



Research Article/Araştırma Makalesi

Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği

The Impact of Information and Communication Technologies on Energy Consumption: A Case Study of BRICS-T Countries

Fındık Özlem ALPER¹

Öz

Bu çalışmanın amacı, bilgi ve iletişim teknolojileri ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi BRICS-T örneğinde, ekonomik büyüme ve finansal gelişmeyi enerji tüketim modeline ekleyerek incelemektir. Çalışmada 2001-2021 dönemini kapsayan veri seti ve panel veri analiz yöntemi kullanılmıştır. Panel eşbütünleşme testi için Gengenbach vd. (2016) testi, uzun dönemli katsayıların tahmininde Ortalama Grup Dinamik En Küçük Kareler (DOLSMG) tahmincisi ve değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin tespiti için de Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular şu şekildedir: i) Bilgi ve iletişim teknolojileri, ekonomik büyüme ve finansal gelişme ile enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmaktadır. ii) Bilgi ve iletişim teknolojileri enerji tüketimi üzerinde negatif; ekonomik büyüme ve finansal gelişme ise pozitif etkiye sahiptir. iii) Panelin geneli için enerji tüketimi ile bilgi ve iletişim teknolojileri, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ile finansal gelişme arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür.

Jel Kodları: C33, O11, O13, Q43

Anahtar Kelimeler: Bilgi ve İletişim Teknolojileri, Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Panel Veri Analizi

¹ Doç. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, aalper@ohu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7829-8551



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

Abstract

The aim of this study is to examine the relationship between information and communication technologies (ICT) and energy consumption within the BRICS-T sample by incorporating economic growth and financial development into the energy consumption model. The study utilizes a dataset covering the period from 2001 to 2021 and employs panel data analysis methods. The Gengenbach et al.'s (2016) test is performed for panel cointegration testing, the Dynamic Ordinary Least Squares Mean Group (DOLSMG) estimator is used for long-term coefficient estimation, and the Dumitrescu-Hurlin (2012) panel causality test is performed to detect causal relationships among variables. The findings are as follows: i) There exists a long-term relationship between ICT, economic growth, financial development, and energy consumption. ii) ICT has a negative effect on energy consumption, whereas economic growth and financial development have positive effects. iii) For the panel as a whole, there are bi-directional causal relationships between energy consumption and ICT; energy consumption and economic growth and energy consumption and financial development.

Jel Codes: C33, O11, O13, Q43

Keywords: *Information and Communication Technologies, Energy Consumption, Economic Growth, Panel Data Analysis*



1. Giriş

Bilgi çağı, dijital çağ veya internet çağı olarak tanımlanan 21. yüzyılda teknolojinin kullanımı her alanda artmaktadır. Bilginin yayılımını sağlayacak bilgi ve iletişim teknolojisi (BİT) endüstrisi bilgisayarların, internetin ve cep telefonlarının yaygın olarak benimsenmesiyle son 20 yılda oldukça hızlı bir şekilde büyümüştür (Sadorsky, 2012: 131) ve büyümeye de devam etmektedir. BİT araçlarının kullanımı ile bilgiye ulaşmak ve bilgiyi dağıtmak daha az maliyetli hale gelerek insanların yaşam koşullarını ve çalışma hayatını önemli ölçüde etkilemiş ve dünya çapında meydana gelen ekonomik ve sosyokültürel dönüşümlerde belirleyici bir rol üstlenmiştir (Faisal vd., 2018: 11536).

Küreselleşme ile birlikte ülkelerarası sınırların ortadan kalkması ve uluslararası iletişimin artması, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri BİT için daha fazla yatırım yapmaya yönlendirmiştir. Ülkelerin ekonomik kalkınmasında rol oynayan faktörler arasında yer alan BİT'in gelişimi ve kullanımının yaygınlaşması mikro ve makro bazda ekonomiye birçok katkı sağlamaktadır. BİT'in yayılımı özellikle inovasyon sürecini hızlandırarak yeni teknolojilerin benimsenmesine ve bu yolla hem işgücü hem de toplam faktör verimliliğinin artmasına, karar alma süreçlerinin daha etkin çalışmasına, ticaret ve finans alanında uluslararası iş birliğinin artmasına ve üretim maliyetlerinin azalmasına yol açarak ekonomik büyümeyi artırmaktadır (Latif vd., 2018: 319; Vu, 2011: 357). BİT ekonomik büyümeyi doğrudan etkileyebileceği gibi dolaylı olarak da etkileyebilir. Doğrudan etkiler BİT'in kullanımından doğrudan ortaya çıkan verimlilik artışlarından kaynaklanırken; dolaylı etkiler BİT'in gelişimi ve kullanılmasından kaynaklanan dışsallıklar (kurumsal kalitenin artması, finansal gelişme, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının artması ve araştırma-geliştirme harcamalarının artması) aracılığıyla ortaya çıkmaktadır (Behera vd., 2023: 7; Fernandez-Portillo vd., 2020: 2). Solow (1957) ise Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ekonomisi üzerine yaptığı çalışmada BİT'in verimlilik ve büyüme üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını ortaya koymuştur. Çelişkili sonuçlara rağmen, BİT'in verimliliği artıracığı, büyümeyi hızlandıracağı, hesap verebilirliği ve yönetimi iyileştireceği; bunun için belirli bir zaman dilimine gereksinim olduğu yönünde iyimser bir bakış açısı söz konusudur (Dünya Bankası, 2012).

Son 20 yılda BİT kullanımında meydana gelen hızlı artış enerji talebini de önemli ölçüde artırmıştır (Afzal vd., 2019: 340). Van Heddeghem vd. (2014) BİT ile ilişkili ürünlerin kullanımına bağlı olarak enerji tüketiminin yılda %7 oranında arttığını, bunun da 2007 yılında %3,9 olan dünyanın enerji tüketimini 2012 yılında %4,7'ye yükselttiğini belirtmişlerdir. Literatürde BİT kullanımının enerji verimliliğini artırabileceği konusunda bir uzlaşma olmasına rağmen, BİT'in enerji tüketimini veya enerji tasarrufunu teşvik edebileceği konusunda farklı görüşler bulunmaktadır (Xu & Yang, 2021: 1). İlki, BİT yatırımları eski bir teknolojinin yerine yeni bir teknolojinin kullanılmasına yol açarak elektrik talebini azaltabilir ve daha düşük enerji tüketimine yola açabilir. Bu durum ikame etkisi olarak bilinir (Cho vd., 2007: 4730; Usman vd., 2021: 2). Walker (1985) ve Bernstein & Madlener (2010) yaptıkları çalışmalarda BİT araçlarının kullanımının enerji ve elektrik tasarrufu sağladığı ve sera gazı emisyonunu azaltarak çevreyi koruduğu sonucuna ulaşmışlardır. Telafi veya gelir etkisi olarak adlandırılan ikinci durumda ise BİT araçlarının ve ekipmanlarının kurulumu ve çalıştırılması yüksek enerji gerektirir ki bu da elektrik talebini artırır (Cho vd., 2007: 4730). Afzal & Gow (2016) çalışmalarında N-11 ülkelerinde BİT kullanımının elektrik tüketimini artırdığını göstermişlerdir.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

Ekonomik büyüme için finansal piyasaların gelişmişliği önem arz etmektedir. Levine'e (1997) göre finansal gelişme ekonomik büyümeyi birisi sermaye birikimi diğeri de teknolojik yenilik olmak üzere iki kanal üzerinden etkiler. BİT'in hızlı yayılımı yeniliğe ve yeni ürün ve süreçlerin geliştirilmesine katkıda bulunduğu için, finansal gelişme teknolojik yenilik kanalı aracılığıyla ekonomik büyümeyi teşvik eder. Schumpeter (1934) bankaların yenilikçi ürünleri ve üretim süreçlerini başarılı bir şekilde uygulama şansı yüksek olan girişimcileri belirleyerek ve onları finanse ederek teknolojik yeniliği teşvik ettiğini ileri sürer. BİT'in hızlı gelişimi ve kullanımına bağlı olarak bankacılık ve finansal sektörlerde büyük dönüşümler yaşanmıştır. Özellikle 1980'li yılların sonlarından itibaren finansal sektörün gelişimi ve etkinliği dijital bilginin işletilmesine ve aktarılmasına dayanmaktadır. BİT kredi ve mevduat olanaklarına daha kolay ulaşılmasını ve kaynakların en verimli yatırımlar arasında dağılımını sağlayarak, finansal transferleri kolaylaştırarak ve finansal katılımı artırarak ekonomik büyümeye katkı sağlamaktadır (Cheng vd., 2021: 663; Gheraia vd., 2022: 816-817). Finansal gelişme ülkelerin finansal sistemlerinin etkinliğini artırarak ekonomik aktiviteyi etkilerken aynı zamanda enerji talebini de etkilemektedir. Sadorsky (2011) Merkezi ve Doğu Avrupa ülkeleri üzerine yaptığı çalışmada, finansal gelişmenin enerji talebini artırdığı; Tamazian vd. (2009) ise finansal gelişmenin enerji talebini azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bilgi ekonomisinin geçerli olduğu günümüzde özellikle COVID-19 sonrası BİT araçlarının kullanımı tüm dünyada artmıştır. Akıllı telefonların ve kişisel bilgisayarların kullanımının yaygınlaşmasına, internet altyapısının gelişmesine bağlı olarak gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkelerde internet kullanım oranlarında artışlar yaşanmaktadır. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği tarafından yayımlanan "Dijital Gelişmenin Ölçümü Gerçekler ve Rakamlar 2022" raporuna göre, dünya nüfusunun üçte ikisi (yaklaşık %66'sı) internet kullanmaktadır. BİT'nin başta bankacılık sektörü olmak üzere eğitim, sağlık, ticaret, üretim kısacası günlük yaşamın her alanına derinden nüfuz etmesi ve daha fazla kişi tarafından kullanılması enerji tüketimini artırmaktadır. Artan enerji kullanımı ise sera gazı emisyonlarını artırarak çevreye zarar vermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) (2023) tarafından yayımlanan 2022 Karbondioksit (CO₂) Emisyonları raporunda küresel enerji kaynaklı karbon emisyonlarının arttığı ve bu artışa en büyük katkısı olan sektörün de elektrik ve ısı üretimi sektörü olduğu vurgulanmıştır. BİT'nin enerji tüketiminde önemli bir rol oynadığı dikkate alındığında, ekonomi-çevre dengesinin sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için BİT kullanımındaki artışın enerji tüketimini nasıl etkilediği sorusunun araştırılması da önem taşımaktadır.

