

---

## VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE OECD ÜLKELERİNİN ÇEVRE PERFORMANSININ İNCELENMESİ

---

Esra ÖZKAN AKSU<sup>1</sup>

Cevriye TEMEL GENCER<sup>2</sup>

### Öz

Bir ülkenin çevre performansı sadece kendisi ile ilgili olmayan komşuları ve dünyanın kalanını da ilgilendiren ortak konudur. Dolayısıyla çevre kirliliği de sadece bir ülkenin problemi değildir ve her ülkeye kirliliğin önlenmesi bakımından benzer görevler düşmektedir. Yerel eylemler küresel çevre değişikliğine yol açmakta, ulusal politikalar ülke sınırlarının ötesinde etki göstermektedir ve kısa dönemli kararlar sıklıkla kalıcı sonuçlar doğurmaktadır. Çevre sağlığı insan refahının merkezinde yer aldığından, bu çalışmanın amacı, çevre meselelerindeki küresel sinerjileri yansıtarak bu gerçekleri tasvir eden güncel Çevre Performans İndeksi verileri ile OECD ülkelerinin çevre performanslarını analiz etmek ve Türkiye'nin bu ülkeler arasındaki durumunu incelemektir. Analizde birden çok çıktı değişkenine yer verildiğinden, performans etkinliklerinin hesaplanmasında Veri Zarflama Analizi kullanılmıştır. Verinin etkinlik analizi için EMS 1.03 paket programı kullanılmış ve çıktı değişkenleri kontrol edilmek istendiğinden çıktı yönlü CCR modeli ele alınmıştır. Etkin olan ve olmayan ülkeler için analizler yapılarak önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca çevre performans indeksleri ile etkinlik sonuçlarının karşılaştırılması sağlanmıştır.

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

**JEL Sınıflandırması:** C12, C81, Q50

---

## INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF OECD COUNTRIES BY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

---

### Abstract

The environmental performance of a country is a common issue that is not only related to itself, it also concerns country's neighbors and the rest of the world too. Therefore, environmental pollution is not the problem of only one country too, and similar tasks fall to each country to prevent pollution. Local actions lead to global environmental change, national policies have an impact beyond the borders of the country, and short-term decisions often have lasting consequences. Because of environmental health is at the center of human prosperity, the aim of this study is to analyze the environmental performance of OECD countries and to examine the situation of Turkey among these countries, using the current Environmental Performance Index data that reflects global synergies in environmental issues and describes these truths. Since more than one output variables are included in the analysis, Data Envelopment Analysis has been used to calculate performance efficiencies. The EMS 1.03 package program has been used for efficiency analysis of data, and the output-oriented CCR model has been handled since output variables are wanted to be controlled. Analyses have been made for effective and ineffective countries and suggestions have been given. In addition, comparison of environmental performance indices and efficiency results has been provided.

**Keywords:** Data Envelopment Analysis, Environmental Performance Index, Efficiency

**JEL Classification:** C12, C81, Q50

---

<sup>1</sup> Arş. Gör., Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, ozkanesra@gazi.edu.tr

<sup>2</sup> Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, ctemel@gazi.edu.tr

## 1. Giriş

İlkel toplum, tarım toplumu, sanayi toplumu ve devamında bilgi toplumu olarak gelişim gösteren insanlığın bu gelişme süreci, üretim toplumundan tüketim toplumuna dönüşümü beraberinde getirmiştir. Tüketim toplumu, artan nüfusla birleşince doğal kaynakların aşırı tüketimi ve çevre sorunlarının ortaya çıkması ile karşı karşıya kalmıştır. Hızlı ve plansız sanayileşme bu ciddi olumsuzluklarla birleşince çevre kirliliği ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bütün bunların doğal sonucu olarak su, toprak ve hava kirliliği artmış ve canlıların sağlığını tehdit edici boyutlara ulaşmıştır.

Çevre sorunlarının küresel bir boyut kazanmasıyla çevre kirliliğinin önlenmesi için devletler tarafından etkili yasalar çıkarılmış, kurulan sivil toplum kuruluşlarının sayısı artmış ve çevrenin korunması için çeşitli çalışmalar başlatılmıştır. 1972 Stockholm Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı, 1992'de Rio de Janeiro'da yapılan ve Dünya Zirvesi olarak anılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı ve 2002'de Johannesburg'daki Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi çevre sorunları ile ilgili yapılan küresel konferanslardandır. Bu konferanslarda çevre sorunlarını önleyici yaklaşım olan sürdürülebilir kalkınmanın hayata geçirilebilmesi için politik yaklaşımlar ele alınmıştır. 2015 yılının Aralık ayında 195 ülkenin katılımıyla gerçekleşen Paris İklim Zirvesi'nde ise fosil yakıtlardan, kömür, petrol ve doğalgazdan uzaklaşmayı, sera gazlarını azaltmayı öngören bir uzlaşma sağlanmıştır.

Ülkeler ve kuruluşlar, kirliliği azaltmak ve yaşam kalitesini sürdürülebilir bir şekilde geliştirmek için oluşturdukları politikaları ve sürdürülebilir performansları değerlendirmek için farklı indeksler kullanırlar. Bunlar çevre ile ilgili politika amaçlarına ne kadar yaklaşıldığının bir göstergesidir. Bu doğrultuda birçok sürdürülebilirlik indeksi geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları; Ekolojik Ayak İzi (EF), Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksi (ESI), Sürdürülebilirlik Gösterge Tablosu (DS), Sürdürülebilir Ekonomik Refah İndeksi (ISEW), Kentsel Gelişmişlik İndeksi (CDI), İnsani Sürdürülebilir Gelişim İndeksi (HSDI), Yaşayan Gezegen İndeksi (LPI), Sürdürülebilir Toplum İndeksi (SSI), Refah İndeksi (WI) ve Çevre Performans İndeksi (EPI)'dir (Tektüfekçi ve Kutay, 2016:269). Bu indekslerin her biri farklı metodolojiler sunmaktadır ve ülkelerin çevresel performanslarını farklı yaklaşımlarla ölçmeyi hedeflemektedir.

Çevresel indekslerden biri olan EPI (Environmental Performance Index - Çevre Performans İndeksi) çalışması ile ülkelerin performansları değerlendirilip yıllık raporlar yayınlanmaktadır. Çalışma kapsamında ülkelerin iki öncelikli konu olan insan sağlığının korunması ve ekosistemlerin korunması konularında performansları sıralanmaktadır. Yale Üniversitesi, Kolombiya Üniversitesi Uluslararası Yer Bilimleri Bilgi Ağı Merkezi (CIESIN) ve Dünya Ekonomik Forumu işbirliğiyle her iki yılda bir yapılan çalışmada dünya ülkeleri çevreyle ilgili 9 ana kategori ve 19 alt kategoride değerlendirilmektedir. EPI ve alt kategorilerini hesaplamak için gelen veriler, ülkelerin devlet dairelerinden, uydulardan, izleme istasyonlarından, Birleşmiş Milletler ve diğer uluslararası kurumlardan gelen güvenilir, bilimsel ve kamuya açık verilerden oluşmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, çevre meselelerindeki küresel sinerjileri yansıtan ve bu gerçekleri gösteren güncel EPI verilerini kullanarak OECD ülkelerinin çevre performanslarını analiz etmek ve Türkiye'nin bu ülkeler arasındaki durumunu incelemektir. Analizde birden çok çıktı değişkenine yer verildiğinden, performans etkinliklerinin hesaplanmasında VZA (Veri Zarflama Analizi) kullanılmıştır. Verinin etkinlik analizi EMS 1.03 paket programı ile yapılmış olup çıktı değişkenleri kontrol edilmek istendiğinden çıktı yönlü CCR modeli ele alınmıştır. Çalışma kapsamında ülkelerin etkinlik değerleri, etkin olmayan ülkelerin etkin olabilmesi için gerçekleştirmeleri gereken hedef değerler ve potansiyel iyileştirme oranları hesaplanmıştır. Ayrıca süper etkinlik modeli yardımıyla etkin olan OECD ülkelerinin kendi aralarındaki etkinlik sıralamaları da belirlenmiştir. Süper etkinlik modelinin EMS'den elde edilen sonuçları ile veride bulunan EPI değerlerine göre elde edilen sıralamalar ve skorlar kendi aralarında SPSS 15.0 programı yardımıyla karşılaştırılmıştır.

