

BRICS Üyesi Ülkelerin Enerji Bağımsızlığı Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Kullanılarak Ölçülmesi

Aydın ÖZDEMİR¹, Mehmet Ercan BALTALI²

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Adıyaman Üniversitesi, İİBF, aozdemir@adiyaman.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2413-9440

² Öğr. Gör., Adıyaman Üniversitesi, Rektörlük, mabaltali@adiyaman.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6026-0670

Öz: Uluslararası ilişkiler açısından devletlerin güç dengesinde enerji yönetimi etkinliği kritik bir öneme sahiptir. Bu araştırma BRICS üyesi 9 ülkenin enerji bağımsızlığı etkinliklerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda öncelikle enerji yönetimi ile ilgili kavramlar incelenmiştir. Daha sonra dokuz BRICS üyesi ülkeye ait olan ve beş girdi değişkeni (Nüfus, GSYİH Büyüme Oranı, Toplam Tüketim/GSYİH, CO₂ Emisyonları ve T&D Güç Kayıplarının Oranı) ile bir çıktı değişkeninden (Enerji Bağımsızlığı) oluşan veri seti Veri Zarflama Analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sırasında Veri Zarflama Analizi modellerinden birisi olan Girdi Yönelimli BCC (VRS) Modeli kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, yedi BRICS üyesi ülke (Brezilya, Çin, Mısır, Etiyopya, Rusya, Güney Afrika ve Birleşik Arap Emirlikleri) etkin olarak tespit edilmiştir. Etkin olmayan BRICS üyesi ülkelerin etkin hale gelebilmeleri için Referans Kümeleri tanımlanmış ve iyileştirme Önerileri sunulmuştur. Bu Referans Kümelerinde Brezilya, Çin, Etiyopya, Güney Afrika ve Birleşik Arap Emirlikleri birer kez yer almıştır. Mısır ve Rusya hiçbir Referans Kümesinde yer almamıştır. Bu araştırmanın etkin olan/olmayan ülkeler, Referans Kümeleri ve girdilerin/çıktıların iyileştirme seçenekleri gibi bulguları ile enerji yönetimi disiplinine nicel bir bakış açısı kazandıracağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Enerji Bağımsızlığı, BRICS

Jel Kodları: C14, F55, K32

Measuring Energy Independence Efficiency of BRICS Member Countries Using Data Envelopment Analysis

Abstract: In terms of international relations, the efficiency of energy management has a critical importance in the power balance of countries. This research aims to measure the efficiency of energy independence of the nine BRICS member countries. In the context of, firstly, the concepts related to energy management were examined. Then, the database that belongs to nine BRICS member countries, five input variables (Population, GDP Growth Rate, Total Consumption/GDP, CO₂ Emissions, and Rate of T&D Power Losses), and one output variable (Energy Independence) were analyzed using the Data Envelopment Analysis. During the analysis, the Input Oriented BCC (VRS) Model, one of the Data Envelopment Analyses, was used. According to the results of the analysis, seven BRICS member countries (Brazil, China, Egypt, Ethiopia, Russia, South Africa, and the United Arab Emirates) were determined as efficient. The Reference Sets were defined and Improvement Suggestions were presented so that inefficient BRICS member countries can become efficient. Brazil, China, Ethiopia, South Africa, and the United Arab Emirates have appeared once in these Reference Sets. Egypt and Russia have not appeared in any Reference Set. It is thought that this research will provide a quantitative perspective on the energy management discipline with its findings, such as efficient/inefficient countries, Reference Sets, and improvement options of inputs/outputs.

Atıf: Özdemir, A. & Baltalı, M. E. (2025). BRICS üyesi ülkelerin enerji bağımsızlığı etkinliklerinin veri zarflama analizi kullanılarak ölçülmesi. *Fiscaeconomia*, 9(3), 1668-1687. <https://doi.org/10.25295/fsecon.1641148>

Geliş Tarihi: 17.02.2025

Kabul Tarihi: 02.06.2025



Telif Hakkı: © 2025. (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: Data Envelopment Analysis, Energy Independence, BRICS

Jel Codes: C14, F55, K32

1. Giriş

Uluslararası ilişkiler teorilerinden neorealizm, devletlerin güç dengeleri üzerindeki işbirlikçi çabalarının potansiyel etkisinin değerlendirildiği göreceli kazanımlar kavramına vurgu yapmaktadır (Emamifar vd., 2023). Yeni bir uluslararası aktör olarak BRICS, yeni bir küresel mali ve ekonomik krizi önlemek amacıyla kurulmuş olup alternatif finans kurumları yaratmaya çalışmasıyla ve dünya siyasetinde çevre, iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadele, enerji, uluslararası terörizm, ulusötesi organize suç, siber suç gibi siyasi konularla mücadele etme isteğiyle bir güç dengesi unsuru olabileceğini göstermektedir (Sergunin, 2022).

Ülkelerin ekonomik ve sosyal yaşamında öteden beri belirleyici bir rol oynayan ve önemli bir güç dengesi unsuru olan enerjinin, sanayi için önemli girdilerden birisi olmasıyla birlikte sürdürülebilir kalkınma için de bir ön koşul olduğu değerlendirilmektedir (Çelebi, 2006). Ülkelerin uzun vadeli hedeflerinin genellikle enerji rezervlerinin kendi uhdelerinde bulundurulması ve bunların akılcıca yönetilmesi yoluyla gerçekleştirildiği göz önüne alındığında, enerji kaynaklarına ulaşma, enerji akışını sürdürme ve yönetme yeteneğinin oldukça kritik bir önem taşıyan politika unsuru olduğu söylenebilir (Khalid, 2024).

Mevzuat, düzenlemeler ve diğer kamu politikası tekniklerini içeren enerji politikası; bir ülkenin enerji üretimi, dağıtımı ve tüketimi de dahil olmak üzere enerji geliştirme sorunlarını ele alma biçimi olup (Oyedepo, 2014), söz konu enerji politikaları ve düzenlemeleri, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerjinin uygulanması ve doğal kaynakların yönetimi için hayati olup gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler yatırımlarını artırmak amacıyla sürdürülebilir enerji politikalarına önem vermektedir (Drago & Gatto, 2022).

Enerji politikası, dünya gündeminin önemli parametreleri olan, enerji güvenliği, enerji arzı ve tüketici nihai fiyatları gibi pek çok unsurun yanı sıra çevresel hususlar da dahil olmak üzere pek çok bileşeni doğrudan etkilemektedir (Borge-Diez, 2022).

Bu bileşenlerden biri olan ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik eden enerji güvenliği; sanayileşmiş ve ekonomik olarak gelişmekte olan ülkelerde enerji politikalarının ve çerçevelerinin temel taşı olarak ortaya çıkmakta olup (Bajracharya vd., 2022), belirli bir ülke veya bölgeye sürekli ve kesintisiz olarak enerji arzının sağlanması olarak tanımlanmaktadır (Speight, 2019).

Enerji arzındaki karmaşıklıkların asgariye indirilmesi (Deutch, 2005), olarak ifade edilebilecek olan enerji bağımsızlığı; ülkelerin ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılıklarına son verilmesi, kritik enerji altyapılarının fiziksel ve siber tehditlere karşı güvence altına alınması ve enerji sistemlerinin yurtdışındaki piyasa dalgalanmalarının ile siyasi istikrarsızlıktan yalıtılması anlamına gelmektedir (U.S. Energy of Department, 2025). Enerji bağımsızlıkları düşük olan ülkelerin daha yüksek enerji bağımsızlığına sahip ülkeler tarafından manipüle edileceği veya baskılanacağı ileri sürülmektedir (Khan vd., 2023).

Bu çerçevede temel amacı dünyanın yeni güç dengesi kutuplarından birisi olan BRICS üyesi dokuz ülkenin enerji bağımsızlığı etkinliklerini, ekonomik güç dengesi unsurlarından birisi olan enerji (Česnakas, 2010; M. Wu vd., 2022) bağlamında incelemek olan bu çalışmada etkinlik değerlendirme aracı olarak Veri Zarflama Analizi (VZA) tercih edilmiştir.

VZA sırasında kullanılan girdi değişkenleri (*i1: Nüfus (Milyon)*, *i2: GSYİH Büyüme Oranı (%/Yıl)*, *i3: Toplam Tüketim/GSYİH (2005=100)*, *i4: CO2 Emisyonları (tCO2/Kişi)* ve *i5: T&D Güç Kayıplarının Oranı (%)*) bağlamında literatürdeki çalışmalarla büyük ölçüde uyum içerisinde olup çıktı değişkeni (*o1: Enerji Bağımsızlığı (%)*) ise literatürde çok fazla çalışılmayan bir araştırma boşluğu olarak çalışmaya özgün bir yön katmaktadır.

2. Kavramsal Çerçeve

Enerji resmi bir terim olarak ilk kez 1807'de Thomas Young tarafından modern yorumlarda teknik bir terim olarak kullanılmıştır (Cleveland & Ayres, 2010). Enerji, yaşam için temel ihtiyaçlardan biri olduğu için genel olarak toplumların can damarı olarak adlandırılır (Gramlich, 2012).

Dünyada çeşitli yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları bulunmaktadır (Sharif vd., 2019). Sürdürülebilir olan yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr, güneş, biyokütle, dalga enerjisi, jeotermal ve hidroelektrik enerjilerdir (Tımur & Doğan-Çalışkan, 2017). Yenilenemeyen enerji kaynakları arasında ise fosil yakıtlar ve nükleer enerji yer aldığı konusunda literatürde görüş birliği bulunmaktadır (Panchal vd., 2021). Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi temel olarak dünyada ısı enerjisi biçiminde algılanan elektromanyetik enerjinin şeklidir (Ertürk vd., 2006). Bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgar enerjisi; rüzgârın kinetik enerjisinden üretilen yenilenebilir bir enerji biçimi olup rüzgâr türbinleri kullanılarak değerlendirilebilen temiz ve sürdürülebilir bir güç kaynağıdır (Null & Archer, 2008). Jeotermal enerji, yerin altında ısı olarak depolanır ve elektrik üretmek için kullanılmaktadır (European Commission, 2025). Hidroelektrik, hareket eden suyun enerjisi kullanılarak üretilen elektriktir (Bagher vd., 2015). Yenilenemeyen enerji kaynakları temel olarak petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıt yakılması sonucu elde edilen enerji kaynaklarıdır (Ekundayo & Oluwalami, 2015). Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir kalkınmaya etkisi, yenilenemeyen enerjinin etkisinden daha büyük olduğu literatürde görüş birliğine varılmış bir husustur (Güney, 2019).