Literatür genel olarak incelendiğinde BİT'in, ekonomik büyümenin ve finansal gelişmenin enerji tüketimi üzerindeki etkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye (BRICS-T) için internet kullanımının, finansal gelişmenin ve ekonomik büyümenin enerji tüketimini nasıl etkilediği panel veri analiz yöntemi ile araştırılacaktır. Çalışma, bilindiği kadarıyla BRICS-T ülkeleri için internet kullanımının, finansal gelişmenin ve ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerindeki etkisinin inceleyen ilk çalışmalardan birisidir ve literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca Friedlingstein vd. (2020) ve IEA (2019) BRICS-T ülkeleri gibi büyük gelişmekte olan ekonomilerin dünya çapında CO₂ emisyonlarının önemli bir bölümünü ürettiğini göstermektedir. Bu ülkelerin hızlı ekonomik büyüme, sanayileşme ve kalkınma çabaları



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

nedeniyle enerjiye yönelik taleplerindeki artış CO₂ emisyonlarını artırarak çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmektedir. Bu açıdan söz konusu ülkelerin sürdürülebilir çevreye yönelik mücadele stratejileri küresel iklim değişikliği ile mücadelede oldukça önem arz etmektedir.

Çalışma planı şu şekildedir. Girişi takip eden, konu ile ilgili yapılan önceki çalışmaların incelendiği literatür taraması çalışmanın ikinci bölümünü; ampirik metodoloji, model ve veri seti ile ilgili bilgilerin yer aldığı kısım ise çalışmanın üçüncü bölümünü oluşturmaktadır. Ampirik sonuçlarının incelendiği dördüncü bölümün ardından, sonuç ve politika önerileri ile çalışma tamamlanacaktır.

2. Seçilmiş Literatür

2.1. Enerji Tüketimi-BİT İlişkisi

BİT endüstrisinde yaşanan gelişmeler enerji piyasalarını da etkilemiştir. BİT-enerji kullanımı arasındaki ampirik literatür Walker'ın (1985, 1986) BİT kullanımının enerji sektöründeki önemini vurguladığı, fayda ve maliyetlerini ortaya koyduğu çalışmalarına kadar fazla önemsenmemiştir (Shahbaz vd., 2016: 798). Özellikle 1990 yılı sonrasında BİT-enerji/çevre ilişkisini ampirik olarak inceleyen birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam etmektedir. BİT-enerji/çevre ilişkisine dair güncel literatürün iki gruba ayrıldığı görülmektedir. BİT'in enerji talebi özellikle de elektrik talebi üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar ilk grubu oluştururken; ikinci grupta BİT'in çevresel kalite üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar yer almaktadır.²

BİT-enerji literatürü incelendiğinde, BİT kullanımının ikame etkisine bağlı olarak enerji talebini azalttığını dolayısıyla da daha düşük enerji tüketimine yol açtığını gösteren çalışmalar yanında; telafi veya gelir etkisine bağlı olarak enerji tüketimini artırdığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Sonuç olarak BİT'in enerji tüketimi üzerindeki etkisine dair evrensel bir sonuca ulaşılamadığı görülmektedir.

BİT kullanımının enerji tüketimini azalttığını gösteren çalışmalardan Ishida (2015) Japonya'da BİT'in enerji tüketimini nasıl etkilediğini gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) yöntemini kullanarak incelemiştir. 1980-2010 dönemi verilerini kullandığı çalışmasında yazar, BİT'in enerji tüketimini azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Han vd. (2016) Çin için BİT'in enerji tüketimi üzerindeki etkisini 1985-2014 dönemi verilerini ve kısmi en küçük kareler (PLS) ve ARDL yöntemlerini kullanarak incelemişlerdir. PLS yönteminin sonuçlarına göre BİT'in enerji tüketimi üzerindeki etkisi U şeklindedir. Dolayısıyla BİT kullanımı başlangıçta enerji tüketimini azaltmakta, sonrasında ise artırmaktadır. ARDL testinin sonuçlarına göre ise kısa dönemde BİT enerji tüketimini negatif olarak etkilemektedir. 1992-2014 döneminde 15 Avrupa Birliği (AB) ülkesi için BİT'in (internet kullanımının) elektrik tüketimi üzerindeki etkisini panel veri analiz yöntemi ile inceleyen Kırca & Akkuş (2020), söz konusu ülkelerde internet kullanımının sınırlı da olsa elektrik tüketimini azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Usman vd. (2021) Hindistan, Pakistan, Bangladeş ve Sri Lanka için BİT'in elektrik tüketimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir.

² Çalışma özü itibarıyla BİT kullanımının enerji tüketimi üzerindeki etkisine odaklandığı için, ikinci grupta yer alan çalışmalarla ilgili detaylı bilgi verilmeyecektir. Konuyla ilgilenenler Özcan & Apergis, 2018; Park vd., 2018; Haseeb vd., 2019; Shabani & Shahnazi, 2019; Usman vd., 2021; Batool vd., 2022; Khan vd., 2022 çalışmalarına bakabilirler.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

1990-2018 dönemi verilerinin ve ARDL sınır testi yönteminin kullanıldığı çalışmada BİT'in sadece Hindistan'da enerji tüketimini azaltarak enerji verimliliğini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

BİT kullanımı ile enerji tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu gösteren çalışmalardan Sadorsky (2012) gelişmekte olan 19 ülkenin 1993-2008 dönemi verilerini kullanarak BİT'in elektrik tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Genelleştirilmiş momentler yönteminin (GMM) kullanıldığı çalışmanın sonuçlarına göre, BİT elektrik tüketimini pozitif olarak etkilemektedir. Salahuddin & Alam (2015) 1985-2012 döneminde Avustralya için BİT'in (internet kullanımının) elektrik tüketimi üzerindeki etkisini ARDL ve Granger nedensellik testlerini kullanarak incelemişlerdir. Analiz sonuçları internet kullanımının elektrik tüketimini artırdığını ve internet kullanımından elektrik tüketimine doğru tek yönlü nedensel bir ilişkinin olduğunu göstermiştir. Salahuddin & Alam (2016) OECD ülkeleri için BİT'in elektrik tüketimi üzerindeki etkisini, 1985-2012 dönemi verilerini dikkate alarak incelemişlerdir. Panel ve analiz yöntemlerini ve Dumitrescu-Hurlin (2012) nedensellik testini kullandıkları çalışmalarında yazarlar, BİT'in hem kısa hem de uzun dönemde elektrik tüketimini artırdığı ve BİT'ten elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermişlerdir. 1975-2011 dönemi verileri ve Bayer-Hanck (2013) eşbütünleşme testini kullanan Shahbaz vd. (2016), Birleşik Arap Emirlikleri'nde BİT'in elektrik tüketimini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca BİT ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı ve ters U şeklinde olduğu da çalışmada ulaşılan bulgulardandır. Rahimi & Rad (2017) gelişmekte olan 8 ülke için BİT'in (internet kullanımının) elektrik tüketimini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. 1990-2013 dönemi verilerinin ve panel veri analiz yönteminin kullanıldığı çalışmanın sonuçları, uzun dönemde BİT'in elektrik tüketimi üzerinde pozitif etkisi olduğunu göstermiştir. Saidi vd. (2017) yüksek, orta ve düşük gelirli 67 ülke için 1990-2012 dönemi verilerini dikkate alarak BİT'in elektrik tüketimini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. GMM yöntemini kullandıkları çalışmalarında yazarlar, BİT'in elektrik tüketimini pozitif olarak etkilediği sonucun ulaşmışlardır. Faisal vd. (2018) Türkiye için BİT'in (internet kullanımının) elektrik tüketimi üzerinde doğrusal ve doğrusal olmayan etkilerini 1993-2014 dönemine ait çeyrek verileri dikkate alarak incelemişlerdir. Yazarlar çalışmalarında ARDL sınır testi ve Bayer-Hanck (2013) eşbütünleşme testi kullanmışlardır. Analiz sonuçlarına göre, internet kullanımı elektrik tüketimini başlangıçta pozitif, sonrasında ise negatif olarak etkilemektedir. Dolayısıyla değişkenler arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Afzal vd. (2019) BRICS ülkelerinin 1990-2014 dönemi verilerini dikkate alarak ve GMM yöntemini kullanarak, BİT'in elektrik tüketimi üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu göstermişlerdir. Kouton (2019) 2000-2014 döneminde 28 Afrika ülkesi için BİT'in (internet ve cep telefonu kullanımının) enerji talebi üzerindeki etkisini incelemiştir. GMM ve Dumitrescu-Hurlin (2012) nedensellik testini kullandığı çalışmasında yazar, BİT'in enerji talebini artırdığı, internet kullanımından enerji talebine doğru ve enerji talebinden cep telefonu kullanımına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuştur. Solarin vd. (2021) Malezya için BİT'in elektrik tüketimi üzerindeki etkisini Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme ve Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testleri ile incelemişlerdir. 1990-2015 döneminin dikkate alındığı çalışmada sonuçlar, BİT'in elektrik tüketimini pozitif olarak etkilediği ve BİT ile elektrik tüketimi arasında iki yönlü nedenselliğin olduğunu göstermiştir. Adha vd. (2023) Tayvan'da bulunan 20 şehir için 2004-2018 dönemi verilerini kullanarak BİT'in (internet ve renkli televizyon kullanımının) elektrik tüketimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Havuzlanmış