## 2. Literatür Özeti

VZA ilk olarak (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978) tarafından Amerika Birleşik Devletleri'ndeki devlet okullarının etkinliklerini ölçmede kullanılmıştır ve önerilen ilk ve en temel VZA modelidir (Kutlar ve Babacan, 2008). CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) modeli, ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında teknik etkinliği ve ölçek etkinliğini tek bir değer olarak hesaplamaktadır. Zaman içerisinde model geliştirilmiştir. Banker, Charnes ve Cooper tarafından 1984 yılında ortaya atılan BCC modelinde ölçüğe göre değişken getiri varsayımı vardır (Banker ve diğerleri, 1984).

Bir matematiksel programlama modeli olan VZA parametrik olmayan bir yöntem olduğu için girdilerle çıktılar arasında fonksiyonel bir bağlantı olması yaklaşımına gerek duymaz. Özellikle çok sayıda girdi ya da çıktının, ağırlıklı bir girdi ya da çıktı setine dönüştürülemediği durumlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Ulucan, 2002:186). Girdiler ve çıktıların çok farklı birimlere sahip olabilmesi VZA'nın avantajlarından biridir. Ayrıca kullanılan değişkenlerin ağırlıkları ile ilgili subjektif yorum yapmayı gerektirmez. Çünkü bu metotta, ağırlıklar modelin kendisi tarafından objektif olarak belirlenmektedir.

VZA uygulamalarında izlenmesi gereken adımlar özetle şu şekildedir:

- Karar verme biriminin seçilmesi ve tanımlanması,
- Göreceli etkinliğin değerlendirilmesi için uygun girdi ve çıktıların belirlenmesi,
- Verilerin elde edilmesi,
- Veriye uygun modelin seçilmesi ve analizin yapılması,
- Sonuçların yorumlanması.

VZA'nın kullanıldığı alanlara tarım, sağlık hizmetleri, kamu, madencilik, taşımacılık, eczacılık örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca bilgisayar paket programlarının da gelişmesiyle birlikte okul, üniversite, restoran, havaalanı, hapisane, posta servisi, hastane, banka şubelerinin etkinliklerinin incelenmesi veya ülkelerin ve bölgelerin kaynak kullanım etkinliklerinin karşılaştırılması ile ilgili çalışmalar da yapılmıştır (Önsoy, 2013:33). Bu alanlar dışında çevresel performans değerlendirmesini konu alan çalışmalarda da özellikle çevrenin korunması konusunun öneminin artmasıyla birlikte VZA kullanımı artmıştır.

Tyteca çalışmasında çevresel verimsizliklerin nedenlerinin analizine yer vermiş ve 'çevresel performans' ile endüstriyel faaliyetlerin sağlık ve çevre üzerindeki gerçek küresel etkisi arasındaki ilişki üzerine bir literatür taraması yapmıştır (Tyteca, 1996).

Jung, Kim ve Rhee, kurumsal çevre performansının bir ölçümünü ve bunun petrol firmalarındaki etkinlik analizine uygulanmasını ele almışlardır. Çalışmada firmaların çevresel performansını ölçmek için, genel çevre yönetimi, girdi, süreç, çıktı ve sonuç olmak üzere beş kategoriden oluşan 'Gscore' adlı bir çerçeve önerilmiştir (Jung, Kim ve Rhee, 2001).

Joumard ve diğerleri çalışmalarında OECD ülkeleri için toplumun sağlık durumu üzerinde yaşam tarzı, çevre ve sağlık kaynaklarının etkinliğini konu almışlardır (Joumard ve diğerleri, 2008). Kortelainen çalışmasında dinamik çevresel performans analizi için genel bir çerçeve sunmuştur. Bu amaçla, sınır verimliliği teknikleri ve bir Malmquist indeks yaklaşımı uygulayarak bir EPI oluşturulmuştur. Bu yöntemlere dayanan diğer dinamik çevresel verimlilik ve etkinlik analizi yaklaşımlarıyla karşılaştırıldığında, yaklaşımın ekolojik ekonomi literatüründe sunulduğu şekliyle eko-verimliliğin standart tanımına dayandığını belirtmiştir (Kortelainen, 2008). Siong ve Hussein, CCR modelini kullanarak Malezya'da kentsel yaşam kalitesi açısından dört ilin performansını karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmalarda kullanılan göstergeler; demografik, iktisadi, kamusal olanaklar, çevresel ve sosyal etkenler, toprak kullanımı, kentsel tasarım, taşıma ve erişilebilirlik, finans ve yönetim gibi çok çeşitli alanlardan seçilmiştir (Siong ve Hussein, 2008).

Li ve diğerleri yaptıkları çalışmada, iktisadi büyüme ve etkinlik, çevresel yapı ve altyapı, çevresel koruma, sosyal ve refah iyileşmelerini içeren kentsel sürdürülebilir kalkınmanın 52 göstergesinden oluşan bir sistem geliştirmişlerdir (Li ve diğerleri, 2009).

Yu ve Wen Çin'deki şehirlerin kentsel çevresel sürdürülebilirliğini VZA ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada su ve enerji kaynaklarından hareketle kentlerin iktisadi ve çevresel durumları analiz edilmiştir (Yu ve Wen, 2010).

Mastercard Worldwide ve Boğaziçi Üniversitesi'nin ortaklaşa yaptıkları Türkiye'nin Şehirleri Sürdürülebilirlik Araştırması'nda, bileşik indeks yaklaşımıyla sürdürülebilirlik indeksi oluşturulmuştur. Bu indeks değeri iktisadi, sosyal ve çevresel performans olmak üzere üç ana indeksten oluşmaktadır. Çalışma sonucuna göre sürdürülebilirlik açısından ilk beş kentin sıralaması şu şekildedir: Ankara (69), İstanbul (67), İzmir (67), Eskişehir (60) ve Kocaeli (58). Son beş sırada ise Mardin (28), Ağrı (26) Şırnak (26), Muş (25) ve Hakkâri (24) bulunmaktadır. Halıcıoğlu (2011) sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerin ele alındığı 1965-2005 yıllarını kapsayan periyod için window analizi kullanarak Türkiye'deki yaşam beklentisini modellemeyi amaçlamıştır (Mastercard Worldwide ve Boğaziçi Üniversitesi, 2011).