Enerjinin üretimi için kullanılan enerji kaynaklarına talep nüfus artışı nedeniyle büyük oranda artmıştır (Kandpal & Singh, 2022). Modern toplumun çoğu faaliyeti için hayati bir önem atfeden olan enerjinin kullanımı veya tüketimi genellikle yaşam kalitesinin bir endeksi olarak algılanmaktadır (Liu vd., 2016). Bu nedenle kısıtlı olana enerji kaynaklarına olan enerji ihtiyacının karşılanması için doğru ve etkin enerji politikaları gerektirmektedir (Öymen, 2020). Enerji politikaları, bir hükümetin, bir kuruluşun veya bir bireyin enerjinin üretimi, dağıtımı ve tüketimini yönetmek için belirlediği bir dizi yönerge, düzenleme ve hedefi ifade etmek için kullanılan bir kavramdır (Kanna, 2024). Bu politikalar, kaynakların çıkarılması ve geliştirilmesi, enerji üretimi, enerji kaynaklarının taşınması, dağıtımı ve ayrıca hem endüstriyel hem de küçük ölçekte enerji tüketimi dahil olmak üzere enerji sektörünün tüm faaliyetlerini kapsamaktadır (United Nations Development Programme, 2004).

Örneğin, BRICS ülkelerinin artan enerji taleplerini karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi (Topaloğlu & Demir Toker, 2024) ve BRICS ülkeleri arasında enerji arz güvenliğini artırmak ve enerji anlaşmazlıklarını önlemek amacıyla doğrudan yabancı yatırımları teşvik edilmesi BRICS'in enerji politikaları arasındadır (Altınar & Şimşek, 2022).

BRICS ülkeleri, dünya enerji üretimi ve tüketimindeki payları doğrultusunda küresel enerji gündeminde zorunlu bir rol üstlenmekte olduğundan BRICS'te enerji alanındaki iş birliğini daha da derinleştirmek için çok sayıda mekanizma kurulmuştur (BRICS, 2021).

BRICS'in kurucu ülkelerinin enerji politikalarına değinilecek olursak, Hindistan'ın enerji politikalarının temelinde sanayileşmeyle desteklenen büyümeyi karşılayacak ve sürekli büyüyen bir nüfusa güç sağlayacak enerji yeterliliği ve en önemlisi enerji güvenliği bulunmaktadır (Chaudhary vd., 2015). Çin'deki enerji politikası büyük ölçüde ekonomik büyümeyi yönlendirmek için yeterli enerjiyi güvence altına almaya odaklanmıştır (Burke vd., 2009). Rusya'nın enerji politikaları arasında enerji sektörünün enerji güvenliği, teknolojik, finansal, insan kaynakları egemenliği ve rekabet gücü ile 2060 yılına kadar karbon nötrlüğüne doğru sera gazı emisyonlarının azaltılması bulunmaktadır (Gromov, 2024). Güney Afrika enerji politikaları arasında enerji bağımlılığını azaltmak, kapasite açığını giderecek enerji dönüşümünü gerçekleştirmek ve piyasanın ihtiyacını karşılamak amacıyla yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmek bulunmaktadır (Msimango vd., 2023). 2024 yılında yayınlanan ve sürdürülebilirlik ve inovasyona odaklanan Brezilya'nın

enerji politikaları arasında 2033'e kadar ulaşım enerji karışımında biyoyakıtların payını %50 artırmak ve etanol, biyodizel ve sürdürülebilir havacılık yakıtı karışımını artırmak bulunmaktadır (Bredariol, t.y.).

BRICS'in enerji politikalarının temel amacı devletlerin ekonomik ve siyasi bağımsızlıklarının bir uzantısı olan enerji bağımsızlığını sağlamak olup BRICS ülkeleri, çeşitli kaynak zenginlikleri nedeniyle küresel alanda güçlü bir koalisyonu temsil etmektedir (Korneeva vd., 2024).

Uygun enerji güvenliği seviyelerine ulaşmak isteyen ülkeler, kısa vadede bağımlılık oranı, enerji fiyatları dalgalanması, enerji kaynağı kıtlığı ve çevre koruma ile ilgili sorunlarla karşı karşıya kalırken; uzun vadede ise tedarikçi ülkelerin siyasi istikrarı, yatırımlar ve yerel yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme politikaları ile ilgili sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır (Carfora vd., 2022). Enerji bağımsızlığı ve enerji arzının güvenliği; mikro ve makroekonomik gelişmelerle yakından ilişkili olması ve bir ülkenin ekonomisinin uluslararası rekabet pozisyonunda önemli bir bileşeni olması nedeniyle, ekonomik büyüme ve kalkınma için temel bir indikatör olmuştur (Erdal, 2015).

Çalışmanın örneklemini oluşturan BRICS'e üye dokuz ülkeye ait genel bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur (BRICS, 2024a).

Tablo 1. BRICS Ülkeleri Genel Bilgiler

Ülke	Bölge Alanı (1.000 Km ²)	Başkent	Yıl Ortası Nüfusu (Milyon Kişi)	Nüfus Yoğunluğu (Km ² Başına) Kişi	Ulusal Para Birimi	GSYİH (Cari Fiyatlar/milyar ABD dolar)
Brezilya	8.510	Brasilia	211,7	24,9	Brezilya Reali	2.174
Çin	9.600	Pekin	1.410,7	146,9	Yuan	17.889
Mısır	1.002	Kahire	105,2	104,2	Paund	393
Etiyopya	1.151	Addis Ababa	107,5	93,2	Birri	164
Hindistan	3.287	Yeni Delhi	1.392,3	423,5	Rupi	3 568
İran	1.631	Tahran	85,3	52,3	Riyal	404.63
Rusya	17.234	Moskova	146,3	8,5	Ruble	2.033
Güney Afrika	1.221	Pretoria	62,2	50,9	Rand	381
Birleşik Arap Emirlikleri	71	Abu Dabi	10,7	150,4	Dirhem	514

3. Literatür Taraması

Performans ölçme ve değerlendirme, örgütsel faaliyetlerin sürekli iyileştirmeye tabi tutulması için etkin ve efektif bir enstrüman olup Veri Zarflama Analizi (VZA) performans değerlendirmesi için birçok teorik ve pratik alanda kullanılan etkin ve verimli bir analiz türüdür (Zhu, 2014). Bu alanların içerisinde kamu hizmetleri, eğitim, konaklama, enerji, bilgi teknolojileri, sağlık, belediye hizmetleri, çevre, vb. yer almaktadır (Emrouznejad & Cabanda, 2014).

Sürdürülebilir kalkınma misyonu oluşturabilmek için temel bir rol üstelenen ve küresel bir sorun olan (Xu vd., 2020), enerji yönetimi etkinliği alanında Veri Zarflama Analizi kullanılarak yapılan çalışmalardan bazılarında oluşan Literatür Özeti Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Literatür Özeti

Çalışmanın Adı	Yazar (lar)ı	Girdi(ler)	Çıktı(lar)	Karar Verme Birimleri	Analiz Prosedürü
Total-factor energy efficiency in developing countries	(Zhang vd., 2011)	✓ İş Gücü ✓ Enerji ✓ Tüketimi ✓ Sermaye Stoğu	✓ GSYİH	23 Gelişmekte Olan Ülke	VZA- Toplam Faktör Etkinliği
Technical efficiency of economic systems of EU-15 countries based on energy consumption	(Bampatsou vd., 2013)	✓ Fosil Enerji Tüketimi ✓ Fosil Olmayan Yakıtlar	✓ GSYİH İndeks	EU-15 Ülkeleri	VZA- Teknik Etkinlik
Environmental energy efficiency of China's regional economies: A non-oriented slacks-based measure analysis	(Zhang & Choi, 2013)	✓ Sermaye ✓ İş Gücü ✓ Enerji	✓ GSYİH ✓ SO ₂ ✓ CO ₂ ✓ COD	Çin'deki 30 Bölge	Slack Temelli VZA
Energy efficiency analysis of BRICS countries: A study using data envelopment analysis	(Camoto vd., 2015)	✓ Gayri Safi Sabit Sermaye Oluşumu ✓ İşgücü ✓ Enerji Tüketimi	✓ CO ₂ Emisyonları ✓ Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	BRICS Üyesi Ülkeler	SBM-VZA
Energy efficiency of selected OECD countries: A slacks based model with undesirable outputs	(Apergis vd., 2015)	✓ Üretken Sermaye Stokları ✓ İş Gücü ✓ Yenilebilir Enerji Tüketimi ✓ Yenilemeyen Enerji Tüketimi	✓ GSYİH ✓ CO ₂ Emisyonları	Seçilmiş 20 OECD Ülkesi	Slack Temelli VZA
Türkiye'nin çevresel performansının OECD ve BRICS ülkeleri ile karşılaştırılması	(Sözen vd., 2016)	✓ Elektrik Kapasitesi ✓ Birincil Enerji Arzı ✓ Ormanlık Alan ✓ Nihai Enerji Tüketimi ✓ Enerji Üretimi ✓ Elektrik Tüketim ✓ İş Gücü/Nüfus ✓ Net Sermaye Dengesi	✓ CO ₂ Salınımı	OECD ve BRICS Ülkeleri	VZA- Toplam Faktör Etkinliği
Evaluating the environmental efficiency of a two-stage system with undesired outputs by a DEA approach: An interest preference perspective	(Wu vd., 2016)	✓ İş Gücü ✓ Sermaye ✓ GSYİH Başına Kömür Giderleri	✓ Endüstriyel GSYİH ✓ Endüstriyel Atık Su Emisyonu ✓ Endüstriyel Katı Atık Emisyonu	Çin'deki 30 Bölge	İki Aşamalı VZA
Applying the dynamic DEA model to evaluate the energy efficiency of OECD countries and China	(Guo vd., 2017)	✓ Arazi Alanı ✓ Enerji ✓ Kullanımı ✓ Nüfus	✓ GSYİH ✓ CO ₂ Emisyonları	27 OECD Ülkesi	Dinamik VZA
The analysis of energy efficiency of the Mediterranean countries: A two-stage double bootstrap DEA approach	(Jebali vd., 2017)	✓ Enerji Tüketimi ✓ İş Gücü ✓ Brüt Sabit Sermaye Oluşumu	✓ GSYİH	Akdeniz Ülkeleri	İki Aşamalı VZA
Total-factor energy efficiency in BRI countries: An estimation based on three-stage DEA model	(Zhao vd., 2018)	✓ Karbon Emisyonları ✓ Enerji ✓ Sermaye ✓ İş Gücü	✓ GSYİH	35 BRI Ülkesi	Üç Aşamalı VZA
Does environmental tax affect energy efficiency? An empirical study of energy efficiency in OECD countries based on DEA and Logit model	(He vd., 2019)	✓ Kömür Tüketimi ✓ Yakıt Tüketimi ✓ Gaz Tüketimi ✓ İnsan Kaynakları ✓ Sermaye	✓ GSYİH ✓ Kükürt Oksitler ✓ Nitrojen Oksitler ✓ Karbon Monoksit ✓ Karbon Dioksit ✓ Metan	32 OECD Ülkeleri	Epsilon Temelli VZA
Industrial environmental efficiency assessment for China's western regions by using a SBM-based DEA	(Guo vd., 2019)	✓ Sabit Varlıklar Yıllık Ortalama Net Değeri ✓ Sektördeki Çalışanların Yıllık Ortalama Sayısı	✓ Endüstriyel Katma Değer ✓ CO ₂ Emisyonu ✓ Amonyaklı Azot Emisyonları ✓ SO ₂ Emisyonları	Batı Çin	Slack Temelli VZA

