



Copyright@Author(s) - Available online at dergipark.org.tr/en/pub/igusbd.
Content of this journal is Licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND) International License.

Türkiye’de Düzey 2 Bölgelerinin Çevresel Etkinliğinin İncelenmesi: VZA Yaklaşımının Bir Uygulaması

Examining the Environmental Efficiency of Level 2 Regions in Türkiye: An Application of DEA Approach

Habibe YAMAN 

Öz

Amaç: Küresel ve yerel boyutlarıyla önem kazanan çevresel etkinlik analizleri, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada kilit bir araç olarak değerlendirilmektedir. Büyüme verileri, sektörel gelişim süreci ve bölgesel farklılıklar gibi unsurlar dikkate alındığında, Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması doğrultusunda bölgesel düzeyde stratejik politikaların geliştirilmesi ve etkin yaklaşımların benimsenmesi yoluyla çevresel performansın iyileştirilmesi gerekli hale gelmektedir. Bu bağlamda bu araştırma, Türkiye’deki İBBS düzey 2 kapsamında yer alan 26 bölgenin 2018-2023 dönemindeki çevresel etkinliğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Yöntem: Araştırmada yöntem olarak girdi odaklı, değişken ölçek getirili (VRS) klasik tek aşamalı Veri Zarflama Analizi (VZA) modeli kullanılmıştır. İstihdam, elektrik tüketimi, toplam nüfus, ar-ge harcaması, otomobil sayısı ve işlenen tarım alanı olmak üzere altı girdi değişkeni kullanılmıştır. Bununla birlikte iki tane de çıktı değişkeni kullanılmıştır. Bunlar: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) ve istenmeyen çıktı olarak tanımlanan Kükürt Dioksit (SO₂) değeridir.

Bulgular: Değişken getiri etkinlik değerlerine göre bölgelerin ilgili döneme ait çevresel etkinlik skorları 0.636-1.00 arasında değişmektedir. Ortalama çevresel etkinlik değerlerine göre; TR10, TR32, TR61, TR62, TR81, TR82, TR90, TRA1, TRA2, TRB2, TRC1 ve TRC3 bölgeleri etkin bölgeler (%100) olarak öne çıkmaktadır. Etkinlik skorunda bu bölgeleri ise ortalama etkinlik skoru 0.90’dan büyük olan TR22, TR21, TR51, TR42, TRB1, TR63, TR31 ve TR83 bölgeleri takip etmektedir. Buna karşılık, TR41, TR33 ve TRC2 bölgeleri oldukça düşük etkinlik skorları ile öne çıkmaktadır.

Sonuç: Araştırma bulgularına göre çevresel etkinlik değerlerinde yıllar ve bölgeler arası farklılıklar bulunmakta ve bölgelerin çevresel etkinlik skorlarında hafif bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Etkin bölgeler dikkate alındığında, bölgesel farklılıklar altyapı, üretim, ar-ge, girişimcilik, yenilik kapasitesi ve yatırım farklılıkları ile açıklanabilir.

Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, Burdur, Türkiye.
✉ hyaman@mehmetakif.edu.tr

Geliş/Received: 13.06.2025
Kabul/Accepted: 25.02.2026

Çevresel etkinlikteki yıllar içindeki değişimi, değişen ve dönüşen küresel dinamikler, çevresel politikalar, yenilenebilir kaynaklı kurulu güç artışı ve teknoloji yatırımlarındaki artış ile açıklamak mümkündür.

Anahtar Kelimeler

Çevresel Etkinlik, Döngüsel Ekonomi, Bölgesel Kalkınma, VZA, Türkiye.

Abstract

Aim: Environmental efficiency analyses, which have gained importance with their global and local dimensions, are considered as a key tool in achieving sustainable development goals. Considering factors such as growth data, sectoral development process, and regional differences, improving environmental performance through the development of strategic policies at the regional level and the adoption of effective approaches is necessary to achieve sustainable development goals in Türkiye. In this context, this study aims to reveal the environmental efficiency of 26 regions in Türkiye within the scope of NUTS level 2 for the period 2018-2023.

Method: In the study, the input-oriented variable returns to scale (VRS) classical one-stage Data Envelopment Analysis (DEA) model is used as the method. Six input variables are used: employment, electricity consumption, total population, R&D expenditure, number of automobiles, and cultivated agricultural area. In addition, two output variables are used. These are: Gross Domestic Product (GDP) and Sulfur Dioxide (SO₂), which is defined as an undesirable output.

Results: According to the variable return efficiency values, the environmental efficiency scores of the regions for the relevant period vary between 0.636-1.00. According to the average environmental efficiency values; TR10, TR32, TR61, TR62, TR81, TR82, TR90, TRA1, TRA2, TRB2, TRC1, and TRC3 regions stand out as efficient (100%) regions. In efficiency score, these regions are followed by TR22, TR21, TR51, TR42, TRB1, TR63, TR31, and TR83 regions with average efficiency scores greater than 0.90. In contrast, TR41, TR33, and TRC2 regions stand out with notably low efficiency scores.

Conclusion: According to the research findings, there are differences in environmental efficiency values across years and regions, and a slight upward trend is observed in the environmental efficiency scores of the regions. Considering efficient regions, regional differences can be explained by differences in infrastructure, production, R&D, entrepreneurship, innovation capacity and investment. The change in environmental efficiency over the years can be explained by changing and transforming global dynamics, environmental policies, increase in renewable installed capacity and increase in technology investments.

Keywords

Environmental Efficiency, Circular Economy, Regional Development, DEA, Türkiye.

Giriş

Ekolojik dengedeki değişimler insan uygarlığıyla doğrudan bağlantılıdır. Nitekim, endüstriyel uygarlığın artçı etkileriyle derinleşen küresel ekolojik kriz, ekolojik yönetişimi giderek daha önemli bir konu haline getirmiştir (Liu vd., 2023, s.1). Özellikle, 18. yüzyıldan itibaren hız kazanan sanayileşme süreci; sera gazı emisyonlarının artmasına, çevre kirliliğinin yaygınlaşmasına, ekolojik bozulmaya ve doğal kaynakların hızla tükenmesine yol açmıştır. 21. yüzyılda ise bu sorunlar, küreselleşmeyle birlikte daha da belirginleşmiş ve küresel ölçekte en kritik meselelerden biri olarak öne çıkmıştır (Örtlek vd., 2023, s.408). İklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki güçlü bağlantılar çevresel politikaların önemini daha da arttırmaktadır. İklim değişikliği, tüm ülkelerin sürdürülebilir kalkınması için uzun vadeli etkileri olan kaçınılmaz ve acil bir küresel sorun olarak kabul edilmektedir (Matsumoto vd., 2020, s.1-2). Özellikle son dönemde çevre bilincinin artmasıyla birlikte, ülkelerin çevresel sorunlarını çözmek için çeşitli politikalar geliştirmekte olduğu (Senir, 2024, s.388) bilinen bir gerçektir ve çevresel etkinliğin veya performansın dikkatli bir şekilde ölçülmesi, iklim değişikliği gibi konular göz önünde bulundurulduğunda, etkili politika oluşturma için bir temel sağlamaktadır (Matsumoto vd., 2020, s.2).

Uluslararası platformlarda sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına yönelik pek çok adım atılmakta olup politika belgelerinde çevrenin kalkınma açısından öneminin altı sıklıkla çizilmektedir. Örneğin, Brundtland Raporu olarak da bilinen Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) başlıklı raporda sürdürülebilir kalkınma perspektifiyle; çevresel kaynak tabanını koruyan ve geliştiren politikalar temelinde yeni bir ekonomik büyüme çağının mümkün olduğu vurgulanmaktadır. Raporda ayrıca, gelişmekte olan dünyanın büyük bölümünde derinleşen yoksulluğu gidermek için bu tarz bir büyümenin kesinlikle gerekli olduğuna inanıldığı dile getirilmektedir (Brundtland Report, 1987). Bu bağlamda çevresel etkinlik, sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarından biri olarak öne çıkmakta ve çevre performansının iyileştirilmesi küresel yerel düzeyde büyük ilgi görmektedir (Matsumoto vd., 2020, s.1).

