

Finansal Etkinlik Ölçümünde ESG Skorunun Rolü: BIO-MCDEA Yaklaşımıyla Enerji Sektörü Üzerine Bir Uygulama¹

The Role of ESG Score in Financial Efficiency Measurement: An Application to the Energy Sector with BIO-MCDEA Approach

Ceren DİRİK AYVAZ, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye, cerendirik@kku.edu.tr

Orcid No: 0000-0001-6762-8933

Selda KORGA, Ege Üniversitesi, Türkiye, selda.korga@ege.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-8868-0957

Öz: Bu çalışmanın amacı, çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim (ESG) skorunun finansal etkinlik analizine dâhil edilmesinin, firmaların etkinlik düzeyleri ve sıralamaları üzerindeki etkilerini çift amaçlı-çok kriterli veri zarflama analizi (BIO-MCDEA) yaklaşımıyla araştırmaktır. Bu amaç çerçevesinde, Borsa İstanbul'da işlem gören 14 enerji firması çalışma kapsamına alınmıştır. Karşılaştırmalı analizde, standart veri zarflama analizi (SDEA) yaklaşımı ile sınırlı sayıda karar birimiyle çalışmaya olanak tanıyan ve daha esnek bir yapıya sahip olan BIO-MCDEA yaklaşımı birlikte değerlendirilmiştir. Bulgular, BIO-MCDEA modelinin, SDEA modeline kıyasla daha yüksek ayırt edicilik sunduğunu, öte yandan firmaların büyük çoğunluğu açısından ESG skorunun analize dâhil edilmesinin, finansal etkinlik skorları üzerinde kayda değer bir etki yaratmadığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: BIO-MCDEA, DEA, ESG Skoru, Finansal Etkinlik, Enerji Sektörü.

JEL Sınıflandırması: C02, C14, C67, Q4, Q56, M41

Abstract: The purpose of this study is to investigate the effects of the inclusion of environmental, social, and corporate governance (ESG) score in the financial efficiency analysis on the efficiency levels and rankings of firms using a bi-objective multi-criteria data envelopment analysis (BIO-MCDEA) approach. For this purpose, 14 energy firms traded in Borsa Istanbul are included in the study. In the comparative analysis, the standard data envelopment analysis (SDEA) approach and the BIO-MCDEA approach, which allows working with a limited number of decision units and has a more flexible structure, are evaluated together. The findings reveal that the BIO-MCDEA model offers higher discrimination than the SDEA model, whereas the ESG score does not have a remarkable impact on financial efficiency scores for the majority of firms.

Keywords: BIO-MCDEA, DEA, ESG Score, Financial Efficiency, Energy Sector.

JEL Classification: C02, C14, C67, Q4, Q56, M41

1. Giriş

İklim değişikliği, doğal kaynakların tükenme hızının artması, nüfusun yoğunlaşması, doğal afetler ve ekonomik durgunluk gibi olumsuz gelişmeler, firmaları hedeflerine ulaşırken bu riskleri dikkate alan eylem planları hazırlamaya ve faaliyetlerini bu doğrultuda şekillendirmeye zorlamıştır. Yaşanan bu olumsuz gelişmeler neticesinde, özellikle paydaşların

¹ Bu çalışma, 8-10 Mayıs 2025 tarihlerinde İzmir, Türkiye'de düzenlenen 24. Uluslararası İşletmecilik Kongresi'nde sunulan bildirinin yayımlanmak üzere revize edilmiş hâlidir.

Makale Geçmişi / Article History

Başvuru Tarihi / Date of Application : 3 Eylül / September 2025

Kabul Tarihi / Acceptance Date : 26 Aralık / December 2025

© 2025 Journal of Yaşar University. Published by Yaşar University. Journal of Yaşar University is an open access journal.

karar verme süreçlerinde ortaya çıkan değişimler, firmaları çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim (ESG) boyutlarında dönüşüme yöneltmiştir. Bu bağlamda, temel amacı kâr elde etmek ve piyasa değerini artırmak olan firmalar, finansal sürdürülebilirliklerinin yanı sıra ESG boyutlarına ilişkin sürdürülebilirliklerine de önem vererek, faaliyetlerinin çevre ve toplum üzerindeki etkilerini de göz önünde bulundurmaya başlamıştır. Söz konusu dönüşümle birlikte, son yıllarda finansal bilgilerin sunulduğu raporlamaya ek olarak, firmaların sürdürülebilirlik ve ESG faaliyetlerine ilişkin bilgilerinin paylaşıldığı finansal olmayan raporlama da önem kazanmıştır. Firmalar, finansal olmayan raporlama kapsamında sürdürülebilirlik raporları, entegre raporlar, kurumsal sosyal sorumluluk raporları, sürdürülebilirlik ilkeleri uyum raporları ve ESG raporları gibi araçları kullanmaktadır.

ESG skoru, firmaların çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim boyutlarına ilişkin yatırım ve faaliyet performanslarını gösteren bir ölçüt olarak ifade edilmektedir. Bu skor, ESG performansını hem bütünsel olarak hem de her bir boyut özelinde ayrı ayrı ortaya koyabilmektedir (Çetenak vd., 2022). Çevresel boyut, firmanın çevreye olan etkisini değerlendirmekte olup; iklim değişikliği, karbon salınımı, sera gazı emisyonları, su kullanımı, atık yönetimi ve biyoçeşitliliğin korunması gibi unsurları kapsamaktadır. Sosyal boyut, insan hakları, çalışan hakları, müşteri memnuniyeti, eğitim faaliyetleri ve toplumsal katkılar gibi konuları içermektedir. Yönetişim boyutu ise firmanın yönetim yapısına ilişkin standartları değerlendirmekte; yönetim kurulu ve denetim komitesi yapısı, etik kurallar, yönetici ücretleri, risk yönetimi, iç kontrol sistemleri ve yolsuzlukla mücadele gibi uygulamalardan oluşmaktadır (Antunes vd., 2023). ESG skorunun belirlenmesinde rol oynayan faktörler, bir firmanın yatırım kararlarını, faaliyet ve finansal performansını, sürdürülebilirlik performansını ve etik uygulamalarını değerlendirmede büyük bir öneme sahiptir (Arunkumar vd., 2025).

İşletmelerin ESG faaliyetlerine ilişkin yaptıkları açıklamalar ve elde ettikleri ESG skorları hem ulusal hem de uluslararası düzeyde birçok kurum ve kuruluşun giderek daha fazla ilgisini çekmektedir (Iazzolino vd., 2023). Bu durumun firmaların ESG kriterlerine göre izlenmesi, sınıflandırılması ve değerlendirilmesi gereksinimini ortaya çıkarması, çeşitli kuruluşların ESG derecelendirmeleri yapmasına zemin hazırlamıştır (Shahrour, 2022). Refinitiv ASSET4, KLD ve Bloomberg gibi veri sağlayıcılar, firmaların belirli kriterlere dayalı ESG açıklamaları çerçevesinde performanslarını değerlendirmekte ve bu değerlendirmelere dayalı ESG skorları oluşturmaktadır. Elde edilen bu skorlar, paydaşların karar alma süreçlerinde kritik bir değerlendirme ölçütü işlevi görmektedir (Şeker ve Şengür, 2022).