		✓ Sektördeki Enerji Tüketimi	✓ Toz Emisyonları ✓ Katı Atık Üretimi		
Assessment of the energy efficiency improvement of twenty-five countries: A DEA approach	(Wang vd., 2019)	✓ Brüt Sabit Sermaye Oluşumu ✓ İş Gücü ✓ Enerji Tüketimi	✓ GSYİH ✓ CO ₂ Emisyonları	25 Seçili Ülke	Slack Temelli VZA
Energy efficiency improvement assessment in Africa: An integrated dynamic DEA approach	(Amowine vd., 2019)	✓ Sermaye Stoğu ✓ İş Gücü ✓ Enerji Kullanımı	✓ GSYİH ✓ CO ₂ Emisyonu	25 Seçili Afrika Ülkesi	Dinamik Slack Temelli VZA
Türkiye'nin enerji etkinliği ve OECD ve BRICS ülkeleri arasındaki göreceli konumu	(Karik vd., 2020)	✓ Kişi Başı Elektrik Kapasitesi ✓ Kişi Başı Temel Enerji Arzı ✓ Kişi Başı Nihai Enerji Tüketimi ✓ Kişi Başı Enerji Üretimi ✓ Kişi Başı Elektrik Tüketimi ✓ İstihdam Oranı ✓ Kişi Başı Sermaye Bilançosu	✓ Kişi Başı Enerji Yoğunluğu	33 OECD Ülkesi ve BRICS Üyesi Ülkeler	VZA- Toplam Faktör Etkinliği
Energy structure evaluation and optimization in BRICS: A dynamic analysis based on a slack based measurement DEA with undesirable outputs	(Sun & Huang, 2021)	✓ Kömür Tüketimi ✓ Yakıt Tüketimi ✓ Doğal Gaz Tüketimi	✓ Karbon Emisyonu ✓ GSYİH	BRICS Ülkeleri	Slack Temelli VZA
Efficiency evaluation of sustainable development in BRICS and G7 countries: a Data Envelopment Analysis approach	(Camio & Pulita, 2022)	✓ CO ₂ Emisyonu ✓ İşsizlik Oranı ✓ Enerji Kullanımı	✓ GSYİH ✓ Doğumda Beklenen Yaşam Süresi	BRICS ve G7 Ülkeleri	Slack Temelli VZA

Kısaltmalar: OECD: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü; GSYİH: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla; CO₂: Karbondioksit; VZA: Veri Zarflama Analizi; VRS: Variable Return to Scale; SBM: Slack-Based Measure

Enerji etkinliğini efektif bir biçimde ölçmek için bir kısmı Tablo 2'de özetlenen çalışmalar olmak üzere farklı girdi ve çıktı değişkenlerini kullanan birçok çalışmanın yer aldığı bilinmektedir (Xu vd., 2020). Literatürdeki çalışmalarda kullanılan girdi değişkenleri incelendiğinde; GSYİH, GSYİH Büyüme Oranı, İstihdam gibi ekonomik indikatörlerin; Enerji Üretimi, Enerji Tüketimi, CO₂ Emisyonu gibi çevresel indikatörlerin kullanıldığı görülmektedir. Literatürde yer alan çalışmalara çıktı değişkenleri açısından bakıldığında; SYİ, GSYİH Büyüme Oranı, İstihdam gibi ekonomik indikatörlerin; Atık Miktarı, Enerji Üretimi, Enerji Tüketimi, CO₂ Emisyonu gibi çevresel indikatörlerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte araştırmamızda çıktı değişkeni olarak yer alan ve indeks bir değer olan *Enerji Bağımsızlığı*'nın literatürde çok fazla çalışmaya konu olmayan bir araştırma boşluğu olarak çalışmaya özgün bir perspektif katmaktadır.

Yukarıda yer alan açıklamalar perspektifinde bu çalışmada BRICS üyesi 9 dokuz ülkenin enerji bağımsızlığı etkinlikleri Veri Zarflama Analizi kullanarak incelenmiştir. Çalışmada kullanılan beş girdi (*i1: Nüfus (Milyon)*, *i2: GSYİH Büyüme Oranı (%/Yıl)*, *i3: Toplam Tüketim/GSYİH (2005=100)*, *i4: CO₂ Emisyonları (tCO₂/Kişi)* ve *i5: T&D Güç Kayıplarının Oranı (%)*) ile bir çıktı (*o1: Enerji Bağımsızlığı (%)*) değişkeni ilerleyen bölümlerde detaylıca anlatılmıştır.

4. Metodoloji

4.1. Veri Zarflama Analizi (VZA)

Kar amacı güdüp gütmeye bakılmaksızın benzer girdileri kullanarak benzer çıktıları üretmek için aktiviteler sergileyen ve Karar Verme Birimleri (KVB) olarak isimlendirilen ülkeler, işletmeler, hastaneler, kamu kuruluşları, üniversiteler, belediyeler,

okullar vb. organizasyonların etkinliğini ölçmeye yarayan parametrik olmayan bir yöntem (Ray, 2004), olarak ifade edilen VZA’da, Karar Verme Birimlerinin (KVB) göreceli etkinlikleri karşılaştırılmakta olup (Tone, 2017), kullanılan etkinlik ölçümünün temeli toplam çıktıların toplam girdilere oranlanması formülüne dayanmaktadır (Ramanathan, 2003).

Veri Zarflama Analizindeki iki temel modelden birincisi olan CCR (CRS) Modelinde sanal girdi ve sanal çıktılar ağırlıklarıyla birlikte üretilirken, ikinci model olan BCC (VRS) Modelinde ise KVB’lerin dışbükey bir zarfı çevrelenen üretim sınırlarının varlığı söz konusudur (Cooper vd., 2006). CCR Modelinde, Toplam Teknik Etkinlik ölçülürken BCC Modelinde Saf Teknik Etkinlik ölçümlemesi işlemi icra edilir (Avkiran, 2011). İstenilen belirli bir miktardaki çıktıyı daha az girdi ile elde etmek üzerine hareket eden yaklaşıma Girdi Yönelimli VZA ; önceden belirlenen bir miktardaki girdiyle mümkün olduğunca fazla çıktı elde etmek üzerine hareket eden yaklaşıma ise Çıktı Yönelimli VZA denir (Ramanathan, 2003).

Hem Girdi Odaklı VZA’da hem de Çıktı Odaklı VZA’da bir KVB’nin etkinlik değeri (skoru) 1’e eşit ise söz konusu Karar Verme Birimi etkin olarak değerlendirilirken, Girdi Odaklı VZA’da etkinlik skoru 1’den küçük olan Karar Verme Birimlerinin etkin olmadıkları; Çıktı Odaklı VZA’da ise skoru 1’den büyük olan Karar Verme Birimlerinin etkin olmadıklarına dair çıkarımda bulunulur (Ozcan, 2009; 2014).

CCR-Girdi Odaklı (1), CCR-Çıktı Odaklı (2), BCC-Girdi Odaklı (3) ve BCC Çıktı Odaklı (4) VZA modellerine ait formüller aşağıda yer almaktadır (Emrouznejad & Cabanda, 2014);

$$Eff = \min_{u_r v_i} \sum_i V_i X_{ij_0} ; s.t. \sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad ; \forall j \sum_r u_r y_{rj_0} = 1 \quad u_r, v_i \geq 0 \quad ; \forall r, \forall i \quad (1)$$

$$Eff = \max_{u_r v_i} \sum_r u_r y_{rj_0} ; s.t. \sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad ; \forall j \sum_i v_i x_{ij_0} = 1 \quad u_r, v_i \geq 0 \quad ; \forall r, \forall i \quad (2)$$

$$\min_{\lambda, \theta, s_i^-, s_i^+} \theta \quad s.t. \sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{ij_0} \quad \forall i \sum_j \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rj_0} \quad \forall r \sum_j \lambda_j = 1; \quad s_i^-, s_i^+ \geq 0 \quad \forall i, \forall r; \quad \lambda_j \geq 0 \quad \forall j \quad (3)$$

$$\max_{\lambda, \theta, s_i^-, s_i^+} \theta \quad s.t. \sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ij_0} \quad \forall i \sum_j \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \theta y_{rj_0} \quad \forall r \sum_j \lambda_j = 1 \quad s_i^-, s_i^+ \geq 0 \quad \forall i, \forall r \quad \lambda_j \geq 0 \quad \forall j \quad (4)$$

4.2. Çalışmanın Örnekleme ve Veri Seti

Bu çalışma, BRICS üyesi dokuz ülkeyi kapsamaktadır. Söz konusu ülkeler; Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika, Mısır, Etiyopya, İran ve Birleşik Arap Emirlikleri’nden (BAE) oluşmaktadır (BRICS, 2025).

Karar Verme Birimi (KVB); aynı girdileri kullanarak aynı çıktıları üretmek için çabalayan iş birimleridir (Cooper vd., 2006). Çalışmanın örnekleminin BRICS üyesi dokuz ülkenin tamamından oluşması Karar Verme Birimlerinin (KVB) homojenliği ile ilgili literatürde bahsedilen üç koşulu da tatmin etmektedir (Golany & Roll, 1989);

Bu koşullar aşağıdaki gibidir;

- ✓ Karar Verme Birimlerinin aynı hedeflerle aynı faaliyetlerde bulunması,
- ✓ Bütün Karar Verme Birimlerinin aynı pazar koşulları altında istenilen aktiviteler yerine getiriyor olması,
- ✓ Karar Verme Birimlerinin benzer girdi ve çıktı demetini kullanmakta olması.

Etkinlik değerlendirmeleri, kritik derecede önemli bir biçimde esnek girdi-çıktı bileşimlerinin nasıl oluşturulduğuyla doğrudan ilintilidir (Ray, 2004). Çalışmamızda, (Amowine vd., 2019; Apergis vd., 2015; Bampatsou vd., 2013; Camioto vd., 2015; Camioto & Pulita, 2022; S.-D. Guo vd., 2019; X. Guo vd., 2017; He vd., 2019; Jebali vd., 2017; Karik vd., 2020; Sözen vd., 2016; S. Sun & Huang, 2021; Wang vd., 2019; J. Wu vd., 2016; N. Zhang & Choi, 2013; X.-P. Zhang vd., 2011; Zhao vd., 2018) ile büyük ölçüde uyum içerisinde olan ve Tablo-3’te yer alan beş girdi (i1: Nüfus (Milyon), i2: GSYİH Büyüme Oranı

(%/Yıl), i3: *Toplam Tüketim/GSYİH* (2005=100), i4: *CO₂ Emisyonları* (tCO₂/Kişi) ve i5: *T&D Güç Kayıplarının Oranı* (%) ile bir çıktı (o1: *Enerji Bağımsızlığı* (%)) değişkeni bulunmaktadır.

Analizde kullanılan Karar Verme Birimleri, girdi/çıktı değişkenleri ve veri seti 2023 yılına ait Enerdata.net veri tabanı (Enerdata.net, 2025) kullanılarak elde edilmiş olup Tablo 3'te yer almaktadır. Veriler yalın halleri ile analize dahil edilmiş olup veri normalizasyonu yapılmamıştır.