Meng ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada çevresel performansı ölçmek için statik ve dinamik bir EPI değerinden oluşan radyal VZA yaklaşımı önerilmiştir. Statik EPI, arzu edilmeyen çıktıları azaltmak için radyal olmayan bir etkinlik ölçüsünün, arzu edilen çıktıları artırmak için olan etkinlik ölçüsüne oranı olarak tanımlanmıştır. Önerilen radyal VZA yaklaşımı 1998'den 2009'a kadar Çin'in farklı illerinde sanayi sektörlerinin çevresel performansını modellemek için uygulanmıştır (Meng ve diğerleri, 2013).

Picazo-Tadeo ve diğerleri (Kortelainen, 2008)'in daha önceki çalışmasına dayanarak, çevre verimliliği ve çevresel teknik değişiklikler sonucunda belirli kirleticilerin yönetim seviyesinde zamanlararası çevresel performans değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım önermişlerdir. Bunu yaparken, VZA teknikleri, yönlü mesafe fonksiyonları ve Luenberger verimlilik göstergelerini kullanmışlardır. Çalışmada, hava kirleticileri arasında bazı farklılıklar olmasına rağmen, çevre performansının ekolojik verimlilik artışlarından ziyade çevresel teknik değişiklikler tarafından artırılmış olması sonucuna varılmıştır. Buna göre, Avrupa ülkelerinde sera gazı emisyonlarına ilişkin çevresel performansın iyileştirilmesi için çevre verimliliğini artırmaya yönelik politikalar önerilmiştir (Picazo-Tadeo ve diğerleri, 2014).

Beltrán-Esteve ve Picazo-Tadeo 1995 ve 2009 yılları arasında 38 ülkenin ulaşım endüstrisinde meydana gelen çevresel performansındaki değişimi analiz etmişlerdir. VZA teknikleri ve yönlü mesafe fonksiyonları, çevresel performansın ve belirleyicilerinin (eko inovasyondan kaynaklanan çevresel teknik değişiklikler ve mevcut en iyi çevresel teknolojilerin yakalanması) değişimi için Luenberger verimlilik göstergelerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Çalışmanın temel bulguları, 1990'lı yıllardan başlayarak, öncelikle eko-yeniliklerin bir sonucu olarak, çevresel performansda gözle görülür bir iyileşme olduğunun gösterilmesidir. Düşük ve orta gelirli ekonomilerde, çevreyle ilgili teknik ilerleme ile desteklenerek belirgin şekilde daha büyük olmuştur. Bu sonuçlar özellikle daha gelişmiş ülkelerde mevcut en iyi teknolojileri yakalamayı teşvik etmeyi amaçlayan politikalara olan ihtiyacı ortaya koymuştur (Beltrán-Esteve ve Picazo-Tadeo, 2015).

Tektüfekçi ve Kutay, 7 tane gelişmiş 7 tane de gelişmekte olan ülkeler için EPI ile Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir (Tektüfekçi ve Kutay, 2016). Lundgren ve Zhou çalışmalarında firma performansının üç boyutlu (verimlilik, enerji etkinliği ve çevresel performans) arasındaki etkileşimleri analiz etmiş ve özellikle çevre yönetiminin rolü üzerinde durmuşlardır. Malmquist firma performans indekslerini hesaplamak için VZA tekniği uygulanmış ve firma performansının ve çevre yatırımının üç boyutu arasındaki dinamik ve nedensel ilişkiyi araştırmak için bir panel vektörü otomatik regresyon metodolojisi kullanılmıştır. Sonuçlar, enerji etkinliğinin ve çevresel performansın bütünleştiğini, enerji etkinliği ile üretkenliğin birbirlerini güçlendiklerini ve daha verimli enerji kullanımı maliyet tasarrufu özelliğinin olduğunu göstermiştir (Lundgren ve Zhou, 2017).

### 3. Veri Seti ve Yöntem

Çalışmanın bu bölümünde verilerin kaynağı, değişkenlerin açıklamaları, kullanılan modelin özelliği ve modeldeki girdi ve çıktılar detaylandırılmıştır.

#### 3.1. Veri Seti

Uygulamada kullanılan veriler, Yale Üniversitesi ve Kolombiya Üniversitesi Uluslararası Yer Bilimleri Bilgi Ağı Merkezi (CIESIN) tarafından yapılan sürdürülebilir çevre grubu çalışmasından alınmıştır (Yale University ve Columbia University, 2016).

Verinin genel yapısı Şekil 1'deki gibidir (Hsu vd., 2016:27). Veri toplamda 180 ülkenin çeşitli çevresel performans göstergelerinin 100 üzerinden değerlendirilmesi üzerinedir.

Şekil 1: Kullanılan Verinin Genel Yapısı



Kaynak: Hsu vd., 2016:27.

Şekil 1'de de görüldüğü gibi Çevre Sağlığı ve Ekosistem Canlılığı, EPI konu alanlarına ve göstergelerine bir şemsiye sağlayan 2016 EPI'nin iki ana hedefidir. Bu iki hedef; Tarım, Hava Kalitesi, Biyolojik Çeşitlilik ve Yaşam Alanı, İklim ve Enerji, Ormanlar, Su ve Sanitasyon, Su Ürünleri, Sağlık Etkileri ve Su Kaynakları gibi yüksek öncelikli çevre politikası konularını kapsayan dokuz konu kategorisine ayrılmıştır. Konu kategorileri kapsamlıdır fakat ayrıntılı değildir. Ülke düzeyinde verilerden hesaplanan ve bu 9 konu kategorisinin altında bulunan 19 gösterge, konu kategorilerinin temelini oluşturmaktadır. Tablo 1'de verinin tamamına ilişkin bu başlıklar ve 2016 yılında yapılan EPI çalışmasında kullanılan performans değerlendirme yapısı verilmiştir (Yale University ve Columbia University, 2016). Çevresel performansın değerlendirilmesinde kullanılan; amaç, kategori

ve göstergelerin ağırlıkları yıllara göre değişebilmektedir. Bu ağırlıklar; her bir amaç, kategori veya göstergenin sadece kendi seviyesindeki yüzde dağılımını içerecek şekildedir. EPI skorları (Hsu vd., 2016:28)'nin raporuna göre ham veri setlerinin; nüfusa, arazi alanına, gayri safi yurtiçi hasılaya ve diğer ortak ölçüm birimlerine göre standartlaştırılarak karşılaştırılabilir performans göstergelerine dönüştürülmesi ve normalize edilmesi ile hesaplanmaktadır.