Son on yılda sürdürülebilirliğin benimsenmesi, çevresel gerekliliklerin yanı sıra endüstrilerin küresel pazarda varlıklarını sürdürülebilmeleri ve rekabet edebilmeleri için stratejik bir faktör haline gelmiştir. Üretim faaliyetlerine endüstri 4.0 ve döngüsel ekonomi uygulamalarının entegrasyonu artık bir zorunluluk olarak gündeme gelmektedir. Söz konusu yaklaşımlar, kuruluşların hem ileri teknolojilerle güncel kalmasına hem de tedarik zincirlerini sürdürülebilir bir temele oturtmalarına yardımcı olmaktadır (Yadav vd., 2020, s.1-2). Yapılan bilimsel çalışmalar, döngüsel ekonomi uygulamalarının ve ilgili iş modellerinin, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin birçok amacına ulaşmada katkı sağlayabileceğini vurgulamaktadır (Schroeder vd., 2019, s.92).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de bölgesel düzeyde çevresel etkinliğin analiz edilmesidir. Çalışmada bu konuya ve Türkiye’ye odaklanılmasının birkaç nedeni bulunmaktadır. Bilindiği gibi, çevre kirliliği tüm dünya uluslarının ortaklaşa mücadele ettiği önemli bir sorundur. İnsan kaynaklı hava kirliliği sanayileşmenin başlamasından bu yana hızla artmıştır ve atmosfere yayılan kirleticiler uzun mesafelere taşınarak bölgesel ve küresel çevre sorunları yaratabilmektedir (Omer, 2008, s.2278). Bu süreçte, çevre ve çevre sorunları küresel ölçekte önemsenmekle birlikte, dünyada ülkeler ve bölgeler arası gözlemlenen sosyo-ekonomik, kurumsal, coğrafi vb. farklılıklar çevresel performans göstergeleri açısından da ülkeler arası farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Yadav vd. (2020)’nin de vurguladığı gibi gelişmiş ülkelerin ileri teknolojik altyapı olanakları ve sürdürülebilirlik odaklı politikalar sayesinde gelişmekte olan ülkelere kıyasla daha iyi performans gösterdikleri bilinen bir olgudur (Yadav vd., 2020, s.13). Gelişmiş ekonomiler büyümeyi teşvik etmek için sürekli yenilikler yapmakta, doğrusal ekonomilerden döngüsel ekonomilere geçiş için destekler sunmakta ve böylece sınırlı kaynakların kullanım verimliliği artırılmaktadır (Hysa vd., 2020). Bahsi geçen faaliyetlerin etkisiyle ülkeler arasında etkinlik farklılıkları derinleşebilmektedir.

Ülkeler karşı karşıya oldukları temel çevresel sorunlara yönelik yerelde ve ulusal düzeyde yol haritaları, politika belgeleri ve stratejiler oluşturmaktadır. Türkiye de bu anlamda bir istisna teşkil etmemektedir. Türkiye’de çevre sorunları ve çevre yönetimi giderek daha fazla önemsenmekte olup ülkede son dönem plan ve politikalarda sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji, eko-verimlilik, yeşil büyüme, akıllı teknolojiler gibi kavramlar yoğun olarak ele alınmaktadır (Hamza Çelikyay, 2021, s.187-202). Çevresel etkinliğin veya performansın değerlendirilmesi daha temiz ve sürdürülebilir bir gelecek hedefine ulaşılması açısından büyük önem taşımaktadır (Örtlek vd., 2023, s.408). Bununla birlikte, ülkelerin ekonomik performansını etkileyen önemli sorunlardan biri bölgesel farklılıklardır ve temelde bu durum alt bölgelerin performansı ile ilişkilidir. Bölgeler düzeyinde yapılan analizler, yüksek performanslı bölgelerin potansiyelini artırmaya veya düşük performanslı bölgelerde kaynak verimliliği sağlamaya yönelik politikaların geliştirilmesi için değerli bilgiler sağlamaktadır (Belgin, 2019, s.1341). Türkiye özelinde çevresel etkinlik ölçümünü içeren çeşitli çalışmalar olsa da bölgesel düzeyde konuyu ele alan çalışmaların sınırlı olduğu gözlemlenmektedir. 2018-2023 dönemini kapsayan bu çalışma, Türkiye’deki İBBS düzey 2 kapsamındaki 26 istatistikî bölgenin çevresel etkinliğini ortaya koymakta ve karşılaştırmalı bir değerlendirme sunmaktadır. Bölgesel farklılıklar ve kaynak dağılımı gibi unsurlar dikkate alındığında çalışma bulgularının çevresel etkinliğin iyileştirilmesine ve daha etkili çevre politikalarının oluşturulmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın içeriğinde; giriş bölümünün ardından literatür taraması bölümüne yer verilerek öne çıkan araştırmalar incelenmiştir. Yöntem bölümünde, temel alınan değişkenler ile birlikte araştırma metodu açıklanmıştır. Analiz ve bulgular başlığı altında, etkinlik skorları ele alınmış ve bulgular

bölgesel karşılaştırmalar yapılarak aktarılmıştır. Sonuç ve öneriler kısmında ise araştırmadan hareketle çıkarımlar yapılarak öneriler sunulmuştur.

Literatür Taraması

Çevresel etkinlik, önemi her geçen gün artan konu başlıkları arasındadır. Bilimsel araştırmalarda; çevresel sürdürülebilirlik, çevresel etkinlik/performans ve döngüsel ekonomi gibi çeşitli başlıklara odaklanılarak bu konunun artan önemine sıklıkla vurgu yapılmaktadır. Söz konusu çalışmalarda etkinlik ya da performans hesaplamalarında çok çeşitli girdi ve çıktılar temel alınmakta ve farklı ekonometrik yöntemler kullanılarak etkinlik ya da performans değerlendirmeleri yapılmaktadır. Bu süreçte hem G20, OECD ve AB gibi çeşitli ülke gruplarında (Bashir vd., 2025; Li vd., 2025; Ekiz Bozdemir vd., 2024; Koç Arslan ve Gürler Hazman, 2024; Lacko vd., 2023; Yaşar ve Akın, 2023; Alkaya, 2022; Zhu vd., 2022; Koçak vd., 2021; Matsumoto vd., 2020; Özkan ve Özcan, 2018; Şimsek, 2011) hem de tek ülke veya bölgeler düzeyinde (Güngör Aydemir, 2023; Liu vd., 2023; Zhao vd., 2022; Tunca, 2020; Deniz, 2018; Han vd., 2018; Song vd., 2013) çalışmalar yürütülmektedir. Tablo 1, bu süreçte öne çıkan bilimsel araştırmaları ve ilgili araştırmalarda kullanılan göstergeleri özetlemektedir.

Tablo 1. Çevresel Etkinlik Üzerine Yapılan Ampirik Çalışmalarda Kullanılan Girdi ve Çıktılar*

Yazar	Ülke / Dönem	Yöntem	Girdi	Çıktı
Bashir vd. (2025)	G-20 ülkeleri, 1996-2020	VZA ve dirençli ekonometrik yöntemler	Enerji tüketimi, sanayileşme, işgücü	-İstenen çıktı: GSYH -İstenmeyen çıktı: karbon emisyonları
Li vd. (2025)	Çin'in 30 il düzeyindeki bölgesi, 2015-2021	Süper etkinlikli VZA modeli ile üç aşamalı SBM	İşgücü, sermaye, yakıt boyutunu temsilen enerji tüketimi, ekipman boyutunu temsilen kurulu kapasite	-İstenen çıktı: üretim kapasitesi -İstenmeyen çıktı: karbon emisyonu
Ekiz Bozdemir vd. (2024)	38 ülke	VZA modeli	İstenmeyen girdi: Yenilenebilir enerji tüketimi, ar-ge harcamaları	Kişi başı GSYH, ormanlık alan -İstenmeyen çıktı: CO ₂ emisyonu
Koç Arslan ve Gürler Hazman (2024)	OECD ülkeleri, 2015-2020	VZA	Çevre koruma harcamaları	Yenilenebilir enerji üretimi, kişi başı GSYH, ormanlık alan, PM2.5 maruziyeti, CO ₂ emisyonu
Güngör Aydemir (2023)	Türkiye, 26 istatistikî bölge	VZA	İşgücü, sabit sermaye yatırımları, elektrik tüketimi	-İstenen çıktı: GSYH, yenilenebilir elektrik enerjisi, arıtılan atık su miktarı, katı atık -İstenmeyen çıktı: belediye toplam atık, kükürt dioksit, deşarj edilen atıksu miktarı
Lacko vd. (2023)	AB ülkeleri, 2010-2018	İki aşamalı VZA	Brüt sabit sermaye oluşumu, istihdam edilen kişi sayısı, ekilebilir alan	GSYH, sera gazı emisyonları
Liu vd. (2023)	Çin, 11 eyalet ve şehir, 2011-2020	Süper-SBM modeli, mekânsal ağırlık matrisi, Tobit modeli	İstihdam edilen nüfus, enerji tüketimi, sermaye, yerleşik alan, su tüketimi	-İstenen çıktı: GSYH -İstenmeyen çıktı: Çevresel çıktı (atık su, SO ₂ emisyonu, duman ve toz emisyonu)
Yaşar ve Akın (2023)	Doğu Avrupa Ülkeleri, 2022 yılı	VZA yöntemi	Sanal girdi (1)	Çevresel sağlık, iklim değişikliği, ekosistem canlılığı