Gelinen noktada, firmaların paydaş beklentilerine uyum sağlayarak sürdürülebilirlik performanslarını artırırken finansal etkinliklerini de güçlendirmeleri büyük önem

taşımaktadır. ESG skorları, tüm sektörlerde kurumsal itibar, yatırımcı güveni ve uzun vadeli değer yaratma kapasitesini etkileyen temel göstergelerden biri olmakla birlikte, bu göstergelerin önemi sektörden sektöre farklılık gösterebilmektedir. Bu bağlamda, sera gazı emisyonlarının azaltılması, doğal kaynak kullanımı ve enerji üretimi açısından yüksek çevresel etkiye sahip olan enerji sektörü, sürdürülebilirlik alanında stratejik bir konumda yer almaktadır. Çevresel duyarlılığı yüksek yatırımcı profillerinin artması ve yenilenebilir enerjiye geçiş sürecinin sürdürülebilirlik politikaları üzerindeki belirleyici etkisi, enerji sektörünün önemini daha da pekiştirmektedir. Ancak, söz konusu dönüşüm süreci yüksek maliyetli ve uzun vadeli yatırımlar gerektirdiğinden, firmaların finansal etkinliklerini doğrudan etkileyebilmektedir. Bu doğrultuda, firmaların ESG performansları finansal etkinliklerinin belirleyici unsurlarından biri haline gelmiştir. Dolayısıyla enerji sektöründe sürdürülebilirlik, yalnızca çevresel etkilerin azaltılmasıyla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda ESG skorları aracılığıyla finansal etkinliğin şekillenmesinde de kritik bir rol üstlenmektedir.

Bu çerçevede, çalışmanın temel amacı, ESG skorunun finansal etkinlik analizine dâhil edilmesinin enerji firmalarının etkinlikleri üzerindeki etkilerini çift amaçlı-çok kriterli veri zarflama analizi (BIO-MCDEA) yaklaşımıyla incelemektir. Bu doğrultuda, karar birimi sayısının sınırlı olduğu durumlarda uygulanabilen BIO-MCDEA yöntemi kullanılarak enerji sektöründe faaliyet gösteren firmaların finansal etkinlikleri ölçülmüş ve ESG skorlarının bu etkinlik düzeyleri üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Böylece çalışma, ESG skorlarının finansal etkinlik ölçümündeki rolünü BIO-MCDEA yaklaşımıyla ele alan ilk uygulamalardan biri olarak literatüre özgün bir katkı sunmaktadır.

2. Literatür Taraması ve Çalışmanın Literatürdeki Yeri

Literatürde, firmaların ESG skorlarına ilişkin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Söz konusu çalışmalarda genellikle ESG skorları ile firma değeri ya da finansal performans arasındaki ilişki incelenmiş; bu amaçla farklı sektörler, değişken setleri ve analiz teknikleri kullanılmıştır.

ESG ile ilgilenen firmaların etkin ve kârlı olup olmadıklarını belirlemek amacıyla kurumsal etkinlik ve kurumsal sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi araştıran Xie vd. (2019), çalışmanın ilk aşamasında kurumsal etkinliği ölçmek için veri zarflama analizi (DEA) yöntemini uygulamıştır. Analizde toplam varlıklar, çalışan sayısı ve satılan malın maliyeti girdi; gelir ise çıktı değişkeni olarak tanımlanmıştır. İkinci aşamada, kurumsal etkinlik ve kurumsal finansal performans arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla önce kurumsal etkinlik ve ESG faaliyetleri arasındaki ilişki incelenmiş; ardından da hangi ESG faaliyetlerinin kurumsal etkinlik, aktif kârlılık oranı ve piyasa değeri üzerinde olumlu etki yarattığı

araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, ESG faaliyetlerinin büyük bir çoğunluğu ile kurumsal finansal performans arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır.

Drempetic vd. (2020), firma büyüklüğünün, firmanın ESG verilerini sağlamak için sahip olduğu kaynaklarının ve ESG verilerinin mevcudiyetinin sürdürülebilirlik performansı üzerindeki etkisini analiz etmeyi amaçladıkları çalışmalarında Thomson Reuters ASSET4 ESG derecelendirmelerini kullanmıştır. Bu kapsamda 2004-2015 dönemine ait 3.828 firmanın verilerinden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda, ESG skorlarının kurumsal sürdürülebilirliği ölçme şeklinin daha fazla kaynağa sahip büyük firmalara avantaj sağladığı ancak sürdürülebilir ve sorumlu yatırımcılara inançlarına dayalı kararlar verebilmeleri için gereken bilgiyi sağlayıp sağlamadığı sorusunu gündeme getirdiği ifade edilmiştir. Ayrıca elde edilen bulgular doğrultusunda, sürdürülebilir ve sorumlu yatırımcılar ile akademisyenler tarafından sürdürülebilirlik derecelendirme kuruluşlarının ESG skorları ile gerçekte neyi ölçtüğü ve neyin ölçülmesi gerektiği konusundaki tartışmayı yeniden açmaları gerektiği de öne sürülmüştür.

Behl vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ESG açıklamaları ve firma değeri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Hindistan enerji sektöründe faaliyet gösteren 62 firmanın verileri kullanılarak çapraz gecikmeli panel analizi uygulanmıştır. Çalışmada, firma değerini temsilen Tobin's Q bağımlı değişken, bütünleşik ve bireysel ESG skorları bağımsız değişken ve firma büyüklüğü kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır. Analiz sonucunda ESG'nin bütünleşik ve bireysel unsurları ile firma değeri arasında çift yönlü bir ilişki bulunmamıştır. Bununla birlikte, firmaların ESG yatırımlarının eş zamanlı mali yıllarda değil, uzun vadede firma değerine katkı sağladığı belirtilmiştir.

ESG skorlarının finansal performans üzerindeki etkisini araştıran Çetenak vd. (2022), Türkiye'de faaliyet gösteren mevduat bankalarının 2010-2020 dönemine ait verilerini panel veri analiziyle değerlendirmiştir. Bulgular, bankaların toplam ESG, sosyal ve kurumsal yönetim skorlarının, muhasebe temelli performans göstergesi olan aktif kârlılığını ve piyasa temelli performans göstergesi olan Tobin's Q oranını pozitif yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Firmaların ESG skorlarının ortalamalarını ülke düzeyinde incelemek amacıyla Şeker ve Şengür (2022), 35 farklı ülkeden 2.009 firmayı ele almıştır. Bu çerçevede, firmaların 2010-2017 dönemine ait bütünleşik ESG ortalama skorları ve ESG'nin alt unsurlarına ilişkin ortalama skorları hesaplanmış ve ülkeler performanslarına göre sıralanmıştır. Skorlar hesaplanırken; kaynak kullanımı, emisyonlar, yenilik, işgücü, insan hakları, toplum, ürün sorumluluğu, yönetim, hissedarlar ve kurumsal sosyal sorumluluk stratejisi alt boyutlarına ait

göstergeler dikkate alınmıştır. Ulaşılan bulgulara göre bütünleşik ESG ve alt unsurlara ait skorlar açısından ülkeler arasında farklılık bulunduğu; Avrupa ülkelerinde ortalamaların yüksek, Asya ülkelerinde ise düşük olduğu tespit edilmiştir.

Kalia ve Aggarwal (2023), sağlık sektöründeki firmaların ESG skorlarının hem bütünleşik hem de alt boyutlar bazında finansal performans üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla, 468 firmanın 2020 yılına ait verilerini kullanarak korelasyon ve çok değişkenli regresyon analizleri gerçekleştirmiştir. Çalışmanın bağımlı değişkenleri finansal performans göstergesi olarak aktif kârlılığı ve özsermaye kârlılığı; bağımsız değişkeni ESG skorları; kontrol değişkenleri ise firma büyüklüğü, finansal kaldıraç, piyasa değeri ve piyasa değeri/defter değeri olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular sağlık sektöründeki firmaların ESG faaliyetlerinin gelişmiş ekonomilerde finansal performanslarını olumlu yönde etkilediğini gösterirken, gelişmekte olan ekonomilerde negatif ve anlamsız bir etki yarattığını ortaya koymuştur.

