



## YENİ SANAYİLEŞMİŞ ÜLKELERDE YEŞİL TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ

Onur ÖZAYDIN<sup>1</sup>

### ÖZET

*Enerji verimliliğinin arttırılması ve bu artış gerçekleŐirken çevrenin doğal yapısının da korunmasına yönelik yaklaŐımlar son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Doğaya saygılı, sürdürülebilir politikalar geliŐtirilmesi pek çok ülkenin öncelikli hedefleri arasında yer almaya başlamıştır. Doğayı koruyan ve doğal kaynakların ileriki nesillere aktarımını amaçlayan güncel yaklaŐımlar çerçevesinde bu çalışmada, 1992-2020 döneminde yeni sanayileşmiş (NICS) olarak adlandırılan 9 ülke için Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi hesaplamaları ile yeşil toplam faktör verimliliği hesaplanmıştır. Hesaplamalarda iki çıktı, üç girdiden oluşan üretim modeli esas alınarak yeni sanayileşmiş ülkeler hem verimli enerji kullanımı hem de karbon emisyonlarının azaltılması hedefleri bakımından karŐılaŐtırılmıŐtır. Bu amaçla ekonometrik bir model oluŐturulmuŐ ve konu ile ilgili bir takım analiz yapılmıŐtır. Elde edilen bulgular, söz konusu dönemde, örneklemedeki tüm ülkelerde yeşil toplam faktör verimliliğinin, çalışmaya konu olan dönemde ortalama olarak %2 azaldığını ve tek bir ülke dıŐında tüm ülkelerde yeşil toplam faktör verimliliğinde düşüş yaŐandđını göstermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Yeşil toplam faktör verimliliği, Malmquist Endeks, Karbon Emisyonu

### GREEN TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY IN NEWLY INDUSTRIALIZED COUNTRIES

### ABSTRACT

*Approaches aimed at increasing energy efficiency and protecting the natural structure of the environment while this increase is realized have gained great importance in recent years. Developing sustainable policies that respect nature has become one of the priority goals of many countries. In this study, within the framework of current approaches that protect nature and aim to transfer natural resources to future generations, green total factor productivity was calculated with Malmquist Total Factor Productivity index calculations for 9 countries called newly industrialized (NICS) in the 1992-2020 period. In the calculations, based on the production model consisting of two outputs and three inputs, newly industrialized countries were compared in terms of both efficient energy use and carbon emissions reduction targets. For this purpose, an econometric model was created and some analyzes were made on the subject. The findings show that, in the said period, green total factor productivity in*

<sup>1</sup> Dr., Bağımsız AraŐtırmacı, [ozaydinonur@hotmail.com](mailto:ozaydinonur@hotmail.com)



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

*all countries in the sample decreased by 2% on average in the period subject to the study, and there was a decrease in green total factor productivity in all countries except for one country.*

**Keywords:** *Green total factor productivity, Malmquist Index, Carbon Emission*

## 1. GİRİŞ

Enerji verimliliği, günümüzde, sanayileşen birçok ülke için oldukça önemli bir olgu haline almaktadır. Milenyumdan sonra makroekonomik faaliyetlerin girdisi olarak ağırlıkla sermaye ve emeğin kullanımda olmasının yarattığı eksiklik fark edilerek enerji faktörü temel girdi haline almaya başlamıştır. Enerjiye duyulan ihtiyaç ve ortaya çıkan enerji bağımlılığı, zamanla alternatif ve yenilenebilir enerji olgularını ortaya koymuş ve enerji verimliliği kavramı önem kazanmıştır (Bozkaya, 2023: 304). Doğanın korunması ve kaynakların sonraki nesillere aktarımı adına sürdürülebilirliğin sağlanması adına, daha fazla kaynak tüketmek yerine mevcut kaynakların daha verimli kullanımının gerçekleştirilmesinin önceliklendirildiği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji teknolojileri geliştirilmektedir ((Fei, vd., 2016: 166-167). Bahse konu olan teknoloji inovasyonlarının, karbon emisyonunu azaltmak suretiyle sürdürülebilirliğe katkıda bulunduğu ifade edilmektedir. Yeşil teknoloji olarak da adlandırılan inovasyonlar, enerji verimliliğini artırarak mevcut çevre kalitesini korumayı ve iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Şahbaz Kılınç, N. ve Kılınç, E., C., 2024: 4). En önemli faydasının, enerji maliyetlerini düşürmek ve enerji kaynaklarının daha verimli kullanımına olanak tanımak olduğu anlaşılan yeşil teknoloji inovasyonlarının, CO2 salınımının azaltılmasına ve düşük karbon ayak izi oluşumuna da yardımcı olduğu belirtilmektedir (Du ve Li, 2019: 240-241).

Enerji tüketimi, ileri teknolojik ilerlemelerin ve yeniliklerin yaşandığı bir çağda bile doğal kaynakların tükenmesini, iklim değişikliğini ve çevresel bozulmayı etkileyerek, gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde en büyük endişe kaynaklarından biri olmuştur. Küresel enerji karışımı, teknolojik inovasyonlar, ticaretin serbestleşmesi ve kentleşme gibi faktörlerle hızla değişmektedir. Bu değişim, enerjinin kullanım şeklini, ekonominin büyüme biçimini ve çevrenin sürdürülebilirliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Yeni sanayileşmiş ülkelerin (NICS), özellikle Çin ve Hindistan başta olmak üzere, sanayileşme sürecinde artan enerji ihtiyaçlarının, enerji kaynakları üzerindeki baskıyı ve karbon emisyonlarını artıracakı öngörülmektedir. Bu ülkelerdeki enerji tüketiminin sebeplerini anlamak ve sürdürülebilir enerji yönetim stratejileri geliştirmek son derece önemlidir. Yüksek enerji bağımlılığının, sosyal refah, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik ilerleme açısından önemli etkileri bulunmaktadır. Yeni sanayileşen ülkeler, sanayi sektörlerini hızlı bir şekilde canlandırmaktadırlar. Sanayi sektörü daha



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

fazla mal ve hizmet üretmek, dünyanın geri kalanıyla ticaret yapmak ve şehirleri sanayi merkezleri haline getirmek için daha fazla enerji tüketmektedir (Asghar, vd., 2024).