Tablo 1. Devamı

Yazar	Ülke / Dönem	Yöntem	Girdi	Çıktı
Alkaya (2022)	OECD ülkeleri	VZA yöntemi	Enerji tüketimi, işgücü	CO ₂ emisyonu, yanabilir ve yenilenebilir atıklar, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi, GSYH
Zhu vd. (2022)	28 AB üyesi ülke, 2013-2019	VZA yaklaşımı	Nüfus (kişi), enerji tüketimi, sermaye stoku	-İstenen çıktı: gayri safi yurtiçi üretim -İstenmeyen çıktı: sera gazı emisyonları
Zhao vd. (2022)	Çin'deki 286 eyalet, 2003-2018	Metafrontier-Global-SBM modeliyle VZA	Sermaye stoku, istihdam, il idari arazi alanı, elektrik tüketimi, yıllık su arzı	-İstenen çıktı: Bölgesel GSYH -İstenmeyen çıktı: Atık su, duman (toz) emisyonu, SO ₂ emisyonu
Koçak vd. (2021)	26 OECD ülkesi	VZA ve bootstrap VZA yaklaşımı	Hidro ve tam hücreli ar-ge, yenilenebilir enerji, fosil yakıt, nükleer enerji ve enerji etkinliği ar-ge harcamaları, diğer güç ve depolama ar-ge	1/kişi başı CO ₂ (metrik ton)
Matsumoto vd. (2020)	27 AB ülkesi, 2000-2017	VZA, Malmquist-Luenberger indeksi	İşgücü (nüfus), sermaye, enerji tüketimi	Enerji tüketimi kaynaklı CO ₂ emisyonları, atk, GSYH, PM2.5 emisyonları
Tunca (2020)	Türkiye'nin 81 ili, 2018 yılı	VZA	GSYH, nüfus yoğunluğu, taşıt sayısı	Partiküler madde, SO ₂ , atk su miktarı, katı atık miktarı
Deniz (2018)	Türkiye'nin 81 ili, 2014 yılı	Bulanık VZA	Nüfus yoğunluğu, çalışan sayısı (sanayi), enerji sektörü için kamu yatırımları dağılımı, motorlu kara taşıtları sayısı, elektrik tüketimi, hava kalitesi, çekilen su miktarı	Orman alanı, GSYH (kişi başı)
Han vd. (2018)	Çin'de 42 endüstriyel departman	Bilgi entropisine dayalı çevresel VZA çapraz modeli	Enerji tüketimi	-İstenen çıktı: Toplam çıktı -İstenmeyen çıktı: CO ₂ emisyonları
Özkan ve Özcan (2018)	34 OECD ülkesi	VZA yaklaşımı	Enerji kullanımı (kişi başı), kentsel nüfus, çevre ile ilgili harcama geliştirme oranları, ormanlık arazi, fosil yakıt ar-ge bütçesi, gsmh içinde toplam sera gazı emisyon oranı	Sera gazı emisyonu (kişi başı), ulaşım kaynaklı CO ₂ emisyonu (kişi başı), solunabilir partikül madde oranı
Song vd. (2013)	Çin, 1998-2009	SBM model, Tobit model	İşgücü, sermaye stoku ve enerji tüketimi	GSYH, atık su deşarjı, katı atık ve atık gaz emisyonu
Şimsek (2011)	24 OECD ülkesi	VZA, Malmquist endeksi	Hidrojen ve nükleer tüketimi toplamı, petrol ve doğal gaz tüketimi toplamı, kömür tüketimi, çalışan sayısı (milyon kişi), sermaye stoku	-İstenmeyen çıktı: CO ₂ salınımı

*Not: İlgili çalışmada istenen ve istenmeyen girdi ile çıktılar açıkça belirtilmişse, bu bilgiler tabloda yansıtılmıştır. Tabloda kısaltma olarak yer alan SBM: Slacks-based measurement (Artık tabanlı ölçüm) anlamına gelmektedir.

Literatür bulguları ışığında, çevresel etkinlik konusunun çeşitli dönem, ülke ya da bölgelere odaklanılarak incelendiği söylenebilmektedir. Ancak, özellikle bölgesel düzeyde çevresel etkinliğin yıllar itibariyle gelişimini analiz eden çalışmaların sayısının sınırlı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmanın Türkiye'nin düzey 2 bölgelerini içeren kapsamlı bir veri seti kullanımı, etkinlik dinamiklerini yıllar itibariyle ortaya koyan bütüncül bir çerçeveyi benimsemesi ve bu süreçte farklı yıllar için tutarlı karşılaştırmalara imkân sunması açısından literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Yöntem

Bu araştırmanın temel amacı Türkiye'de düzey 2 bölgelerinin çevresel etkinliğini ortaya koymaktır. Araştırma kapsamında 2018-2023 dönemi temel alınmıştır ve İBBS'ye göre Türkiye'deki 26 düzey 2 bölgesine odaklanılmıştır. Çalışmada temel alınan bölgeler Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Çalışmada Temel Alınan Bölgeler

Düzye 2	Bölgedeki iller	Düzye 2	Bölgedeki iller
TR10	İstanbul	TR71	Niğde, Nevşehir, Kırıkkale, Aksaray, Kırşehir
TR21	Tekirdağ, Kırklareli, Edirne	TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat
TR22	Balıkesir, Çanakkale	TR81	Karabük, Bartın, Zonguldak
TR31	İzmir	TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop
TR32	Aydın, Denizli, Muğla	TR83	Samsun, Amasya, Tokat, Çorum
TR33	Kütahya, Uşak, Manisa, Afyon	TR90	Trabzon, Artvin, Gümüşhane, Ordu, Giresun, Rize
TR41	Eskişehir, Bursa, Bilecik	TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt
TR42	Kocaeli, Bolu, Yalova, Sakarya, Düzce	TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan
TR51	Ankara	TRB1	Malatya, Elâzığ, Bingöl, Tunceli
TR52	Konya, Karaman	TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkâri
TR61	Isparta, Burdur, Antalya	TRC1	Gaziantep, Kilis, Adıyaman
TR62	Adana, Mersin	TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	TRC3	Mardin, Siirt, Batman, Şırnak

Literatürde Türkiye düzey 2 bölgeleri için etkinlik skorlarını hesaplayan çalışmalar vardır. Örneğin Güngör Aydemir (2023) bölgesel etkinliği döngüsel ekonomisi açısından 2020 yılını baz alarak değerlendirmiştir. Bu çalışma ise, kullanılan değişkenler ve ele alınan dönem açısından literatürdeki çalışmalardan farklılaşmaktadır. Araştırmanın ele alındığı zaman diliminde 2023 sonrasına ait verilerde (Örneğin, y_2 , x_2 , x_4 , x_6 değişkenleri) eksiklikler bulunmaktadır. Bu sebeple, bu araştırmanın analizinde ele alınan dönem, tam ve karşılaştırılabilir veriye sahip 2018-2023 dönemiyle sınırlandırılmıştır. Öte yandan, literatürde ar-ge göstergelerinin etkinlik analizlerindeki rolü dikkate alınarak bu çalışmada da ar-ge değişkeninin modele dahil edilmesi amaçlanmıştır. Ancak, düzey 2 bölgelerine ait gayri safi yurtiçi ar-ge harcaması ve ar-ge insan gücü verilerinin 2018 yılı ve sonrası için mevcut olması sebebiyle başlangıç noktası olarak 2018 yılı belirlenmiştir. Özetle, bu araştırmadaki analiz döneminin seçiminde; ar-ge göstergelerinin analize dahil edilebilmesi ve veri bütünlüğünün sağlanması belirleyici faktörler olmuştur.

Literatürde çevresel etkinliğin ölçümünde çok sayıda değişken kullanılmaktadır. Modelin temsil gücünü arttırmak için çalışmanın veri setinde birden fazla girdi ve çıktı kullanılması hedeflenmiştir. Bu süreçte bu araştırma kapsamında literatürdeki çalışmalar temel alınarak toplamda altı girdi değişkenine yer verilmiştir. Bu değişkenler; istihdam, elektrik tüketimi, toplam nüfus, ar-ge harcaması, otomobil sayısı ve işlenen tarım alanıdır. İlgili veriler TÜİK (2025b; 2025c)'ten temin edilmiştir. Buna ek olarak bu araştırmada iki tane çıktı değişkeni kullanılmıştır. Bunlardan ilki, istenen çıktı olarak tanımlanan GSYH değişkenidir. Bu değişken, TÜİK (2025a) tarafından yayımlanan Bölgesel Hesaplar veri tabanından elde edilmiştir. İkinci çıktı değişkeni ise Kükürt Dioksit (SO_2) değeridir. SO_2 , istenmeyen çıktı olduğundan literatürdeki çalışmalar temel alınarak modele ters çevrilmiş biçimiyle ($1/SO_2$) dahil edilmiştir.

Bir çevre sorunu olarak bilinen hava kirliliği önemli bir küresel sorundur ve iklimsel nitelikler, sanayileşme, nüfus artışı, ulaşım, şehirleşme, bölgelerin doğal yapısı gibi nedenlerle hava kirliliğinin seviyesi kayda değer ölçüde etkilenmektedir. Kirliliği etkileyen önemli parametrelerin biri de kükürt oksitlerdir (Sarı, 2023, s.1). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2023)'nın da vurguladığı üzere SO₂, ana kaynağı kükürt oranı yüksek yağların, kömür ve linyitin yakılmasıdır ve ayrıca kükürt oranı yüksek bronz ve tunçun eritilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu parametre sanayi, ısınma ve trafik bölgeleri ile oluşan bir kirleticidir. Bu sebeple araştırmanın modelinde istenmeyen çıktı olarak yer almaktadır.