COVID-19 pandemi sürecinde yatırım fonlarının finansal performansının ESG skoru düzeylerine göre farklılık gösterip göstermediğini incelemek amacıyla, Tampakoudis vd. (2023) iki farklı DEA modeli kullanarak ESG skoru mevcut olan 9.864 yatırım fonunun performansını analiz etmiştir. Risk ölçütlerini temsil eden beta oranı ve yıllık standart sapma girdi değişkenleri; performans ölçütlerini temsil eden Sharpe oranı, Treynor oranı ve bilgi oranı ise çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, ESG skorları yüksek olan yatırım fonlarının, ESG skorları düşük ve orta düzeyde olan yatırım fonlarına kıyasla daha yüksek performans gösterdiği belirlenmiştir.

Iazzolino vd. (2023), ESG skorlarının Avrupa’da faaliyet gösteren firmaların finansal etkinliği üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, sekiz farklı sektörden toplam 1.979 firmanın verilerini kullanarak DEA yöntemini uygulamıştır. Modelin girdi değişkenleri toplam varlıklar ve toplam özsermaye iken, çıktı değişkenleri faiz ve vergi öncesi kâr, gelirler ve ESG skorlarıdır. Araştırma bulguları, ESG skorlarının firma etkinliği üzerinde sektörel açıdan farklı etkileri olduğunu göstermiştir.

Antunes vd. (2023), ESG risk skorlarının finansal sıkıntı üzerinde etkisinin olup olmadığını incelemek amacıyla, 645 firmanın 2018-2021 yıllarına ilişkin finansal verileri ile ESG risk skorlarını kullanmıştır. Finansal sıkıntı etkinlik skorlarının hesaplanmasında net kredi, toplam borç, toplam harcamalar, duran varlıklar, toplam yükümlülükler, CAPEX ve OPEX değişkenleri girdi; net gelir, net faiz, gelir, faaliyet gelirleri ve toplam özsermaye değişkenleri çıktı olarak tanımlanmış ve ağ yapılı bir DEA modeli uygulanmıştır. Ardından, finansal sıkıntı etkinliği ile doğrudan yabancı yatırım girişi ve çıkışı, yenilenebilir enerji

kullanımı, kentsel nüfus ve kişi başına GSYİH gibi bağlamsal değişkenler ve ESG risk skorları arasındaki ilişkinin test edilmesi için regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, ESG risk skoruna sahip olan firmaların finansal sıkıntıya girme eğiliminin daha düşük olduğunu; ayrıca yönetim skoru ile finansal sıkıntı etkinliği arasında negatif yönlü bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur.

Petridis vd. (2023), COVID-19 pandemi sürecinde ESG tartışma skorlarının yatırım fonlarının etkinliği üzerindeki etkisini incelemek için 17.961 yatırım fonunu değerlendirmeye almıştır. DEA yöntemine başvuran araştırmacılar, yatırım fonu etkinlik skorlarını hesaplamak için yatırım fonu getirisinin standart sapmasını ve toplam harcamaları girdi; Treynor oranını ve bilgi oranını ise çıktı olarak kullanmıştır. Elde edilen yatırım fonu etkinlik skorları üzerinde ESG tartışma skorlarının etkisini test etmek amacıyla fonlar, tartışma skorlarının çeyreklerine göre gruplandırılmış ve çalışmanın hipotezleri bu doğrultuda sınanmıştır. Bulgular, yüksek ESG tartışma skoruna sahip fonların, düşük skora sahip fonlara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha yüksek etkinlik sergilediğini göstermiştir.

D'Amato vd. (2024), EuroStoxx-600 endeksinde yer alan 400 firmanın 2011-2020 dönemi verilerini kullanarak, farklı makine öğrenmesi modelleri aracılığıyla ESG skoru ile kârlılık arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Analiz bulguları, kullanılan modelin faiz ve vergi öncesi kârı yüksek doğrulukla tahmin edebildiğini ve ESG skorunun, firmanın kârlılığını temsil eden faiz ve vergi öncesi kâr üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Batı vd. (2024), sürdürülebilirlik etkinliğini ölçmek amacıyla, Borsa İstanbul'da işlem gören firmaların kârlılığını temsil eden aktif kârlılığı, özsermaye kârlılığı, faaliyet kâr marjı ve FAVÖK marjını girdi değişkenleri, sürdürülebilirlik performansını temsil eden ESG skorlarını çıktı değişkenleri olarak tanımlayarak DEA yöntemini uygulamıştır. Analiz sonucunda örnekleme oluşturan firmaların ortalama etkinlik skoru %75,2 olarak hesaplanırken, firmaların çevresel ve sosyal konulara kıyasla kurumsal yönetim konularına daha çok odaklandıkları tespit edilmiştir.

Kweh vd. (2024), hava yolu sektöründe faaliyet ve kârlılık etkinliğini belirlemek ve ESG'nin firma etkinliği üzerindeki etkisini incelemek amacıyla iki aşamalı DEA ve regresyon analizi yöntemlerini kullanarak, 2013-2022 dönemi için Japonya Havayolları'nın 29 tedarikçi, ortak ve müşterisine ait verileri analize tabi tutmuştur. Çalışmada, girdi değişkenleri olarak maddi duran varlıklar, toplam özsermaye, toplam borçlar ve faaliyet giderleri; ara değişken olarak maddi olmayan duran varlıklar ve satışlar; çıktı değişkenleri olarak ise net kâr ve piyasa değeri kullanılmıştır. Ardından, elde edilen etkinlik skorları bağımlı değişken; ESG skorları bağımsız değişken; borç oranı, maddi duran varlıkların toplam varlıklara oranı ve

aktif kârlılık oranı kontrol değişkeni olarak tanımlanmıştır. Yazarlar, ESG'nin alt unsurlarının firma etkinliği üzerinde farklı etkilere sahip olduğu ve alt unsurlar ile firma etkinliği arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunduğu sonucuna ulaşmıştır.

Almulhim vd. (2024), 24 büyük Suudi firmasının verilerini kullanarak sürdürülebilirlik, operasyonel ve finansal ölçütlere dayalı operasyonel ve piyasa performans etkinliğini değerlendirmek için iki aşamalı bir DEA modeli önermiştir. Çalışmada, girdi değişkenleri olarak toplam varlıklar, çalışan sayısı, faaliyet giderleri; ara değişken olarak gelir, ESG skorları, çevresel skorlar, sosyal skorlar ve yönetim skorları; çıktı değişkenleri olarak ise piyasa değeri ve aktif kârlılık oranı kullanılmıştır. Bulgular, piyasa etkinliğinin borsada işlem gören firmaların genel performansı üzerinde olumlu bir etki yarattığını ortaya koymuştur. Ayrıca, gelişmekte olan piyasalarda ESG uygulamalarının henüz erken bir aşamada olduğu ifade edilmiştir.

Yönetimsel yetkinlik ile ESG performansı arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlayan Cao vd. (2025), Amerika enerji sektörünü ele almıştır. Bu kapsamda, 786 enerji firmasının 2016-2021 yıllarına ait verileri panel veri analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada, bağımlı değişken olarak çevresel, sosyal, yönetim ve bütünleşik ESG skorları; kontrol değişkeni olarak sektör, firma büyüklüğü ve kaldıraç oranı; bağımsız değişken olarak stokastik DEA ile elde edilen yönetimsel yetkinlik kullanılmıştır. Yönetimsel yetkinliğin belirlenmesinde ise net maddi duran varlıklar, net faaliyet kiralalamaları, net araştırma ve geliştirme giderleri, şerefiye, diğer maddi olmayan duran varlıklar, stok maliyeti ile satış ve genel yönetim giderleri girdi değişkenleri, gelir ise çıktı değişkeni olarak tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda, enerji sektöründe yönetimsel yetkinlik ile ESG performansı arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğu; ayrıca yönetimsel yetkinlik ile ESG'nin üç boyutu arasında da anlamlı ve pozitif ilişkiler bulunduğu görülmüştür.