Yeni sanayileşen ülkelerdeki endüstriyel karbon emisyonları ve küresel iklim değişikliği politikaları, çevresel sürdürülebilirlik ve küresel iklim eylemi bağlamında büyük önem taşımaktadır. Genellikle hızlı sanayileşme ve ekonomik büyüme ile karakterize edilen bu ülkeler, karbon emisyonlarının ve çevre politikalarının gidişatının şekillendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yeni sanayileşmiş ülkelerde genellikle hızlı sanayileşme yaşanmakta ve bu da karbon emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. İmalat, enerji üretimi ve ulaşım gibi endüstriyel faaliyetler bu ülkelerdeki karbon emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Birçok yeni sanayileşmiş ülke, endüstriyel karbon emisyonlarını ele almakta ve iklim değişikliğini hafifletmek için politika ve düzenlemeler uygulamaktadır. Bu politikalar, emisyon azaltma hedeflerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerjinin benimsenmesini teşvik etmeyi, endüstrilerde enerji verimliliğini artırmayı ve karbon fiyatlandırma mekanizmaları gibi uygulamaları içermektedir.

Daha temiz enerji kaynaklarına geçiş, birçok yeni sanayileşmiş ülkenin iklim politikasının temel odak noktası haline almıştır. Bu geçiş, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak ve enerji sektöründeki karbon emisyonlarını azaltmak için güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi hususlarını kapsamaktadır. Yeni sanayileşen ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve küresel iklim eylemine katkıda bulunmayı taahhüt ettikleri Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim anlaşmalarının da birer parçası konumundadır. Bu ülkeler genellikle iklim değişikliğini azaltma ve uyum projelerini uygulamak için uluslararası kuruluşlardan destek ve finansman almaktadır. Yeni sanayileşen ülkeler ekonomik kalkınma ile çevresel sürdürülebilirliği dengeleme konusunda zorluklarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Çevresel etkileri en aza indirirken endüstriyel büyüme ve istihdam yaratma ihtiyacını karşılamaları gerekliliği birtakım kısıtlar oluşturmaktadır. Oluşturduğu kısıtlara rağmen bu durum aynı zamanda inovasyon, teknolojik ilerlemeler ve sürdürülebilir kalkınma uygulamaları için fırsatlar da sunmaktadır (Asghar, vd., 2024).

Yeşil teknoloji inovasyonlarının ayrıca enerji verimliliğini artırarak ülkeleri enerjide dışa bağımlılıktan kurtarması ve GSYH'nın büyümesine destek olması da beklenmektedir. GSYH düzeyinin aynı dönemdeki karbon emisyonlarına oranının karbon verimliliğini ifade ettiği düşünüldüğünde, bir ülkenin karbon verimliliğinin yüksek olması, o ülkeye ekonomik ve sosyal kalkınma açısından rekabet avantajı da sağlayacaktır (Wu, vd., 2024: 952). Karbon verimliliği, toplam faktör karbon verimliliği endeksi ile ölçülmekte ve enerji tasarrufu ile karbon emisyonu azaltımına bağlı toplam faktör verimliliğini göstermektedir. Karbon emisyonunun düşmesi, toplam faktör karbon verimliliğinin artması



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

anlamına gelmekte ve faktör girdisindeki azalma neticesinde enerji verimliliğinde artış sağlanarak beklenen çıktı düzeyini yükseltmektedir (Ohene-Asare ve Turkson, 2018: 94).

Bu çalışmada, yeni sanayileşen ülkelerde son yıllarda çevreye duyarlı üretim konusundaki gelişmelere ilişkin bir gösterge halini alan yeşil toplam faktör verimliliği hakkında bilgilendirme yapılmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla NICS statüsünde bulunan ülkelerdeki enerji verimliliği Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi vasıtasıyla, 1992-2020 dönemi için 3 girdi 2 çıktıdan oluşan doğrusal programlamaya dayalı veri zarflama analizi yöntemiyle hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda elde edilen verimlilik göstergeleri ülkeler ve ülke grubu düzeyinde dönemsel olarak değerlendirilmekte ve yeni sanayileşen ülkelerde yeşil faktör verimliliğindeki gelişmeler ortaya konmaktadır. Bu amaçla çalışmada takip eden başlıklarda yeşil faktör verimliliği ve enerji verimliliği ile ilgili önceki dönem çalışmaları incelenmekte, ardından yeşil faktör verimliliğinin ölçümünde kullanılan yöntem ele alınmaktadır. Bu başlıkları takiben yeni sanayileşen ülkelerde yeşil toplam faktör verimliliği endeksi bulguları sunulmakta ve sonuç kısmında bulgulara ilişkin değerlendirmeler verilmektedir.

## **2. LİTERATÜR**

Toplam faktör enerji verimliliği, birim çıktı başına daha az enerji kullanımına olanak sağladığından, çevre kirliliğinin azaltılmasına ve sürdürülebilir çevre oluşumuna yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda, enerji alanında sürdürülebilirliğin gerçekleştirilmesinde ise yeşil inovasyon olarak adlandırılan doğa dostu yaklaşımların önemi her geçen gün artmaktadır. İlgili alan yazında, yeşil inovasyon düzeyinin yükselmesi ile enerji yoğunluğunun azaltılarak toplam enerji verimliliğinin ve toplam faktör karbon verimliliğinin artırılabilmesine yönelik bulgulara rastlanmaktadır. Çalışmaların çoğunun Çin ülkesi ile ilişkili olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise Çin'in 2000'li yılların başından itibaren Dünya'da karbon emisyonu en yüksek ülke (2024 yılı itibariyle toplam karbon emisyonunun %30,7) konumunda bulunması olduğu düşünülmektedir. Son yıllarda yapılan ilgili çalışmaların özeti aşağıda sunulmaktadır.

Zhang ve diğerleri tarafından (2011) yayımlanan çalışmada, 1980-2005 döneminde gelişmekte olan 23 ülkede enerji verimliliğinin araştırıldığı ve veri zarflama analizi (DEA) yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Söz konusu yöntemin kullanılması ile toplam faktör çerçevesinin kesitsel ve dinamik veriler üzerindeki verimliliğin ölçülmesi amaçlanmış olduğu ayrıca toplam faktör enerji verimliliği ve enerji ihtiyaçlarındaki değişim eğilimlerinin ortaya konulduğu anlaşılmaktadır. Ampirik sonuçlar, Botswana, Meksika ve Panama'nın enerji verimliliği açısından en iyi performansı, Kenya, Sri Lanka, Suriye ve Filipinler'in ise tüm araştırma dönemi boyunca en kötü performansı gösterdiğini ortaya koymaktadır. Yukarıda adı geçen yedi ülkenin, araştırmaya konu olan zaman zarfında, enerji