Bu çalışmada kullanılan SO₂ değişkeni için düzey 2 bölgelerinin verileri, illerin SO₂ ölçüm verilerinin düzenlenmesiyle yazar(lar) tarafından oluşturulmuştur. Bu süreçte çalışmada ilk olarak, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde yayımlanan Hava Kalitesi Bültenlerinden elde edilen ortalama istasyon ölçüm sonuçları incelenerek, illerin 2018-2023 yılları arasındaki SO₂ ortalamaları derlenmiştir. Çalışmaya tüm düzey 2 bölgeleri dahil edilmiştir. Her düzey 2 bölgesi için, o bölgede yer alan illerin ilgili yıldaki ortalama istasyon ölçüm sonuçları verileri kullanılarak bölgesel ortalamalar tespit edilmiştir. İlgili dönemdeki veriler incelendiğinde Uşak ili için 2018, 2019 ve 2020 yıllarında herhangi bir istasyonda ölçüm verisi bulunmamaktadır. Ayrıca Adıyaman ili için de 2018-2023 dönemi boyunca herhangi bir SO₂ ölçüm verisi yoktur. Bunun dışında kalan iller için söz konusu dönemde hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçüm sonuçları mevcuttur. Bu doğrultuda, çalışmada hesaplanan bölge ortalamaları ilgili dönemde bölgeyi oluşturan illerde ölçüm verisi bulunan istasyonların ölçüm sonuçları dikkate alınarak titizlikle saptanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan çevresel etkinlik modelinin tüm girdi ve çıktı değişkenleri, değişken seçiminde temel alınan çalışmalarla birlikte Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Tanımları

Değişken Adı ve Tanımı		Temel Alınan Çalışma(lar)	Veri Kaynağı
Çıktılar	γ_1 : Kükürtdioksit (SO ₂) (ug/m ³)	SO ₂ : Güngör Aydemir (2023), Liu vd. (2023), Zhao vd. (2022), Tunca (2020)	T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2025)
	γ_2 : GSYH, değer (2009 Bazlı), bin TL ve zincirlenmiş hacim	GSYH: Bashir vd. (2025), Ekiz Bozdemir vd. (2024), Koç Arslan ve Gürlü Hazman (2024), Güngör Aydemir (2023), Lacko vd. (2023), Liu vd. (2023), Alkaya (2022), Zhao vd. (2022), Matsumoto vd. (2020), Deniz (2018), Song vd. (2013)	TUİK (2025a)
Girdiler	x_1 : İşteki duruma göre istihdam [15 yaş ve üzeri- bin kişi]: Toplam	İşgücü: Bashir vd. (2025), Li vd. (2025), Güngör Aydemir (2023), Alkaya (2022), Matsumoto vd. (2020), Deniz (2018), Song vd. (2013)	TUİK (2025c)
	x_2 : Elektrik tüketimi (Mwh)	Enerji/elektrik tüketimi: Bashir vd. (2025), Li vd. (2025), Güngör Aydemir (2023), Liu vd. (2023), Alkaya (2022), Zhu vd. (2022), Zhao vd. (2022), Koçak vd. (2021), Matsumoto vd. (2020), Deniz (2018), Han vd. (2018), Özkan ve Özcan (2018), Song vd. (2013)	TUİK (2025b)
	x_3 : Adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre yaş grubu ve cinsiyete göre nüfus: Toplam	Nüfus: Zhu vd. (2022), Tunca (2020), Özkan ve Özcan (2018), Deniz (2018)	TUİK (2025c)
	x_4 : Gayrisafi yurtiçi ar-ge harcaması (1000 TL)	Ar-ge: Ekiz Bozdemir vd. (2024), Koçak vd. (2021), Özkan ve Özcan (2018)	TUİK (2025c)
	x_5 : Motorlu kara taşıtları sayısı: Bin kişi başına otomobil sayısı	Taşıt: Tunca (2020), Deniz (2018)	TUİK (2025c)
	x_6 : Toplam işlenen tarım alanı (hektar)	Alan: Lacko vd. (2023), Liu vd. (2023), Zhao vd. (2022)	TUİK (2025c)

Çalışmada düzey 2 bölgeleri için kullanılan değişkenlerin gözlem sayısında herhangi bir eksiklik bulunmamaktadır. Kullanılan değişkenlere ait özet istatistikler Tablo 4'te detaylı biçimde sunulmuştur.

Tablo 4. Özet İstatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sap.	Min	Max
Y_1	156	0,0933	0,041	0,017	0,259
Y_2	156	75.084.948	116.791.623	10.433.907	717.183.617
x_1	156	1.120,6	1.070,5	295	6.569
x_2	156	10.518.250	8.544.555	1.063.274	43.169.889
x_3	156	3.231.445	2.747.238	785.265	15.907.951
x_4	156	5.239.706	14.749.172	67.850	112.200.715
x_5	156	141,865	62,452	21	322
x_6	156	764.490	546.670	69.104	2.144.235

Literatürdeki çalışmaların öne çıkardığı gibi, çevresel etkinliği konu alan araştırmalarda VZA yaklaşımı sıklıkla kullanılan ve öne çıkan yöntemlerden biridir. Bilindiği üzere, VZA her bir girdi ve çıktıya ilişkin etkinsizlik kaynaklarının ve miktarlarını belirlenmesi, etkin grupların karşılaştırılabilmesi, etkinsizlik kaynaklarının (ve miktarlarının) tanımlanması gibi önemli avantajlar sunmaktadır (Cooper vd., 2007, s.14). Bu durum etkinlik hesaplamalarında bu yöntemin tercih edilme sebeplerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, VZA etkinlik ölçütleri çevresel performans ölçümünde de popülerlik kazanmıştır (Zhou vd., 2008, s.1). Söz konusu avantajları ve etkinlik hesaplamalarında yaygın şekilde kullanılmasının etkisiyle bu çalışmada bu yöntem tercih edilmiştir.

VZA, ölçüğe göre değişken getiriye kabul eden Banker Charnes Cooper (BCC) modeliyle ya da ölçüğe göre sabit getiriye kabul eden Charnes Cooper Rhodes (CCR) modeliyle yapılabilmektedir. Ölçüğe göre sabit getiri (CRS), girdilerde hangi oranda artış yapılırsa çıktılarda da aynı oranda artış görülmesi durumudur. Ölçüğe göre değişken getiri (VRS) ise çıktılarda girdilerdeki artış miktarına karşılık daha çok veya daha az artış görülebilmesi durumudur (Sarı, 2015, s.39).

Banker vd. (1984) tarafından tanımlanan BCC modeli farklı biçimlerde formüle edilebilmektedir. Bu kapsamda VZA yaklaşımında BCC modeli, $j=1,2,\dots,n$ olmak üzere n adet karar verme biriminin bulunduğu, her bir karar verme biriminin aynı s çıktıyı farklı miktarlarda (y_{rj} , $r=1,2,\dots,s$) ürettiği, aynı m girdiyi farklı miktarlarda (x_{ij} , $i=1,2,\dots,m$) kullandığı varsayımı altında Banker vd. (2004)'nin sunduğu üzere Eşitlik 1'deki gibi ifade edilebilir (Banker vd., 2004, s.346):

$$\begin{aligned} \min \vartheta_0 - \varepsilon (\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+); \\ \text{Kısıtlar: } \vartheta_0 x_{i0} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + S_i^-, i = 1, 2, \dots, m, \\ y_{r0} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_r^+, r = 1, 2, \dots, s, 1 = \sum_{j=1}^n \lambda_j, 0 \leq \lambda_j, S_i^-, S_r^+ \quad \forall i, r, j. \end{aligned} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de gösterilen BCC modelinin ikili (dual) formu da aynı verilerden elde edilebilmekte olup Eşitlik 2'deki gibi formüle edilmektedir (Banker vd., 2004, s.347):

$$\begin{aligned} \text{Max } z = \sum_{i=1}^m u_i y_{i0} - u_0; \\ \text{Kısıtlar: } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0 \leq 0, j = 1, \dots, n, \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1, v_i \geq \varepsilon, u_r \geq \varepsilon; u_0 \text{ işareti serbest.} \end{aligned} \quad (2)$$

Genel itibarıyla bakıldığında VZA yaklaşımında toplamsal model, CCR modeli, BCC modeli, ölçüğe göre azalan/artan getiri modeli, aylak tabanlı ölçüm ve süper aylak tabanlı model gibi pek çok model kullanılmaktadır (Kıllı ve Uludağ, 2020, s.810). Çeşitli modeller bulunmakta birlikte, bu çalışmada veri seti göz önünde bulundurularak girdi odaklı, değişken ölçek getirili (VRS) klasik tek aşamalı VZA modeli kullanılmıştır. Bu model BCC modelini temel almaktadır. Çınaroğlu vd. (2018, s.1036)'nin de

vurguladığı üzere etkinlik skorları 0 ile 1 arasında değişen değerlere sahiptir ve bu skorun 1 değerini alması %100 etkinliğin sağlandığını göstermektedir. Bununla birlikte, skorunun 1'den küçük olması ise etkinliğin sağlanamadığını belirtmektedir.