Veri Zarflama Analizinde kullanılacak Karar Verme Birimi sayısının toplam girdi ve çıktıların sayısından daha fazla olması gerektiği ifade edilmektedir (Ramanathan, 2003). Araştırma kapsamında dokuz KVB'nin göreceli etkinlikleri beş girdi değişkeni ve bir çıktı değişkeni kullanılarak değerlendirildiğinden Ramanathan'ın (2003) şartı karşılanmıştır.

Tablo 3. Araştırmanın Veri Seti

KVB	i1: Nüfus (Milyon)	i2: GSYİH Büyüme Oranı (%/Yıl)	i3: Toplam Tüketim/GSYİH (2005=100)	i4: CO ₂ Emisyonları (tCO ₂ /Kişi)	i5: T&D Güç Kayıplarının Oranı (%)	o1: Enerji Bağımsızlığı (%)
Brezilya (DMU1)	217,0000	0,4420	102,0000	2,0900	15,5000	100,0000
Çin (DMU2)	1412,0000	0,7200	61,3000	8,4300	4,1200	78,6000
Mısır (DMU3)	113,0000	0,5440	71,1000	1,9200	17,9000	86,4000
Etiyopya (DMU4)	123,0000	0,7300	37,0000	0,1000	21,7000	91,6000
Hindistan (DMU5)	1.429,0000	1,0000	76,0000	2,1000	19,6000	65,8000
İran (DMU6)	89.,000	0,6580	121,0000	8,1300	11,3000	100,0000
Rusya (DMU7)	143,0000	0,5240	88,2000	13,5000	8,7500	100,0000
Güney Afrika (DMU8)	60,4000	0,1670	73,6000	6,7300	11,2000	100,0000
Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) (DMU9)	9,5200	0,5010	124,0000	20,6000	5,3300	100,0000
<i>Min</i>	<i>9,5200</i>	<i>0,1670</i>	<i>37,0000</i>	<i>0,1000</i>	<i>4,1200</i>	<i>65,8000</i>
<i>Max</i>	<i>1.429,0000</i>	<i>1,0000</i>	<i>124,0000</i>	<i>20,6000</i>	<i>21,7000</i>	<i>100,0000</i>
<i>Mean</i>	<i>399,5911</i>	<i>0,5873</i>	<i>83,8000</i>	<i>7,0667</i>	<i>12,8222</i>	<i>91,3778</i>

Tablo-3'te yer alan;

i1: *Nüfus (Milyon)*, söz konusu BRICS üyesi ülkedeki 2024 yılı itibarıyla yaşayan insan sayısını (Tarsi & Tuff, 2012), temsil etmekte olup çalışmanın örnekleme bağlamında adı geçen girdi değişkeninin aritmetik ortalaması "399.5911" dir (Enerdata.net, 2025).

i2: *GSYİH Büyüme Oranı (%/Yıl)*, söz konusu BRICS üyesi ülke tarafından 2024 yılında üretilen tüm nihai mal ve hizmetlerin piyasa değerini "%/Yıl" bazında (Suter vd., 2024), temsil etmekte olup çalışmanın örnekleme bağlamında adı geçen girdi değişkeninin aritmetik ortalaması "0.5873" dir (Enerdata.net, 2025).

i3: *Toplam Tüketim/GSYİH* (2005=100), söz konusu BRICS üyesi ülke tarafından 2024 yılında tüketilen toplam enerji miktarının GSYİH'ye "2005=100" bazında oranını temsil etmekte olup çalışmanın örnekleme bağlamında adı geçen girdi değişkeninin aritmetik ortalaması "83.8000" dir (Enerdata.net, 2025).

i4: *CO₂ Emisyonları* (tCO₂/Kişi), söz konusu BRICS üyesi ülke tarafından 2024 yılında salınan toplam CO₂ emisyonu miktarının "tCO₂/Kişi" bazında oranını temsil etmekte olup çalışmanın örnekleme bağlamında adı geçen girdi değişkeninin aritmetik ortalaması "7.0667" dir (Enerdata.net, 2025).

i5: *T&D Güç Kayıplarının Oranı (%)*, söz konusu BRICS üyesi ülke için taşıma ve dağıtım kayıpları ile elektrik tüketimi arasındaki oranı “%” bazında temsil etmekte olup çalışmanın örnekleme bağlamında adı geçen girdi değişkeninin aritmetik ortalaması “7.0667”dir (Enerdata.net, 2025).

o1: *Enerji Bağımsızlığı (%)*, söz konusu BRICS üyesi ülkenin enerji bağımsızlığı oranının “%” bazında temsil etmekte olup çalışmanın örnekleme bağlamında adı geçen girdi değişkeninin aritmetik ortalaması “91.3778”dir (Enerdata.net, 2025).

4.3. Verilerin Analizi

Analiz çerçevesinde KVB’leri etkin olan ve olmayan biçiminde ayırmak için çoklu girdi/çıktı demetlerini kullanan, çok fazla varsayım gerektirmeyen ve parametrik olmayan bir performans değerlendirme aracı olan VZA (Ozcan, 2009; 2014), tercih edilmiş olup BRICS üyesi dokuz ülkenin girdiler üzerindeki kontrol gücünün, indeks bir değer olan çıktı değişkeni (*o1: Enerji Bağımsızlığı (%)*) üzerindeki kontrol gücünden fazla olması göz önünde bulundurularak Girdi Yönelimli BCC-VZA kullanılmıştır.

Diğer bir anlatımla Karar Verme Birimleri için değişken getiri varsayımı altında faaliyet gösteren ve girdi-çıktı demetinin üretim fonksiyonuna daha uygun olan BCC modelinin, girdiler minimize etmeyi amaçlayan Girdi Yönelimli türü kullanılarak Saf Teknik Etkinlik Değerleri bulunmuştur (Avkiran, 2011).

Etkin olmayan Karar Verme Birimlerinin etkin noktaya ulaşabilmeleri için Referans Kümeleri tanımlanmış ve İyileştirme Seçenekleri (girdilerin azaltılması ve/veya çıktıların artırılması) önerilmiştir.

Yapılan tüm analizler açık kaynak kodlu istatistiksel hesaplama ve grafik yazılımı olan R Project üzerinde “dear” kütüphanesi yardımıyla yürütülmüştür (Coll-Serrano vd., 2018).

5. Bulgular

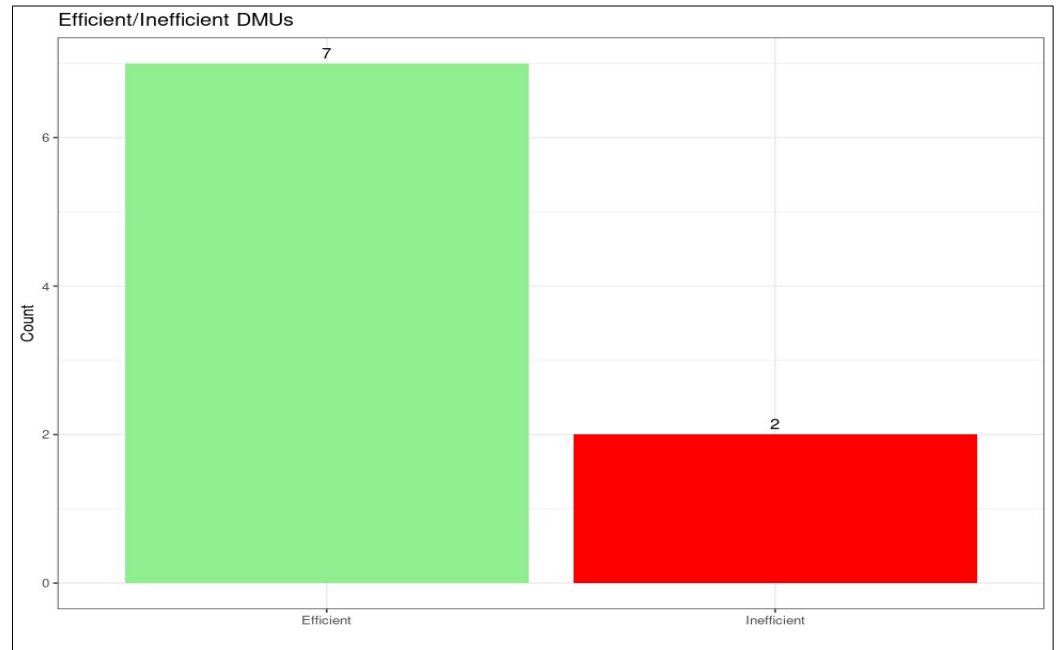
Analiz sonucunda elde edilen Saf Teknik Etkinlik Değerleri Tablo-4’te sunulmuştur

Tablo 4. Saf Teknik Etkinlik Değerleri

KVB	Saf Teknik Etkinlik Skoru	Etkinlik Durumu
Brezilya (DMU1)	1,000000	Etkin
Çin (DMU2)	1,000000	Etkin
Mısır (DMU3)	1,000000	Etkin
Etiyopya (DMU4)	1,000000	Etkin
Hindistan (DMU5)	0,877181	Etkin Değil
İran (DMU6)	0,953021	Etkin Değil
Rusya (DMU7)	1,000000	Etkin
Güney Afrika (DMU8)	1,000000	Etkin
Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) (DMU9)	1,000000	Etkin

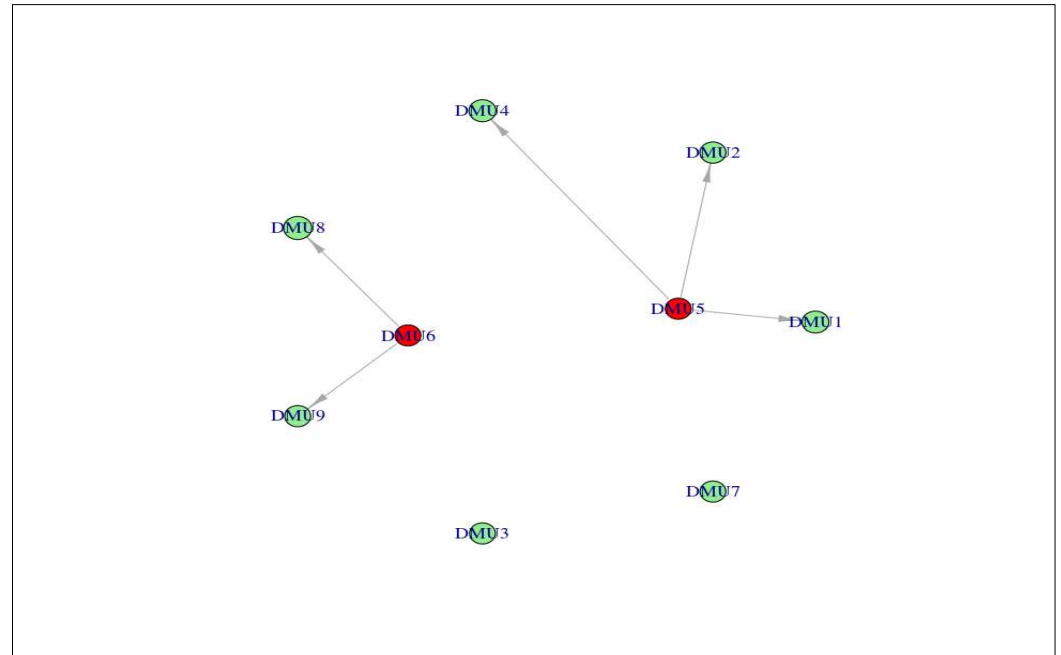
Tablo-4’e göre aşağıdaki BRICS üyesi ülkelerin saf teknik etkinlik skorlarının 1 olduğu ve göreceli etkinliğe sahip oldukları görülmektedir.