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

ortalama grup (PMG) tahmincilerini ve Dumitrescu-Hurlin (2012) nedensellik testini kullandıkları çalışmalarında yazarlar, uzun dönemde BİT'in elektrik tüketimini artırdığı ve BİT ile elektrik tüketimi arasında iki yönlü nedensel bir ilişki bulmuşlardır.

2.2. Enerji Tüketimi-Ekonomik Büyüme İlişkisi

1970'li yıllarda yaşanan petrol krizleri sonrasında Kraft & Kraft (1978) çalışması ile gelişmeye başlayan enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisine dair ampirik literatür birbirinden farklı sonuçlar sunmaktadır. Literatürde yer alan çalışmaların bir kısmı sadece enerji tüketimi-ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanırken; bazı çalışmalar söz konusu ilişkinin varlığının yanı sıra ilişkinin yönünü de ortaya koymaya çalışmaktadırlar. İlgili değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisinin yönüne dair birbirinden farklı dört yaklaşım söz konusudur (Öztürk, 2010: 340-341). Büyüme hipotezi, enerji tüketiminin ekonomik büyümeye neden olduğunu ileri sürmektedir. Geri besleme hipotezi, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensel ilişki olduğunu belirtirken; koruma hipotezi ekonomik büyümenin enerji tüketiminin nedeni olduğunu göstermektedir. Yansızlık hipotezinde ise enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı vurgulanmaktadır.

Apergis & Payne (2011), 1980-2006 dönemi verilerini ve panel nedensellik testini kullanarak yaptıkları çalışmalarında Kosta Rika, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nikaragua ve Panama için kısa ve uzun dönemde ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında iki yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Salahuddin & Alam (2015), 1985-2012 dönemi verilerini ve ARDL sınır testi yaklaşımını kullanarak, Avustralya'da ekonomik büyümenin elektrik tüketimini pozitif olarak etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Slahuddin & Alam (2016), Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkeleri için 1985-2012 dönemi verilerini ve panel veri analizini kullandıkları çalışmalarında, ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğu ve elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru nedensel bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Faisal vd. (2018) 1993-2014 döneminde Hatemi-J (2012b) asimetrik nedensellik testini kullandıkları çalışmalarında, Türkiye'de elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensel bir ilişkinin olmadığını, dolayısıyla yansızlık hipotezinin geçerli olduğunu göstermişlerdir. Shahbaz vd. (2018) 1960-2015 döneminde en çok enerji tüketen 10 ülke için, Quantile-on-Quantile yaklaşımını kullanarak söz konusu ülkelerde ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında pozitif ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Afzal vd. (2019) BRICS ülkeleri için 1990-2014 dönemi verilerini ve dinamik panel veri analiz yöntemini kullanarak, ekonomik büyümenin elektrik tüketimi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu göstermişlerdir. Magazzino vd. (2021) 16 AB ülkesi için 1990-2017 döneminde havuzlanmış ortalama grup (PMG) regresyon analizini ve Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testini kullandıkları çalışmalarında, ekonomik büyümenin elektrik tüketimini pozitif olarak etkilediği ve büyüme hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymuşlardır. Solarin vd. (2021) 1990-2015 dönemi için Toda-Yamamoto Granger nedensellik testini kullandıkları çalışmalarında, Malezya'da söz konusu dönemde ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermişlerdir. Dahmani vd. (2023) Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkelerinin 1980-2018 dönemi verilerini ve Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik analizini kullandıklarını çalışmalarında, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında iki yönlü nedensel bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

2.3. Enerji Tüketimi-Finansal Gelişme İlişkisi

Enerji tüketimi ile finansal gelişme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların iki farklı görüş etrafında şekillendiği görülmektedir. İlk görüş finansal gelişmenin enerji talebini ve enerji tüketimini artıracığı yönündedir. Finansal gelişme enerji talebini ve enerji tüketimini üç farklı kanal üzerinden etkilemektedir. Bunlardan ilki, doğrudan etki kanalıdır. Bu kanal finansal kaynaklara ulaşımın daha kolay ve daha ucuz olması nedeniyle tüketicilerin daha çok enerji tüketen dayanıklı malları satın almasını ve daha çok enerji tüketmesini ifade eder. İşletme etkisi kanalına göre, finansal gelişmelere bağlı olarak işletmelerin finansal sermayeye daha kolay ve daha düşük maliyetle ulaşabilmesi işletmelerin mevcut faaliyetlerini artırmakta ve daha çok enerji tüketmelerine yol açmaktadır. Servet etkisi kanalı ise, borsadaki işlem hacminin artması başta olmak üzere finansal gelişmelerin ekonomik birimlerin piyasaya olan güvenlerini artıracığını, güven artışının ekonomik aktiviteyi destekleyeceğini ve sonuçta enerji talebini artıracığını göstermektedir (Sadorsky, 2011: 1000). İkinci görüş ise finansal gelişmenin enerji talebini ve tüketimini azalttığı yönündedir. Bu görüş kapsamında finansal gelişme yenilikçi ve enerji tasarrufu sağlayan çevre dostu teknolojilere olan yatırımları teşvik ederek enerji tüketimini azaltmaktadır (Tamazian vd., 2009: 248). Bu görüşlere bağlı olarak enerji tüketimi ile finansal gelişme üzerine yapılan çalışmalardan net bir sonuca ulaşılamadığı görülmektedir.

İlk görüşü destekleyen çalışmalardan Sadorsky (2010) gelişmekte olan 22 ülkenin 1990-2006 dönemi verilerini ve GMM yöntemini kullanarak, söz konusu ülkelerde finansal gelişmenin enerji tüketimini artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Sadorsky (2011) 1996-2006 dönemi için GMM yöntemini kullanarak 9 Merkezi ve Doğu Avrupa ülkesi üzerine yaptığı çalışmada, finansal gelişmenin enerji talebini artırdığını göstermiştir. Rashid & Yousef (2015), Pakistan ve Hindistan'ın 1980-2011 dönemi verilerini ve GMM yöntemini kullandıkları çalışmada, finansal gelişmenin elektrik tüketimini pozitif olarak etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Ahmed (2017), BRICS ülkeleri için 1991-2013 dönemi verilerini ve panel veri analiz yöntemini kullanarak yaptığı çalışmasının sonucunda finansal gelişmenin enerji tüketimini artırdığını ve enerji tüketimi ile finansal gelişme arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermiştir. Danish vd. (2018) 1990-2014 dönemi için panel veri analiz yöntemini kullanarak, N-11 ülkelerinde finansal gelişmenin enerji tüketimini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Liu vd. (2018) Çin'in 1980-2014 dönemi verilerini ve ARDL yöntemini kullandıkları çalışmada, finansal gelişmenin kısa ve uzun dönemde enerji talebini pozitif olarak etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Sare (2019) Afrika'da bulunan 45 ülkenin 1973-2017 dönemi verilerini ve panel veri analiz yöntemini kullanarak yaptığı çalışmada, finansal gelişmenin enerji tüketimini pozitif olarak etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Mukhtarov vd. (2022) çeşitli zaman serisi analiz yöntemleri kullanarak, 1995-2019 döneminde Rusya'da finansal gelişmenin enerji tüketimini pozitif olarak etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Nguyen vd. (2022) 112 ülkenin 2002-2014 dönemi verilerini ve dinamik sistem GMM yöntemini kullandıkları çalışmada, söz konusu ülkelerde finansal gelişmenin enerji tüketimi artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Finansal gelişmenin enerji talebini ve tüketimini azalttığını destekleyen çalışmalardan Shahbaz vd. (2016), Hindistan için 1971-2012 döneminde finansal gelişmenin enerji tüketimini nasıl etkilediğini incelemiştir. Bayer-Hanck (2013) eş bütünleşme testi ile ARDL sınır testini kullandıkları çalışmada yazarlar, incelen dönemde finansal gelişmenin enerji tüketimini