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

verimliliklerinde ortaya çıkan değişimin kayda değer düzeyden az olduğu, on bir ülkede enerji verimliliğinde sürekli düşüşler yaşandığı, beş ülkede de toplam faktör enerji verimliliğinde sürekli artış yaşandığı ifade edilmektedir. Enerji verimliliğinde sürekli artış yaşandığı görülen beş ülke arasında en hızlı artışın Çin'de yaşandığı belirtilmektedir. Çin'deki uygulamalar, etkili enerji politikalarının, enerji verimliliğinin artırılmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Lin ve Liu (2012), gerçekleştirdikleri çalışmada, Çin genelinde 1981-2009 yılları arasındaki dönemde, teknolojik gelişme, enerji tüketimi ve enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi Malmquist veri zarflama analizi aracılığıyla tahmin etmeye çalışmışlardır. Elde edilen bulgular, söz konusu dönem içerisinde teknolojik gelişmelerin, enerji tüketimini %50'den fazla arttırdığı sonucunu ortaya koymaktadır. Enerji tüketiminde meydana gelen artış ise daha fazla karbon emisyonu ve dolayısıyla düşük enerji verimliliği anlamını taşıdığından, enerji ihtiyacının fosil kaynaklardan ziyade sürdürülebilir, dönüştürülebilir (yeşil) kaynaklar ile karşılanmasının zorunluluk haline geldiği ifade edilmektedir. Bu durum ise yeşil inovasyonlar ile toplam faktör enerji ve toplam faktör karbon verimliliği arasındaki ilişkinin yüksek korelasyona sahip olduğunu düşündürmektedir.

Chen ve diğerlerinin 2016 yılında Çin'in farklı bölgelerindeki enerji verimliliğini analiz ettikleri çalışmada, 1999 – 2010 yılları arasındaki 11 yıllık süre zarfında, yeşil inovasyonların enerji yoğunluğuna etkilerini test etmişlerdir. Yöntem olarak panel eş bütünleşme ve nedensellik testleri kullanıldığı ve yeşil inovasyonun enerji yoğunluğu üzerinde negatif etkiye sahip olduğu ile aralarında iki yönlü nedensellik bulunduğu sonucuna ulaşıldığı görülmektedir.

Feng ve Wang tarafından (2017) yapılan çalışmada, Çin'e bağlı eyaletlerdeki farklı sanayi sektörlerinde faaliyet gösteren firmaların 2000 – 2014 yılları arasındaki enerji verimliliklerini ve enerji tasarruf potansiyellerini veri zarflama yöntemi ile toplam faktör analizini yaparak ölçtükleri görülmektedir. Elde edilen bulgular, karbon emisyonu değerlerinde düşüş oldukça enerji verimliliğinin arttığını ve yeşil enerji dönüşümü politikalarının enerji tasarrufuna katkı sağladığını göstermektedir.

Guo ve diğerleri (2017) tarafından yayımlanan çalışmalarında, Çin'deki fosil yakıt karbon emisyonlarını OECD ülkeleri ile dinamik bir veri zarflama modeli ile karşılaştırarak genel olarak verimlilik uygulamalarının yıllar bazında değişimini ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışma neticesinde karbon salınımı ile verimlilik arasında ters orantılı bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Mardani ve diğerleri tarafından (2017), derleme olarak ortaya konulan çalışmanın temel amacının veri zarflama analizi modellerinin enerji verimliliği açısından gözden geçirilmesi olduğu anlaşılmaktadır. Söz konusu çalışmada, enerji verimliliği sorunlarının giderilmesinde dünya genelinde 2006 – 2015 yılları arasında uygulanan 144 bilimsel makale incelenerek farklı veri zarflama analizi



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

modelleri gözden geçirilerek özetlemiştir. Seçilen makaleler yayınlanma yıllarına göre sınıflandırılmış, yazarların uyrukları, çalışmaların kapsamı, süreleri, uygulama alanları, çalışmaların amaçları, sonuçları ve çıktıları derlenmiştir. Ortak sonuç olarak, enerji verimliliği konusu ile ilgili veri zarflama analizi uygulamalarında girdiler ve çıktılar arasında enerjinin, üretim fonksiyonunda neredeyse hiç bulunmadığı veya elde edilmesinin son derece zor olduğu, enerjinin üretim fonksiyonuna dahil edilmesinin, enerji verimliliği konularında gelecekteki analizler için iyi bir değerlendirme aracı olma potansiyeli taşıdığı ortaya konulmuştur.

BRICS ülkeleri özelinde, 2005 – 2012 yılları arasını kapsayan dönem için, Santra (2017) tarafından ele alınan çalışmada, yeşil inovasyonların toplam faktör enerji ve toplam faktör karbon verimliliği üzerine etkileri analiz edilmiştir. Analizde havuzlanmış en küçük kareler panel yöntemi kullanıldığı görülmektedir. Yeşil inovasyonların, toplam faktör enerji ve toplam faktör karbon verimliliği üzerinde pozitif etkisi olduğu ayrıca karbon verimliliğinin kişi başı reel GSYH'ya olumlu etki ettiği bulgularına ulaşılmıştır.

Yao ve diğerlerinin (2019), OECD ülkeleri özelinde 1965 – 2014 yılları arasındaki dönem kapsamında gerçekleştirdikleri çalışmada beşerî sermaye, bilgi teknolojileri ve yeşil teknoloji inovasyonlarının enerji tüketimi ile ilişkisini ele aldıkları görülmektedir. Elde edilen ampirik bulgular, yeşil inovasyonların enerji tüketimini azaltmak suretiyle toplam faktör enerji verimliliğinde kilit rol oynadığını göstermektedir.

Du ve Li tarafından (2019) yapılan çalışmada, gelişmiş ve gelişmekte olan 71 ülke bazında, 1992 – 2012 yılları arasını kapsayan yirmi yıllık dönemde yeşil inovasyonların toplam faktör karbon verimliliği üzerindeki etkilerini panel sabit etkili stokastik sınır modeli ile ölçmüşlerdir. Elde edilen bulgular, ülkelerin tamamında toplam faktör karbon verimliliği artışı olduğunu ancak yüksek gelir seviyesine sahip ülkelerde yeşil inovasyonların verimliliğe etkisinin daha yüksek olarak pozitif ayrıştığı sonucunu gösterdiği anlaşılmaktadır.

Yu ve diğerleri tarafından (2019) gerçekleştirilen ve elektrik üretiminin endüstriyel kalkınma ve sürdürülebilir ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin analiz edildiği çalışmada, 2000–2018 döneminde elektrik üretiminde en fazla artış gösteren ülkeler olan Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika (BRICS) ülkelerindeki durum değerlendirilmiştir. Çalışmaya konu olan endüstriyel kalkınma ve sürdürülebilir ekonomik büyüme değişkenlerinin 1991–2018 dönemine ait yıllık verileri kullanılmış ve Vektör Oto Regresyon (VAR) metodolojisi kullanılarak üç farklı model oluşturulmuştur. Bulgular, BRICS ülkelerindeki elektrik üretiminin hem sanayi üretimine hem de sürdürülebilir ekonomik büyümeye olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla elektrik üretiminin artırılmasının ve bu



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

amaçla yatırımcıların vergi avantajı, lokasyon odaklılık ve finansmanla teşvik edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Öte yandan BRICS ülkelerinin elektrik üretimini artırırken bir yandan da doğayı korumak adına yenilenebilir enerji yatırımlarına ağırlık vermelerinin sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkıda bulunan bir etki yaratacağı ifade edilmektedir.