- ✓ Brezilya
- ✓ Çin
- ✓ Mısır
- ✓ Etiyopya
- ✓ Rusya
- ✓ Güney Afrika
- ✓ BAE



Şekil 1. Etkin Olan ve Etkin Olmayan Ülkelerin Dağılımı

Şekil-1 incelendiğinde analize dahil edilen dokuz BRICS üyesi ülkenin yedisinin etkin olarak tespit edildiği, bununla birlikte iki BRICS üyesi ülkenin de etkin olmadığı görülmektedir.



Şekil 2. Referans Kümeleri

Şekil 2’de etkin olmayan iki BRICS üyesi ülkenin etkin hale gelebilmeleri için oluşturulan Referans Kümeleri görülmektedir. Yeşil renk ile gösterilenler referans KVB’leri kırmızı renk ile gösterilenler ise etkin olmayan KVB’leri temsil etmektedir.

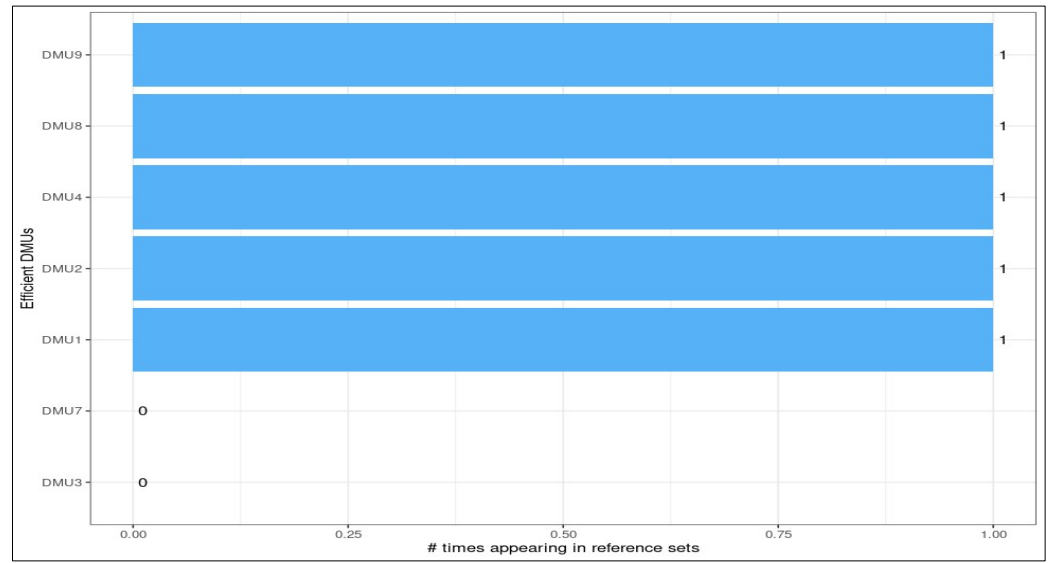
Tablo 5’te etkin olmayan iki BRICS üyesi ülkenin etkin hale gelebilmeleri için oluşturulan Referans Kümeleri ’ne ilişkin referans ağırlıkları yer almaktadır.

Tablo 5. Etkin Olmayan KVB'lerin Referans Kümeleri ve Referans Ağırlıkları

DMU	DMU1	DMU2	DMU4	DMU8	DMU9
Hindistan (DMU5)	0,4153	0,1099	0,4748	0	0
İran (DMU6)	0	0	0	0,9266	0,0734

λ vektörü, sanal üreticiyi oluşturmak için kullanılan diğer üreticilerin bileşenlerini tanımlamakta olup (Anderson, 2003) Tablo 5'e göre;

- ✓ DMU5'in (Hindistan) referans kümesi; DMU1 (Brezilya) ($\lambda=0,4153$), DMU2 (Çin) ($\lambda=0,1099$) ve DMU4 (Etiyopya) ($\lambda=0,4748$)'den oluşmaktadır.
- ✓ DMU2'nin (İran) referans kümesi; DMU8 (Güney Afrika) ($\lambda=0,9266$) ve DMU9 (BAE) ($\lambda=0,0734$)'den oluşmaktadır.

**Şekil 3.** Etkin KVB'lerin Referans Kümelerinde Görülme Sayıları

Şekil-3 incelendiğinde;

Etkin olmayan iki BRICS üyesi ülkenin etkin hale gelebilmeleri için oluşturan referans kümelerinde DMU1 (Brezilya), DMU2 (Çin), DMU4 (Etiyopya), DMU8 (Güney Afrika) ve DMU9'un (BAE) birer kez yer aldığı, bununla birlikte DMU3 (Mısır) ve DMU7'nin (Rusya) hiçbir referans kümesinde yer almadığı tespit edilmiştir.

Etkin olmayan iki BRICS üyesi ülke için iyileştirme Seçenekleri (girdilerin azaltılması ve/veya çıktıların artırılması) Tablo-6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Etkin Olmayan KVB'ler İçin İyileştirme Seçenekleri

DMU	i1	i2	i3	i4	I5	O1
Hindistan (DMU5)	-1.125,27574	-0,39071	-9,33426	-0,25792	-2,40726	27,85960
İran (DMU6)	-32.73461	-0,46648	-43,70062	-0,38194	-0,53086	0,00000

Tablo-6 incelendiğinde;

- ✓ i1: Nüfus (Milyon) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan BRICS üyesi ülkenin DMU5 (Hindistan) olduğu,
- ✓ i2: GSYİH Büyüme Oranı (%/Yıl) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan BRICS üyesi ülkenin DMU6 (İran) olduğu,
- ✓ i3: Toplam Tüketim/GSYİH (2005=100) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan BRICS üyesi ülkenin DMU6 (İran) olduğu,
- ✓ i4: CO₂ Emisyonları (tCO₂/Kişi) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan BRICS üyesi ülkenin DMU6 (İran) olduğu,

- ✓ i5: T&D Güç Kayıplarının Oranı (%) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan BRICS üyesi ülkenin DMU5 (Hindistan) olduğu,
- ✓ o1: Enerji Bağımsızlığı (%) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan BRICS üyesi ülkenin DMU5 (Hindistan) olduğu, görülmektedir.

6. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada BRICS üyesi dokuz ülkenin enerji bağımsızlığı etkinlikleri, performans değerlendirmede en sık kullanılan analiz yöntemlerinden birisi olan Veri Zarflama aracıyla değerlendirilmiştir. Etkinlik değerlendirmesi VZA modellerinden ölçeğe göre değişken getiri esasına dayanan BCC Modeli ve karar verme birimlerinin girdiler üzerindeki kontrol gücü göz önünde bulundurularak Girdi Yönelimli VZA kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analize göre BRICS üyesi dokuz ülkenin yedisinin (*Brezilya, Çin, Mısır, Etiyopya, Rusya, Güney Afrika ve BAE*) saf teknik etkinlik skorlarının 1 olduğu ve göreceli etkinliğe sahip oldukları, bununla birlikte geri kalan 2'sinin (*Hindistan ve İran*) etkin olmadıkları tespit edilmiştir.

Ulaşılan bulgular Hindistan ve İran açısından (Sözen vd., 2016; Wang vd., 2019; X.-P. Zhang vd., 2011) tarafından yapılan çalışmalar ile uyushmaktadır. Bu durumun küresel bir aktör olan ABD'nin, İran ve Hindistan'ın enerji işbirliklerine karşı geliştirmiş olduğu diplomatik tutum nedeniyle ortaya çıktığı değerlendirilmektedir (Zahirinejad, 2010). Bunun yanı sıra İran'ın imalat, konut ve ulaştırma sektörlerinde fosil yakıtlara tam bağımlı olmasının (Mollahosseini vd., 2017), bu sonucun ortaya çıkmasında payının olduğu söylenebilir. Ayrıca Hindistan'da enerji sektörünün ülkenin ekonomik gelişimi için önemli bir güç olmasına rağmen T&D güç kayıpları, tarife revizyonları ve yasal düzenleme gereksinimleri çözüm bekleyen unsurların varlığının (Surya Vardhan vd., 2024), söz konusu ülkenin analizimizde etkin olarak hesaplanmasına engel teşkil ettiği öne sürülebilir.

Mısır açısından bakıldığında ise enerji sübvansiyon politikalarının bir sonucu olarak ilgili bulgunun literatür ile örtüştüğü görülmektedir (Jebali vd., 2017). Bu durumunun ortaya çıkmasında başkaca birçok faktörün yanı sıra söz konusu ülkenin bazı bölgelerinde yürürlükte olan Mikro-Grid Enerji Yönetim Sistemi adlı bir çerçevenin (Abdelsattar vd., 2024), etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Brezilya açısından değerlendirme yapıldığında literatürde yer alan BRICS üyesi ülkeler ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda elde edilen ortalama çevresel etkinlik açısından söz konusu ülkenin BRICS ülkeleri açısından en yüksek skora sahip olması sonucu ile çalışmamızda elde edilen bulgular benzerlik göstermektedir (Camioto vd., 2015; Camioto & Pulita, 2022; Rasheed vd., 2022; S. Sun & Huang, 2021). Ayrıca söz konusu ülkenin yenilebilir enerji kaynaklarının dünya ortalamasının oldukça üzerinde olmasının (Palacios-Bereche vd., 2022), söz konusu ülkenin analizimizde etkin olarak hesaplanmasında etkili olduğu değerlendirilmektedir.

UAE açımdan bakıldığında söz konusu ülkenin son yıllarda enerji etkinliği konusunda gösterdiği pozitif ivme (Alsahlawi, 2013), çalışmamızda elde edilen bulgular da kendini göstermiştir.

Çin'in üretim ve tedarik zinciri kurgulamasını bir devlet politikası olarak kurumsal sosyal sorumluluk çerçevesinde konumlandırmasının bir neticesi olarak bu ülkenin çalışmamızda olduğu gibi literatürdeki birçok çalışmada da enerji etkinliğine sahip olduğu görülmektedir (S.-D. Guo vd., 2019; N. Zhang & Choi, 2013). Bu durumun başkaca birçok unsurun yanı sıra söz konusu ülkenin Entegre Enerji Yönetim Sistemi adlı bir çerçeveyi (H. Sun vd., 2018), uygulamasının yansımaları olduğu düşünülmektedir.