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Farhani & Solarin (2017) zaman serisi analiz yöntemini kullanarak, 1973-2014 döneminde Amerika Birleşik Devletleri'nde finansal gelişmenin enerji talebini azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Destek (2018) finansal gelişme için farklı göstergeler kullanarak gelişmekte olan 17 ülkede finansal gelişmenin enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir. 1991-2015 dönemi verilerinin ve panel veri analiz yönteminin kullanıldığı çalışmanın sonuçlarına göre, söz konusu ülkelerde finansal gelişmeyi temsil eden bankacılık piyasasında ve tahvil piyasasında yaşanan gelişmeler enerji tüketimini azaltmaktadır. Quyang & Li (2018) Çin'de bulunan 30 şehir için finansal gelişmenin enerji tüketimi üzerindeki etkisini panel GMM yöntemini kullanarak incelemiştir. 1996-2015 dönemine ait verileri kullandıkları çalışmalarında yazarlar, finansal gelişmenin enerji tüketimini azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Gomez & Rodriquez (2019) panel veri analiz yöntemini kullanarak 1971-2015 dönemi için Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (NAFTA) ülkelerinde finansal gelişmenin enerji tüketimini negatif etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Lu vd. (2021) Kuşak Yol Projesi'nde yer alan seçilmiş 59 ülkenin 1990-2016 dönemi verilerini ve panel veri analiz yöntemini kullandıkları çalışmalarında, finansal gelişmenin enerji tüketimini azalttığını ve finansal gelişme ile enerji tüketimi arasında iki yönlü nedensel bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Ahmed vd. (2022) 136 ülkede finansal gelişmenin enerji tüketimine etkisini 1990-2019 dönemi verilerini ve sistem GMM yöntemini kullanarak incelemişler ve finansal gelişmenin enerji tüketimini negatif etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Enerji tüketimi-f finansal gelişme üzerine yapılan çalışmaların bazılarında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu ortaya çıkarken; bazılarında ise söz konusu değişkenler arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı gözlenmektedir. Bu çalışmalardan Faisal vd. (2018), zaman serisi analiz yöntemini kullanarak, Türkiye'de 1993-2014 dönemi için finansal gelişme ile elektrik tüketimi arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkinin ters U şeklinde olduğunu göstermişlerdir. Gaies vd. (2019) MENA ülkeleri için 1996-2014 dönemi verileri ve panel veri analiz yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmalarında finansal gelişme ile enerji tüketimi arasında doğrusal olmayan ve ters U şeklinde bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Çoban & Topçu (2013) 1990-2011 dönemi verilerini ve sistem GMM yöntemini kullandıkları çalışmalarında 27 AB ülkesinde enerji tüketimi ile finansal gelişme arasında önemli bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

3. Ampirik Metodoloji, Model ve Veri Seti

BRICS-T ülkelerinde BİT, finansal gelişme, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki uzun dönemli ilişkinin ve nedenselliğin araştırıldığı bu çalışmada analiz yöntemi olarak panel veri metodolojisi kullanılmıştır. Çalışmada beş aşamalı bir analiz yapılacaktır. İlk aşamada birimler arasında yatay kesit bağımlılığı (cross-sectional dependence) (CSD) testleri uygulanacaktır. İkinci ve üçüncü aşamalarda elde edilen CSD test sonuçlarına göre seçilecek olan (birinci nesil veya ikinci nesil) birim kök ve eşbütünleşme testleri uygulanacaktır. Dördüncü aşamada katsayı tahminleri yapılacak, beşinci ve son aşamada ise değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi incelenecektir.

3.1. Yatay Kesit Bağımlılığı

Panel veri modellerinde temel varsayımlardan bir tanesi analize dahil edilen birimlerin hata terimlerinin birbirleriyle ilişkisiz olduğu yönündedir. Fakat genellikle yatay kesit birimlerin hata



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

terimleri arasında etkileşim olabilmektedir. Bu durum da korelasyon matrisinin birim matris olmasını engellemektedir. Bu sebeple de birimler arası korelasyon test edilmelidir. Bu çalışmada birimler arası korelasyon Friedman ve Frees CSD testleri ile incelenmiştir.

3.1.1. Friedman Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Panel veri modellerinde yatay kesit bağımlılığının araştırılmasında hem sabit hem de tesadüfi etki modellerinde kullanılabilir parametrik olmayan bir testtir. Friedman (1937) birimler arası korelasyonu test etmek amacıyla Spearman sıra korelasyon katsayısını kullanarak hesaplanan bir test önermiştir. Test istatistiği Denklem 1'deki şekilde hesaplanmaktadır.

$$FR = [(T - 1)((N - 1)R_{AVE} + 1)] \quad (1)$$

Denklem 1'deki şekilde hesaplanan FR istatistiği (T-1) serbestlik derecesi ile asimptotik χ^2 dağılımı göstermektedir. R_{AVE} katsayısı ise Spearman korelasyon katsayısıdır.

3.1.2. Frees Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Frees (1995, 2004) çalışmasında, Friedman test istatistiğinin hesaplanmasında kullanılan sıra korelasyon değerlerinin kare büyüklüklerine dayanan bir test önermiştir. Frees test istatistiği Denklem 2'deki şekilde hesaplanmaktadır.

$$FRE = N(R_{AVE}^2 - (T - 1)^{-1}) \quad (2)$$

3.2. Pesaran CADF Birim Kök Testi

İkinci nesil panel birim kök testleri, kesit birimleri arasındaki korelasyon durumunda ortaya çıkabilecek sonlu örnek özelliklerindeki sapmayı gidermek amacıyla geliştirilmiş testlerdir. Bu testler, kesit birimleri arasındaki korelasyonu faktör modeli veya genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi yardımıyla kurulan modellerden yararlanarak gidermeye çalışır.

Pesaran (2007) çalışmasında yatay kesit bağımlılığı sorununu çözmek amacıyla Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) regresyonunun birinci farkını yatay kesit ortalamaları ile genişleterek kullanmıştır. Yatay kesitsel ADF (CADF) testi olarak isimlendirilen bu test, birimler arası korelasyonu ortadan kaldırmaktadır. CADF regresyonu Denklem 3'te gösterilmiştir.

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \delta_i^* Y_{i,t-1} + c_i \bar{Y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{Y}_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

burada \bar{Y}_t , tüm N gözlemlerinin zamana göre ortalamasıdır. Gecikmeli yatay kesit ortalamaları ve birinci farklarının varlığı, bir faktör yapısı yoluyla birimler arası korelasyonu analize dahil etmektedir.

CADF regresyonu tahmin edildikten sonra yatay kesitsel genişletilmiş IPS (CIPS) test istatistiği tahmin edilmektedir.

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_1 \quad (4)$$

3.3. Panel Eşbütünleşme Testi

Çalışmada ilgili değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin incelenmesi amacıyla ikinci nesil panel eşbütünleşme testlerinden olan Gengenbach vd. (2016) [GUW] testi kullanılmıştır. GUW eşbütünleşme testi ortak faktör yapısı kullanarak hata düzeltme modeli uygulayan bir



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

yöntemdir. Bu testte Denklem 5'te gösterilen vektör formunda hata düzeltme modelinden hareket edilmektedir.

$$\Delta y_i = d\delta_{y,x_i} + \alpha_{y_i}y_{i,-1} + \omega_{i,-1}\gamma_i + v_i\pi_i + \varepsilon_{y,x_i} = \alpha_{y_i}y_{i,-1} + g_i^d\lambda_i + \varepsilon_{y,x_i} \quad (5)$$

GUW panel eşbütünleşme testi hata düzeltme modeli temelli ve birimler arası korelasyonu dikkate alan bir testtir. Ayrıca birimler arasında eşit olmayan gecikme uzunluklarına da izin vererek esneklik sağlamaktadır.