Tablo 1: EPI Hesaplanmasına İlişkin Başlıklar ve Yüzdeleri

Amaç	Kategori	Gösterge	
Çevre Sağlığı (%50)	Sağlık Etkileri (%33)	Çevresel Riske Maruz Kalma (%100)	
	Hava Kalitesi (%33)	Kapalı Mekân Hava Kalitesi (%30)	
		Hava Kirliliği - Ortalama 2.5PM'e Maruz Kalma (%30)	
		Hava Kirliliği - 2.5 PM Aşımı (%30)	
Su ve Sanitasyon (%33)	Güvenli Olmayan Sağlık Önlemleri (%50)		
Ekosistem Canlılığı (%50)	Su Kaynakları (%25)	İçme Suyu Kalitesi (%50)	
	Tarım (%10)	Atık su Arıtımı (% 100)	
		Azot Kullanma Verimliliği (%75)	
	Ormanlar (%10)	Azot Dengesi (%25)	
		Orman Örtüsündeki Değişim (%100)	
	Su Ürünleri (%5)	Balık Stokları (%100)	
		Biyolojik Çeşitlilik ve Yaşam Alanı (%25)	Karasal Koruma Alanları (Ulusal Ağırlıkları) (%20)
			Karasal Koruma Alanları (Global Ağırlıkları) (%20)
			Deniz Koruma Alanları (%20)
	Türlerin Korunması (Ulusal) (%20)		
İklim ve Enerji (%25)	Türlerin Korunması (Global) (%20)		
	Karbon Yoğunluğundaki Eğilim (%75)		
		KWH başına CO <sub>2</sub> Emisyonundaki Eğilim (%25)	

Kaynak: Yale University ve Columbia University, 2016.

2 yılda bir yapılan EPI çalışmalarında EPI skorlarının hesaplanmasında kullanılan yüzdeler her hesaplama yılında değişebilmektedir. Tablo 1'deki yüzdeler 2016 yılındaki çalışmaya aittir. EPI çalışmalarında bunların belirlenmesinde herhangi bir yöntem kullanılmadığından, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde Tablo 1'deki yüzdeler ile elde edilen EPI skorlarının VZA kullanılarak bulunan etkinlik skorları ile karşılaştırılması sağlanmıştır. VZA'da her bir değişkenin ağırlığı ilgili KVB (karar verme birimi) için model ile bulunmakta ve her bir KVB için değişken ağırlıkları farklılık gösterebilmektedir.

### 3.2. Kullanılan Değişkenler

Veri setinde bulunan ve Tablo 1'de verilen 9 kategorinin verileri eksiksiz olan 7 tanesi çıktı değişkeni olarak alınmıştır. 'Ormanlar' ve 'Su Ürünleri' başlıklı kategoriler eksik verileri gözlemlendiğinden analizden çıkarılmıştır. Bu kategorilerin birer çıktı değişkeni olarak kullanılmasının nedeni her ülkenin bu kategorilere ilişkin değerlerini belli girdiler ile elde etmiş olmasıdır. Bu girdi değerleri bilinmediği için modelin girdisi sanal bir girdidir ve bütün KVB'ler için 1 olarak alınmıştır. Bu varsayım ile çıktı yönlü CCR modeli kullanılmıştır. Bunun nedeni çalışmada girdiler sabitken çıktıların ne oranda artırılması gerektiğinin incelenmesidir. Diğer bir ifadeyle ülkelerin çevre konusundaki etkinliklerinin iyileştirilmesinde, indeks değerlerini ne oranda artırmaları gerektiğini belirlemektir.

EPI skorlarını değerlendirmede kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 2'de açıklamaları ile birlikte verilmiştir. Model, 1 sanal girdi ve 7 çıktı değişkeninden oluşmaktadır.

Modelin çıktıları oluşturan değişkenler, çevre sağlığı ve ekosistem canlılığı olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Çevre sağlığını oluşturan değişkenler; 'Sağlık Etkileri', 'Hava Kalitesi', 'Su ve Sanitasyon' iken ekosistem canlılığını oluşturan değişkenler ise 'Su Kaynakları', 'Tarım', 'Biyolojik Çeşitlilik ve Yaşam Alanı', 'İklim ve Enerji'dir.

Tablo 2: Modelde Kullanılan Değişkenler ve Açıklamaları

Model	Değişkenler	Açıklamalar
Çıktılar	Sağlık Etkileri	Çevresel riske maruz kalma
	Hava Kalitesi	Ev havasının kalitesi ve Hava kirliliğini oluşturan ortalama 2.5PM'e maruz kalma, 2.5PM aşımı, ortalama azot oksite maruz kalmadan oluşmaktadır.
	Su ve Sanitasyon	Güvenli olmayan sağlık önlemleri ve içme suyu kalitesi
	Su Kaynakları	Atık su arıtma oranı
	Tarım	Azot girdilerinin çıktılara oranı ve topraktaki aşırı azotun ölçülmesi
	Biyolojik Çeşitlilik ve Yaşam Alanı	Ulusal ve küresel karasal koruma alanları, deniz koruma alanları, ulusal ve küresel türlerin korunması
	İklim ve Enerji	2002-2006 arasındaki birim GSYİH başına CO <sub>2</sub> emisyonundaki değişim performansı ve elektrik, ısı tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonundaki değişim
Girdi	Sanal olarak oluşturulan girdi	Bütün karar verme birimleri için sabit ve 1 olarak alınmıştır

### 3.3. Model

Çalışmada, girdiler üzerinde kontrol olmadığından ve 100 üzerinden alınan indeks değerlerinden oluşan çıktı skorlarının maksimize edilmesi KVB'lerin etkinliği için önem arz ettiğinden çıktı yönlü CCR modeli kullanılmıştır.

$j$  karar noktası için  $n$  adet çıktı ve  $m$  adet girdi bulunmakta ise model şu şekildedir; ( $u_n$ :  $n$ . çıktının ağırlığı,  $y_n$ :  $n$ . çıktının miktarı,  $v_m$ :  $m$ . girdinin ağırlığı,  $x_m$ :  $m$ . girdinin miktarı)

$$Enkg_j = \sum_{i=1}^m v_i x_i \quad (1)$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_r = 1 \quad (2)$$

$$-\sum_{r=1}^n u_r y_r + \sum_{i=1}^m v_i x_i \geq 0 \quad (3)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (4)$$

Modelde (1) numaralı amaç fonksiyonu ile etkinliği hesaplanmak istenilen KVB'lerin, girdilerinin ağırlıklı ortalamasının minimum yapılması amaçlanmıştır. (2) numaralı kısıt ile etkinliği hesaplanmak istenilen KVB'nin çıktılarının ağırlıklı ortalamasının 1 olması sağlanmıştır. (3) numaralı kısıt bütün KVB'ler için çıktılarının ağırlıklı ortalamasının girdilerin ağırlıklı ortalamasından küçük olmasını sağlamıştır. (4) numaralı kısıt ise ağırlıkların sıfırdan büyük olmasını sağlamaktadır.

Bu modelde çıktı/girdi oranı her bir KVB için en az 1 olabilmektedir. Böylece bir KVB için optimum çıktı ortalamasının en az 1 olması sağlanır. Tanımlanan model bütün karar noktaları için uygulanmalıdır. Model her bir karar noktası için çözüldüğünde her bir karar noktası için toplam etkinlik ölçütleri elde edilmiş olmaktadır.

### 4. Uygulama

Verinin etkinlik analizi için EMS paket programının 1.03 versiyonu kullanılmıştır. Programa yüklenebilmesi için öncelikle veride düzenlemeler yapılmıştır. Veri setindeki 180 ülkeden 35 OECD ülkesine ilişkin veriler çekilmiş ve KVB'ler olarak alınmıştır.