Sutiene vd. (2025), firmaların sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek ve finansal göstergelerin bu performans üzerindeki etkisini incelemek amacıyla Avrupa, Okyanusya ve Asya bölgelerinde faaliyet gösteren 559 imalat işletmesinin 2016-2019 yıllarına ilişkin verilerini analiz etmiştir. İlk aşamada firmaların sürdürülebilirlik etkinliğini ölçmek için çevresel, sosyal ve yönetim skorları dikkate alınarak DEA yöntemi uygulanmış ve firmalar ESG skorları açısından en iyi performans gösterenlerle karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada ise finansal göstergelerin bu performans üzerindeki etkisini incelemek amacıyla panel Tobit regresyon yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, gözlemlenen dönemde firmaların sürdürülebilirlik performansında homojenliğin arttığı ve etkin olmayan firmaların etkinlik sınırına yaklaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, sürdürülebilirlik konusunda en yüksek

performansa sahip firmaların, etkin olmayan firmalara kıyasla kaldıraç oranı, Ar-Ge harcamaları, aktif kârlılık oranı, Tobin's Q ve firma büyüklüğü açısından daha yüksek değerlere sahip olduğu; kârlılık açısından ise genel olarak etkin olmayan firmaların daha yüksek sonuçlar elde ettiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada ise ilk olarak, standart DEA (SDEA) yaklaşımına kıyasla ayırt edici gücü daha yüksek olan ve özellikle karar birimi sayısının sınırlı olduğu durumlarda tercih edilebilen, dolayısıyla daha esnek yapıda olan BIO-MCDEA yaklaşımı kullanılarak, enerji sektöründe faaliyet gösteren 14 firmanın finansal etkinliklerini ölçmek amaçlanmaktadır. Çalışmada ikinci olarak ise ESG ve finansal performans arasındaki ilişki temel alınarak, finansal etkinlik ölçümüne ESG skorunun dâhil edilmesinin firma etkinliklerini etkileyip etkilemediği hususu araştırılmaktadır. Bu yönleriyle çalışma, ESG skorunun finansal etkinlik ölçümündeki rolünü BIO-MCDEA yaklaşımıyla analiz eden ilk uygulama olması özelliği ile literatüre özgün bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

3. Yöntem

DEA, benzer girdilerle benzer çıktılar üreten karar verme birimlerinin (KVB) göreceli etkinliklerini ölçmek amacıyla kullanılan, doğrusal programlama tabanlı parametrik olmayan bir yöntemdir. İlk DEA modeli olarak bilinen CCR modeli, Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında ortaya atılmıştır. SDEA yaklaşımıyla çalışan bu modelin matematiksel formülasyonu, n adet gözlemlenebilir KVB olduğu ve her bir KVB_j 'nin ($j = 1, 2, \dots, n$) m adet girdiyle (x_{ij} , $i = 1, 2, \dots, m$) s adet çıktı (y_{rj} , $r = 1, 2, \dots, s$) ürettiği varsayımıyla aşağıdaki gibidir:

SDEA Modeli

$$\max h_o = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} \quad (1)$$

öyle ki

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \quad (3)$$

$$v_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$\mu_r \geq 0 \quad \forall r = 1, 2, \dots, s \quad (5)$$

Ölçeğe göre sabit getiri (constant returns to scale – CRS) varsayımı altında çalışan Charnes vd. (1978)'nin geliştirdiği CCR modeli ile literatürde ikinci standart model olarak bilinen ve ölçeğe göre değişken getiri (variable returns to scale – VRS) varsayımı altında çalışan Banker vd. (1984)'nin geliştirdiği BCC modeli, ayırt ediciliklerinin düşük olması ve aşırı büyük/aşırı küçük ağırlıklar atama durumu olarak nitelendirilen gerçekçi olmayan ağırlık

dağılımı hususlarında eleştirilmektedir (Li ve Reeves, 1999). Özellikle karar birimi sayısının, toplam değişken sayısına kıyasla az olduğu durumlarda ortaya çıkan düşük ayırt edicilik probleminin, KVB sayısının toplam girdi ve çıktı sayısının en az iki katı (Golany ve Roll, 1989) veya üç katı (Banker vd., 1989) olması temel kuralıyla çözümlenebileceği ifade edilse de, pratik uygulamalarda bu koşulu sağlamak her zaman mümkün olmamakta, bunun sonucu olarak da SDEA yaklaşımıyla örneklem büyüklüğüne kıyasla çok sayıda KVB etkin olarak belirlenebilmektedir (Andrade vd., 2019). Söz konusu eleştirilere yönelik olarak Li ve Reeves (1999), çok kriterli DEA (MCDEA) modelini geliştirmiştir. Daha önce kullanılan notasyonu takiben, MCDEA modelinin matematiksel formülasyonu aşağıda verilmiştir:

MCDEA Modeli

$$\min d_o \quad (\text{veya} \quad \max \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro}) \quad (6)$$

$$\min M \quad (7)$$

$$\min \sum_{j=1}^n d_j \quad (8)$$

öyle ki

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \quad (10)$$

$$M - d_j \geq 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

$$v_i \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

$$\mu_r \geq 0 \quad \forall r = 1, 2, \dots, s \quad (13)$$

$$d_j \geq 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

Burada etkinlikten sapma değişkeni olan d_o , KVB_o 'ın etkinsizlik skoruna karşılık gelirken, M maksimum sapmayı ifade etmektedir. Bu doğrultuda MCDEA modelinin (6), (7) ve (8)'de verilen üç kriteri, aynı zamanda üç amacı sırasıyla, KVB_o 'nun etkinsizliğini minimize etmek ($\min d_o$), maksimum sapmayı minimize etmek ($\minimax$) ve sapmaların toplamını minimize etmek ($\minisum$) şeklinde sıralanmaktadır. d_o 'ın minimize edilmesi (1)'de verilen amaç fonksiyonuna yani SDEA modelinin amaç fonksiyonuna karşılık geldiğinden, bu kriter ayırt ediciliği en düşük kriter olarak değerlendirilmektedir. Daha yüksek ayırt edici güce sahip olduğu kabul edilen $\minimax$ ve $\minisum$ kriterleri ise KVB sayısının toplam değişken sayısına kıyasla yeterli olmadığı durumlarda (toplam girdi ve çıktı sayısının en az iki katı veya en az üç katı sağlanamadığında) modelin ayırt edici gücünün artırılmasına yardımcı olmaktadır (Ghasemi vd., 2014).