Wang ve Wang'ın (2020), Çin genelinde gerçekleştirdikleri çalışmada, yeşil inovasyonların toplam faktör enerji verimliliği üzerindeki etkisini test etmişlerdir. Statik ve dinamik panel veri analizi yöntemleri kullanılarak ölçüm yapılan çalışmada, yeşil inovasyonların, katma değer sağlama açısından sanayi yapısına ve karbon salınımı bakımından ulaşım altyapısına bağılı olarak toplam faktör enerji verimliliği üzerinde pozitif etkisi olduğunu, müdahaleci devlet yapısının ise yeşil inovasyonların etkisini kısıtlayarak reel kişi başına GSYH üzerinde negatif etkiye neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Yu ve diğeri tarafından (2022), yayımlanan çalışmada, 1990 – 2020 yılları arasını kapsayan dönemde, OECD ülkeleri üzerinde, enerji verimliliğinin artması sonucu enerji maliyetlerinin azalmasına bağılı olarak enerji talebinde ve enerji kaynaklarının kullanımında artış yaşanmasından dolayı kamu bütçesine tasarruf yerine ilave maliyet şeklinde yansıyan ve literatürde Jevons Paradoksu olarak ifade edilen durumu test etmişlerdir. Toplam faktör enerji verimliliği, enerji tüketimi, GSYİH, yeşil inovasyon ve doğrudan yabancı yatırımlar değişkenlerinin kullanıldığı çalışmada, Jevons Paradoksunu destekler nitelikte sonuçlar ortaya konulduğu ayrıca yeşil inovasyonların enerji talebini düşüren özellikler taşıdığı anlaşılmıştır.

Khoshroo ve diğeri tarafından (2022), İran'ın Fars kentinde tarım sektöründe faaliyet sürdüren 30 farklı çiftliğin toplam faktör karbon verimliliğini radyal olmayan veri zarflama analizi yöntemiyle test etmişlerdir. Arzu edilen çıktı olarak tarımsal ürün verimi, istenmeyen çıktı olarak da sera gazı emisyonu kullanılarak, her bir tarımsal üretim çiftliği adına karbon emisyonunun azaltılması değerlendirilmiştir. İnsan emeği, dizel yakıt, tohum ve gübre gibi diğeri faktörlerle karşılaştırıldığında, en önemli bulgu, hedeflenen toplam enerji verimliliğine en yüksek katkıyı makinelerin sağladığıdır. Ayrıca bölgede tarımsal üretimde hedeflenen ortalama emisyonun, mevcut toplam emisyonu göre %7 daha az olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

### **3. YÖNTEM**

Malmquist toplam faktör verimlilik endeksi, bir işletmenin veya ekonominin zaman içindeki üretim verimliliği değişimini ölçen bir yöntemdir. Bu endeks, iki dönem arasındaki verimlilik değişimini analiz ederek, teknolojik değişim ve teknik etkinlik değişimini ayrıştırarak hesaplanır. Genellikle çıktı odaklı ve girdi odaklı olmak üzere iki farklı şekilde ifade edilebilir. Çıktı odaklı verimlilik endeksi, belirli bir girdi seviyesinde maksimum çıktı arasındaki mesafeyi ölçerken, girdi odaklı verimlilik





**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

endeksi ise belirli bir çıktı seviyesinde minimum girdi kullanımını gösterir. Malmquist endeksi, işletmelerin veya ekonominin genel verimlilik performansını analiz etmek ve zaman içindeki değişimleri anlamak için önemli bir araçtır. Malmquist toplam faktör verimlilik endeksi, doğrusal programlama kullanılarak girdi veya çıktı odaklı verimlilik değişimlerini ölçülebilir. Bu endeks, girdi ve çıktı odaklı olarak hesaplanabilir. Çıktı odaklı verimlilik endeksi, belirli bir girdi seviyesinde maksimum çıktı arasındaki mesafeyi gösterirken, girdi odaklı verimlilik endeksi, belirli bir çıktı seviyesinde minimum girdi kullanımını dikkate alır (Caves vd., 1982).

Çıktı odaklı Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi denklem (1)'de ifade edilen uzaklık fonksiyonları kullanılarak ölçülebilir. Denklem (1)'de t dönemindeki girdiler, t+1 dönemindeki girdiler, t dönemindeki çıktılar ve t+1 dönemindeki çıktılar gösterilmektedir. Çıktı odaklı MTFP endeksi, iki çıktı odaklı MTFP endeksinin geometrik ortalamasını ifade eder. Bu endeksler sırasıyla t dönemi ve t+1 dönemi teknolojilerini kullanmaktadır. Endeks  $(x_{t+1}, y_{t+1})$  üretim noktasının  $(x_t, y_t)$  üretim noktasına göre verimliliğini tanımlar.

$$m_o(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[ \frac{d'_o(x_{t+1}, y_{t+1})}{d'_o(x_t, y_t)} \times \frac{d^{t+1}_o(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}_o(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi teknik etkinlik ve teknolojik değişmeyi gösterecek şekilde ifade edilebilmektedir. (Fare ve Grosskopf, 1992: 159; Fare, vd., 1997: 123). Dolayısıyla Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi denklem (2)'deki şekliyle t ve t+1 periyotları arasındaki teknik etkinliği ve teknolojik değişmeyi gösterecek şekilde yazılabilir. Denklem (2)'nin ilk kısmı t ve t+1 dönemleri arasındaki teknik etkinliği, ikinci kısmı ise t ve t+1 dönemlerindeki teknolojik değişmeyi göstermektedir.

$$m_o(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \frac{d'_o(x_{t+1}, y_{t+1})}{d'_o(x_t, y_t)} \times \left[ \frac{d'_o(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^{t+1}_o(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{d'_o(x_t, y_t)}{d^{t+1}_o(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Malmquist toplam faktör verimlilik endeksinin hesaplanmasında doğrusal programlama modelleri kullanılarak her karar birimi için gerekli mesafe fonksiyonları hesaplanmaktadır. Doğrusal programlama modelleri çözülerek her bir karar birimi için saf etkinlik değişimi (SED) ve ölçek etkinliği değişimi (ÖED), teknik etkinlik değişimi (TED), teknolojik değişim (TD) endeksleri elde edilmektedir. Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi, denklem (2)'de ifade edildiği gibi, teknolojik değişim endeksi ile teknik etkinlikteki değişim endeksinin çarpımına eşittir. Toplam faktör verimliliği endeksi





**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

ve bileşenlerinin birden büyük olması toplam faktör verimliliğinde artışa, birden küçük olması ise faktör verimliliğinde azalmaya işaret etmektedir (Fare, vd., 1994: 71, Deliktaş, 2002: 270).