3.4. Uzun Dönem Katsayı Tahmini

Analiz için kurulan modelin kalıntılarında birimler arası korelasyon varsa, birinci nesil tahminciler (Havuzlanmış OLS, Panel DOLS, Panel FMOLS) sapmalı sonuçlar verecektir. Bu nedenle ikinci nesil tahmincilerin kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada daha güvenilir sonuçlar elde etmek için Pedroni (2001) tarafından geliştirilen, ikinci nesil heterojen tahmincilerden ortalama grup dinamik en küçük kareler (DOLSMG) tahmincisi kullanılmıştır.

$$y_{i,t} = \alpha_i + \beta_i x_{i,t} + \sum_{j=-p}^p \gamma_{i,j} \Delta x_{i,t-j} + \mu_{it}^* \quad (6)$$

Denklem 6'da $i = 1, 2, \dots, N$ paneldeki birim sayısını; $p = 1, 2, \dots, P$ gecikme sayısını; β_i , eğim katsayısını, $x_{i,t}$ ise açıklayıcı değişkenleri ifade etmektedir. Model 6 tahmin edildikten sonra, β katsayıları ve t istatistikleri tüm panel için Pedroni grup ortalama yöntemi ile ortalaması alınmaktadır.

$$\widehat{\beta_{GM}^*} = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\sum_{t=1}^T z_{i,t} z_{i,t}') \right]^{-1} \{ \sum_{t=1}^T z_{i,t} (y_{i,t} - \bar{y}_i) \} \quad \dots (7)$$

$$t_{\widehat{\beta}_i^*} = (\widehat{\beta}_i^* - \beta_0) \{ \widehat{\sigma}_i^{-2} \sum_{t=1}^T (x_{i,t} - \bar{x}_i)^2 \}^{1/2} \quad (8)$$

$$t_{\widehat{\beta_{GM}^*}} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N t_{\widehat{\beta}_i^*} \quad (9)$$

$z_{i,t}$, $2(p+1) * 1$ regresyon vektörünü; σ_i^2 , kalıntıların (μ_{it}^*) uzun dönem varyansını ifade etmektedir.

3.5. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi

Dumitrescu-Hurlin (2012) tarafından geliştirilen bu test, Granger nedensellik testinin heterojen paneller için güncellenmiş halidir. Vektör otoregresif (VAR) sürece dayanan bu nedensellik testinde Denklem 10'daki VAR modelinin birinci eşitliğinden hareket edilmektedir.

$$Y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^k Y_{it-k} + \sum_{k=1}^K \delta_i^k X_{it-k} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Burada k , gecikme uzunluğunu, γ_i^k ve δ_i^k parametreleri ise sırasıyla otoregresif ve eğim parametrelerini göstermektedir. DH panel nedensellik testinde temel hipotez nedenselliğin olmadığını ifade etmektedir.

3.6. Model ve Veri Seti

Bu çalışmada Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye'den oluşan BRICS-T ülkelerinde BİT'in, finansal gelişmenin ve ekonomik büyümenin toplam enerji tüketimi üzerindeki etkileri 2001-2021 dönemi yıllık verileri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla çalışmada kullanılacak model, Faisal vd. (2018) ve Solarin vd. (2021) çalışmalarına



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

uygun olarak belirlenmiş ve modelin oluşturulmasında Denklem 11’de belirtilen enerji talep fonksiyonundan yararlanılmıştır.

$$ENG = f(GDP, INT, FD) \quad (11)$$

Denklem 11’deki değişkenler doğal logaritmaları alınarak analize dahil edilmiştir.

$$\ln ENG_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln INT_{it} + \beta_3 \ln FD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Burada ENG, toplam enerji tüketimini; GDP, ekonomik büyümeyi temsilen 2015 ABD doları cinsinden kişi başına düşen geliri; INT, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeyi göstermesi amacıyla nüfusun içerisinde internet kullananların oranını ve FD ise finansal gelişmişlik ölçütü olarak özel sektöre açılmış kredi yüzdesini ifade etmektedir. Kullanılan değişkenlerin açıklamaları ve tanımlayıcı istatistikleri Tablo 1 ve Tablo 2’de aktarılmıştır.

Tablo 1: Değişkenlerin Açıklayıcı Bilgileri

Değişken	Kısaltma	Beklenen İşaret	Tanım	Kaynak
Toplam Enerji Tüketimi	ENG		Ticareti yapılan tüm yakıtlar (kömür, petrol, doğalgaz vb.) ile yenilenebilir enerjiden elde edilen elektrik enerjisinin toplamı (Exajoule)	BP Statistical Review of World Energy
Ekonomik Büyüme	GDP	+/-	2015 ABD Doları cinsinden kişi başına düşen gelir	Dünya Bankası, WDI
İnternet Kullanımı	INT	+/-	Nüfusun yüzdesi cinsinden internet kullanım oranı	Dünya Bankası, WDI
Finansal Gelişme	FD	+/-	GSYH yüzdesi cinsinden özel sektöre açılan kredilerin oranı	Dünya Bankası, WDI

Tablo 2: Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	Gözlem Sayısı	Ortalama	St. Sapma	Min.	Max.
ENG	126	2.771	1.092	1.039	5.062
GDP	126	8.605	0.729	6.656	9.506
INT	126	3.161	1.096	0.415	4.479
FD	126	3.998	0.541	2.639	5.208

4. Ampirik Sonuçlar

Panel veri analizinde en önemli öncel test CSD’dir. Bu nedenle CSD test sonuçları Tablo 3’te aktarılmıştır.

Tablo 3: Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları

$ENG = f(GDP, INT, FD)$		
	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Friedman’s Test	15.134	0.009
Frees Test	1.685	0.161*

Not: *, %5 seviyesinde Frees kritik değerini ifade etmektedir.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

Tablo 3'te yer alan yatay kesit bağımlılığı test sonuçlarına birimler arası korelasyon tespit edilmiştir. CSD test sonuçları doğrultusunda analizde ikinci nesil birim kök ve eşbütünleşme testleri kullanılacaktır.

Tablo 4: CADF Birim Kök Testi Sonuçları

Seviyede	Sabit		Sabit ve trend	
	Z[t-bar]	Olasılık değeri	Z[t-bar]	Olasılık değeri
Değişkenler				
ENG	0.631	0.736	1.404	0.920
GDP	0.542	0.706	0.750	0.773
INT	1.372	0.915	0.736	0.769
FD	-0.319	0.375	1.499	0.933
1. fark	Sabit		Sabit ve trend	
Değişkenler	Z[t-bar]	Olasılık değeri	Z[t-bar]	Olasılık değeri
ENG	-1.288	0.099**	-1.382	0.083**
GDP	-3.079	0.000*	-2.548	0.004*
INT	-2.085	0.019*	-2.707	0.003*
FD	-2.540	0.006*	-3.416	0.000*

Not: Maksimum gecikme seviyesi Schwarz-Bayesian Bilgi Kriteri (SIC) kullanılarak $k = 2$ olarak belirlenmiştir. *, ** sırasıyla %5 ve %10 seviyesinde durağanlığı ifade etmektedir.

Tablo 4'de aktarılan durağanlık analizi sonuçlarına göre değişkenlerin birinci farklarında durağan oldukları $I(1)$ tespit edilmiştir. Değişkenlerin birinci dereceden bütünleşik oldukları tespit edildikten sonra GUW (2016) panel eşbütünleşme testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 5'te aktarılmıştır.

Tablo 5: Eşbütünleşme Testi Sonuçları

	Katsayı	T-bar	Olasılık değeri	Sonuç
ENG=f(GDP, INT,FD)	-0.925	-4.011	≤ 0.01	Eşbütünleşik

Analize dahil edilen modelde değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle BRICS-T ülkelerinde enerji tüketimi ile BİT, ekonomik büyüme ve finansal gelişme uzun dönemde birlikte hareket etmektedirler. Uzun dönemli ilişkinin tespiti ile birlikte uzun dönem katsayıları tahmin etmek için, hem panel bazında ve birimler bazında katsayı tahmini yapan hem de birimler arası korelasyonu dikkate alan bir yöntem olan DOLSMG tahmincisi kullanılmıştır.

Tablo 6'da belirtilen uzun dönem katsayı sonuçları panel bazında değerlendirildiğinde tüm katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Sonuçlar ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin enerji tüketimi üzerinde pozitif; internet kullanımının ise negatif etkisi olduğunu göstermektedir. Buna göre ekonomik büyüme ve finansal gelişmedeki %1'lik artış panelin genelinde enerji tüketimini sırasıyla %0,82 ve %0,07 oranında artıracaktır. İnternet kullanımında meydana gelen %1'lik artış ise enerji tüketimini %0,06 oranında azaltacaktır. Sonuçlar ülkeler bazında değerlendirildiğinde Brezilya ve Türkiye'de ekonomik büyüme, finansal gelişme ve internet kullanımının enerji tüketimini pozitif olarak etkilediği görülmektedir. Rusya'da ekonomik büyüme, internet kullanımı ve finansal gelişme enerji tüketimini pozitif olarak etkilemekle birlikte, finansal gelişme katsayısı istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. Güney Afrika'da ise ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerinde pozitif



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülürken, internet kullanımı ve finansal gelişmenin enerji tüketimi üzerindeki etkisi pozitif ancak istatistiksel olarak anlamsızdır. Hindistan'da finansal gelişme ve internet kullanımının enerji tüketimi üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi vardır. Açıklayıcı değişkenlerden ekonomik büyümenin enerji tüketimine etkisine bakıldığında ise, değişkenin katsayısının pozitif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Çin'de ise enerji tüketiminin ekonomik büyümeden pozitif, internet kullanımı ve finansal gelişmeden negatif olarak etkilendiği ve tüm katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 6: DOLSMG Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları

Ülke	GDP	INT	FD
Grup Ortalaması	0.820*	-0.060*	0.078*
Brezilya	0.284*	0.134*	0.579*
Rusya	1.371*	0.322*	0.133
Hindistan	1.001	-0.465*	-0.885*
Çin	0.440*	-0.352*	-0.465*
Güney Afrika	0.908*	0.029	0.043
Türkiye	0.914*	0.613*	0.548*

Not: *, %5 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespitinde kullanılan Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik test sonuçları Tablo 7'de verilmiştir. Buna göre BRICS-T ülkelerinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, enerji tüketimi ile internet kullanımı ve enerji tüketimi ile finansla gelişme arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Tablo 7: Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi Sonuçları

	Z-Bar Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Sonuç
ENG-GDP	1.724	0.084	ENG↔GDP
	2.555	0.010	
ENG-INT	2.065	0.038	ENG↔INT
	8.940	0.000	
ENG-FD	6.150	0.000	ENG↔FD
	7.482	0.000	

5. Sonuç ve Politika Önerileri

BİT sistemleri günümüzün bilgiye dayalı toplumunun temelini oluşturmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojisindeki yenilikler toplumlar tarafından hızla benimsenmekte ve dünya çapında BİT kullanımı hızla artmaktadır. BİT'in hızlı gelişmesi ve yaygınlaşması hem BİT sektörünün hem de BİT sektörü ile yakından ilişkili birçok sektörün enerji talebi ve tüketimi üzerinde etkili olmaktadır. BİT enerji talebini ve tüketimini artırabileceği gibi aynı zamanda enerji verimliliği sağlayarak enerji tüketimini azaltabilmektedir. BİT'in enerji tüketimi ile olan ilişkisini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışmada, BRICS-T ülkelerinde BİT'in, ekonomik büyümenin ve finansal gelişmenin enerji tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. İlk olarak değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığı olup olmadığı Friedman (1937) ve Frees (1995, 2004) testleri ile sınanmış ve modelde yatay kesit bağımlılığı bulunmuştur. Yatay kesit bağımlılığı altında değişkenlerin



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

birim kök içerip içermediğinin tespiti için, ikinci nesil birim kök testlerinden olan Pesaran CADF testi kullanılmıştır. Pesaran CADF testi sonucuna göre, değişkenlerin birim kök içerdikleri ve birinci farklarında durağan oldukları $I(1)$ tespit edilmiştir. Değişkenlerin birinci dereceden bütünleşik olması üzerine, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunup bulunmadığının tespiti amacıyla GUV (2016) panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. GUV (2016) testi sonucunda, değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığıyla birlikte, bu ilişkinin ne yönde ve ne büyüklükte olduğunu belirleyebilmek amacıyla, uzun dönemli katsayı tahmininde yatay kesit bağımlılığını da dikkate alan DOLSMG tahmincisi kullanılmıştır. Bulgular panel bazında değerlendirildiğinde, ekonomik büyüme ve finansal gelişme enerji tüketimini pozitif olarak etkilerken; internet kullanımı ise enerji tüketimini azaltmaktadır. Katsayı değerleri BRICS-T ülkelerinde enerji tüketimi üzerinde ekonomik büyümenin daha önemli bir rol oynadığını göstermektedir. İnternet kullanımının ikame etkisine bağlı olarak enerji tüketimini azalttığı sonucu Ishida (2015), Han vd. (2016), Kırca & Akkuş (2020), Usman vd. (2021) çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin enerji tüketimini artırdığı sonuçları da Salahuddin & Alam (2016), Ahmed (2017), Shahbaz vd. (2018), Afzal vd. (2019), Nguyen vd. (2022) çalışmaları ile tutarlılık göstermektedir.

Sonuçlar ülkeler özelinde incelendiğinde ise Brezilya ve Türkiye’de açıklayıcı değişkenlerin enerji tüketimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı pozitif etkisi vardır. Brezilya’da enerji tüketimine en önemli etki finansal gelişmeden, Türkiye’de ise ekonomik büyümeden gelmektedir. Rusya’da enerji tüketimi üzerinde finansal gelişmenin bir etkisinin olmadığı; ekonomik büyümenin internet kullanımına göre enerji tüketimini daha çok etkilediği görülmektedir. Çin’in aksine Hindistan’da ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerinde bir etkisi olmadığı da ulaşılan sonuçlar arasındadır. Güney Afrika’da ise enerji tüketimine en önemli etkiyi ekonomik büyümenin yaptığı; internet kullanımı ve finansal gelişmenin ise enerji tüketimini etkilemediği görülmektedir.

Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik analiz sonuçları enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, internet kullanımı ve finansal gelişme arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu, dolayısıyla da geri besleme hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak bu test çalışmada kullanılan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu doğrulamaktadır. Elde edilen bu sonuçlar da Solarin vd. (2021), Adha vd. (2023) ve Dahmani vd. (2023) çalışmalarıyla uyumludur.

Sonuç olarak, BRICS-T ülkelerinde bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişimin enerji tüketimini azalttığını görülmektedir. Bu sonuç BRICS-T ülkelerinin enerji açısından daha akıllı ve verimli bilgi ve iletişim teknolojileri ürünlerini kullanarak ekonomik verimliliği artırdığını göstermektedir. Diğer taraftan söz konusu ülkelerde (Hindistan dışında) ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerinde oldukça önemli bir etkisi olduğu da görülmektedir. Ekonomik büyüme gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkelerin birincil amaçları arasında yer alsa da bu ülkelerde politika yapıcıların hem enerji tasarrufu ve verimliliği sağlayacak hem de çevresel bozulmayı dikkate alacak büyüme (yeşil büyüme) politikalarını benimsemeleri faydalı olacaktır. Benzer şekilde finansal sektörün de daha az enerji tüketen, çevre dostu BİT yatırımlarını ve alternatif



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

enerji kaynaklarını özellikle de yenilenebilir enerji yatırımlarını finanse etmesi önem taşımaktadır.

Bu konu özelinde gelecekteki çalışmalar; bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeleri temsil eden farklı göstergelerin, farklı ülke gruplarının kullanılmasıyla ve doğrusal olmayan modellerle genişletilebilir. Ayrıca enerji tüketimi-BİT ilişkisini inceleyen mevcut literatürün genel olarak makro düzeydeki verileri kullandığı görülmektedir. BİT-enerji tüketimi arasındaki ilişkinin mikro düzeydeki verilerin kullanılmasıyla incelenmesi de birçok çalışmaya yol gösterebilir.

Kaynakça

- Adha, R., Hong, C. Y., Agrawal, S. & Li, L. H. (2023). ICT, Carbon Emissions, Climate Change, and Energy Demand Nexus: The Potential Benefit of Digitalization in Taiwan. *Energy & Environment*, 34(5), 1619-1638.
- Afzal, M. N. I. & Gow, J. (2016). Electricity Consumption and Information and Communication Technology (ICT) in the N-11 Emerging Economies. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(3), 381-388.
- Afzal, M. N. I., Gow, J. & Rahman, A. (2019). Economic and Internet Growth Effect on Electricity Consumption in the BRICS Countries. *International Advances in Economic Research*, 25, 339-346.
- Ahmed, K. (2017). Revisiting the Role of Financial Development for Energy-Growth-Trade Nexus in BRICS Economies. *Energy*, 128, 487-495.
- Ahmed, J., ur Rehman, S., Zuhaira, Z., & Nisar, S. (2022). The Nexus between Financial Development and Energy Consumption: Estimating the Role of Foreign Direct Investment, Economic Growth and Urbanization. *Energy & Environment*, 33(8), 1562-1582.
- Apergis, N. & Payne, J. E. (2011). The Renewable Energy Consumption-Growth Nexus in Central America. *Applied Energy*, 88(1), 343-347.
- Batool, Z., Raza, S. M. F., Ali, S. & Abidin, S. Z. U. (2022). ICT, Renewable Energy, Financial Development, and CO2 Emissions in Developing Countries of East and South Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 35025-35035.
- Bayer, C. & Hanck, C. (2013). Combining Non-Cointegration Tests. *Journal of Time Series Analysis*, 34(1), 83-95.
- Behera, B., Haldar, A. & Sethi, N. (2023). Investigating the Direct and Indirect Effects of Information and Communication Technology on Economic Growth in the Emerging Economies: Role of Financial Development, Foreign Direct Investment, Innovation, and Institutional Quality. *Information Technology for Development*, 1-24.
- Bernstein, R. & Madlener, R. (2010). Impact of Disaggregated ICT Capital on Electricity Intensity in European Manufacturing. *Applied Economics Letters*, 17(17), 1691-1695.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