Literatürde yer alan ve enerji tüketimi ile karbon emisyonu açısından iki süper güç olan Çin ve Rusya'nın bir diğer önemli güç olan Hindistan'dan daha etkin olmaları sonucu çalışmamızda elde edilen bulgular ile de uyushmakta olup aynı çalışmanın VRS modeliyle elde edilen bulgusu BAE açısından da çalışmamızla benzemektedir (Zhao vd., 2018). Rusya'nın ISO 50001 Sertifikasyonu'nu başarıyla uygulamış olmasının (Fedoskina,

2016), söz konusu ülkenin analizimizde etkin olarak hesaplanmasında etkili olduğu değerlendirilmektedir.

Sosyal sorunlarla mücadele etmesine rağmen Güney Afrika literatürdeki çalışmaların çoğunda olduğu gibi çalışmamızda da etkin olarak bulunmuştur (Camioto vd., 2015; Gebert & De Mello-Sampayo, 2024; Karik vd., 2020; Song vd., 2013). Bu durumun söz konusu ülkenin Bina Enerji Yönetim Sistemi adlı bir çerçeveyi (Agbajor vd., 2023), uygulamasının yansıması olduğu düşünülmektedir.

Etkin olmayan iki BRICS ülkesinin etkin hale gelebilmeleri için oluşturan referans kümelerinde DMU1 (Brezilya), DMU2 (Çin), DMU4 (Etiyopya), DMU8 (Güney Afrika) ve DMU9'un (BAE) birer kez yer aldığı, bununla birlikte DMU3 (Mısır) ve DMU7'nin (Rusya) hiçbir referans kümesinde yer almadığı tespit edilmiştir. Bu bulgular Rusya açısından literatürde yer alan ve Rusya'nın ilgili çalışmanın örnekleme içerisinde en kötü etkinlik düzeyine sahip olduğu tespit edilen bir çalışma ile örtüşmekte iken (Koç, 2021), Mısır açısından da söz konusu ülkedeki fosil enerji tüketiminin ekosistemi tehdit edecek kadar ciddi boyutlarda olması münasebetiyle örtüşmektedir (AbdelAzim vd., 2017).

Ayrıca etkin olmayan İran için oluşturan referans kümesinde Güney Afrika'nın ($\lambda=0,9266$) ile oldukça yüksek bir oranda yer alması İran ve Güney Afrika'nın batı merkezli hegemonik uluslararası ilişkiler politikalarına karşı ekonomik manada bölgesel düzeyde iki önemli aktör olmasının ve Güney Afrika ile İran'ın güçlü ekonomik ilişkilere sahip olmasının bir yansıması olarak değerlendirilmektedir (Moshirzadeh & Smith, 2022; Onderco, 2016).

Etkin olmayan iki BRICS ülke için hesaplanan iyileştirme seçeneklerine (girdilerin azaltılması ve/veya çıktıların artırılması) bakıldığında;

i1: *Nüfus (Milyon)* değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (söz konusu değişken girdi değişkeni olduğu için iyileştirme önerisi azaltma yönündedir) ihtiyaç duyan BRICS ülkesinin *Etkin Olmayan KVB'ler İçin İyileştirme Seçenekleri* Tablosunda yer alan "-1.125.27574" iyileştirme önerisi değeri ile en büyük mutlak değere sahip olan Hindistan (DMU5) olduğu görülmüştür. Bu durumun söz konusu ülkenin BRICS ülkeleri içerisinde en kalabalık nüfusa sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

i2: *GSYİH Büyüme Oranı (%/Yıl)* değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (söz konusu değişken girdi değişkeni olduğu için iyileştirme önerisi azaltma yönündedir) ihtiyaç duyan BRICS ülkesinin *Etkin Olmayan KVB'ler İçin İyileştirme Seçenekleri* Tablosunda yer alan "-0.46648" iyileştirme önerisi değeri ile en büyük mutlak değere sahip olan İran (DMU6) olduğu görülmüştür. Bu durumun söz konusu ülkenin BRICS ülkeleri içerisinde en yüksek GSYİH'ye sahip ülkelerin arasında yer almasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

i3: *Toplam Tüketim/GSYİH (2005=100)* değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (söz konusu değişken girdi değişkeni olduğu için iyileştirme önerisi azaltma yönündedir) ihtiyaç duyan BRICS ülkesinin *Etkin Olmayan KVB'ler İçin İyileştirme Seçenekleri* Tablosunda yer alan "-43.70062" iyileştirme önerisi değeri ile en büyük mutlak değere sahip olan İran (DMU6) olduğu görülmüştür. Bu durumun söz konusu ülkenin BRICS ülkeleri içerisinde en yüksek GSYİH'ye sahip ülkelerin arasında yer almasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

i4: *CO₂ Emisyonları (tCO₂/Kişi)* değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (söz konusu değişken girdi değişkeni olduğu için iyileştirme önerisi azaltma yönündedir) ihtiyaç duyan BRICS ülkesinin *Etkin Olmayan KVB'ler İçin İyileştirme Seçenekleri* Tablosunda yer alan "-0.38194" iyileştirme önerisi değeri ile en büyük mutlak değere sahip olan İran (DMU6) olduğu görülmüştür. Bu durumun söz konusu ülkenin Japonya ve Almanya'dan sonra en çok CO₂ emisyon salınımı yapan ülke (Hosseini vd., 2019) olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

i5: *T&D Güç Kayıplarının Oranı (%)* değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (söz konusu değişken girdi değişkeni olduğu için iyileştirme önerisi azaltma yönündedir) ihtiyaç duyan BRICS ülkesinin *Etkin Olmayan KVB'ler İçin İyileştirme Seçenekleri* Tablosunda yer alan "-2.40726" iyileştirme önerisi değeri ile en büyük mutlak değere

sahip olan Hindistan (DMU5) olduğu görülmüştür. Bu durumun söz konusu ülkenin dünyadaki en çok T&D Güç Kayıplarının Oranı en yüksek ülke (Singh & Kumar, 2014) olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

o1: Enerji Bağımsızlığı (%) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (söz konusu değişken çıktı değişkeni olduğu için iyileştirme önerisi artırma yönündedir) ihtiyaç duyan BRICS ülkesinin *Etkin Olmayan KVB'ler İçin İyileştirme Seçenekleri* Tablosunda yer alan "27.85960" iyileştirme önerisi değeri ile en büyük mutlak değere sahip olan Hindistan (DMU5) olduğu görülmüştür. Bu durumun söz konusu ülkenin söz konusu ülkenin BRICS ülkeleri içerisinde en düşük enerji bağımsızlığı oranına sahip ülke olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bulgulara özet olarak bakıldığında enerji bağımsızlığı etkinliği noktasında BRICS üyesi ülkelerin içerisinde İran ve Hindistan'ın kullandıkları girdi değişkenlerini çıktılara dönüştürme konusunda BRICS üyesi diğer ülkeler kadar efektif olamadığı söylenebilir. Söz konusu ülkenin enerji yönetiminden sorumlu kamu yöneticilerinin araştırmada kendileri için tanımlanan referans kümelerindeki ülkelerin uygulamalarını incelemeleri ve gerekirse bu ülkelerle İkili İşbirliği Anlaşmaları imzalayarak fiilen destek almaları önerilmektedir.

Misyonu üye ülkeler arasında enerji, endüstri, çevre vb. konularda işbirliğini geliştirmek (BRICS, 2024b), olan BRICS organizasyonu özelinde gerçekleştirilen bu araştırmada üye ülkelerin farklı saf teknik etkinlik skorlarına sahip olmasının üye ülkelerin nüfus, demografik yapı, ekonomik durum vb. parametreler açısından birbirinden oldukça farklı pozisyonlarda konumlanmasının bir sonucu olduğu değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları itibarıyla ülkenin enerji yönetimi ile ilgilenen kurum ve kuruluşlarına daha etkin ve verimli enerji yönetimi faaliyeti yürütmeleri açısından nispeten de olsa katkılar sağlaması beklenilmektedir. Bu katkılarının en önemlisinin etkin olmayan BRICS üyesi ülkelerin kendileri için oluşturulan referans kümelerindeki BRICS üyesi ülkelerin uygulamalarını detaylıca irdeleyip kıyaslama ve benzetim yaparak tüm süreçler için önemli bir maliyet unsuru olan uygulamayı deneyerek öğrenme maliyetine katlanmadan ekonomik gelişme ve çevresel sürdürülebilirlik açısından oldukça büyük bir önem taşıyan eden enerji yönetimi konusunda etkin hale gelebilmesi imkanının olduğu düşünülmektedir.

Son olarak, enerji yönetimi alanında çalışan araştırmacıların yeni çıktı ve girdi bileşimleri ile yeni örneklem gruplarını analiz modeline dahil edecekleri ve negatif değerli girdi/çıktı kullanıma uygun olup girdi/çıktı demetlerinin paylaşımlı olduğu ancak bu çalışmanın bağlamından ötürü tercih edilmeyen İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi ile verilerini analize tabi tutacakları yeni araştırmalar yaparak tüm ülkeler açısından çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik noktasında kritik bir önem taşıyan enerji yönetimi disiplinine yeni bakış açıları kazandırmaları önerilmektedir.

Kaynakça

- AbdelAzim, A. I., Ibrahim, A. M., & Aboul-Zahab, E. M. (2017). Development of an energy efficiency rating system for existing buildings using Analytic Hierarchy Process – The case of Egypt. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 414-425. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.071>
- Abdelsattar, M., Ismeil, M. A., Aly, M. M., & Abu-Elwfa, S. S. (2024). Energy management of microgrid with renewable energy sources: A case study in Hurghada Egypt. *IEEE Access*, 12, 19500-19509. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3356556>
- Agbajor, F. D., Mewomo, M. C., Umoh, V. B., & Makanjuola, S. A. (2023). Building energy management system research in South Africa—A decade overview. *Energy Reports*, 9, 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.05.056>
- Alsahlawi, M. A. (2013). Measuring energy efficiency in GCC countries using data envelopment analysis. *The Journal of Business Inquiry*, 12, 15-30.