$3 * (\text{Girdi sayısı} + \text{Çıktı sayısı}) + 1 = 3 * (1 + 7) + 1 = 25$  olduğundan ve KVB sayısı  $35 > 25$  olduğundan analiz için yeterli KVB bulunmaktadır. KVB'lerin girdi ve çıktılara göre aldıkları değerler Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3: Uygulamada Kullanılan KVB'lerin Girdi ve Çıktılara Göre Aldığı Değerler

NO	KVB	Girdi {}	Sağlık Etkileri {O}	Hava Kalitesi {O}	Su ve Sanitasyon {O}	Su Kaynakları {O}	Tarım {O}	Biyolojik Çeşitlilik ve Yaşam Alanı {O}	İklim ve Enerji {O}
1	ABD	1	94,34	89,73	99,17	84,16	99,40	79,35	80,88
2	Almanya	1	84,60	69,88	99,50	98,59	68,35	100	78,19
3	Avustralya	1	100	96,13	100	97,88	83,90	87,18	62,81
4	Avusturya	1	87,04	72,19	100	97,16	99,70	93,33	78,76
5	Birleşik Krallık	1	95,26	86,78	99,50	98,94	61,28	98,98	84,53
6	Belçika	1	76,74	60,91	99,64	94,99	66,13	100	80,59
7	Çek Cumhuriyeti	1	81,51	61,99	98,93	88,98	98,18	100	91,23
8	Danimarka	1	96,19	86,98	99,71	95,72	96,63	97,60	88,67
9	Estonya	1	97,44	92,90	95,44	90,90	100	100	76,58
10	Finlandiya	1	99,35	93,77	98,57	93,52	85,89	96,93	90,20
11	Fransa	1	88,25	82,43	99,22	92,41	98,79	99,52	80,12
12	Güney Kore	1	65,93	45,51	95,11	93,15	57,80	69,34	62,39
13	Hollanda	1	80,57	69,32	98,65	99,65	61,66	90,38	75,43
14	İrlanda	1	98,39	94,39	94,02	84,99	75,76	90,51	91,19
15	İspanya	1	92,50	91,27	99,93	97,52	78,20	96,73	81,83
16	İsrail	1	67,80	70,50	100	96,80	46,36	71,29	82,23
17	İsveç	1	99,03	93,26	99,57	96,08	100	88,76	92,73
18	İsviçre	1	79,31	72,09	99,93	98,23	94,06	90,43	82,53
19	İtalya	1	76,09	72,75	99,64	92,78	88,16	98,96	79,35
20	İzlanda	1	99,68	97,04	99,29	88,20	88,89	66,04	96,40
21	Japonya	1	82,13	77,63	100	87,01	51,74	93,25	59,22
22	Kanada	1	94,64	91,16	99,65	89,75	95,68	74,5	74,59
23	Letonya	1	93,11	88,77	91,11	96,44	83,08	97,81	83,19
24	Lüksemburg	1	85,52	82,54	98,57	99,30	54,60	100	74,05
25	Macaristan	1	82,75	67,30	95,62	84,58	100	100	91,08
26	Meksika	1	72,40	79,55	80,79	80,32	79,14	78,66	54,90
27	Norveç	1	100	94,59	98,86	93,89	63,01	82,20	57,12
28	Polonya	1	81,20	65,54	94,89	87,41	82,66	99,76	88,91
29	Portekiz	1	96,50	93,36	99,79	85,40	100	95,78	90,82
30	Slovakya	1	82,44	70,74	98,12	86,21	91,37	100	90,78
31	Slovenya	1	88,86	78,26	97,83	87,8	92,05	100	82,20
32	Şili	1	96,81	88,40	94,47	94,26	41,21	75,15	40,29
33	Türkiye	1	74,43	79,30	85,06	78,99	87,04	22,53	47,77
34	Yeni Zelanda	1	97,76	95,67	100	90,52	65,32	92,75	83,69
35	Yunanistan	1	80,89	87,01	99,36	92,03	100	94,82	69,64

Tablo 3'teki veriler incelendiğinde çıktı değişkenlerinin değerlerinin 100 üzerinden alınan indeks değerleri olduğu görülebilmektedir. Bu veriye uygulanan çıktı yönlü CCR modeli ile ağırlıkların objektif olarak bulunması sağlanmıştır.

#### 4.1. Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri için Analizler

EMS programındaki sonuçlara göre oluşturulan etkin olmayan ülkelerin listesi Tablo 4'de görülmektedir. Bu tabloya göre toplamda 9 ülke çevre performansı bakımından etkin değildir. Tabloda etkin olmayan ülkelere dair skorlar ve etkin olabilmeleri için referans almaları gereken KVB numaraları yer almaktadır. Ayrıca referans alanındaki parantez içindeki değerler ilgili KVB'leri hangi oranlar ile referans almaları gerektiğini açıklamaktadır.



Tablo 4: Etkin Olmayan KVB'ler için Sonuçlar

Etkin Olmayan Ülkeler	Etkinlik Skoru	Referanslar
Meksika	118,08%	3 (0,32) 9 (0,37) 15 (0,06) 17 (0,25)
Türkiye	114,89%	9 (0,01) 17 (0,86) 25 (0,03) 29 (0,07) 35 (0,03)
Güney Kore	105,13%	3 (0,86) 18 (0,14)
Şili	103,30%	3 (0,99) 27 (0,01)
Polonya	100,24%	2 (0,02) 6 (0,01) 7 (0,73) 9 (0,05) 24 (0,02) 25 (0,04) 30 (0,09) 31 (0,04)
Kanada	100,22%	3 (0,25) 4 (0,13) 29 (0,62)
ABD	100,60%	9 (0,00) 17 (0,06) 25 (0,00) 29 (0,93) 35 (0,00)
İrlanda	100,09%	10 (0,77) 20 (0,20) 34 (0,03)
Letonya	100,09%	5 (0,23) 8 (0,36) 9 (0,10) 15 (0,31)

Türkiye için Tablo 4'teki sonuçlar yorumlandığında, çevre performansı açısından etkin bir ülke olabilmesi için çıktılarını %14,89 oranında artırması gerektiği ya da etkin olan ülkelerden Estonya, İsveç, Macaristan, Portekiz ve Yunanistan'ı referans alması gerektiği sonucuna varılır. Bu ülkeleri referans alma oranları sırası ile (0,01), (0,86), (0,03), (0,07) ve (0,03)'tür. %86 ile en fazla örnek alması gerektiği ülkenin İsveç olduğu görülmektedir.

Tablo 4'e göre ayrıca Türkiye çıktı değişkenlerinden örneğin 'Su Kaynakları' ile ilgili performans indeksini;  $(Türkiye\ Çıktı\ Değeri) * (Türkiye\ Etkinlik\ Skoru) + (Su\ Kaynakları\ Artık\ Değeri) = (78,99) * (1,1489) + 4,03 = 94,8$  ya da;  $(Estonya\ Çıktı\ Değeri) * (Estonya\ Referans\ Oranı) + (İsveç\ Çıktı\ Değeri) * (İsveç\ Referans\ Oranı) + (Macaristan\ Çıktı\ Değeri) * (Macaristan\ Referans\ Oranı) + (Portekiz\ Çıktı\ Değeri) * (Portekiz\ Referans\ Oranı) + (Yunanistan\ Çıktı\ Değeri) * (Yunanistan\ Referans\ Oranı) = (90,9) * (0,01) + (96,08) * (0,86) + (84,58) * (0,03) + (85,4) * (0,07) + (92,03) * (0,03) = 94,8$  yaptığı durumda etkin olması sağlanabilecektir.