Analiz ve Bulgular

Bu araştırmada bölgelerin 2018-2023 yılları arasındaki çevresel etkinlik değerleri, DEAP 2.1 programı kullanılarak hesaplanmıştır. Araştırmada temel alınan model olan BCC modeli, teknik etkinlik ve ölçek etkinlik değerlerinin ölçümüne olanak tanımaktadır. Bu doğrultuda bu bölümdeki tablolarda yer alan “vrste” ifadesi değişen getiri varsayımı altında teknik etkinliği (VRS teknik etkinlik), “crste” ise sabit getiri varsayımı altında teknik etkinliği (CRS teknik etkinlik) temsil etmektedir. Ölçek etkinliği ise bu iki değer oranı olan “crste/vrste” ifadesini göstermektedir. Bunun yanı sıra bölgelerin çevresel etkinlikleri ortaya koyulurken medyan ve çeyreklik değerlere (Q1 ve Q3) de yer verilmiştir. Bu süreçte küçükten büyüğe doğru sıralanmış veri setinde birinci çeyrek değer (Q1), ilk 13 gözlemin medyan değerini, üçüncü çeyrek değer (Q3) ise son 13 gözlemin medyan değerini temsil etmektedir.

2018-2023 dönemi için etkinlik skorlarına göre; TR10, TR32, TR81, TR90, TRA1, TRA2 ve TRC3 bölgeleri hem sabit hem de değişken getiri etkinlik değerlerine göre etkin bölgeler (etkinlik değeri: 1.00) olarak öne çıkmaktadır. Bu bölgeler aynı zamanda ölçek etkinlik sonuçlarına göre de etkindir. Öte yandan, TR61, TR62, TR82, TRB2, TRC1 bölgeleri de söz konusu dönemde değişken getiri etkinlik değerlerine göre etkin bölgelerdir. 2018-2023 dönemine ait ortalama değerler, Türkiye'deki düzey 2 bölgelerinin çevresel etkinlik skorlarında hafif bir artış eğilimi olduğunu ortaya koymaktadır. İncelenen dönemde, 2019 ve 2022 yıllarında çevresel etkinlik skorunda düşüş yaşanırken 2020, 2021 ve 2023 yıllarında artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, bölgeler arasında çevresel etkinlik değerlerinde önemli dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Bu süreci detaylı ortaya koymak amacıyla ilk olarak, 2018-2020 yıllarını içeren çevresel etkinlik skorları çeyreklik değerler eşliğinde Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Bölgelerin Çevresel Etkinlik Değerleri: 2018-2020

	2018 crste	2018 vrste	2018 ölçek	2019 crste	2019 vrste	2019 ölçek	2020 crste	2020 vrste	2020 ölçek
TR10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR21	0.840	0.933	0.901	0.892	0.936	0.953	0.953	0.982	0.971
TR22	1.000	1.000	1.000	0.973	0.978	0.995	1.000	1.000	1.000
TR31	0.860	0.877	0.981	0.850	0.873	0.974	0.870	0.871	0.998
TR32	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR33	0.692	0.752	0.920	0.758	0.797	0.951	0.793	0.803	0.988
TR41	0.793	0.794	0.998	0.757	0.771	0.981	0.728	0.737	0.988
TR42	0.980	0.990	0.990	0.975	0.982	0.993	0.962	0.985	0.977
TR51	0.905	0.914	0.990	0.970	1.000	0.970	0.974	1.000	0.974
TR52	0.844	0.844	0.999	0.839	0.840	0.999	0.875	0.922	0.949
TR61	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	0.999
TR62	0.942	1.000	0.942	0.971	1.000	0.971	1.000	1.000	1.000
TR63	0.935	1.000	0.935	0.880	0.883	0.997	0.850	0.856	0.993
TR71	0.889	0.895	0.993	0.802	0.821	0.976	0.867	0.871	0.996
TR72	0.721	0.790	0.913	0.802	0.806	0.995	0.808	0.809	0.999
TR81	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR82	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR83	0.850	0.853	0.997	0.872	0.873	0.999	0.872	0.921	0.947
TR90	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tablo 5. Devamı

	2018 crste	2018 vrste	2018 ölçek	2019 crste	2019 vrste	2019 ölçek	2020 crste	2020 vrste	2020 ölçek
TRA1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRA2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRB1	0.955	0.958	0.998	1.000	1.000	1.000	0.716	0.928	0.772
TRB2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRC1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRC2	0.658	0.679	0.970	0.631	0.636	0.993	0.653	0.672	0.972
TRC3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Medyan	0.968	1.000	0.999	0.974	1.000	0.999	0.987	1.000	0.999
Q1	0.850	0.877	0.981	0.850	0.873	0.981	0.867	0.871	0.977
Q3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Not: Q1, küçükten büyüğe doğru sıralanmış veri setinde ilk 13 gözlemin medyan değerini temsil etmekte olup 7. gözleme; Q3 ise son 13 gözlemin medyan değerini temsil etmekte olup 20. gözleme karşılık gelmektedir.

Analiz bulgularının öne çıkardığı üzere, 2018-2023 yıllarında değişken getiri etkinlik değerlerine göre bölgelerin çevresel etkinlik skorları 0.636-1.00 arasında değişmektedir. İlgili dönemde 0.636 ile en düşük etkinlik değerine sahip bölge 2019 yılında TRC2 bölgesidir. TRC2 bölgesi, 2018'den 2020 yılına kadar çevresel etkinlikte en düşük skora sahip bölge olarak öne çıkmaktadır. Fakat, 2021 yılı ve sonrası bu bölgenin etkinliğinde kayda değer bir artış olduğu göz çarpmaktadır. 2021 ve 2022 yılında sırasıyla 0.768 ve 0.764 skor ile TR41 bölgesi etkinliği en düşük bölge iken 2023 yılında ise 0.764 skor ile TR33 bölgesi etkinliği en düşük bölge olmuştur. 2021-2023 yıllarını içeren etkinlik sonuçları çeyreklik değerler ile birlikte Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Bölgelerin Çevresel Etkinlik Değerleri: 2021-2023

	2021 crste	2021 vrste	2021 ölçek	2022 crste	2022 vrste	2022 ölçek	2023 crste	2023 vrste	2023 ölçek
TR10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR21	1.000	1.000	1.000	0.918	0.971	0.945	0.949	0.951	0.998
TR22	1.000	1.000	1.000	0.883	0.948	0.931	0.933	0.935	0.998
TR31	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR32	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR33	0.784	0.822	0.953	0.709	0.766	0.925	0.716	0.764	0.938
TR41	0.749	0.768	0.975	0.737	0.764	0.964	0.773	0.779	0.993
TR42	0.754	0.910	0.829	0.893	0.918	0.973	0.950	0.952	0.998
TR51	0.930	0.936	0.994	0.917	0.938	0.978	0.972	0.982	0.990
TR52	0.896	0.897	0.999	0.819	0.844	0.971	0.808	0.830	0.974
TR61	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR62	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR63	1.000	1.000	1.000	0.919	0.933	0.984	0.909	0.969	0.939
TR71	0.782	0.841	0.930	0.860	0.891	0.966	0.894	0.909	0.983
TR72	0.835	0.867	0.963	0.786	0.798	0.985	0.789	0.793	0.996
TR81	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TR82	0.996	1.000	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tablo 6. Devamı

	2021 crste	2021 vrste	2021 ölçek	2022 crste	2022 vrste	2022 ölçek	2023 crste	2023 vrste	2023 ölçek
TR83	0.923	0.931	0.992	0.883	0.885	0.998	0.920	0.950	0.969
TR90	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRA1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRA2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRB1	0.723	0.931	0.776	0.755	0.936	0.807	0.744	0.906	0.821
TRB2	0.813	1.000	0.813	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRC1	0.962	1.000	0.962	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TRC2	0.895	0.963	0.929	0.716	0.865	0.828	0.942	1.000	0.942
TRC3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Medyan	0.998	1.000	1.000	0.960	0.986	0.999	0.986	1.000	0.999
Q1	0.835	0.931	0.962	0.860	0.891	0.966	0.909	0.935	0.983
Q3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Bölgelerin etkinlik skorlarındaki görece düşük performanslarını değerlendirirken girdi ve çıktı değerlerinin kapsamlı analizi önem taşımaktadır. Bu bağlamda, araştırmada kullanılan girdi ve çıktıların dönem ortalamaları Tablo 7'de sunulmuştur. İlgili veriler incelendiğinde, özellikle TRC2 ve TR33 bölgelerinin $1/SO_2$ parametresinde oldukça düşük değerlere sahip olduğu gözlemlenmektedir. TRC2 bölgesinin gayrisafı yurtiçi ar-ge harcamasında sondan 6. sırada ve otomobil sayısı verisinde sondan 4. sırada yer alması düşük etkinlik skorlarını açıklamak için önemli ipuçları barındırmaktadır. TR41 bölgesinin ise, işlenen tarım alanı ve otomobil sayısı verilerinde ortalama değerlere göre 26 bölge içerisinde sırasıyla 9. ve 6. sırada olması, diğer girdilerde yüksek değere sahip olmasına rağmen $1/SO_2$ parametresinde 8. sırada ve GSYH'de ise 5. sırada yer alması bölgenin etkinlik değerlerini kayda değer ölçüde etkilemekte ve niçin etkinlik değerlerinde son sıralarda yer aldığına dair fikir sunmaktadır.