- Altınar, A., & Şimşek, E. (2022). Impact of renewable energy consumption on economic growth in BRICS-T countries. *ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi (ODÜSOBİAD)*, 12(3), 1651-1668. <https://doi.org/10.48146/odusobiad.1089399>
- Amowine, N., Ma, Z., Li, M., Zhou, Z., Azembila Asunka, B., & Amowine, J. (2019). Energy efficiency improvement assessment in Africa: An integrated dynamic DEA approach. *Energies*, 12(20), 3915. <https://doi.org/10.3390/en12203915>
- Anderson, T. (2003). Data envelopment analysis. *Encyclopedia of information systems* (445-454). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227240-4/00030-7>
- Apergis, N., Aye, G. C., Barros, C. P., Gupta, R., & Wanke, P. (2015). Energy efficiency of selected OECD countries: A slacks based model with undesirable outputs. *Energy Economics*, 51, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.05.022>
- Avkiran, N. K. (2011). Applications of data envelopment analysis in the service sector. W. W. Cooper, L. M. Seiford, & J. Zhu (Ed.), *Handbook on data envelopment analysis* (C. 164, ss. 403-443). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_15
- Bagher, A. M., Vahid, M., Mohsen, M., & Parvin, D. (2015). Hydroelectric energy advantages and disadvantages. *American Journal of Energy Science*, 2(2), 17-20.
- Bajracharya, T. R., Shakya, S. R., & Sharma, A. (2022). Dynamics of energy security and its implications. *Handbook of energy and environmental security* (13-25). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824084-7.00019-9>
- Bampatsou, C., Papadopoulos, S., & Zervas, E. (2013). Technical efficiency of economic systems of EU-15 countries based on energy consumption. *Energy Policy*, 55, 426-434. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.021>
- Borge-Diez, D. (2022). Energy policy, energy research, and energy politics: An analytical review of the current situation. *Energies*, 15(23), 8792. <https://doi.org/10.3390/en15238792>
- Bredariol, T. de O. (t.y.). *Driving innovation by tapping into clean domestic resources* [The International Energy Agency (IEA)]. Brazil's opportunity to lead the global dialogue on energy and climate. Geliş tarihi 02 Şubat 2025, gönderen <https://www.iea.org/commentaries/brazil-s-opportunity-to-lead-the-global-dialogue-on-energy-and-climate>
- BRICS. (2021). *BRICS energy report 2021*. The Energy and Resources Institute (TERI). <https://brics2021.gov.in/brics/public/uploads/docpdf/getdocu-41.pdf>
- BRICS. (2024a). *BRICS joint statistical publication 2024*. <https://brics-russia2024.ru/>
- BRICS. (2024b). *Joint website of the Ministries of Foreign Affairs of the BRICS member States*. BRICS Portal. <https://infobrics.org>
- BRICS. (2025). *Joint website of the Ministries of Foreign Affairs of the BRICS member States*. <https://infobrics.org>
- Burke, C., Jansson, J., & Jiang, W. (2009). *Formulation of energy policy in China: Key actors and recent developments*. Centre for Chinese Studies, University of Stellenbosch.
- Camoto, F. D. C., & Pulita, A. C. (2022). Efficiency evaluation of sustainable development in BRICS and G7 countries: A data envelopment analysis approach. *Gestão & Produção*, 29, e022. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022v29e022>
- Camoto, F. D. C., Rebelatto, D. A. D. N., & Rocha, R. T. (2015). Análise da eficiência energética nos países do BRICS: Um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados. *Gestão & Produção*, 23(1), 192-203. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1567-13>
- Carfora, A., Pansini, R. V., & Scandurra, G. (2022). Energy dependence, renewable energy generation and import demand: Are EU countries resilient? *Renewable Energy*, 195, 1262-1274. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.098>
- Česnakas, G. (2010). Energy resources in foreign policy: A theoretical Approach. *Baltic Journal of Law & Politics*, 3(1). <https://doi.org/10.2478/v10076-010-0003-y>
- Chaudhary, A., Krishna, C., & Sagar, A. (2015). Policy making for renewable energy in India: Lessons from wind and solar power sectors. *Climate Policy*, 15(1), 58-87. <https://doi.org/10.1080/14693062.2014.941318>
- Cleveland, C. J., & Ayres, R. U. (Ed.). (2010). *Encyclopedia of energy*. Elsevier Academic Press.
- Coll-Serrano, V., Benítez, R., & Bolós, V. (2018). *Data envelopment analysis with deaR* [Software]. R package version 1.2.0.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses with DEA-solver and references*. Springer.
- Çelebi, Y. İ. (2006). *Turkey's energy policies and the Eurasian region* [M.Sc. Thesis]. Middle East Technical University.
- Deutch, P. J. (2005). Energy independence. *Foreign Policy*, 151, 20-25.
- Drago, C., & Gatto, A. (2022). Policy, regulation effectiveness, and sustainability in the energy sector: A worldwide interval-based composite indicator. *Energy Policy*, 167, 112889. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112889>

- Ekundayo, E., & Oluwalami, A. S. (2015). Review of sustainable energy and electricity generation from non—renewable energy sources. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 5(1), 53-57.
- Emamifar, A., Sazmand, B., & Mozaffari Falarti, M. (2023). Enhancing neorealism: Lessons from India-Russia defense cooperation for Iran in the aftermath of the 2014 Russo-Ukraine conflict. *Journal of Eurasian Studies*, 18793665231224486. <https://doi.org/10.1177/18793665231224486>
- Emrouznejad, A., & Cabanda, E. (2014). Managing service productivity using data envelopment analysis. A. Emrouznejad & E. Cabanda (Ed.), *Managing service productivity using frontier efficiency methodologies and multicriteria decision making for improving service performance*. Springer.
- Enerdata.net. (2025). *World energy information* [Dataset]. Enerdata. <https://www.enerdata.net>
- Erdal, L. (2015). Determinants of Energy Supply Security: An Econometric Analysis For Turkey. *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 153-163.
- Ertürk, F., Akkoyunlu, A., & Varınca, K. B. (2006). *Enerji üretimi ve çevresel etkileri* (Stratejik Rapor No. 14). Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM).
- European Commission. (2025). *Why the EU supports geothermal energy research and innovation*. Geothermal energy. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/energy/geothermal-energy_en
- Fedoskina, L. A. (2016). Development of energy management systems of Russian companies in the context of world tendencies of improving energy efficiency. *European Research Studies Journal*, XIX(Issue 3A), 32-52. <https://doi.org/10.35808/ersj/548>
- Gebert, I. M., & De Mello-Sampayo, F. (2024). Efficiency of BRICS countries in sustainable development: A comparative data envelopment analysis. *International Journal of Development Issues*. <https://doi.org/10.1108/IJDI-12-2023-0287>
- Golany, B., & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7)
- Gramlich, L. (2012). Regulating energy supranationally: EU Energy Policy. C. Herrmann & J. P. Terhechte (Ed.), *European yearbook of international economic law (EYIEL)* (Vol. 3, ss. 371-404). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23309-8_12
- Gromov, A. (2024). *Russian energy policy: Security, efficiency and diversification* [First Meeting of BRICS Committee of Senior Energy Officials]. BRICS Energy Research Cooperation Platform. [https://fief.ru/files/news2017/Russian%20Energy%20Policy%20\(Gromov,%20BRICS,%2026%2002%202024%20new\).pdf?ysclid=m6erx4bw2z50540108](https://fief.ru/files/news2017/Russian%20Energy%20Policy%20(Gromov,%20BRICS,%2026%2002%202024%20new).pdf?ysclid=m6erx4bw2z50540108)
- Guo, S.-D., Li, H., Zhao, R., & Zhou, X. (2019). Industrial environmental efficiency assessment for China's western regions by using a SBM-based DEA. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 27542-27550. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06062-5>
- Guo, X., Lu, C.-C., Lee, J.-H., & Chiu, Y.-H. (2017). Applying the dynamic DEA model to evaluate the energy efficiency of OECD countries and China. *Energy*, 134, 392-399. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.040>
- Güney, T. (2019). Renewable energy, non-renewable energy and sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(5), 389-397. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1595214>
- He, P., Sun, Y., Shen, H., Jian, J., & Yu, Z. (2019). Does environmental tax affect energy efficiency? An empirical study of energy efficiency in OECD countries based on DEA and Logit model. *Sustainability*, 11(14), 3792. <https://doi.org/10.3390/su11143792>
- Hosseini, S. M., Saifoddin, A., Shirmohammadi, R., & Aslani, A. (2019). Forecasting of CO2 emissions in Iran based on time series and regression analysis. *Energy Reports*, 5, 619-631. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.05.004>
- Jebali, E., Essid, H., & Khraief, N. (2017). The analysis of energy efficiency of the Mediterranean countries: A two-stage double bootstrap DEA approach. *Energy*, 134, 991-1000. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.063>
- Kandpal, R., & Singh, R. (2022). Renewable energy sources—A review. *ECS Transactions*, 107(1), 8133-8140. <https://doi.org/10.1149/10701.8133ecst>
- Kanna, I. V. (2024). Energy policies and standards. *Encyclopedia of renewable energy, sustainability and the environment* (9-20). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-93940-9.00089-X>
- Karik, F., İskender, Ü., & Kiliç, C. (2020). Turkey's energy efficiency and its relative position against OECD and BRICS countries. *Politeknik Dergisi*, 23(2), 515-525. <https://doi.org/10.2339/politeknik.671336>
- Khalid, M. (2024). Smart grids and renewable energy systems: Perspectives and grid integration challenges. *Energy Strategy Reviews*, 51, 101299. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101299>
- Khan, K., Khurshid, A., & Cifuentes-Faura, J. (2023). Energy security analysis in a geopolitically volatile world: A causal study. *Resources Policy*, 83, 103673. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103673>

- Koç, H. (2021). Assessing the renewable energy efficiency levels of BRICS countries and Turkey using stochastic frontier analysis and information complexity criteria. *Adıyaman University Journal of Science*. <https://doi.org/10.37094/adyujsci.755048>
- Korneeva, E., Skornichenko, N., Shamakova, N., & Freze, T. (2024). Sustainable energy development through BRICS cooperation in technology and innovations. *E3S Web of Conferences*, 592, 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459203012>
- Liu, L., Chen, T., & Yin, Y. (2016). Energy consumption and quality of life: Energy efficiency index. *Energy Procedia*, 88, 224-229. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.152>
- Mollahosseini, A., Hosseini, S. A., Jabbari, M., Figoli, A., & Rahimpour, A. (2017). Renewable energy management and market in Iran: A holistic review on current state and future demands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 774-788. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.236>
- Moshirzadeh, H., & Smith, K. (2022). IR in Iran and South Africa: A comparative study. *World Sociopolitical Studies*, 6(2), 197-238. <https://doi.org/10.22059/wsps.2023.351629.1324>
- Msimango, N., Orffer, C., & Inglesi-Lotz, R. (2023). South Africa's energy policy: Prioritizing competition and climate change for decarbonisation. *Energy Policy*, 183, 113815. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113815>
- Null, J., & Archer, C. (2008). Wind power: The ultimate renewable energy source. *Weatherwise*, 61(4), 34-41. <https://doi.org/10.3200/WEWI.613.4.34-41>
- Onderco, M. (2016). A battle of principles: South Africa's relations with Iran. *Commonwealth & Comparative Politics*, 54(2), 252-267. <https://doi.org/10.1080/14662043.2016.1151168>
- Oyedepo, S. O. (2014). Towards achieving energy for sustainable development in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 255-272. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.019>
- Ozcan, Y. A. (2009). *Quantitative methods in health care management: Techniques and applications*. John Wiley & Sons, Inc.
- Ozcan, Y. A. (2014). *Health care benchmarking and performance evaluation an assessment using data envelopment analysis (DEA)*. Springer Science+Business Media.
- Öymen, G. (2020). Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirlik üzerindeki rolü. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(39), 1069-1087. <https://doi.org/10.46928/iticusbe.769022>
- Özdemir, A., Kitapçı, H., Gök, M. Ş., & Çiğirim, E. (2021). Efficiency assessment of operations strategy matrix in healthcare systems of US states amid COVID-19: Implications for sustainable development goals. *Sustainability*, 13(21), 11934. <https://doi.org/10.3390/su132111934>
- Palacios-Bereche, M. C., Palacios-Bereche, R., Ensinas, A. V., Gallego, A. G., Modesto, M., & Nebra, S. A. (2022). Brazilian sugar cane industry—A survey on future improvements in the process energy management. *Energy*, 259, 124903. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124903>
- Panchal, R., Singh, A., & Diwan, H. (2021). Does circular economy performance lead to sustainable development? – A systematic literature review. *Journal of Environmental Management*, 293, 112811. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112811>
- Ramanathan, R. (2003). *An introduction to data envelopment analysis a tool for performance measurement*. Sage Publications India Pvt Ltd.
- Rasheed, N., Khan, D., & Magda, R. (2022). The influence of institutional quality on environmental efficiency of energy consumption in BRICS countries. *Frontiers in Energy Research*, 10, 943771. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.943771>
- Ray, S. C. (2004). *Data envelopment analysis theory and techniques for economic and operations research*. Cambridge University Press.
- Sergunin, A. (2022). The place and role of the BRICS group in contemporary international relations. *International Organizations: Serbia and Contemporary World* (447-461). https://doi.org/10.18485/iipe_ioscw.2022.2.ch27
- Sharif, A., Raza, S. A., Ozturk, I., & Afshan, S. (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable Energy*, 133, 685-691. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.052>
- Singh, S., & Kumar, Y. (2014). Analysis and reduction of T&D losses in India. *National Conference on Emerging Trends in Engineering Science & Technology (NCETEST-2014)*, College of Engineering Roorkee (Coer), Roorkee, India.
- Song, M.-L., Zhang, L.-L., Liu, W., & Fisher, R. (2013). Bootstrap-DEA analysis of BRICS' energy efficiency based on small sample data. *Applied Energy*, 112, 1049-1055. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.064>
- Sözen, A., Karık, F., & Çiftçi, E. (2016). Türkiye'nin çevresel performansının OECD ve BRICS ülkeleri ile karşılaştırılması. *3rd International Symposium on Environment and Morality (ISEM2016)*, Alanya. <https://www.i-sem.info/PastConferences/ISEM2016/ISEM2016/papers/22-ISEM2016ID63.pdf>