Diğer çıktı değişkenleri için de aynı yöntem uygulanabilmekte ve bütün etkin olmayan ülkeler bu iki yöntemle etkin olabilmeleri için çıktılarını ne oranda artırmaları gerektiğini görebilmektedirler.

#### 4.2. Etkin Karar Verme Birimleri için Analizler

Program sonuçlarına göre oluşturulan etkin ülkelerin listesi Tablo 5'teki gibidir. Bu tabloda etkin olan 26 ülkeye dair skorlar ve kaç adet ülkeye referans olduklarını belirten bilgiler yer almaktadır. Çevre performansı açısından etkin olan bütün KVB'lerin etkinlik skorlarının beklendiği gibi %100 olduğu görülebilir.

Tablo 5: Etkin KVB'ler için Sonuçlar

Etkin Ülkeler	Etkinlik Skoru	Referanslar	Etkin Ülkeler	Etkinlik Skoru	Referanslar
Almanya	100,00%	1	İsveç	100,00%	3
Avustralya	100,00%	5	İsviçre	100,00%	1
Avusturya	100,00%	1	İtalya	100,00%	0
Birleşik Krallık	100,00%	1	İzlanda	100,00%	1
Belçika	100,00%	1	Japonya	100,00%	0
Çek Cumhuriyeti	100,00%	1	Lüksemburg	100,00%	1
Danimarka	100,00%	1	Macaristan	100,00%	3
Estonya	100,00%	5	Norveç	100,00%	1
Finlandiya	100,00%	1	Portekiz	100,00%	3
Fransa	100,00%	0	Slovakya	100,00%	1
Hollanda	100,00%	0	Slovenya	100,00%	1
İspanya	100,00%	2	Yeni Zelanda	100,00%	1
İsrail	100,00%	0	Yunanistan	100,00%	2

Tablo 5'e göre en fazla sayıda ülkeye referans olan KVB'lerin Avustralya ve Estonya olduğu görülmektedir. Toplamda 5 ülkeye referans gösterilmektedirler. Fransa, Hollanda, İsrail, İtalya ve Japonya ise etkin olmalarına karşın hiçbir ülkeye referans olmamışlardır.

Birden çok sayıda etkin KVB olduğunda, etkin KVB'lerin kendi aralarındaki öncelik sıralaması belirlenememekte, klasik CCR ve BCC modelleri ile etkin KVB'lerin herbirine % 100'e karşı gelen "1" etkinlik skoru atanmaktadır. Dolayısıyla etkin KVB'leri de kendi aralarında sıralayabilmek için süper etkinlik modelleri kullanılmaktadır (Doğan, 2014). Bu nedenle çalışmada etkin olan 26 ülkenin kendi aralarındaki değerlendirmesini yapmak ve sıralamak için ayrıca modele süper etkinlik dâhil edilmiştir. Etkin ülkelere ilişkin süper etkinlik değerleri en etkin olandan en az etkin olana doğru Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6: Etkin Ülkelerin Süper Etkinlik Modeli ile Sıralama Sonuçları**

Etkin Ülkeler	Süper Etkinlik Skoru	Etkinler Arasındaki Sıralaması
İzlanda	96,142%	1.
İsveç	96,355%	2.
Estonya	97,091%	3.
Avustralya	97,453%	4.
Portekiz	97,871%	5.
Finlandiya	97,952%	6.
Danimarka	98,055%	7.
Birleşik Krallık	98,076%	8.
Avusturya	98,813%	9.
Macaristan	98,824%	10.
Çek Cumhuriyeti	98,877%	11.
Yeni Zelanda	98,978%	12.
İsviçre	99,068%	13.
İspanya	99,216%	14.
Fransa	99,236%	15.
Lüksemburg	99,309%	16.
Almanya	99,369%	17.
Hollanda	99,466%	18.
Slovakya	99,529%	19.
Belçika	99,813%	20.
Yunanistan	99,819%	21.
İtalya	99,909%	22.
Slovenya	99,927%	23.
İsrail	99,952%	24.
Japonya	99,999%	25.
Norveç	100,000%	26.

Tablo 6'daki sonuçlar incelendiğinde etkin KVB'lerin de kendi aralarında sıralandığı görülmektedir. Model çıktı yönlü olduğundan burada en küçük etkinlik skoruna sahip olan KVB etkin KVB'ler arasında ilk sırada yer almaktadır. Etkin ülkeler arasında en etkin ülkenin İzlanda olduğu ve İzlanda'yı İsveç ve Estonya'nın takip ettiği görülmektedir. Ayrıca etkin ülkeler arasında en son sırada Norveç bulunmaktadır. Etkin olmayan ülkelerin süper etkinlik analizi sonucu etkinlik skorları değişmemiştir. Yani bu ülkeler için süper etkinlik uygulanmadan önceki sonuçlar ile bire bir aynı sonuçlar elde edilmiştir.

#### 4.3. EMS Sonuçları ile EPI Değerlerinin Karşılaştırılması

Süper etkinlik modeli ile bütün ülkelerin etkinlik değerleri sıralanabildiğinden bu modelin EMS'den elde edilen sonuçları ile veride bulunan EPI değerlerine göre elde edilen sıralamalar ve skorlar SPSS Programı yardımıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmada programın SPSS 15.0 versiyonunda uygulama yapılmıştır. Sıralamalar karşılaştırılırken Spearman Korelasyonu; skorlar karşılaştırılırken ise Pearson Korelasyonu kullanılmıştır. Bunun için kullanılan veriye ilişkin EPI değerlerini de bulunduran sıralamalar Tablo 7'de görüldüğü gibidir.

Tablo 7: EMS Etkinlik Sıralaması ile EPI Sıralamalarının Karşılaştırılması

KVB	Süper Etkinlik Skoru	EMS Sıralaması	EPI Skoru	EPI Sıralaması
ABD	100,604%	29	84,72	22
Almanya	99,369%	17	84,26	26
Avustralya	97,453%	4	87,22	12
Avusturya	98,813%	9	86,64	15
Birleşik Krallık	98,076%	8	87,38	11
Belçika	99,813%	20	80,15	30
Çek Cumhuriyeti	98,877%	11	84,67	23
D.marka	98,055%	7	89,21	4
Estonya	97,091%	3	88,59	8
Finlandiya	97,952%	6	90,68	1
Fransa	99,236%	15	88,20	9
Güney Kore	105,131%	33	70,61	34
Hollanda	99,466%	18	82,03	27
İrlanda	100,095%	28	86,60	16
İspanya	99,216%	14	88,91	6
İsrail	99,952%	24	78,14	31
İsveç	96,355%	2	90,43	3
İsviçre	99,068%	13	86,93	13
İtalya	99,909%	22	84,48	25
İzlanda	96,142%	1	90,51	2
Japonya	99,999%	25	80,59	29
Kanada	100,221%	30	85,06	21
Letonya	100,089%	27	85,71	19
Lüksemburg	99,309%	16	86,58	17
Macaristan	98,824%	10	84,60	24
Meksika	118,080%	35	73,59	33
Norveç	100,000%	26	86,90	14
Polonya	100,241%	31	81,26	28
Portekiz	97,871%	5	88,63	7
Slovakya	99,529%	19	85,42	20
Slovenya	99,927%	23	88,98	5
Şili	103,295%	32	77,67	32
Türkiye	114,890%	34	67,68	35
Yeni Zelanda	98,978%	12	88,00	10
Yunanistan	99,819%	21	85,81	18

Öncelikle sıralamalar karşılaştırılmış ve aşağıdaki hipotezler kurulmuştur;

*H0: Ülkelerin EMS etkinlik sıralamaları ile EPI sıralamaları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.*

*H1: Ülkelerin EMS etkinlik sıralamaları ile EPI sıralamaları arasında anlamlı bir ilişki vardır.*

Söz konusu bu iki değer arasındaki ilişkinin derecesini öğrenebilmek için programda Spearman Korelasyonu kullanıldığında elde edilen sonuçlar Tablo 8'deki gibidir.