- Cheng, C. Y., Chien, M. S. & Lee, C. C. (2021). ICT Diffusion, Financial Development, and Economic Growth: An International Cross-Country Analysis. *Economic Modelling*, 94, 662-671.
- Cho, Y., Lee, J. & Kim, T. Y. (2007). The Impact of ICT Investment and Energy Price on Industrial Electricity Demand: Dynamic Growth Model Approach. *Energy Policy*, 35(9), 4730-4738.
- Çoban, S. & Topcu, M. (2013). The Nexus Between Financial Development and Energy Consumption in the EU: A Dynamic Panel Data Analysis. *Energy Economics*, 39, 81-88.
- Dahmani, M., Mabrouki, M. & Ben Youssef, A. (2023). The ICT, Financial Development, Energy Consumption and Economic Growth Nexus in MENA Countries: Dynamic Panel CS-ARDL Evidence. *Applied Economics*, 55(10), 1114-1128.
- Danish, Saud, S., Baloch, M. A. & Lodhi, R. N. (2018). The Nexus Between Energy Consumption and Financial Development: Estimating the Role of Globalization in Next-11 Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 18651-18661.
- Destek, M. A. (2018). Financial Development and Energy Consumption Nexus in Emerging Economies. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 13(1), 76-81.
- Dumitrescu, E. I. & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Faisal, F., Tursoy, T. & Berk, N. (2018). Linear and Non-Linear Impact of Internet Usage and Financial Deepening on Electricity Consumption for Turkey: Empirical Evidence from Asymmetric Causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(12), 11536-11555.
- Farhani, S. & Solarin, S. A. (2017). Financial Development and Energy Demand in the United States: New Evidence from Combined Cointegration and Asymmetric Causality Tests. *Energy*, 134, 1029-1037.
- Fernández-Portillo, A., Almodóvar-González, M. & Hernández-Mogollón, R. (2020). Impact of ICT Development on Economic Growth. A Study of OECD European Union Countries. *Technology in Society*, 63, 101420.
- Frees, E. W. (1995). Assessing Cross-Sectional Correlation in Panel Data. *Journal of Econometrics*, 69(2), 393-414.
- Frees, E. W. (2004). *Longitudinal and Panel Data: Analysis and Applications in the Social Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Friedman, M. (1937). The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32(200), 675-701.
- Friedlingstein, P., O'sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., Olsen, A., ... & Zaehle, S. (2020). Global Carbon Budget 2020. *Earth System Science Data Discussions*, 12(8), 1-3.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

- Gaies, B., Kaabia, O., Ayadi, R., Guesmi, K. & Abid, I. (2019). Financial Development and Energy Consumption: Is the MENA Region Different?. *Energy Policy*, 135, 111000.
- Gengenbach, C., Urbain, J. P. & Westerlund, J. (2016). Error Correction Testing in Panels with Common Stochastic Trends. *Journal of Applied Econometrics*, 31(6), 982-1004.
- Gheraia, Z., Abid, M., Sekrafi, H. & Abdelli, H. (2022). The Moderating Role of ICT Diffusion Between Financial Development and Economic Growth: A Bootstrap ARDL Approach in Saudi Arabia. *Information Technology for Development*, 28(4), 816-836.
- Gómez, M., & Rodríguez, J. C. (2019). Energy Consumption and Financial Development in NAFTA Countries, 1971–2015. *Applied Sciences*, 9(2), 302.
- Gregory, A. W. & Hansen, B. E. (1996). Residual-Based Tests for Cointegration in Models with Regime Shifts. *Journal of Econometrics*, 70(1), 99-126.
- Han, B., Wang, D., Ding, W. & Han, L. (2016). Effect of Information and Communication Technology on Energy Consumption in China. *Natural Hazards*, 84, 297-315.
- Haseeb, A., Xia, E., Saud, S., Ahmad, A. & Khurshid, H. (2019). Does Information and Communication Technologies Improve Environmental Quality in the Era of Globalization? An Empirical Analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 8594-8608.
- Hatemi-J, A. (2012b). Asymmetric Causality Tests with an Application. *Empirical Economics*, 43, 447-456.
- IEA. (2019). <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/1378539487> (20.12. 2023)
- IEA. (2023). *CO2 Emissions in 2022*. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022> (20.12.2023)
- Ishida, H. (2015). The Effect of ICT Development on Economic Growth and Energy Consumption in Japan. *Telematics and Informatics*, 32(1), 79-88.
- Khan, H., Weili, L. & Khan, I. (2022). Examining the Effect of Information and Communication Technology, Innovations, and Renewable Energy Consumption on CO2 Emission: Evidence from BRICS Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(31), 47696-47712.
- Kırca, M. & Akkuş, Ö. (2020). Internet Usage, Economic Growth and Electricity Consumption: The Case of EU-15. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(3), 576-594.
- Kouton, J. (2019). Information Communication Technology Development and Energy Demand in African Countries. *Energy*, 189, 116192.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 401-403.
- Latif, Z., Latif, S., Ximei, L., Pathan, Z. H., Salam, S. & Jianqiu, Z. (2018). The Dynamics of ICT, Foreign Direct Investment, Globalization and Economic Growth: Panel Estimation Robust to Heterogeneity and Cross-Sectional Dependence. *Telematics and Informatics*, 35(2), 318-328.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

- Levine, R. (1997). Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda. *Journal of Economic Literature*, 35(2), 688-726.
- Liu, L., Zhou, C., Huang, J. & Hao, Y. (2018). The Impact of Financial Development on Energy Demand: Evidence from China. *Emerging Markets Finance and Trade*, 54(2), 269-287.
- Lu, J., Imran, M., Haseeb, A., Saud, S., Wu, M., Siddiqui, F., & Khan, M. J. (2021). Nexus between Financial Development, FDI, Globalization, Energy Consumption and Environment: Evidence from BRI Countries. *Frontiers in Energy Research*, 9, 707590.
- Magazzino, C., Porrini, D., Fusco, G. & Schneider, N. (2021). Investigating the Link among ICT, Electricity Consumption, Air Pollution, and Economic Growth in EU Countries. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 16(11-12), 976-998.
- Mukhtarov, S., Karacan, R., Aliyev, F. & Ismayilov, V. (2022). The Effect of Financial Development on Energy Consumption: Evidence from Russia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(1), 243-249.
- Nguyen, C. P., Schinckus, C., Su, T. D. & Chong, F. H. L. (2022). The Energy Consumption: The Global Contributions from Financial Development and Institutions. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-20.
- Ozcan, B. & Apergis, N. (2018). The Impact of Internet Use on Air Pollution: Evidence from Emerging Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 4174-4189.
- Ozturk, I. (2010). A Literature Survey on Energy-Growth Nexus. *Energy Policy*, 38(1), 340-349.
- Park, Y., Meng, F. & Baloch, M. A. (2018). The Effect of ICT, Financial Development, Growth, and Trade Openness on CO2 Emissions: An Empirical Analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 30708-30719.
- Pedroni, P. (2001). Purchasing Power Parity Tests in Cointegrated Panels. *Review of Economics and Statistics*, 83(4), 727-731.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Ouyang, Y., & Li, P. (2018). On the Nexus of Financial Development, Economic Growth, and Energy Consumption in China: New Perspective from a GMM Panel VAR Approach. *Energy Economics*, 71, 238-252.
- Rahimi, M. & Rad, A. A. (2017). Internet Usage, Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of Developing-8 Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(3), 152-156.
- Rashid, A. & Yousaf, N. (2015). Linkage of financial development with electricity-growth, nexus of India and Pakistan. *EuroEconomica*, 34(2), 151-160.
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Sadorsky, P. (2010). The Impact of Financial Development on Energy Consumption in Emerging Economies. *Energy Policy*, 38(5), 2528-2535.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

- Sadorsky, P. (2011). Financial Development and Energy Consumption in Central and Eastern European Frontier Economies. *Energy Policy*, 39(2), 999-1006.
- Sadorsky, P. (2012). Information Communication Technology and Electricity Consumption in Emerging Economies. *Energy Policy*, 48, 130-136.
- Saidi, K., Toumi, H. & Zaidi, S. (2017). Impact of Information Communication Technology and Economic Growth on the Electricity Consumption: Empirical Evidence from 67 Countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 8, 789-803.
- Salahuddin, M. & Alam, K. (2015). Internet Usage, Electricity Consumption and Economic Growth in Australia: A Time Series Evidence. *Telematics and Informatics*, 32(4), 862-878.
- Salahuddin, M. & Alam, K. (2016). Information and Communication Technology, Electricity Consumption and Economic Growth in OECD countries: A Panel Data Analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 76, 185-193.
- Sare, Y. A. (2019). Effect of Financial Sector Development on Energy Consumption in Africa: Is It Threshold Specific?. *International Journal of Green Energy*, 16(15), 1637-1645.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credits, Interest, and the Business Cycle*. R. Opie (Trans.). Harvard Economic Studies.
- Shabani, Z. D. & Shahnazi, R. (2019). Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions, Information and Communications Technology, and Gross Domestic Product in Iranian Economic Sectors: A Panel Causality Analysis. *Energy*, 169, 1064-1078.
- Shahbaz, M., Rehman, I. U., Sbia, R. & Hamdi, H. (2016). The Role of Information Communication Technology and Economic Growth in Recent Electricity Demand: Fresh Evidence from Combine Cointegration Approach in UAE. *Journal of the Knowledge Economy*, 7, 797-818.
- Shahbaz, M., Mallick, H., Mahalik, M. K. & Sadorsky, P. (2016). The Role of Globalization on The Recent Evolution of Energy Demand in India: Implications for Sustainable Development. *Energy Economics*, 55, 52-68.
- Shahbaz, M., Zakaria, M., Shahzad, S. J. H. & Mahalik, M. K. (2018). The Energy Consumption and Economic Growth Nexus in Top Ten Energy-Consuming Countries: Fresh Evidence from Using the Quantile-on-Quantile Approach. *Energy Economics*, 71, 282-301.
- Solarin, S. A., Shahbaz, M., Khan, H. N. & Razali, R. B. (2021). ICT, Financial Development, Economic Growth and Electricity Consumption: New Evidence from Malaysia. *Global Business Review*, 22(4), 941-962.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

Union, I. T. (2022). *Measuring Digital Development. Facts and Figures 2022*. Technical Report International Telecommunication Union (ITU), Geneva, Switzerland.