#### 4. VERİ

Çalışmada girdi değişkeni olarak yeni sanayileşmiş ülkelere ilişkin sabit sermaye oluşumu, iş gücü, toplam enerji tüketimi, çıktı değişkeni olarak gayri safi yurt içi hasıla ve istenmeyen çıktı olarak CO2 emisyonu kullanılmıştır. Kullanılan değişkenlere ilişkin açıklamalar tabloda verilmiştir.

**Tablo 1: Girdi ve Çıktı Değişkenleri**

Değişken Türü	Değişkenin Tanımı	Frekans	Kaynak
ÇIKTI	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (ABD Doları Cinsinden 2015 Sabit Fiyatlarıyla).	Yıllık	(WB, WDI)*
ÇIKTI (İstenmeyen Çıktı)	Karbondioksit Emisyonu	Yıllık	(WB, WDI)*
INPUT	Brüt Sermaye Oluşumu	Yıllık	(WB, WDI)*
INPUT	Toplam İş Gücü	Yıllık	(WB, WDI)*
INPUT	Toplam Enerji Tüketimi	Yıllık	(Enerdata)**

\*(WB, WDI): Dünya Bankası, World Development Indicators, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

\*\* (Enerdata): World Energy & Climate Statistics – Yearbook, <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>

#### 5. BULGULAR

Bu çalışmada Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ve bileşenleri yeni sanayileşmiş ülkeler (Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Malezya, Meksika, Güney Afrika, Tayland ve Türkiye) için 1991-2020 dönemine ilişkin yıllık veriler kullanılarak ölçülmektedir. Girdi değişkeni olarak brüt sermaye oluşumu, toplam işgücü ve toplam enerji tüketimi kullanılırken, çıktı değişkeni olarak gayri safi yurt içi hasıla ve CO2 emisyonu kullanılmaktadır. Malmquist endeks hesaplamalarında CO2 emisyonu istenmeyen çıktı olarak ele alındığından 1/CO2 şeklinde çıktı değişkeni olarak modele dahil edilmektedir.

Bu bölümde yeni sanayileşmiş ülkelerde grup ve ülke bazlı enerji verimliliği sonuçları değerlendirilmektedir. Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi ve bileşenlerine ilişkin bulgular Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmektedir.

**Tablo 2: Yeni Sanayileşmiş Ülkeler Grubu için 1992-2020 Dönemi Yeşil Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ve Bileşenlerine İlişkin Bulgular**

YIL	TED	%değişim	TD	%değişim	SED	%değişim	ÖED	%değişim	TFVD	%değişim
1992	0.955	-4.5%	1.007	0.7%	0.973	-2.7%	0.982	-1.8%	0.962	-3.8%



Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi  
Social Sciences Research Journal

DOI: 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

1993	1.081	8.1%	0.894	-10.6%	1.047	4.7%	1.033	3.3%	0.966	-3.4%
1994	0.924	-7.6%	1.049	4.9%	0.977	-2.3%	0.946	-5.4%	0.969	-3.1%
1995	1.032	3.2%	0.881	-11.9%	0.984	-1.6%	1.050	5.0%	0.909	-9.1%
1996	1.051	5.1%	0.943	-5.7%	1.025	2.5%	1.025	2.5%	0.991	-0.9%
1997	1.042	4.2%	0.944	-5.6%	1.031	3.1%	1.010	1.0%	0.983	-1.7%
1998	1.007	0.7%	1.186	18.6%	1.054	5.4%	0.956	-4.4%	1.195	19.5%
1999	0.948	-5.2%	1.048	4.8%	0.945	-5.5%	1.003	0.3%	0.993	-0.7%
2000	1.076	7.6%	0.905	-9.5%	1.037	3.7%	1.038	3.8%	0.974	-2.6%
2001	0.941	-5.9%	1.085	8.5%	0.972	-2.8%	0.968	-3.2%	1.020	2.0%
2002	0.924	-7.6%	1.053	5.3%	0.966	-3.4%	0.956	-4.4%	0.973	-2.7%
2003	0.925	-7.5%	0.956	-4.4%	0.959	-4.1%	0.965	-3.5%	0.884	-11.6%
2004	1.018	1.8%	0.905	-9.5%	1.002	0.2%	1.017	1.7%	0.921	-7.9%
2005	1.040	4.0%	0.899	-10.1%	1.018	1.8%	1.021	2.1%	0.935	-6.5%
2006	1.049	4.9%	0.890	-11.0%	1.004	0.4%	1.045	4.5%	0.933	-6.7%
2007	1.067	6.7%	0.846	-15.4%	1.050	5.0%	1.016	1.6%	0.903	-9.7%
2008	1.043	4.3%	0.885	-11.5%	1.017	1.7%	1.025	2.5%	0.923	-7.7%
2009	0.896	-10.4%	1.172	17.2%	0.959	-4.1%	0.935	-6.5%	1.050	5.0%
2010	1.047	4.7%	0.825	-17.5%	1.021	2.1%	1.025	2.5%	0.863	-13.7%
2011	1.006	0.6%	0.927	-7.3%	1.005	0.5%	1.002	0.2%	0.933	-6.7%
2012	0.995	-0.5%	1.006	0.6%	0.996	-0.4%	0.998	-0.2%	1.001	0.1%
2013	1.011	1.1%	1.011	1.1%	1.022	2.2%	0.989	-1.1%	1.021	2.1%
2014	1.000	0.0%	1.025	2.5%	1.003	0.3%	0.997	-0.3%	1.025	2.5%
2015	0.979	-2.1%	1.112	11.2%	0.995	-0.5%	0.984	-1.6%	1.089	8.9%
2016	0.994	-0.6%	1.050	5.0%	1.005	0.5%	0.989	-1.1%	1.044	4.4%
2017	0.991	-0.9%	0.971	-2.9%	0.987	-1.3%	1.005	0.5%	0.962	-3.8%
2018	0.976	-2.4%	1.012	1.2%	1.003	0.3%	0.973	-2.7%	0.987	-1.3%
2019	1.002	0.2%	1.024	2.4%	0.999	-0.1%	1.003	0.3%	1.026	2.6%
2020	0.996	-0.4%	1.060	6.0%	1.006	0.6%	0.990	-1.0%	1.056	5.6%
ORT	0.999	-0.10%	0.981	-1.9%	1.002	0.2%	0.998	-0.2%	0.980	-2.0%

Tablo 2’de yer alan yeşil toplam faktör verimliliği bulgularına göre yeni sanayileşen ülkelerde grup olarak yeşil toplam faktör verimliliği 1992-2020 döneminde ortalama %2 azalmıştır. Yeşil toplam faktör verimliliği endeksinin teknik etkinlik değişimi (TED) ve teknolojik değişim (TD) bileşenleri de sırasıyla %0,1 ve %1,9 azalış göstermiştir. Elde edilen bulgular son 30 yıllık periyotta hızlı ekonomik büyüme kaydeden yeni sanayileşen ülkelerin üretim sürecinde çevreye duyarlı üretim süreçleri ile ilgili daha fazla önlem almaları gerektiğini göstermektedir.