Tablo 8: EMS Sıralamaları ile EPI Sıralamaları Arasındaki Spearman Korelasyon Sonuçları

	EMS Sıralaması	EPI Sıralaması
EMS Sıralaması	1,000	0,750**
EPI Sıralaması	0,750**	1,000

\*\* Korelasyon, 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tarafli), Sig.=0.000, N=35.

Tablo 8'deki sonuçlara göre anlamlılık değeri 0,01'den küçük olduğundan (0,000 < 0,01) korelasyon katsayısı önemlidir ve H0 hipotezi yani aralarında ilişki olmadığını söyleyen hipotez reddedilir. EMS etkinlik sıralamaları ile EPI sıralamaları arasındaki Spearman korelasyon katsayısının düzeyi (derecesi)  $r = 0,750$ 'dir. Bu nedenle aralarında kuvvetli (yüksek) pozitif

korelasyon vardır. Korelasyon katsayısı pozitif olduğundan EMS etkinlik sıralamaları ile EPI sıralamaları arasındaki ilişki aynı yönlüdür.

Daha sonra sıralamalar değil de skorlar karşılaştırılarak elde edilen süper etkinlik skorları ile EPI değerleri arasındaki ilişkinin derecesi görülmüştür. Bunun için kullanılan veriye ilişkin süper etkinlik skorları ve EPI değerleri Tablo 7’de görüldüğü gibidir. SPSS programında bu analizi yapmak için öncelikle aşağıdaki hipotezler kurulmuştur;

*H0: Ülkelerin süper etkinlik skorları ile EPI değerleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.*

*H1: Ülkelerin süper etkinlik skorları ile EPI değerleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.*

Sürekli değerlere sahip olan değerler karşılaştırıldığından programda Pearson Korelasyonu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 9’da görülmektedir.

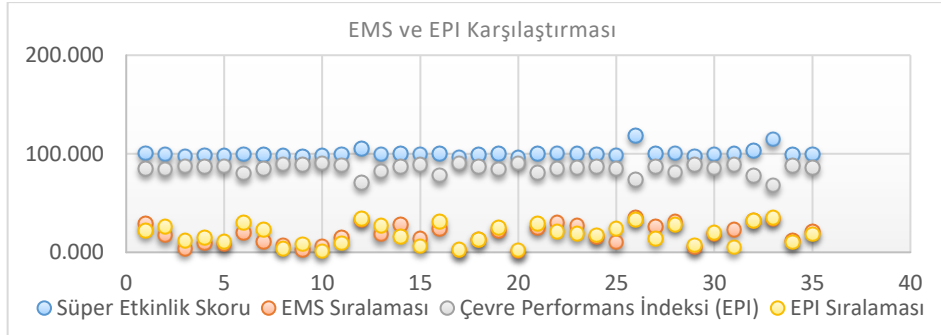
**Tablo 9: Süper Etkinlik Skorları İle EPI Değerleri Arasındaki Pearson Korelasyon Sonuçları**

	Süper Etkinlik Skoru	EPI Değeri
Süper Etkinlik Skoru	1	-0,810**
EPI Değeri	-0,810**	1

\*\* Korelasyon, 0.01 seviyesinde anlamlıdır (2-tarafli), Sig.=0.000, N=35.

Tablo 9’daki sonuçlara göre süper etkinlik skorları ile EPI değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayısı değeri -0,810’dur. Tabloda görüldüğü gibi anlamlılık değeri 0,01’den küçük olduğundan ( $0,000 < 0,01$ ) H0 hipotezi yani aralarında ilişki olmadığını söyleyen hipotez reddedilir. Bu da ülkelerin EMS etkinlik skorları ile EPI değerleri arasında -0,810 korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir ilişki olduğunu gösterir. Fakat sonucun negatif çıkması kuvvetli ilişkinin ters yönde olduğunu göstermektedir. Bunun sebebi süper etkinlik skoru en az değere sahip olan ülke en etkin olurken, EPI değerlerinde tersi bir durumun söz konusu olmasıdır. Yani EPI değeri büyük olanın etkinliği daha fazladır. Bu durum Grafik 1’de daha net olarak görülebilir.

**Grafik 1: EMS ve EPI Karşılaştırmasına İlişkin Grafik**



## 5. Sonuç

Çalışma kapsamında, Yale Üniversitesinin öncülüğünü yaptığı EPI çalışmasından elde edilen, ülkelerin ‘Çevre Performans İndeksi’lerini konu alan veri seti kullanılarak EMS Programı yardımıyla çıktı yönlü CCR modeli ile etkinlik analizi yapılmıştır. Veri setinden seçilen 7 adet çıktı değişkeni ülkelerin Sağlık Etkileri, Hava Kalitesi, Su ve Sanitasyon, Su Kaynakları, Tarım, Biyolojik Çeşitlilik ve Yaşam Alanı, ve İklim ve Enerji skorlarını bulundurmaktadır. Bu değişkenlere göre OECD ülkelerinin çevre konusundaki performansları analiz edilmiştir. Bu sayede toplamda 35 adet OECD ülkesine ait olan bu verilerden, ülkelerin çevre konusundaki performansları ile ilgili çeşitli anlamlar çıkarabilmek açısından yararlı bir çalışma oluşturulmuştur.

Meksika, Türkiye, Güney Kore, Şili, Polonya, Kanada, ABD, İrlanda ve Letonya’dan oluşan 9 OECD ülkesi çevre performansı bakımından etkin değildir. Türkiye etkin olmayan ülkeler arasında 2. sırada yer almaktadır. Türkiye’nin etkin olabilmesi için çıktılarını %14,89 oranında artırması

gerektiği görülmüştür. Kalan 26 ülke çevre performansı bakımından etkin olarak belirlenmiştir. Bu ülkelerin kendi aralarındaki değerlendirme yapıldığında en etkin ülkenin İzlanda olduğu ve İzlanda'yı İsveç ve Estonya'nın takip ettiği görülmektedir.

EMS etkinlik sıralamaları ile EPI sıralamaları Spearman Korelasyonu; süper etkinlik skorları ile EPI değerleri Pearson Korelasyonu kullanılarak karşılaştırılmış ve aralarında sırasıyla 0,75 korelasyon katsayısı ile ve -0,81 korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir ilişki olduğu görülmüştür.

EMS ile bulunan sonuçlarda hangi çıktının ne derece önemli olduğunu gösteren ağırlıklar model ile bulunmuş olduğundan EPI skorlarındaki rastgele oranlar ile kıyaslandığında bu çalışmadaki sıralamaların daha doğru sonuçlar verdiği kanısına varılabilir. Ülkelerin çevre konusundaki performans değerlendirmelerinde sonuç skorlarının bu şekilde elde edilebileceği önerilebilir.