Ancak çok amaçlı doğrusal programlama (multi-objective linear programming – MOLP) temelli olan Li ve Reeves (1999)'in modeli de tüm amaçları aynı anda optimize etmek mümkün olmadığından, optimal çözümü bulmak yerine her seferinde bir amaç fonksiyonunu

optimize ederek, baskın olmayan çözümleri bulmaya çalıştığı için eleştirilmektedir. Li ve Reeves (1999)'in MCDEA modeline karşılık Ghasemi vd. (2014) hedef programlamayı kullanarak, tüm amaçları aynı anda optimize edebilen BIO-MCDEA yaklaşımını önermiştir. Bu modelde, (6), (7) ve (8)'de verilen amaç fonksiyonları, ağırlıklar yardımıyla tek bir amaç fonksiyonu şeklinde ifade edilmiştir:

$$\min (w_1 d_o + w_2 M + w_3 \sum_{j=1}^n d_j) \quad (15)$$

Ancak $\min d_o$ kriterinin *minimax* ve *minisum* kriterlerine kıyasla daha az kısıtlayıcı olmasından dolayı, Ghasemi vd. (2014), w_1 'i sifıra eşitleyerek ilk amacı fonksiyondan elemiş ve CRS varsayımı altında BIO-MCDEA modelini aşağıdaki gibi sunmuştur:

BIO-MCDEA Modeli

$$\min h = w_2 M + w_3 \sum_{j=1}^n d_j \quad (16)$$

öyle ki

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j = 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \quad (18)$$

$$M - d_j \geq 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

$$v_i \geq \varepsilon \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

$$\mu_r \geq \varepsilon \quad \forall r = 1, 2, \dots, s \quad (21)$$

$$d_j \geq 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (22)$$

Ghasemi vd. (2014)'nin hedef programlamaya dayanan yukarıdaki modelinin çözülmesi sonucunda optimal d_o^* değeri sifıra eşit olan KVB_o görelisi olarak etkin olarak değerlendirilmektedir. Eğer d_o^* sifıra eşit bulunmadıysa, dolayısıyla KVB_o etkin değilse, o halde KVB_o 'ın etkinlik skoru $1 - d_o^*$ ile hesaplanmaktadır.

Yukarıdaki modelin, amaç fonksiyonundaki değişiklik dışında Li ve Reeves (1999)'in modelinden bir diğer farkı v_i ve μ_r karar değişkenlerinin negatif olmama kısıtının bir epsilon (ε) değerinden büyük veya eşit olması şeklinde değiştirilmesidir. Bu kısıtlar girdi ve çıktı ağırlıkları için bir alt sınır tanımlayarak, girdi/çıktı ağırlıklarının sıfır olmasını engellediğinden, bir nevi ağırlık kısıtlarına karşılık gelmektedir. Ayrıca, w_2 maksimum sapmanın, w_3 ise toplam sapmanın minimize edilmesine verilen önemi temsil ettiğinden, (16)'da sunulan BIO-MCDEA modelinin amaç fonksiyonundaki w_2 ve w_3 ağırlıkları problemin yapısına ve uygulayıcının tercihiyle bağlı olarak değiştirilebilir.

4. Veri Seti, Değişkenler ve Araştırma Soruları

Analiz kapsamında hem SDEA hem de BIO-MCDEA modelleri uygulanmış; girdi/çıktı ağırlıklarının dağılımı, etkinlik skorları ve firma sıralamaları karşılaştırmalı olarak

incelenmiştir. Çalışmada “toplam varlıklar”, “toplam özsermaye”, “çalışan sayısı” ve “faaliyet giderleri” olmak üzere dört adet girdi değişkeni; “FVÖK”, “net satışlar”, “piyasa değeri” ve “bütünleşik ESG skorları” olmak üzere dört adet çıktı değişkeni kullanılmıştır. ESG skorları haricindeki değişkenler, literatürde finansal performansın ölçümünde en sık kullanılan göstergeler arasında yer almaktadır. ESG skorları ise finansal olmayan performans ile finansal performans arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi noktasında son yıllarda ön plana çıkan değişkenlerdendir (Iazzolino vd., 2023; Veltri vd., 2023). ESG skorlarına ilişkin veriler Refinitiv ASSET4 veri tabanından, diğer değişkenlere ilişkin veriler ise Kamuyu Aydınlatma Platformu ve Finnet veri tabanlarından derlenmiştir.

ESG skorlarının analize dâhil edilmesinin firmaların etkinliklerini etkileyip etkilemediğini belirlemek amacıyla iki ayrı veri seti oluşturulmuştur. Veri Seti 1’de tüm girdi ve çıktı değişkenleri analize dâhil edilirken, Veri Seti 2’de ESG skoru değişkeni hariç tutulmuştur. Her iki veri setinde kullanılan değişkenler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Analizde Kullanılan Değişkenler

Veri Seti 1	
Girdiler	Çıktılar
Toplam Varlıklar	FVÖK
Toplam Özsermaye	Net Satışlar
Çalışan Sayısı	Piyasa Değeri
Faaliyet Giderleri	Bütünleşik ESG Skorları
Veri Seti 2	
Girdiler	Çıktılar
Toplam Varlıklar	FVÖK
Toplam Özsermaye	Net Satışlar
Çalışan Sayısı	Piyasa Değeri
Faaliyet Giderleri	

DEA uygulamalarında, girdi-çıkıtı değişkenleri arasında izotoniklik özelliğinin geçerli olması beklenmektedir. Bu özellik, bir girdinin artmasının herhangi bir çıktının azalmasına neden olmaması gerektiğini ifade etmektedir. Tablo 2’de raporlanan pozitif Pearson korelasyon katsayıları, söz konusu koşulun sağlandığını ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Değişkenler Arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

	Toplam Varlıklar	Toplam Özsermaye	Çalışan Sayısı	Faaliyet Giderleri	FVÖK	Net Satışlar	Piyasa Değeri	ESG Skoru
Toplam Varlıklar	1	0,9654	0,8353	0,8196	0,8909	0,8334	0,6960	0,2994
Toplam Özsermaye	0,9654	1	0,7906	0,7717	0,8857	0,8085	0,6977	0,1667
Çalışan Sayısı	0,8353	0,7906	1	0,9952	0,8919	0,9786	0,8024	0,1686
Faaliyet Giderleri	0,8196	0,7717	0,9952	1	0,8729	0,9806	0,7615	0,2131
FVÖK	0,8909	0,8857	0,8919	0,8729	1	0,8942	0,7982	0,1369

Net Satışlar	0,8334	0,8085	0,9786	0,9806	0,8942	1	0,7976	0,2084
Piyasa Değeri	0,6960	0,6977	0,8024	0,7615	0,7982	0,7976	1	0,0765
ESG Skoru	0,2994	0,1667	0,1686	0,2131	0,1369	0,2084	0,0765	1

Araştırmanın örneklemini, Borsa İstanbul’da işlem gören ve enerji sektöründe faaliyet gösteren firmalar oluşturmaktadır. Bu firmaların 2020-2023 dönemine ait ESG skorları incelenmiş; veri bütünlüğünün en yüksek olduğu 2023 yılı analiz yılı olarak seçilmiştir. Bu doğrultuda, 2023 yılı verilerine ulaşılabilen 14 enerji firması çalışmaya dâhil edilmiştir.

Analiz, Python 3.11.1. sürümü ve Gurobi 10.0.0. versiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, BIO-MCDEA modelinin önerildiği çalışmaya (Ghasemi vd., 2014) paralel olarak alt sınır spesifikasyonu $\varepsilon = 0,00001$ şeklinde tanımlanmış ve w_2 ile w_3 ağırlıkları, amaç fonksiyonundaki kriterlere eşit önem atfedilmesi ve sonuçların ağırlık tercihlerinden bağımsız nötr bir yapıda olması amacıyla eşit alınmıştır.

Çalışmanın araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

- Araştırma Sorusu 1: BIO-MCDEA yaklaşımı, SDEA modeline kıyasla daha yüksek bir ayırt edicilik gücü sunmakta mıdır?
- Araştırma Sorusu 2: Etkinlik analizine ESG skorlarının dâhil edilmesi, firmaların finansal etkinlik düzeylerini etkilemekte midir?