Tablo 3: Ülkelere Göre Yeşil Toplam Faktör Verimliliği Endeksi Bulguları

Brezilya	Çin	Hindistan	Endonezya	Malezya	Meksika	Güney Afrika	Tayland	Türkiye
----------	-----	-----------	-----------	---------	---------	--------------	---------	---------

YILLAR	TFV Endeksi	%Değişim	TFV Endeksi	%Değişim	TFV Endeksi	%Değişim	TFV Endeksi	%Değişim	TFV Endeksi	%Değişim	TFV Endeksi	%Değişim	TFV Endeksi	%Değişim	TFV Endeksi	%Değişim	TFV Endeksi	%Değişim
1992	1.03	2.9	0.86	-13.7	0.91	-9.4	1.00	0.3	0.93	-7.4	0.97	-2.6	1.00	0.3	0.96	-3.6	1.01	0.5
1993	0.93	-7.1	0.82	-18.1	1.31	30.6	0.90	-10.4	0.85	-15.1	0.92	-8.1	1.09	8.9	0.96	-4.2	1.01	1.4
1994	0.97	-3.0	1.34	34.0	0.79	-21.4	0.91	-9.2	0.89	-11.5	1.00	-0.5	0.89	-11.3	0.94	-6.2	1.11	11.1
1995	0.99	-1.1	0.88	-12.1	0.88	-11.8	0.90	-9.9	0.85	-14.7	1.06	5.9	0.90	-10.4	0.95	-5.3	0.80	-19.7
1996	0.97	-2.7	0.97	-3.3	1.26	26.3	0.91	-9.5	0.88	-11.7	0.97	-2.8	1.14	13.6	0.90	-10.1	0.98	-2.5
1997	0.98	-2.0	1.04	3.7	0.87	-12.9	1.14	14.3	0.90	-10.5	0.95	-5.2	0.98	-2.5	1.04	3.7	0.99	-0.8
1998	0.99	-1.4	1.04	3.9	1.07	6.7	1.70	69.8	1.44	43.9	0.99	-1.2	1.08	7.5	1.86	86.2	0.94	-6.2
1999	1.16	16.1	1.04	4.1	0.87	-12.7	0.88	-11.8	1.00	-0.1	0.99	-1.0	1.08	7.9	0.94	-6.1	1.00	0.4
2000	0.96	-3.9	1.00	0.2	1.20	19.6	0.89	-10.8	0.80	-19.9	0.99	-0.8	1.06	6.0	0.95	-4.9	0.96	-3.7
2001	1.09	8.5	0.93	-6.7	0.88	-12.1	1.05	5.2	0.99	-0.7	0.99	-1.2	1.15	14.6	1.01	1.4	1.12	12.2
2002	1.10	10.4	0.98	-2.3	0.97	-3.2	0.90	-9.8	0.92	-8.0	0.98	-1.8	1.04	4.0	0.92	-7.7	0.96	-4.5
2003	0.98	-2.4	0.90	-9.9	0.90	-10.3	0.73	-27.2	0.94	-5.6	0.98	-1.8	0.74	-26.5	0.88	-12.5	0.97	-3.5
2004	0.91	-9.0	0.92	-8.2	0.86	-14.0	1.01	1.1	0.89	-11.3	0.99	-1.4	0.89	-11.0	0.83	-17.2	1.02	1.8
2005	0.90	-9.9	0.99	-1.2	0.92	-8.0	0.91	-9.5	0.92	-8.5	0.97	-2.8	1.00	-0.3	0.83	-16.8	1.00	-0.1
2006	0.90	-10.0	0.95	-5.3	0.91	-9.5	0.81	-19.1	0.91	-8.8	0.98	-2.0	0.98	-2.4	1.00	0.1	0.99	-1.3
2007	0.87	-12.6	0.87	-12.7	0.80	-20.4	0.91	-9.0	0.86	-14.5	0.98	-2.3	0.95	-5.3	0.93	-6.8	0.98	-2.1
2008	0.89	-10.6	0.82	-18.3	1.14	13.8	0.81	-19.1	0.92	-7.8	0.97	-3.3	0.98	-1.7	0.83	-16.8	0.99	-1.0
2009	1.09	8.9	0.93	-7.2	0.95	-5.2	0.90	-10.1	1.23	22.8	1.04	4.3	1.05	5.1	1.34	33.9	1.00	0.0
2010	0.91	-9.3	0.93	-7.3	0.87	-12.8	0.76	-24.2	0.74	-26.0	0.96	-4.3	0.92	-7.6	0.75	-25.2	0.98	-2.3
2011	1.00	-0.2	0.88	-11.7	0.97	-2.7	0.92	-8.4	0.92	-8.2	0.94	-5.6	0.88	-11.6	0.88	-11.7	1.01	1.0
2012	1.00	0.3	0.97	-3.4	1.08	8.2	1.01	0.6	0.92	-8.4	1.01	0.7	1.08	7.8	0.95	-5.0	1.01	1.1
2013	1.00	-0.5	0.96	-3.7	1.16	16.3	1.10	10.2	0.90	-10.3	1.01	1.3	1.06	5.9	0.98	-2.5	1.05	5.1
2014	1.00	-0.2	1.03	2.8	0.98	-2.3	1.01	1.2	0.97	-2.9	1.03	2.6	1.08	7.5	1.15	14.5	1.01	0.7
2015	1.25	24.5	1.07	7.2	1.11	11.1	1.08	8.2	1.05	5.0	1.06	6.3	1.09	8.8	1.08	8.2	1.03	2.5
2016	1.08	7.5	1.07	6.8	1.06	5.6	1.01	1.1	1.00	0.3	1.03	2.9	1.13	12.9	1.04	4.3	0.99	-1.5
2017	0.94	-6.1	1.02	2.4	0.90	-10.0	1.00	-0.4	1.01	0.5	1.01	1.2	0.90	-9.9	0.89	-10.9	1.00	0.4
2018	1.05	4.7	1.03	2.5	1.00	0.0	0.97	-3.3	0.94	-5.9	1.00	-0.1	0.98	-1.8	0.88	-12.2	1.06	5.8
2019	1.00	0.3	1.02	1.6	1.06	6.4	1.01	0.9	1.04	3.9	1.01	0.8	1.05	5.4	0.97	-2.9	1.07	7.1
2020	1.10	9.9	1.01	0.9	1.03	2.8	1.03	3.4	1.05	5.3	0.99	-1.1	1.29	29.3	1.03	2.9	1.00	-0.2
Ort%	-0.3%	0.997	-3.0%	0.970	-1.9%	0.981	-4.1%	0.959	-5.4%	0.946	-0.9%	0.991	0.9%	1.009	-2.6%	0.974	-0.1%	0.999