Tablo 7. Kullanılan Değişkenlerin Dönem Ortalamaları

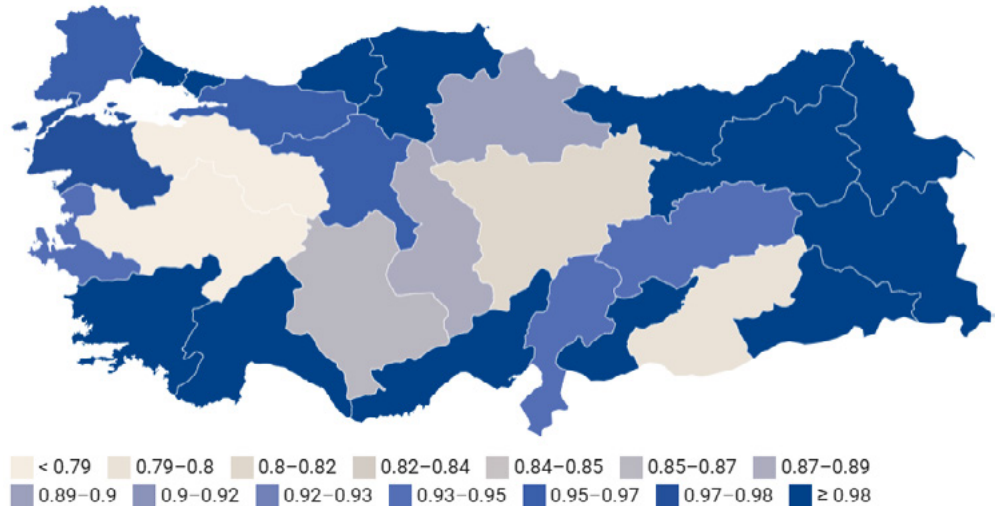
	γ_{1-ort}	γ_{2-ort}	x_{1-ort}	x_{2-ort}	x_{3-ort}	x_{4-ort}	x_{5-ort}	x_{6-ort}
TR52	0.102	47.100.000	865	9.727.174	2.520.893	2.156.065	164	2.126.481
TR72	0.065	42.300.000	788	6.159.533	2.484.321	2.094.364	157	1.946.264
TR71	0.082	26.600.000	534	4.762.111	1.622.988	1.115.363	159	1.569.142
TRC2	0.057	35.400.000	878	8.711.317	3.906.390	917.748	39	1.449.666
TR83	0.092	40.900.000	1.074	5.961.654	2.831.170	1.343.102	151	1.301.857
TR33	0.043	59.900.000	1.190	11.000.000	3.143.088	3.020.693	160	1.275.719
TR51	0.140	187.000.000	2.038	15.900.000	5.689.913	40.800.000	287	1.137.630
TR21	0.071	50.400.000	787	11.900.000	1.877.758	2.548.920	153	951.275
TR41	0.110	104.000.000	1.573	18.800.000	4.237.356	7.603.103	181	821.234
TRB2	0.037	20.300.000	539	2.138.059	2.173.859	731.000	22	752.763
TRA2	0.086	11.300.000	325	1.141.571	1.106.429	396.154	28	729.294
TRA1	0.126	16.000.000	344	1.773.964	1.079.062	1.307.749	91	601.433
TR62	0.112	75.600.000	1.358	13.400.000	4.132.363	1.981.653	160	580.880
TR61	0.139	76.300.000	1.279	11.000.000	3.298.440	2.392.465	217	562.891
TR63	0.065	43.400.000	956	15.800.000	3.337.291	944.621	139	531.592
TR22	0.089	36.600.000	665	8.090.847	1.798.121	1.092.771	179	528.695

Tablo 7. Devamı

	γ_{1-ort}	γ_{2-ort}	x_{1-ort}	x_{2-ort}	x_{3-ort}	x_{4-ort}	x_{5-ort}	x_{6-ort}
TR32	0.068	63.900.000	1.242	10.700.000	3.188.603	1.570.573	198	509.397
TRC3	0.071	28.000.000	465	4.442.050	2.358.496	386.771	22	508.515
TRB1	0.091	24.300.000	591	3.751.462	1.755.631	1.531.695	109	433.999
TR82	0.082	13.300.000	314	2.015.820	801.262	485.023	150	415.809
TRC1	0.086	44.200.000	823	10.400.000	2.880.030	1.063.434	110	355.485
TR42	0.115	115.000.000	1.496	23.200.000	4.065.929	13.400.000	141	273.182
TR31	0.089	118.000.000	1.642	21.000.000	4.408.306	6.133.131	192	180.618
TR90	0.113	39.600.000	1.057	5.069.658	2.700.536	1.281.842	115	173.811
TR81	0.093	14.600.000	371	5.447.827	1.043.640	715.500	163	87.367
TR10	0.202	618.000.000	5.945	41.100.000	15.600.000	39.200.000	202	71.743

Bölgelerin ölçüğe göre getiri eğilimleri incelendiğinde; TR33 bölgesinin tüm yıllarda artan getiri sergilediği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, TR72 bölgesinin 2020 yılı hariç (2020 yılı sabit getiri), TRB1 bölgesinin 2019 yılı hariç (2019 yılı sabit getiri) ve TR21 bölgesinin 2021 yılı hariç (2021 yılı sabit getiri) diğer tüm yıllarda artan getiri sergilediğini vurgulamak gerekir. Öte yandan, TR61 bölgesi 2020 yılı dışında (2020 yılı azalan getiri) ve TR82, TRC1 bölgeleri 2021 yılı hariç (2021 yılı artan getiri) sabit getiri eğilimi sergilerken TRC3, TRB2, TRA2, TR1, TR90, TR81, TR32 ve TR10 bölgelerinde ise tüm yıllarda sabit getiri durumu hakimdir. TRC2 bölgesinin ise yalnızca 2019 yılında ölçüğe göre artan getiri, diğer yıllarda ise azalan getiri sergilediği gözlemlenmiştir. Diğer bölgelerin getiri eğilimlerinde ise yıllar itibarıyla önemli ölçüde farklılıklar bulunmaktadır.

Analiz bulguları, Türkiye’de düzey 2 bölgeleri arasında çevresel performans açısından kayda değer farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bu eksende, bölgelerin değişken getiri etkinlik değerlerine göre 2018-2023 dönemine ait ortalama çevresel etkinlik değerleri Şekil 1’de görselleştirilmiştir. Söz konusu dönemdeki ortalama çevresel etkinlik değerlerine göre; TR10, TR32, TR61, TR62, TR81, TR82, TR90, TRA1, TRA2, TRB2, TRC1 ve TRC3 bölgelerinde etkinlik %100 sağlanmıştır. Etkinlik skorunda bu bölgeleri, ortalama etkinlik skoru 0.90’dan büyük olan TR22, TR21, TR51, TR42, TRB1, TR63, TR31 ve TR83 bölgeleri takip etmektedir. Oranlar dikkate alındığında, bu bölgelerin küçük iyileştirmeler ile etkin olabileceği söylenebilir. Ortalama etkinlik skorunda en düşük değere ise TR41 bölgesi (0.769) sahip olup bunu TR33 (0.784), TRC2 (0.803), TR72 (0.811), TR52 (0.863) ve TR71 (0.871) bölgeleri takip etmektedir (Şekil 1).

**Şekil 1.** Bölgelerin 2018-2023 Dönemi Ortalama Çevresel Etkinlik Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sonuç ve Öneriler

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasının yaşanabilir bir geleceğin inşası için oldukça önemli olduğu bilinen bir gerçektir. Sürdürülebilir kalkınma prensipleri doğrultusunda gerek ülkelerin gerekse bölgelerin performanslarının çok boyutlu göstergelerle ölçümü ve değerlendirilmesi kritik bir gereklilik haline gelmiştir (Saraç ve Alptekin, 2017, s.35). Ülke/bölgelerin çevresel performanslarını sistematik biçimde arttırmaları önem arz etmekte olup bu süreçte de konuyu ele alan bilimsel araştırmaların yönlendirici rolü bulunmaktadır. Bu doğrultuda bu araştırma Türkiye İBBS düzey 2 kapsamındaki 26 istatistikî bölgenin 2018-2023 dönemindeki çevresel etkinliğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Yöntem olarak klasik tek aşamalı VZA modelinin kullanıldığı bu araştırmanın bulguları, çevresel etkinlik değerlerinde yıllar ve bölgeler arası farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. Analiz sonucuna göre bölgelerin 2018-2023 yıllarına ait çevresel etkinlik skorları 0.636-1.00 arasında değişmektedir. Değişken getiri etkinlik değerlerine göre; 0.636 ile en düşük etkinlik değerine sahip bölge 2019 yılında TRC2 bölgesidir. TRC2 bölgesi, 2018'den 2020 yılına kadar çevresel etkinlikte en düşük skora sahip bölge olarak öne çıkmakta iken 2021 yılı ve sonrası bu bölgenin etkinliğinde kayda değer bir artış vardır. 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla 0.768 ve 0.764 skor ile TR41 bölgesi etkinliği en düşük bölge iken 2023 yılında ise 0.764 skor ile TR33 bölgesi etkinliği en düşük bölge olmuştur.