5. Bulgular

Veri Seti 1 için SDEA ve BIO-MCDEA modelleri ile elde edilen girdi ve çıktı ağırlıkları sırasıyla Tablo 3 ve Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 3. SDEA Ağırlıkları (Veri Seti 1)

KVB	v_1	v_2	v_3	v_4	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4
AKENR	0,02850	0	0,00029	0	0	0,04224	0	0
AKFYE	0	0	0	3,83046	0,23758	0	0	0
AKSEN	0	0	0	1,09711	0	0,02843	0	0
AYDEM	0	0,02245	0,00022	0,31138	0	0,02468	0,01302	0
BIOEN	0,10044	0,11582	0	0	0	0	0	0,02141
CANTE	0,03632	0	0	0,89156	0	0,05283	0,02691	0
ENJSA	0	0,01427	0,00002	0	0	0,00593	0	0
ESEN	0	0,10956	0,00031	0	0	0	0	0,00973
GWIND	0	0	0	10,94823	0	0	0,08518	0
MAGEN	0	0,11040	0,00031	0	0	0	0	0,00980
NATEN	0	0,10566	0,00030	0	0	0	0	0,00938
ODAS	0,04432	0	0	0	0,23120	0	0	0
SMRTG	0	0,46985	0	0	0	0,12356	0	0
ZOREN	0	0,01948	0,00005	0,03538	0,08936	0,00571	0	0,00001

Tablo 3 ve Tablo 4’teki girdi ve çıktı ağırlıkları incelendiğinde, SDEA modelinde bazı girdi ve çıktı değişkenlerinin çoğu zaman göz ardı edildiği yani ağırlıklarının sıfıra eşit

bulunduğu görülmektedir. Buna karşılık, BIO-MCDEA modelinde kullanılan alt sınır spesifikasyonu ($\varepsilon = 0,00001$) ve çoklu kriterlerin eş zamanlı optimizasyonu sayesinde, ağırlıkların daha dengeli bir şekilde dağıldığı dikkat çekmektedir.

Tablo 4. BIO-MCDEA Ağırlıkları (Veri Seti 1)

KVB	v_1	v_2	v_3	v_4	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4
AKENR	0,01722	0,02117	0,00001	0,19547	0,10599	0,03220	0,00004	0,00134
AKFYE	0,00001	0,04660	0,00011	0,08445	0,21384	0,01367	0,00001	0,00002
AKSEN	0,00001	0,02330	0,00014	0,01000	0,09035	0,01046	0,00167	0,00001
AYDEM	0,00001	0,03123	0,00009	0,07053	0,11908	0,01396	0,00001	0,00037
BIOEN	0,00001	0,12166	0,00082	0,00001	0,46466	0,05411	0,00990	0,00001
CANTE	0,00001	0,04626	0,00029	0,01829	0,17943	0,02076	0,00338	0,00001
ENJSA	0,00001	0,00749	0,00002	0,01679	0,02858	0,00336	0,00001	0,00009
ESEN	0,00001	0,10462	0,00025	0,18984	0,48002	0,03068	0,00001	0,00004
GWIND	0,00001	0,13639	0,00032	0,24754	0,62576	0,03999	0,00001	0,00005
MAGEN	0,00001	0,10747	0,00025	0,19502	0,49310	0,03152	0,00001	0,00004
NATEN	0,00001	0,09453	0,00028	0,21383	0,36041	0,04222	0,00001	0,00112
ODAS	0,00001	0,04113	0,00026	0,01644	0,15953	0,01846	0,00300	0,00001
SMRTG	0,03228	0,02056	0,00053	0,00001	0,23319	0,04792	0,00001	0,00046
ZOREN	0,00529	0,00666	0,00001	0,05672	0,03330	0,00997	0,00016	0,00039

Etkinlik skorlarının ve sıralamaların sunulduğu Tablo 5'te ise Veri Seti 1 için SDEA modeli ile 6 firmanın (AKENR, AKSEN, ENJSA, GWIND, ODAS, SMRTG), BIO-MCDEA modeli ile ise 4 firmanın (AKENR, AKSEN, ENJSA, GWIND) etkin bulunduğu görülmektedir. Öte yandan, her iki modelde de etkin bulunan 4 firma dışındaki tüm karar birimlerinin BIO-MCDEA skorlarının SDEA skorlarından düşük olduğu da tespit edilmektedir. Ayrıca, SDEA ve BIO-MCDEA modellerinin etkinlik skorları arasındaki farkın birçok firma için önemli ölçüde değiştiği dikkat çekmektedir. Örneğin, ESEN firmasının SDEA skoru 0,85 iken, BIO-MCDEA skoru 0,20 seviyesinde kalmıştır. Ortalama etkinlik skoru SDEA modelinde 0,87, BIO-MCDEA modelinde ise 0,61 olarak hesaplanmıştır. İki modelin skorları arasındaki farklılıklar etkinlik sıralamalarında da değişimlere yol açmıştır.

Tablo 5. Etkinlik Skorları ve KVB Sıralamaları

KVB	Veri Seti 1				Veri Seti 2			
	DEA Skor	DEA Sıralama	BIO-MCDEA Skor	BIO-MCDEA Sıralama	DEA Skor	DEA Sıralama	BIO-MCDEA Skor	BIO-MCDEA Sıralama
AKENR	1	1	1	1	1	1	0,69548	7
AKFYE	0,96054	7	0,92535	5	0,96054	7	0,92590	5
AKSEN	1	1	1	1	1	1	1	1
AYDEM	0,31765	14	0,11591	14	0,31765	13	0,06042	14
BIOEN	0,89938	8	0,32615	10	0,48252	11	0,32592	10
CANTE	0,73511	13	0,28365	11	0,73511	9	0,28414	11
ENJSA	1	1	1	1	1	5	1	1
ESEN	0,84621	9	0,20444	13	0,29089	14	0,20233	13
GWIND	1	1	1	1	1	1	1	1

MAGEN	0,82330	11	0,21661	12	0,72366	10	0,21607	12
NATEN	0,81611	12	0,40070	9	0,47037	12	0,33141	9
ODAS	1	1	0,86210	6	1	1	0,86215	6
SMRTG	1	1	0,64026	7	1	6	1	1
ZOREN	0,83183	10	0,56125	8	0,83137	8	0,56955	8
Ortalama	0,87358		0,60974		0,77229		0,60524	

ESG skoru değişkeninin analiz dışında bırakıldığı Veri Seti 2'ye ilişkin Tablo 5'teki bulgular, SDEA modeli açısından dikkate değer değişiklikler ortaya koyarken, BIO-MCDEA modeli için ise çoğunlukla kayda değer bir farklılık göstermemektedir. Örneğin, ESEN firmasının ESG skorlarının analize dâhil edildiği durumdaki SDEA skoru 0,85 iken, ESG skorunun analiz dışında bırakıldığı durumdaki SDEA skoru 0,29'a gerilemiştir. Ortalama etkinlik skorları açısından da SDEA modelinde benzer bir düşüş gözlenmiştir: Veri Seti 1'de ortalama skor 0,87 iken, Veri Seti 2'de bu değer 0,77'ye düşmüştür. Buna karşılık, BIO-MCDEA modelinde Veri Seti 1 ve Veri Seti 2 arasında ortalama etkinlik skorları neredeyse sabit kalmış, her iki durumda da yaklaşık 0,61 seviyesinde seyretmiştir. Firma bazında ise BIO-MCDEA skorlarındaki en büyük farklılıklar AKENR ve SMRTG firmalarında gözlemlenmiştir. AKENR firmasının BIO-MCDEA etkinlik skoru ESG skorunun analize dâhil edildiği durumda 1 iken, ESG skorunun analize dâhil edilmediği durumda 0,69 bulunmuştur. Buna karşılık, SMRTG firmasının BIO-MCDEA etkinlik skoru ESG skorunun analize dâhil edildiği durumda 0,64 iken, ESG skorunun analize dâhil edilmediği durumda 1 bulunmuştur. Bu iki firma dışında kalan tüm firmalar için, ESG skorunun analiz dışında bırakılması durumunda BIO-MCDEA etkinlik skorlarında yalnızca sınırlı düzeyde farklılıklar gözlemlenmiş, sıralamalarda ise herhangi bir değişim meydana gelmemiştir.