Yeni sanayileşen ülkelerde grup olarak yeşil toplam faktör verimliliğindeki olumsuz görünümün ülkeler özelinde farklılık gösterip göstermediğini analiz etmek için Tablo 3'te ülkelere göre yeşil toplam faktör verimliliği endeksi bulguları sunulmuştur. Bulgulara göre; 1992-2020 döneminde Güney Afrika dışındaki 8 yeni sanayileşen ülkede yeşil toplam faktör verimliliğinin azaldığı görülmektedir. Güney Afrika'da yeşil toplam faktör verimliliği diğer ülkelerin aksine 1992-2020 döneminde ortalama %0,9 artmıştır. İlgili dönemde yeşil toplam faktör verimliliğinde en yüksek azalış ortalama %5,4 oranında azalışla Malezya'da görülmektedir. Yeşil toplam faktör verimliliğindeki azalışa göre Malezya'yı %4,1



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

azalışla Endonezya, %3 azalışla Çin, %2,6 azalışla Tayland, %1,9 azalışla Hindistan, %0.9 azalışla Meksika, %0.3 azalışla Brezilya ve %0.1 azalışla Türkiye takip etmektedir.

## 6. SONUÇ

Yeşil Toplam Faktör Verimliliği, kaynak kullanımı, kirlilik ve emisyonlar gibi çevresel hususları dikkate alarak üretimde girdilerin ne ölçüde verimli kullanıldığını ifade eden bir ölçümdür. Bu çalışmada girdi değişkeni olarak brüt sermaye oluşumu, toplam işgücü ve toplam enerji tüketimi, çıktı değişkeni olarak gayri safi yurt içi hasıla ve CO2 emisyonu değerleri kullanılarak yeni sanayileşen ülkelerde yeşil toplam faktör verimliliği endeksi hesaplanmıştır. Endeks bulguları yeni sanayileşen ülkelerde yeşil toplam faktör verimliliğinin 1992-2020 döneminde ortalama olarak olumsuz bir görünüm sergilediğini göstermektedir. Bununla birlikte yeni sanayileşen ülkelerde incelenen 30 yıllık periyodun son on yılında yeşil toplam faktör verimliliğinde olumlu yönde değişim olduğu gözlenmektedir. Söz konusu olumlu değişimin altında yeşil dönüşüm süreçlerinin, son yıllarda dünya genelinde önem kazanmasının ve çoğu sektörde önceliklendirilmesinin yattığı düşünülmektedir. Tüm sektörlerde olduğu gibi enerji sektöründe de yakalanan olumlu ivmenin çeşitli politika destekleriyle içselleştirilmesi ve yaygınlaştırılması da gerekmektedir.

Yeşil toplam faktör verimliliği ölçümü bir ekonominin veya endüstrinin çevresel etkiyi en aza indirirken çıktı üretme yeteneğini yansıtmaktadır. Yeni sanayileşmiş ülkeler, sürdürülebilir kalkınma yolları ararken genellikle yeşil TFV'lerini iyileştirme konusunda da politika oluşturma çabası içindedirler. Bu kapsamda enerji verimliliğini arttırmaya yönelik önlemler, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanma ve döngüsel ekonomi uygulamaları başlıkları ön plana çıkmaktadır. Yeni sanayileşen ülkelerde de bu başlıklar kapsamında politikalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgular da dikkate alındığında incelenen 30 yıllık periyodun son döneminde yeni sanayileşen ülkelerin çevreye duyarlı üretim süreçleri konusunda belirli ölçüde ilerleme sağladıkları görülse de enerji verimliliği ve çevreye duyarlı üretim süreçleri bakımından yeni sanayileşen ülkelerde daha fazla regülasyon ve yeniliğin hayata geçirilmesi gerektiği görülmektedir.

Çalışmaya konu olan ülkeler arasından nüfus yoğunluğu bakımından ayrışan Çin ve Hindistan'da yeşil dönüşüm ve verimliliğin artırılması hedefleri doğrultusunda enerji maliyetlerinde yaşanan düşüşün daha fazla enerji talebine ve dolayısıyla enerji kullanımına neden olduğu düşünülmektedir. Söz konusu düşüncenin Tablo 2'de ölçek etkinliği değişimi, teknik etkinlik değişimi ve teknolojik değişim bulgularına bağlı olarak ortaya atıldığını ifade etmek yanlış olmayacaktır. Çalışmada ortaya konulan ilgili bulguların, Yu ve diğerlerinin 2022 çalışması ile benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Gerek nüfus yoğunluğuna gerekse endüstriyel üretim hacminin büyüklüğüne bağlı olarak enerjide yeşil dönüşüm



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

gerekliliği duyduğu anlaşılan Çin'in ulusal ve uluslararası çeşitli regölasyonlar ile kontrol altına alınması ve denetlenmesi gerektiği düşünölmektedir.

Araştırmada, toplam faktör enerji verimliliği ile pozitif ilişkili olduğu görölen tek değerin saf etkinlik değişimi olduğu Tablo 2'den anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, enerjinin üretimi ve geri dönüştürölmesi süreçlerinin toplam faktör enerji verimliliğinde güçlü bir etkiye sahip olduğu ifade edilebilmektedir. Literatür taramasında araştırmada elde edilen söz konusu bulguya paralel bir şekilde Santra, 2017 ve Yu ve diğerleri, 2019 çalışmalarında da BRICS ölkeleri özelinde enerji üretim ve dönüştürme (toplam faktör karbon verimliliği) süreçlerinde gerçekleştirilen yeşil inovasyonların toplam faktör enerji verimliliğine pozitif katkıda bulunduğunun ortaya konulduğu görölmektedir.