Ayrıca ileride yapılacak çalışmalar için uygulamanın enerji konusundaki etkinlik gibi diğer önemli alanlara veya başka ülke gruplarına uygulanması, değişkenler arasındaki korelasyonların da etkinlik hesaplarına katılması veya BCC modeli ile de etkinliklerin hesaplanması önerilebilir.

#### Kaynakça

- Banker R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Beltrán-Esteve, M. ve Picazo-Tadeo, A.J. (2015). Assessing Environmental Performance Trends in the Transport Industry: Eco-Innovation or Catching-up? *Energy Economics*, 51, 570-580.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operations Research*, 2(6), 429-444.
- Doğan, N.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.
- Halıcıoğlu, F. (2011). Modelling Life Expectancy in Turkey, *Economic Modelling*, 28(5), 2075-2082.
- Hsu, A. et al. (2016). 2016 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale University. Erişim Adresi [http://epi.yale.edu/sites/default/files/2016EPI\\_Full\\_Report\\_opt.pdf](http://epi.yale.edu/sites/default/files/2016EPI_Full_Report_opt.pdf)
- Joumard, I., André, C., Nicq, C. ve Chatal, O. (2008). Health Status Determinants: Lifestyle, Environment, Health Care Resources and Efficiency, *OECD Economics Department Working Papers*, No. 627, OECD Publishing, Paris.
- Jung, E.J., Kim, J.S. ve 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*, 9(6), 551-563.
- Kortelainen, M. (2008). Dynamic Environmental Performance Analysis: A Malmquist Index Approach. *Ecological Economics*, 64(4), 701-715.
- Kutlar, A. ve Babacan, A. (2008). Türkiye'deki Kamu Üniversitelerinde CCR Etkinliği-Ölçek Etkinliği Analizi: DEA Tekniği Uygulaması. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 148-172.
- Li, F., Liu, X., Hu, D., Wang, R., Yang, W., Li, D. ve Zhao, D. (2009). Measurement Indicators and an Evaluation Approach for Assessing Urban Sustainable Development: A case Study for China's Jining City, *Landscape and Urban Planning*, 90(3-4), 134-142.
- Lundgren, T. ve Zhou, W. (2017). Firm Performance and the Role of Environmental Management. *Journal of Environmental Management*, 203(1), 330-341.
- Mastercard Worldwide ve Boğaziçi Üniversitesi. (2011). Türkiye'nin Şehirleri Sürdürülebilirlik Araştırması, İstanbul.

- Meng, F.Y., Fan, L.W., Zhou, P. ve Zhou, D.Q. (2013). Measuring Environmental Performance in China's Industrial Sectors with Non-Radial DEA. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(5-6), 1047-1056.
- Önsoy, E. (2013). Veri Zarflama Analizi Kullanılarak Kargo Şirketlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Picazo-Tadeo, A.J., Castillo-Giménez, J. ve Beltrán-Esteve, M. (2014). An Intertemporal Approach to Measuring Environmental Performance with Directional Distance Functions: Greenhouse Gas Emissions in the European Union. *Ecological Economics*, 100, 173-182.
- Siong, H. C. ve Hussein, M.Z.S.M. (2008). Modeling Urban Quality of Life With Data Envelopment Analysis Methods. (Research Result Report). Universiti Teknologi Malaysia, VOT78513, Malaysia.
- Tektüfekçi, F. ve Kutay, N. (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, D. (1996). On the Measurement of the Environmental Performance of Firms— A Literature Review and a Productive Efficiency Perspective. *Journal of Environmental Management*, 46(3), 281-308.
- Ulucan, A. (2002). ISO 500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Farklı Girdi Çıktı Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımları ile Değerlendirmeler, *Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 57(2), 185-202.
- Yale University ve Columbia University (2016). 2016 Environmental Performance Index. Erişim Adresi  
[http://epi.yale.edu/sites/default/files/2016\\_epi\\_framework\\_indicator\\_scores\\_friendly.xls](http://epi.yale.edu/sites/default/files/2016_epi_framework_indicator_scores_friendly.xls)
- Yu, Y. ve Wen, Z. (2010), Evaluating China's Urban Environmental Sustainability with Data Envelopment Analysis, *Ecological Economics*, 69, 1748-1755.

---

## INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF OECD COUNTRIES BY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

---

### *Extended Abstract*

**Aim:** The environmental performance of a country is a common issue that is not only related to itself, it also concerns country's neighbors and the rest of the world too. Therefore, environmental pollution is not the problem of only one country too, and similar tasks fall to each country to prevent pollution. Local actions lead to global environmental change, national policies have an impact beyond the borders of the country, and short-term decisions often have lasting consequences. Because of environmental health is at the center of human prosperity, the aim of this study is to analyze the environmental performance of OECD countries and to examine the situation of Turkey among these countries, using the current Environmental Performance Index data that reflects global synergies in environmental issues and describes these truths.

**Method(s):** Since more than one output variables are included in the analysis, Data Envelopment Analysis has been used to calculate performance efficiencies. Output variables have been grouped under two headings: environmental health and ecosystem viability. The variables under the environmental health are 'Health Impacts', 'Air Quality', 'Water and Sanitation'; and the variables under the ecosystem viability are 'Water Resources', 'Agriculture', 'Biodiversity and Habitat', 'Climate and Energy'. The data has been derived from an Environmental Performance Index study of a sustainable environmental group made by Yale University and the International Center for Earth Science Information Network of the University of Colombia (CIESIN) in 2016. The EMS 1.03 package program has been used for efficiency analysis of data, and the output-oriented CCR model has been handled since output variables are wanted to be controlled. In addition, super efficiency has been included the model in order to evaluate and rank the efficient countries among themselves.

**Findings:** Within the scope of the study, the efficiency values of the countries, the target values for the inefficient countries to be effective and the potential improvement ratios have been calculated. In addition, the ranking of the efficiencies among the OECD countries which are effective has been determined with the help of the super efficiency model. The sequences and scores that obtained from the EMS results and from the EPI values of the super efficiency model have been compared with each other with the help of SPSS 15.0 program.

**Conclusion:** 9 OECD countries - Mexico, Turkey, South Korea, Chile, Poland, Canada, USA, Ireland and Latvia - are not effective in terms of environmental performance. Turkey ranks 2nd among ineffective countries. It has been seen that Turkey needs to increase its output by 14.89% in order to be effective. The remaining 26 countries have been identified as effective in terms of environmental performance. When these countries are evaluated among themselves, it has been seen that the most effective country is Iceland and Iceland is followed by Sweden and Estonia. EMS efficiency sequences and EPI sequences have been compared using Spearman Correlation; super efficiency scores and EPI values have been compared using Pearson Correlation and found that they are strongly correlated with the correlation coefficient of 0,75 and -0,810 respectively. Since the weights found from the EMS, that show how important the output, have been found with the CCR model, it can be concluded that the ranking in this study gives more accurate results compared with the random ratios in the EPI scores. For this reason, it can be suggested that the outcome scores can be obtained in such a way that the countries are performing environmental evaluations on the environment. In this way, from the data which belongs to 35 OECD countries in total, a useful study has been carried out in order to make various meanings about the performance of the countries in the environment.