Tablo 6. Farklı ε Değerleri için BIO-MCDEA Modeli Etkinlik Skorları ve Sıralamaları

	Veri Seti 1				Veri Seti 2			
	$\varepsilon = 0$ BIO-MCDEA Skor – Sıralama		$\varepsilon = 0,00001$ BIO-MCDEA Skor – Sıralama		$\varepsilon = 0$ BIO-MCDEA Skor – Sıralama		$\varepsilon = 0,00001$ BIO-MCDEA Skor – Sıralama	
AKENR	0,98485	4	1	1	0,69120	7	0,69548	7
AKFYE	0,92540	5	0,92535	5	0,92600	5	0,92590	5
AKSEN	1	1	1	1	1	1	1	1
AYDEM	0,11584	14	0,11591	14	0,06039	14	0,06042	14
BIOEN	0,32591	10	0,32615	10	0,32591	10	0,32592	10
CANTE	0,28407	11	0,28365	11	0,28407	11	0,28414	11
ENJSA	1	1	1	1	1	1	1	1
ESEN	0,20453	13	0,20444	13	0,20233	13	0,20233	13
GWIND	1	1	1	1	1	1	1	1
MAGEN	0,21663	12	0,21661	12	0,21606	12	0,21607	12
NATEN	0,40072	9	0,40070	9	0,33131	9	0,33141	9
ODAS	0,86223	6	0,86210	6	0,86223	6	0,86215	6
SMRTG	0,63995	7	0,64026	7	1	1	1	1

ZOREN	0,56027	8	0,56125	8	0,56956	8	0,56955	8
-------	---------	---	---------	---	---------	---	---------	---

Ghasemi vd. (2014), önerdikleri modelde ε sabitini 0,00001 olarak kullanmış ve $\varepsilon = 0$ durumunda dahi BIO-MCDEA yaklaşımının sağlamlığını ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, çalışmamızda $\varepsilon = 0$ kabul edildiğinde etkinlik skorları ve firma sıralamalarında herhangi bir değişiklik olup olmadığı ayrıca incelenmiştir. Karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 6’da sunulmuş olup, $\varepsilon = 0$ ve $\varepsilon = 0,00001$ değerleri altında elde edilen etkinlik skorlarının büyük ölçüde tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Yalnızca AKENR firmasının Veri Seti 1’deki sıralamasında minimal bir değişiklik gözlenmiş, diğer tüm firmaların sıralamalarının ise aynı kaldığı belirlenmiştir.

6. Sonuç ve Öneriler

Çift amaçlı-çok kriterli veri zarflama analizi (BIO-MCDEA) yaklaşımının standart veri zarflama analizi (SDEA) yaklaşımına kıyasla daha yüksek bir ayırt ediciliğe sahip olup olmadığı ve etkinlik analizine ESG skorlarının dâhil edilmesinin firmaların finansal etkinliğini etkileyip etkilemediği araştırma sorularıyla gerçekleştirilen bu çalışmada Borsa İstanbul’da işlem gören 14 enerji firmasının finansal etkinliği ölçülmüştür.

Birinci araştırma sorusunu cevaplamak için analiz hem SDEA hem de BIO-MCDEA yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir. Bulgular, BIO-MCDEA yaklaşımının SDEA yaklaşımına göre daha dengeli ağırlıklar sağladığını ve daha yüksek ayırt ediciliğe sahip olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla, BIO-MCDEA modelinin kullanımıyla SDEA yaklaşımının bazı dezavantajlarının üstesinden geldiği sonucuna ulaşılabilir.

İkinci araştırma sorusunu cevaplamak için ise analiz, ESG skorları dâhil edilerek ve edilmeksizin gerçekleştirilmiştir. BIO-MCDEA bulguları dikkate alındığında, ESG skorlarının analize dâhil edilmesinin finansal performans üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı, enerji sektörü firmalarının büyük bir kısmının ESG faktörlerine karşı sınırlı bir duyarlılığa sahip olduğu ve bu doğrultuda ilgili firmalar için sürdürülebilirlik odaklı yatırımların kısa vadede finansal fayda sağlamadığı söylenebilir.

Örnekleme dâhil edilen enerji firmalarının ESG skorlarının finansal etkinlik üzerinde kayda değer bir etki yaratmamış olması, ESG skorlarının finansal performansı eş zamanlı olarak etkilememesi, yani asıl etkinin uzun vadede ortaya çıkabilmesi ile açıklanabilir. Başka bir ifadeyle, ESG skorlarının finansal performansa yansıma süreci zamansal dinamiklere bağlı olarak farklılık gösterebilir. Enerji sektörü, yüksek sermaye gerektiren, uzun vadeli yatırım döngülerine sahip ve çevresel etkileri yüksek bir sektör olduğundan, ESG uygulamalarının finansal performansa yansıması diğer sektörlerle kıyasla daha uzun zaman alabilmektedir.

Ayrıca enerji sektöründe operasyonel maliyetlerin yüksek olması da ESG skorlarının finansal etkinlik üzerindeki etkisini sınırlayarak ESG performansının finansal etkinliğe yansıma sürecini geciktirebilir. Öte yandan bu durum, makroekonomik faktörlerle de ilişkilendirilebilir; nitekim enerji sektöründeki firmaların bulundukları ülkenin gelişmişlik düzeyi de ESG skorlarının finansal etkinlik üzerindeki etkisini belirleyebilmektedir. Gelişmiş ülkelerde ESG uygulamaları yatırımcılar ve piyasalar tarafından daha fazla dikkate alındığı ve finansal karar süreçlerine entegre edildiği için, ESG performansının finansal sonuçlara yansımaları daha belirgin olurken; gelişmekte olan ülkelerde bu etki daha sınırlı düzeyde ortaya çıkabilmektedir.

Behl vd. (2022) tarafından Hindistan’da faaliyet gösteren enerji firmaları üzerine yapılan araştırmada da yazarlar ESG skorları ile firma değeri arasında bir ilişki bulamamış, ESG skorlarının daha uzun vadede firma değerini etkileyebileceğini öne sürmüştür. Benzer şekilde Veltri vd. (2023), kamu hizmetleri sektörünü ele alan çalışmalarında ESG unsurlarının kurumsal etkinliği artırmadığına ilişkin bulgular elde etmiştir. Öte yandan Türkiye örneğinde ise Borsa İstanbul’daki yatırımcı profili, piyasa koşulları ve ESG kavramının gelişmiş ülkelere kıyasla yeni bir kavram olması, enerji firmalarının ESG unsurlarına duyarlılığının sınırlı kalmasına neden olabilmektedir. Ancak enerji sektörünün hem çevresel etkiler hem de sürdürülebilirlik uygulamaları açısından küresel dönüşümün odak noktasında yer alması, bu durumun gelecekte değişebileceğinin bir göstergesi olabilir. Özellikle yatırımcıların çevresel duyarlılıklarının artması, yenilenebilir enerjiye geçiş sürecinin hızlanması ve ESG açıklamalarına yönelik yasal düzenlemelerin geliştirilmesiyle birlikte, ESG performansının enerji firmalarının finansal etkinliği üzerindeki etkisinin önümüzdeki yıllarda daha belirgin hale gelmesi beklenmektedir.