Son olarak çalışmada elde edilen bulgular Türkiye açısından değerlendirilemeye çalışılacak olursa; Türkiye'nin son yıllarda, enerjiye oldukça fazla ihtiyaç duyan imalat sanayi başta olmak üzere hemen her sektörde yeşil inovasyonları sıkı bir biçimde takip ettiği ve toplam faktör enerji verimliliğini arttırma hususunda gerekli regölasyonları hayata geçirme çabası içerisinde olduğu görölmektedir. Çeşitli yasal düzenlemelere ilave olarak 2000'li yılların başından itibaren üretim faktörlerine dahil edilen teknolojinin içselleştirilmesinin gerektiği, bu amaçla eğitim politikalarının yeniden düzenlenerek gelecek nesillerin kalifiye edilmesi ile teknolojik dönüşümün sağlanabileceği ve yeşil toplam faktör verimliliğinin arttırılabileceği düşünölmektedir.

#### **KAYNAKÇA**

- Asghar, M., Ali, S., Hanif, M., Ullah, S. (2024) Energy Transition in Newly Industrialized Countries: A Policy Paradigm in the Perspective of Technological Innovation and Urbanization. *Sustainable Futures*, 100163.
- Barrage, L., ve Nordhaus, W. (2024) Policies, Projections, and the Social Cost of Carbon: Results From the DICE-2023 Model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(13), e2312030121.
- Bozkaya, ř. (2023) G-7 Ölkelerinde Enerji Tüketimi ve Enerji Verimliliği İlişkisi: Jevons Paradoksu, Pamukkale Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı 55, Denizli, ss. 303-314.
- Caves, D., W., Christensen, L., R., Erwin Diewert, W. (1982) The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity, *Econometrica*, Vol, 50(6), 1393 – 1414.
- Chen, Y., Han, B., ve Liu, W. (2016) Green Technology Innovation and Energy Intensity in China. *Natural Hazards*, 84, 317-332.
- Deliktaş, E. (2002) Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayiinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi, *ODTÜ Geleişme Dergisi*, 29(3-4), 247 – 284.



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

- Du, K., ve Li, J. (2019) Towards a Green World: How Do Green Technology Innovations Affect Total-Factor Carbon Productivity. *Energy Policy*, 131, 240 – 250.
- Fare, R., ve Grosskopf, S. (1992) Malmquist Productivity Indexes and Fisher Ideal Indexes, *Economic Journal*, Royal Economic Society, 102(410), 158 – 160.
- Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z. (1994) Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries, *American Economic Review*, 84(1), 66 – 83.
- Fare, R., Grosskopf, S., Knox Lovell, C.A., Grifell-Tatje, E., (1997) Biased Technical Change and Malmquist Productivity Index, *The Scandinavian Journal of Economics*, 99(1), 119 – 127.
- Fei, J., Wang, Y., Yang, Y., Chen, S., ve Zhi, Q. (2016) Towards Eco-City: The Role of Green Innovation. *Energy Procedia*, 104, 165-170.
- Feng, C., ve Wang, M., (2017) Analysis of Energy Efficiency and Energy Savings Potential in China's Provincial Industrial Sectors. *J. Clean. Prod.* 164, 1531-1541.
- Guo, X., Lu, C.-C., Lee, J.-H., ve Chiu, Y.-H., (2017) Applying the Dynamic DEA Model to Evaluate the Energy Efficiency of OECD Countries and China. *Energy* 134, 392e399.
- Khoshroo, A., Izadikhah, M., & Emrouznejad, A. (2022). Total Factor Energy Productivity Considering Undesirable Pollutant Outputs: A New Double Frontier Based Malmquist Productivity Index. *Energy*, 124819.
- Kwakwa, P., A. (2023) Climate Change Mitigation Role of Renewable Energy Consumption: Does Institutional Quality Matter in the Case of Reducing Africa's Carbon Dioxide Emissions?. *Journal of Environmental Management*, 342, 118234.
- Lin, B., ve Liu, X. (2012) Dilemma Between Economic Development and Energy Conservation: Energy Rebound Effect in China”, *Energy*, 45(1), 867-873
- Mardani, A., Zavadskas, E., K., Streimikiene, D., Jusoh, A., ve Khoshnoudi, M. (2017) A Comprehensive Review of Data Envelopment Analysis (DEA) Approach in Energy Efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1298-1322.
- Ohene-Asare, K., ve Turkson, C. (2019) Total-Factor Energy Efficiency and Productivity of ECOWAS States: A Slacks-Based Measure with Undesirable Outputs, *Journal of African Business*, 20:1, 91-111, DOI: 10.1080/15228916.2018.1480248.
- Santra, S. (2017) The Effect of Technological Innovation on Production-Based Energy and CO2 Emission Productivity: Evidence from BRICS Countries, *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 9(5), 503- 512.
- Şahbaz Kılınç, N., ve Kılınç, E., C. (2024) Yeşil İnovasyonun Enerji Verimliliğine Etkisi Üzerine Bir Panel Veri Analizi, *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 10 (1): 1-22.



**Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi**  
**Social Sciences Research Journal**

**DOI:** 10.38120/banusad.1471711

BANÜSAD, 2024; 7(2) 23-37

- Wang, H., ve Wang, M. (2020) Effects of Technological Innovation on Energy Efficiency in China: Evidence from Dynamic Panel of 284 Cities. *Science of the Total Environment*, 709: 1-32.
- Wu, Y., Shi, F., ve Wang, Y. (2024) Driving Impact of Digital Transformation on Total Factor Productivity of Corporations: The Mediating Effect of Green Technology Innovation, *Emerging Markets Finance and Trade*, 60:5, 950-966, DOI: 10.1080/1540496X.2023.2200882
- Yao Y., Ivanovski K., Inekwe J., ve Smyth R. (2019) Human Capital and Energy Consumption: Evidence from OECD Countries, *Energy Econ*, 84: 1-45.
- Yu, Z., Liu, W., Chen, L., Eti, S., Dinçer, H., & Yüksel, S. (2019). The Effects of Electricity Production on Industrial Development and Sustainable Economic Growth: A VAR Analysis for BRICS Countries. *Sustainability*, 11(21), 5895.
- Yu, Z., Ponce, P., Irshad, A. R., Tanveer, M., Ponce, K., ve Khan, A. R. (2022) Energy Efficiency and Jevons' Paradox in OECD Countries: Policy Implications Leading Toward Sustainable Development, *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* 12: 2967-2980  
<https://doi.org/10.1007/s13202-022-01478-1>
- Zhang, X., P., Cheng, X., M., Yuan, J., H., ve Gao, X., J. (2011) Total Factor Energy Efficiency in Developing Countries. *Energy Policy*, 39 (2), 644 – 650.