Bu araştırmanın bulgularına göre; söz konusu dönemde ortalama çevresel etkinlik değerlerinde etkin bölgeler (%100) olarak öne çıkmakta olan bölgeleri (TR10, TR32, TR61, TR62, TR81, TR82, TR90, TRA1, TRA2, TRB2, TRC1 ve TRC3), ortalama etkinlik skoru 0.90'dan büyük olan TR22, TR21, TR51, TR42, TRB1, TR63, TR31 ve TR83 bölgeleri takip etmekte olup bu bölgelerin oranlar dikkate alındığında küçük iyileştirmeler ile etkin olabileceği söylenebilmektedir. Genel itibarıyla bakıldığında ise TR41, TR33 ve TRC2 bölgeleri düşük etkinlik skorlarında ön plandadır. Bu eksende, Türkiye'de bölgelerin çevresel etkinliğinin iyileştirilmesi ve bölgesel farklılıklar dikkate alınarak daha etkin yaklaşımların benimsenmesi önemli olmaktadır.

Bu araştırmada elde edilen analiz bulgularındaki etkin bölgeler dikkate alındığında, bölgesel farklılıklar altyapı, üretim, ar-ge, girişimcilik, yenilik kapasitesi ve yatırım farklılıkları ile açıklanabilir. Bununla birlikte, TRC2 ve TR33 bölgeleri yüksek SO₂ değerleri ile öne çıkmaktadır. TRC2 bölgesinin aynı zamanda ar-ge harcaması verileri de düzey 2 bölgelerine kıyasla oldukça düşüktür. TRC2 bölgesinin Şanlıurfa ve Diyarbakır illerinden oluştuğu dikkate alındığında bu illerin aynı zamanda "*İllerin ve bölgelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması SEGE-2017*" sonuçlarında altıncı gelişmişlik kademesinde yer aldığını da vurgulamak gerekir. İlgili araştırmada Şanlıurfa'nın sağlık ve eğitim boyutlarındaki değişkenlerde, Diyarbakır'ın ise istihdam ve eğitim alanındaki değişkenlerde iyi değerlere sahip olmadığı dile getirilmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019). TR33 bölgesi illerinin ise bölgeyi içeren raporlarda üretim yapılarının çeşitliliği, niteliği ve ekonomik yapısı açısından birbirinden önemli ölçüde farklı olduğu ve bölge illeri arasında ileri ve geri bağlantılarının kısıtlı olduğunu vurgulanmaktadır (T.C. Zafer Kalkınma Ajansı, 2014). Öte yandan, TR41 bölgesi sanayi ağırlıklı bir yapıya sahiptir. Bu bölge illeri arasında inovasyon, teknoloji, ihracat çeşitliliği açısından ayrışmalar vardır. Firmaların teknoloji girişimciliği ve nitelikli iş gücü açısından zayıf yönlerinin bulunduğu bilinmektedir (T.C. Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı, 2020). Dolayısıyla, bölgelerin söz konusu dönemdeki etkinlik skorlarını bu parametreleri göz önünde bulundurarak değerlendirmekte fayda vardır.

Öte yandan, araştırmada elde edilen 2018-2023 dönemine ait ortalama değerler, Türkiye'deki düzey 2 bölgelerinin çevresel etkinlik skorlarında hafif bir artış eğilimi olduğunu da ortaya koymaktadır. İncelenen dönemde, 2019 ve 2022 yıllarında çevresel etkinlik skorunda düşüş yaşanırken 2020, 2021 ve 2023 yıllarında ise artış gözlemlenmiştir. Çevresel etkinlikteki yıllar içindeki değişimi, değişen ve dönüşen küresel dinamikler, çevresel politikalar, yenilenebilir kaynaklı kurulu güç artışı ve teknoloji yatırımlarındaki artış ile açıklamak mümkündür.

Bu araştırmada elde edilen bulgulardan hareketle çeşitli önerilerde bulunulabilir. Döngüsel ekonomi, genel olarak ekonomilerin sürdürülebilir kalkınmasını ve özel olarak çevresel performansı iyileştirmek amacıyla satın alma ve üretim kaynaklı atıkları minimuma indirecek ileri teknolojiler ve süreçler gerektirmektedir (Mavi ve Mavi, 2019, s.659). Bu eksende bu araştırma sonuçlarına dayanarak çevresel etkinliğin arttırılmasında dijitalleşmeye ve teknolojik süreçlere bölgesel anlamda

destek verilmesinin oldukça önemli olduğunu dile getirmek gereklidir. Literatürde Endüstri 4.0 ve döngüsel ekonominin benimsenmesini destekleyen politikalar geliştirilmesinin ve süreç yapılarında sürdürülebilirlik uygulamalarını benimseyen kuruluşlara sübvansiyonlar sunulmasının oldukça önemli olduğu vurgulanmaktadır (Yadav vd., 2020, s.12). Bu bağlamda sürdürülebilirlik odaklı, dijital ve çevreci politika ve teşvik mekanizmalarının hayata geçirilmesi, Türkiye'nin büyüme verileri ve sektörel gelişim süreci göz önünde bulundurulduğunda ve söz konusu süreçlerin çevresel baskıları artırma potansiyeli dikkate alındığında büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bölgelerin çevresel performanslarının stratejik ve dengeli bir biçimde artırılmasını sağlamak amacıyla yeşil yatırımların artırılmasına yönelik faaliyetler gerçekleştirilebilir ve sürdürülebilir yaklaşımları benimseyen firmaları destekleyici mekanizmalar hayata geçirilebilir. Aynı zamanda, çevresel etkinliği arttırmaya yönelik farkındalık çalışmaları da yürütülebilir; bu süreçte daha etkin faaliyet gösteren bölgelerle koordinasyon sağlanarak ve bölgesel koşullar dikkate alınarak çevresel performans farklılıklarının azaltılması ile çevresel performansta önde gelen bölgelerin potansiyellerinin etkin şekilde değerlendirilerek güçlendirilmesi hedeflenebilir. Bu doğrultuda kapsamlı bir strateji oluşturularak hayata geçirilebilir. Son olarak, çevre sorunlarının çözümünün iş birliğini gerekli kıldığı dikkate alındığında, kamu, özel sektör, sivil toplum kuruluşları başta olmak üzere sektör sektör paydaşlarının; tarım, hayvancılık, sanayi gibi farklı alanlarda sürdürülebilirliğe katkı sunan çevre dostu, akıllı ve yenilikçi uygulamaların geliştirilmesi ve kullanımının teşvikine yönelik iş birliği içerisinde atacağı adımların sürece önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Beyanlar

Etik kurul beyanı: Yazar, çalışmanın etik kurul izni/onayı gerektirmediğini beyan eder.

Yazarlık katkıları: Çalışmanın tamamı tek bir yazar tarafından yapılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışma için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

ALKAYA, A. (2022). *OECD ülkelerinin çevresel performans etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi*. Eti, H.S., (Ed.), Ekonomi, Finans ve İktisadi Bilimler Alanında Akademik Çalışmalar- I, (ss. 9-30), Artikel Akademi.

BANKER, R. D., CHARNES, A., & COOPER, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092. <https://www.jstor.org/stable/2631725?seq=15>

BANKER, R. D., COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., THRALL, R. M., & ZHU, J. (2004). Returns to scale in different DEA models. *European journal of operational research*, 154(2), 345-362. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00174-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00174-7)

BASHIR, M. A., QING, L., RAZI, U., XI, Z., & JINGTING, L. (2025). A green leap forward: Environmental efficiency amidst natural resource and technological shifts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 216, 115686.

BELGIN, O. (2019). Analysing R&D efficiency of Turkish regions using data envelopment analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, 31(11), 1341-1352.

BRUNDTLAND REPORT (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations.

COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., & TONE, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software* (Second Edition). New York: Springer.

ÇINAROĞLU, E., DORUK, N., & AVCI, T. (2018). Erciyes Üniversitesi fakültelerinin veri zarflama analizi yöntemiyle etkinlik analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 14(4), 1025-1043. <https://doi.org/10.17130/ijmeh.2018445668>

DENİZ, G. (2018). *Türkiye'deki illerin çevresel sürdürülebilirliğinin bulanık veri zarflama analizi yöntemi ile değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

EKİZ BOZDEMİR, M. K., AVCI, S., & AKMAN, G. (2024). Veri zarflama analizinde istenmeyen girdi/çıktıya sahip tüm birimler için çevresel etkinlik değerlendirilmesine yeni bir model önerisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 39(4), 2435-2446. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1283649>

GÜNGÖR AYDEMİR, P. (2023). *Döngüsel Ekonomi Açısından Bölgesel Etkinliğin Değerlendirilmesi: Türkiye Uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

HAMZA ÇELİKAY, H. (2021). Türkiye'de çevre politikaları: kalkınma planları üzerinden bir inceleme. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 6(15), 185-205.

HAN, Y., LONG, C., GENG, Z., & ZHANG, K. (2018). Carbon emission analysis and evaluation of industrial departments in China: an improved environmental DEA cross model based on information entropy. *Journal of Environmental Management*, 205, 298-307.