Bu çalışmanın temel sınırlılığı, finansal etkinlik ölçümünde ESG skorunun rolünün yalnızca enerji sektörü kapsamında incelenmiş olmasıdır. ESG performansının sektörel bazda değişiklik gösterebileceği göz önünde bulundurulduğunda, benzer analizlerin farklı sektörlerde de gerçekleştirilmesi, gelecekteki araştırmalar için önerilebilir. Ayrıca, ESG yatırımlarının etkilerinin uzun vadede ortaya çıkabileceği dikkate alındığında, ESG skorları ile finansal göstergelerin farklı yıllara ait olduğu veri setleriyle gelecek çalışmalar yürütülebilir.

Yöntemsel açıdan ise gelecek çalışmalarda BIO-MCDEA modelinde kullanılan alt sınır spesifikasyonunun (ϵ) ve amaç fonksiyonundaki ağırlık değerlerinin (w_2 ve w_3) farklı senaryolar altında duyarlılık analizine tabi tutulması, optimizasyon temelli yöntemler veya veri odaklı öğrenme yaklaşımları ile belirlenmesi önerilmektedir. Böyle bir yöntemsel

genişleme, BIO-MCDEA modelinin farklı veri setlerine uygulanabilirliğini artırabileceği gibi modelin esnekliğini ve metodolojik derinliğini de geliştirecektir. Buna ek olarak, ESG'nin bu çalışmada çıktı değişkeni olarak ele alınması sürdürülebilirlik performansının sonuç göstergesi niteliğiyle uyumludur; ancak BIO-MCDEA yaklaşımının ağ yapısına uyarlanarak ESG'nin ara değişken olarak ele alınması, gelecekte yapılacak çalışmalar için önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Almulhim, T., Almubarak, N., & Aljabr, N. (2024). How to comprehensively evaluate firm performance from operational, financial, and sustainability perspectives? A two-stage data envelopment analysis approach. *Emerging Markets Finance and Trade*, 60(7), 1447-1467. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2023.2278651>
- Andrade, R. M. D., Lee, S., Lee, P. T. W., Kwon, O. K., & Chung, H. M. (2019). Port efficiency incorporating service measurement variables by the BIO-MCDEA: Brazilian case. *Sustainability*, 11(16), 4340. <https://doi.org/10.3390/su11164340>
- Antunes, J., Wanke, P., Fonseca, T., & Tan, Y. (2023). Do ESG risk scores influence financial distress? Evidence from a dynamic NDEA approach. *Sustainability*, 15(9), 7560. <https://doi.org/10.3390/su15097560>
- Arunkumar, O. N., Divya, D., & Chandan. (2025). ESG efficiency analysis in the IT industry: A DEA-based approach. *Cogent Business & Management*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/23311975.2025.2450092>
- 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://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Swarts, J., & Thomas, D. (1989). An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses. *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5(1), 125-163.
- Bati, G. B., Usman, Ö., & Ateş, S. (2024). Firmaların sürdürülebilirlik performansları bağlamında etkinliklerinin veri zarflama analizi ile ölçülmesi. *Journal of Research in Business*, 9(1), 18-38. <https://doi.org/10.54452/jrb.1275270>
- Behl, A., Kumari, P. R., Makhija, H., & Sharma, D. (2022). Exploring the relationship of ESG score and firm value using cross-lagged panel analyses: Case of the Indian energy sector. *Annals of Operations Research*, 313(1), 231-256. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04189-8>
- Cao, R. Q., Zhou, S. B., & Gu, V. C. (2025). Exploring the relationship between managerial ability and ESG performance: A stochastic data envelopment analysis approach. *Annals of Operations Research*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10479-025-06569-w>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Çetenak, E. H., Ersoy, E., & Işık, Ö. (2022). ESG (çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim) skorunun firma performansına etkisi: Türk bankacılık sektörü örneği. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (63), 75-82. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.1212587>
- D'Amato, V., D'Ecclesia, R., & Levantesi, S. (2024). Firms' profitability and ESG score: A machine learning approach. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 40(2), 243-261. <https://doi.org/10.1002/asmb.2758>
- Dremptec, S., Klein, C., & Zwergel, B. (2020). The influence of firm size on the ESG score: Corporate sustainability ratings under review. *Journal of Business Ethics*, 167(2), 333-360. <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04164-1>
- Ghasemi, M. R., Ignatius, J., & Emrouznejad, A. (2014). A bi-objective weighted model for improving the discrimination power in MCDEA. *European Journal of Operational Research*, 233(3), 640-650. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.08.041>
- 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)
- Iazzolino, G., Bruni, M. E., Veltri, S., Morea, D., & Baldissarro, G. (2023). The impact of ESG factors on financial efficiency: An empirical analysis for the selection of sustainable firm portfolios. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 30(4), 1917-1927. <https://doi.org/10.1002/csr.2463>
- Kalia, D., & Aggarwal, D. (2023). Examining impact of ESG score on financial performance of healthcare companies. *Journal of Global Responsibility*, 14(1), 155-176. <https://doi.org/10.1108/JGR-05-2022-0045>
- Kweh, Q. L., Ting, I. W. K., Asif, J., & Lu, W. M. (2024). Environmental, social, and governance and hierarchical network data envelopment analysis firm efficiencies of Japan Airlines' supply chain. *Business Strategy and the Environment*, 33(7), 7060-7076. <https://doi.org/10.1002/bse.3861>
- Li, X. B., & Reeves, G. R. (1999). A multiple criteria approach to data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 115(3), 507-517. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00130-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00130-1)
- Petridis, K., Kiosses, N., Tampakoudis, I., & Ben Abdelaziz, F. (2023). Measuring the efficiency of mutual funds: Does ESG controversies score affect the mutual fund performance during the COVID-19 pandemic?. *Operational Research*, 23(3), 54. <https://doi.org/10.1007/s12351-023-00795-5>

- Shahrour, M. H. (2022). Measuring the financial and social performance of French mutual funds: A data envelopment analysis approach. *Business Ethics, The Environment & Responsibility*, 31(2), 398-418. <https://doi.org/10.1111/beer.12424>
- Sutiene, K., Vaz, C. B., & Vaitiekuniene, R. (2025). Determinants of sustainability performance of manufacturing companies using two-stage data envelopment analysis. *Environmental and Ecological Statistics*, 32(2), 675-706. <https://doi.org/10.1007/s10651-025-00659-5>
- Şeker, Y., & Şengür, E. (2022). Çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim (ESG) performansı: Uluslararası bir araştırma. *Journal of Accounting and Taxation Studies*, 15(2), 349-387. <https://doi.org/10.29067/muvu.1066216>
- Tampakoudis, I., Kiosses, N., & Petridis, K. (2023). The impact of mutual funds' ESG scores on their financial performance during the COVID-19 pandemic. A data envelopment analysis. *Corporate Governance: The International Journal of Business in Society*, 23(7), 1457-1483. <https://doi.org/10.1108/CG-12-2022-0491>
- Xie, J., Nozawa, W., Yagi, M., Fujii, H., & Managi, S. (2019). Do environmental, social, and governance activities improve corporate financial performance?. *Business Strategy and the Environment*, 28(2), 286-300. <https://doi.org/10.1002/bse.2224>
- Veltri, S., Bruni, M. E., Iazzolino, G., Morea, D., & Baldissarro, G. (2023). Do ESG factors improve utilities corporate efficiency and reduce the risk perceived by credit lending institutions? An empirical analysis. *Utilities Policy*, 81, 101520. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101520>