- Speight, J. G. (2019). Energy security and the environment. *Natural Gas* (361-390). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809570-6.00010-2>
- Sun, H., Guo, Q., Zhang, B., Wu, W., Wang, B., Shen, X., & Wang, J. (2018). Integrated energy management system: Concept, design, and demonstration in China. *IEEE Electrification Magazine*, 6(2), 42-50. <https://doi.org/10.1109/MELE.2018.2816842>
- Sun, S., & Huang, C. (2021). Energy structure evaluation and optimization in BRICS: A dynamic analysis based on a slack based measurement DEA with undesirable outputs. *Energy*, 216, 119251. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119251>
- Surya Vardhan, B. V., Swain, A., Khedkar, M., Srivastava, I., & Bokde, N. D. (2024). An overview of Indian power sector and its Energy Management. *Renewable Energy Focus*, 50, 100597. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2024.100597>
- Timur, M. C., & Doğan-Çalışkan, Z. (2017). The importance of energy sources in the prevention of environmental pollution. *International Journal of English Literature and Social Sciences*, 2(4), 68-73. <https://doi.org/10.24001/ijels.2.4.9>
- Tone, K. (2017). Radial DEA models. K. Tone (Ed.), *Advances in DEA theory and applications* (1-10). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118946688.ch1>
- Topaloğlu, E., & Demir Toker, Ç. (2024). Yenilenebilir enerji tüketiminin belirleyicileri: BRICS-T ülkeleri örneği. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*, 0(0), 0-0. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.42.1570083>
- United Nations Development Programme. (2004). *World energy assessment: Overview 2004 update*. United Nations Development Programme Bureau for Development Policy. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/World%20Energy%20Assessment%20Overview-2004%20Update.pdf>
- U.S. Energy of Department. (2025). *Energy independence and security*. <https://www.energy.gov/eere/energy-independence-and-security>
- Wang, L.-W., Le, K.-D., & Nguyen, T.-D. (2019). Assessment of the energy efficiency improvement of twenty-five countries: A DEA approach. *Energies*, 12(8), 1535. <https://doi.org/10.3390/en12081535>
- Wu, J., Yin, P., Sun, J., Chu, J., & Liang, L. (2016). Evaluating the environmental efficiency of a two-stage system with undesired outputs by a DEA approach: An interest preference perspective. *European Journal of Operational Research*, 254(3), 1047-1062. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.04.034>
- Wu, M., Shi, J., Wen, H., Qiu, Y., & Guo, C. (2022). Research on power and energy balance of new power system under low carbon emission path. *Energy Reports*, 8, 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.133>
- Xu, T., You, J., Li, H., & Shao, L. (2020). Energy efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A literature review. *Energies*, 13(14), 3548. <https://doi.org/10.3390/en13143548>
- Zahirinejad, M. (2010). Iran's energy policy and India's international orientation. *Journal of South Asian and Middle Eastern Studies*, 34(1), 1-16. <https://doi.org/10.1353/jsa.2010.0017>
- Zhang, N., & Choi, Y. (2013). Environmental energy efficiency of China's regional economies: A non-oriented slacks-based measure analysis. *The Social Science Journal*, 50(2), 225-234. <https://doi.org/10.1016/j.soscij.2013.01.003>
- Zhang, X.-P., Cheng, X.-M., Yuan, J.-H., & Gao, X.-J. (2011). Total-factor energy efficiency in developing countries. *Energy Policy*, 39(2), 644-650. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.10.037>
- Zhao, C., Zhang, H., Zeng, Y., Li, F., Liu, Y., Qin, C., & Yuan, J. (2018). Total-factor energy efficiency in BRI countries: An estimation based on three-stage DEA model. *Sustainability*, 10(1), 278. <https://doi.org/10.3390/su10010278>
- Zhu, J. (2014). *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06647-9>

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Etik Onay: Yoktur.

Yazar Katkısı: Aydın ÖZDEMİR (%50), Mehmet Ercan BALTALI (%50)

Conflict of Interest: None.

Funding: None

Ethical Approval: None.

Author Contributions: Aydın ÖZDEMİR (50%), Mehmet Ercan BALTALI (50%)

Measuring Energy Independence Efficiency of BRICS Member Countries Using Data Envelopment Analysis

Aydin ÖZDEMİR & Mehmet Ercan BALTALI

Extended Abstract

Neorealism, one of the theories of international relations, emphasizes the concept of relative gains, which evaluates the potential impact of states' collaborative efforts on the balance of power. As a new international actor, BRICS was established to prevent a new global financial and economic crisis and shows that it can be a balance of power element with its efforts to create alternative financial institutions and its desire to combat political issues such as the environment, combating the negative effects of climate change, international terrorism, transnational organized crime, and cybercrime in world politics. In terms of International Relations, the efficiency of energy management has a critical importance in the power balance of countries. Energy independence and security of energy supply have become a key indicator of economic growth and development, as they are closely linked to micro- and macroeconomic developments and are an important component of the international competitive position of a country's economy. This research aims to evaluate the energy independency efficiency of nine BRICS member countries using Data Envelopment Analysis.

The database that belongs to nine BRICS member countries, five input variables (Population, GDP Growth Rate, Total Consumption/GDP, CO₂ Emissions, and the Rate of T&D Power Losses), and one output variable (Energy Independence) were analyzed using the Data Envelopment Analysis. The Decision-Making Units, input/output variables, and data set used in the analysis were obtained using the Enerdata.net database. i1: Population (Million) represents the number of people living in the BRICS member country in question as of 2024, and the arithmetic mean of the input variable in the context of the study's sample is "399.5911". i2: GDP Growth Rate (%/Year) represents the market value of all final goods and services produced by the BRICS member country in question in 2024 on a "%/Year" basis (Suter et al., 2024), and the arithmetic mean of the input variable in the context of the study's sample is "0.5873". i3: Total Consumption/GDP (2005=100) represents the ratio of the total amount of energy consumed by the BRICS member country in 2024 to the GDP on the basis of "2005=100" and the arithmetic mean of the input variable in the context of the study's sample is "83.8000". i4: CO₂ Emissions represents the ratio of the total amount of CO₂ emissions released by the BRICS member country in 2024 on the basis of "tCO₂/Captain" and the arithmetic mean of the input variable in the context of the study's sample is "7.0667". i5: the rate of T&D Power Losses (%) represents the ratio between the transport and distribution losses and electricity consumption for the BRICS member country in question on a "%" basis, and the arithmetic mean of the input variable in the context of the study's sample is "7.0667". o1: Energy Independence (%) represents the energy dependency ratio of the BRICS member country in question on a "%" basis, and the arithmetic mean of the input variable in the context of the study's sample is "91.3778". During the analysis, the Input Oriented BCC (VRS) Model, one of the Data Envelopment Analyses, was used. Reference Sets were defined for inefficient Decision-Making Units to become efficient, and Improvement Options (reducing inputs and/or increasing outputs) were suggested. All analyses were carried out with the help of the "dear" library on the R Project, an open-source statistical computing and graphics software.

According to the results of the analysis, seven BRICS member countries (Brazil, China, Egypt, Ethiopia, Russia, South Africa, and the United Arab Emirates) were determined as efficient. The Reference Sets have been defined, and Improvement Suggestions have been given so that inefficient BRICS member countries can become efficient. Brazil, China, Ethiopia, South Africa, and the United Arab Emirates have appeared once in these Reference Sets. Egypt and Russia have not appeared in any Reference Set. It has been observed that the BRICS member country that needs the most improvement in terms of the I1: Population (Million) variable is DMU5 (India). It has been observed that the BRICS member country that needs the most improvement in terms of the I2: GDP Growth Rate variable is DMU6 (Iran). It has been observed that the BRICS member country that needs the most improvement in terms of the I3: Total Consumption/GDP variable is DMU6 (Iran). It has been observed that the BRICS member country that needs the most improvement in terms of the I4: CO₂ Emissions variable is DMU6 (Iran). It has been observed that the BRICS member country that needs the most improvement in terms of the I5: the Rate of T&D Power Losses variable is DMU5 (India). It has been observed that the BRICS member country that needs the most improvement in terms of the O1: the Energy Independence variable is DMU5 (India).

Two BRICS member countries (India and Iran) were determined as inefficient. These findings can be taken into consideration by both these countries and the BRICS Intergovernmental Organization. As a result of this study, it is expected that it will contribute to the institutions and organizations of the country that are interested in energy management in terms of carrying out more effective and efficient energy management activities. The most important of these contributions is thought to be the opportunity for inactive BRICS member countries to become effective in energy management. Since this is of great importance in terms of economic development and environmental sustainability without having to bear the cost of learning by trying the application, which is an important cost element for all processes, examining in detail the practices of BRICS member countries in the reference sets created for them, as well as comparing and simulating them will benefit them significantly. In addition, it is recommended that researchers working in the field of energy management gain new perspectives on the energy management discipline since it is of critical importance in terms of environmental and economic sustainability for all countries. By conducting new research, including new output and input combinations and new sample groups in the research model, and analyzing the data with the Two-Stage Data Envelopment Analysis and the Malmquist Data Envelopment Analysis, researchers can develop them notably in the field.