), "Corporate Environmental Performance Evaluation : Evidence From The MEPI Project", *Business Strategy and The Environment*, 11(1): 1-13.
- YANG, Jiaoping & ZHAO, Hongxia (2010), "Fuzzy Super-Efficiency DEA Model and Its Application: Based on Fuzzy Structured Element", *Fuzzy Information and Engineering 2010, Advances in Intelligent and Soft Computing*, 78; 345-351.
- YAŞAR, Feyzi (2019), "Veri Zarflama Analizi ile Bıst100'de İşlem Gören İmalat İşletmelerinin Etkinliklerinin Ölçümü", Doktora Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzincan.
- <https://epi.yale.edu/downloads/epi2022report06062022.pdf> (2022 EPI RAPORU-Erişim Tarihi: 01.09.2023).