HYSA, E., KRUIJA, A., REHMAN, N. U., & LAURENTI, R. (2020). Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: An integrated model for sustainable development. *Sustainability*, 12, 4831.

KILLI, M. & ULUDAĞ, S. (2020). Veri zarflama analizi ile maliyet performansı ölçümü: BIST tekstil sektöründe bir uygulama. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(4), 797-828. <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v8i4.1600>

KOÇ ARSLAN, S., & GÜRLER HAZMAN, G. (2024). Veri zarflama analizi ile OECD üyesi ülkelerin çevre koruma harcamaları etkinliğinin ölçülmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 22(54), 2249-2279.

KOÇAK, E., KINACI, H., & SHEHZAD, K. (2021). Environmental efficiency of disaggregated energy R&D expenditures in OECD: a bootstrap DEA approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 19381-19390.

LACKO, R., HAJDUOVÁ, Z., & MARKOVIČ, P. (2023). Socioeconomic determinants of environmental efficiency: the case of the European Union. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11), 31320-31331.

LI, Q., CHAI, S., & CHEN, S. (2025). Evaluation of the environmental efficiency of China's power generation industry considering carbon emissions and air pollution: an improved three-stage SBM-SE-DEA model. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-06007-8>

LIU, L., ZHAO, Y., YANG, Y., LIU, S., GONG, X., & JIANG, P. (2023). Study on the measurement of industrial eco-efficiency, spatial distribution and influencing factors in Yangtze River Economic Belt. *PLoS ONE*, 18(4), e0283964.

MATSUMOTO, K. I., MAKRIDOU, G., & DOUMPOS, M. (2020). Evaluating environmental performance using data envelopment analysis: The case of European countries. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122637.

MAVI, N. K., & MAVI, R. K. (2019). Energy and environmental efficiency of OECD countries in the context of the circular economy: Common weight analysis for malmquist productivity index. *Journal of Environmental Management*, 247, 651-661.

OMER, A. M. (2008). Energy, environment and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 2265-2300.

ÖRTLEK, Z., DEMİRTAŞ, C. & ILIKKAN ÖZGÜR, M. (2023). Environmental Performance: Evidence from Level-2 Regions. *Fiscoeconomia*, 7(1), 406-443.

ÖZKAN, M., & ÖZCAN, A. (2018). Veri zarflama analizi (VZA) ile seçilmiş çevresel göstergeler üzerinden bir değerlendirme: OECD performans incelemesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 485-508.

SARAÇ, B., & ALPTEKİN, N. (2017). Türkiye’de illerin sürdürülebilir kalkınma göstergelerine göre değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(1), 19-49.

SARI, T. (2023). *Türkiye’deki illerin Havadaki Partiküler Madde ve Kükürt Dioksit Değerlerine Göre Kümeleme Analizi ile Sınıflandırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

SARI, Z. (2015). *Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama* (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı, Ankara.

SCHROEDER, P., ANGGRAENI, K., & WEBER, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77-95.

SENİR, G. (2024). Evaluation of the environmental sustainability performance of Eastern European countries with integrated MCDM methods. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 8(2), 378-391.

SONG, M., SONG, Y., AN, Q., & YU, H. (2013). Review of environmental efficiency and its influencing factors in China: 1998–2009. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 8-14.

ŞİMŞEK, N. (2011). Türkiye’nin çevresel enerji etkinliği ve toplam faktör verimliliği: karşılaştırmalı bir analiz. *Ege Akademik Bakış*, 11(3), 379-396.

T.C. BURSA ESKİŞEHİR BİLECİK KALKINMA AJANSI (2020). *TR41 Bölgesi Yenilik ve Akıllı Uzmanlaşma Stratejisi Belgesi*. Bursa. <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyal-ar/auraporu-2020.pdf>

T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI (2023). Hava Kalitesi Bülteni, Yıllık 2023, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2023_bulten-raporu-20240306075150.pdf

T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI (2025). Hava Kalitesi Haber Bültenleri. Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. *Erişim tarihi: 02.06.2025*, <https://ced.csb.gov.tr/hava-kalitesi-haber-bultenleri-i-84139>

T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI (2019). *İllerin ve bölgelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması SEGE-2017*. Ankara: Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü Yayını.

T.C. ZAFER KALKINMA AJANSI (2014). *TR33 Bölgesi’nin Üretim Yapısının ve Düzeyinin Tespiti ve Analizi. 2013 Haziran*. <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/tr33-bolge-uretim-yapisinin-ve-duzeyinin-tespiti-ve-analizi.pdf>

TÜİK (2025a). Bölgesel Hesaplar. *Erişim tarihi: 1.06.2025*, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=119&locale=tr>

TÜİK (2025b). Enerji İstatistikleri. *Erişim tarihi: 1.06.2025*, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=119&locale=tr>

TÜİK (2025c). Bölgesel İstatistikler. *Erişim tarihi: 1.06.2025*, <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgesel-istatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do#>

TUNCA, H. (2020, 15-17 Mayıs). *Türkiye’deki illerin çevresel etkinliğinin ölçülmesi*, 5. Uluslararası Sosyoloji ve Ekonomi Kongresi, Ankara.

YADAV, G., LUTHRA, S., JAKHAR, S. K., MANGLA, S. K., & RAI, D. P. (2020). A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120112.

YAŞAR, F., & AKIN, F. (2023). Doğu avrupa ülkelerinin çevresel performansının veri zarflama analizi yöntemiyle incelenmesi. *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 36-50.

ZHAO, X., MA, X., SHANG, Y., YANG, Z., & SHAHZAD, U. (2022). Green economic growth and its inherent driving factors in Chinese cities: Based on the Metafrontier-global-SBM super-efficiency DEA model. *Gondwana Research*, 106, 315-328.

ZHOU, P., ANG, B. W., & POH, K. L. (2008). Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies. *Energy economics*, 30(1), 1-14.

ZHU, Y., YANG, F., WEI, F., & WANG, D. (2022). Measuring environmental efficiency of the EU based on a DEA approach with fixed cost allocation under different decision goals. *Expert Systems with Applications*, 208, 118183.

Summary

Environmental efficiency analyses, which have gained importance with their global and local dimensions, are considered as a key tool in achieving sustainable development goals. Considering factors such as growth data, sectoral development process, and regional differences, improving environmental performance through the development of strategic policies at the regional level and the adoption of effective approaches is necessary to achieve sustainable development goals in Türkiye. In this context, this study aims to reveal the environmental efficiency of 26 regions in Türkiye within the scope of NUTS level 2 for the period 2018-2023. In the study, the input-oriented, variable returns to scale (VRS) classical one-stage Data Envelopment Analysis (DEA) model is used as the method. In the model, six input variables are used: employment, electricity consumption, total population, R&D expenditure, number of automobiles and cultivated agricultural area. In addition, two output variables, GDP and SO₂, are considered.

The findings indicate that environmental efficiency scores vary across both regions and years. According to the variable return efficiency values, the environmental efficiency scores of the regions for the relevant period vary between 0.636-1.000. According to the average environmental efficiency values; TR10, TR32, TR61, TR62, TR81, TR82, TR90, TRA1, TRA2, TRB2, TRC1, and TRC3 regions stand out as efficient regions (100%). These regions are followed by TR22, TR21, TR51, TR42, TRB1, TR63, TR31, and TR83 regions with an average efficiency score greater than 0.90. Considering the ratios, it can be said that these regions can be efficient with minor improvements. However, TR41, TR33, and TRC2 regions stand out with very low efficiency scores. Considering efficient regions, regional differences can be explained by differences in infrastructure, production, R&D, entrepreneurship, innovation capacity and investment. The average values obtained in the study reveal that there is a slight upward trend in the environmental efficiency scores of the level 2 regions in Türkiye. This change over the years can be explained by changing and transforming global dynamics, environmental policies, increase in renewable installed capacity and increase in technology investments.

Based on the findings, it is thought that regional support for digitalization and technological processes is very important in increasing environmental efficiency in a balanced way. The implementation of sustainability-focused, digital, and environmentally friendly policies and incentive mechanisms is highly important, considering Türkiye's growth data and sectoral development process, and taking into account the potential of these processes to increase environmental pressures. For this reason, activities aimed at increasing green investments can be carried out and mechanisms supporting companies that adopt sustainable approaches can be implemented in order to ensure that the environmental performance of regions is increased in a strategic and balanced way. At the same time, awareness campaigns aimed at increasing environmental efficiency can also be conducted. In this process, coordination with regions that are more effective in this regard can be established, and by taking regional conditions into account, the goal can be to reduce differences in environmental performance and to effectively evaluate and strengthen the potential of regions that are leading in environmental performance. In this regard, a comprehensive strategy can be developed and implemented. Finally, considering that solving environmental problems requires cooperation, it is believed that steps taken in collaboration by stakeholders in the sector, primarily the public sector, private sector, and civil society organizations, to promote the development and use of environmentally friendly, smart, and innovative practices that contribute to sustainability in different areas such as agriculture, livestock, and industry, will make significant contributions to the process.