Usman, A., Ozturk, I., Hassan, A., Zafar, S. M. & Ullah, S. (2021). The Effect of ICT on Energy Consumption and Economic Growth in South Asian Economies: An Empirical Analysis. *Telematics and Informatics*, 58, 101537.

Tamazian, A., Chousa, J. P. & Vadlamannati, K. C. (2009). Does Higher Economic and Financial Development Lead to Environmental Degradation: Evidence from BRIC Countries. *Energy Policy*, 37(1), 246-253.

Toda, H. Y. & Yamamoto, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250.

Walker, W. (1985). Information Technology and the Use of Energy. *Energy Policy*, 13(5), 458-476.

World Bank. (2012). *ICTs for Greater Development Impact-World Bank Group Strategy for Information and Communication Technology 2012-2015*. World Bank, Washington, DC. <http://siteresources.worldbank.org/EXTINFORMATIONANDCOMMUNICATIONANDTECHNOLOGIES/Resources/WBG ICTs Strategy-2012.pdf> (10.11.2023)

Xu, J. & Yang, X. (2021). Direct Effect and Spillover Effect of ICT on Electricity Consumption in China: Evidence from a Spatial Panel Analysis. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-13.

Van Heddeghem, W., Lambert, S., Lannoo, B., Colle, D., Pickavet, M. & Demeester, P. (2014). Trends in Worldwide ICT Electricity Consumption from 2007 to 2012. *Computer Communications*, 50, 64-76.

Vu, K. M. (2011). ICT as a Source of Economic Growth in the Information Age: Empirical Evidence from the 1996-2005 Period. *Telecommunications Policy*, 35(4), 357-372.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Fiscaeconomia Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına aittir.

Ethical Approval: The author declares that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the case of a contrary situation, Fiscaeconomia has no responsibility, and all responsibility belongs to the study's author.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscoeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

The Impact of Information and Communication Technologies on Energy Consumption: A Case Study of BRICS-T Countries

Fındık Özlem Alper

Extended Abstract

Information and communication technologies (ICT) are sophisticated tools used for information purposes, including computers, the internet, mobile phones, satellite antennas, and other wireless communication devices. With the spread of globalization, the use of ICT has rapidly increased, leading to significant transformations in economic and social life. Particularly, the COVID-19 pandemic has highlighted the importance of ICT for the continuity of economic and social life. This situation has directed both developed and developing countries to invest more in ICT. These technologies are drivers of economic activity; thus, they are among the significant factors influencing growth and economic change. The relationship between economic growth and ICT can be examined within the frameworks of external and internal growth theories. Both growth theories emphasize the importance of technological development for economic growth but differ in their perspectives on technological development. According to the external growth theory, it is proposed that long-term economic growth is determined by technological developments explained by the “Solow Residual,” which is externally accepted (Solow, 1956), while in internal growth theories, technological developments contribute to growth as an internal variable that increases profits sought by entrepreneurs and enhances total factor productivity (Romer, 1986: 1003). The development and widespread use of ICT contribute to the economy on both micro and macro levels. The diffusion of ICT accelerates the innovation process, leading to the adoption of new technologies, thereby increasing both labor and total factor productivity, enhancing decision-making processes, increasing international cooperation in trade and finance, and reducing production costs, thereby promoting economic growth (Latif et al., 2018: 319; Vu, 2011: 357). BIT can directly or indirectly affect economic growth. Direct effects stem from the productivity increases directly resulting from the use of ICT, while indirect effects arise through externalities resulting from the development and use of ICT (increases in institutional quality, financial development, direct foreign investment, and research and development expenditures) (Behera et al., 2023: 7; Fernandez-Portillo et al., 2020: 2). Theoretically, despite the general consensus that ICT positively influences economic growth through direct and indirect effects, empirical studies examining the relationship between ICT and economic growth can yield different results.

Financial development is considered an important factor for economic growth. According to Levine (1997), financial development affects economic growth through two channels: one is capital accumulation and the other is technological innovation. Since the rapid diffusion of ICT contributes to innovation and the development of new products and processes, financial development stimulates economic growth through the channel of technological innovation. Financial markets are among the markets where the most transformation occurs due to the use of ICT. Many banks and brokerage firms have started to provide their services online by closely following technological developments and implementing them into their systems.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

Therefore, the use of ICT in transactions contributes to increasing economic activities by reducing information and transaction costs.

The widespread use of Information and Communication Technologies (ICT) has deeply influenced almost every aspect of economic and social life, significantly impacting global energy consumption. Generally, it is acknowledged that ICT usage can increase energy efficiency. However, there are differing views on whether ICT can promote energy consumption or energy savings (Xu & Yang, 2021: 1). According to the first view, known as the substitution effect, ICT investments can lead to the replacement of old technologies with new ones, thereby reducing electricity demand and resulting in lower energy consumption (Cho et al., 2007: 4730; Usman et al., 2021: 2). The second view suggests a compensation or income effect, stating that the installation and operation of ICT tools and equipment require high energy. In short, the rapid development and proliferation of ICT affect both the ICT sector and many other sectors through ICT-enabled energy demand and consumption. Given the limited availability of commonly used energy sources and the environmental degradation associated with energy consumption, it becomes imperative to investigate the factors influencing energy consumption. The 2022 Carbon Dioxide (CO₂) Emissions report published by the International Energy Agency emphasized the increase in global energy-related carbon emissions. Therefore, countries need to restructure their economic policies to effectively combat climate change and achieve sustainable economic and social development goals.

Considering the significant role of ICT in energy consumption and the sustainability of the economy-environment balance, this study aims to examine the impact of ICT on energy consumption in the BRICS-T countries, namely Brazil, Russia, India, China, South Africa, and Turkey, taking into account the economic growth and financial developments. These countries are considered emerging economies, and their selection is influenced by their rapid growth and development efforts, resulting in higher energy consumption, and consequently, higher greenhouse gas emissions. Additionally, upon review of the existing literature, to the best of our knowledge, there is no empirical study examining the dynamic relationship between ICT, economic growth, financial development, and energy consumption in BRICS-T countries. Therefore, this study contributes to the literature by providing evidence on the relationship between these variables in the BRICS-T countries.

This study investigates the long-term relationship and causality between ICT, financial development, economic growth, and energy consumption in BRICS-T countries using panel data methodology covering the period from 2001 to 2021. Data were obtained from the World Bank and BP Statistical Review of World Energy databases. A five-step process was followed to determine the relationship between variables. In the first step, cross-sectional dependence (CSD) tests were conducted to ascertain whether there was cross-sectional dependence among the units. In the second step, based on the CSD test results, a decision was made regarding whether first-generation or second-generation unit root and cointegration tests would be applied, and in the third step, the selected tests were applied. In the fourth step, coefficient estimation was conducted along with the identification of the existence of a long-term relationship between variables. Finally, in the fifth step, causality relationships between variables were explored.



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Fiscaeconomia*, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

In the study, cross-sectional dependence tests by Friedman (1937) and Frees (1995, 2004) were employed, and it was concluded that there is cross-sectional dependence among units. Based on this result, the study proceeded with second-generation unit root and cointegration tests. The Cross-sectional Augmented Dickey-Fuller (CADF) unit root test indicated stationarity in the first differences of the variables [I(1)]. The presence of a long-term relationship among ICT, economic growth, financial development, and energy consumption was determined using the Gengenbach et al. (2016) [GUW] cointegration test. Along with identifying the long-term relationship, the Dynamic Ordinary Least Squares Mean Group (DOLSMG) estimator, which considers both panel-based and unit-based coefficient estimations as well as inter-unit correlation, was utilized to estimate the long-term coefficients. The findings obtained are as follows:

i) On a panel basis, economic growth and financial development positively affect energy consumption, whereas internet usage has a negative impact. All coefficients are statistically significant. Therefore, a 1% increase in economic growth and financial development would increase energy consumption by 0.82% and 0.07% across the panel, respectively. Conversely, a 1% increase in internet usage would decrease energy consumption by 0.06%.

ii) At the country level, it is observed that economic growth, financial development, and internet usage positively affect energy consumption in Brazil and Turkey. In Russia, economic growth, internet usage, and financial development positively affect energy consumption, although the coefficient for financial development is statistically insignificant. In South Africa, economic growth has a positive and statistically significant effect on energy consumption, while the effects of internet usage and financial development on energy consumption are positive but statistically insignificant. In India, financial development and internet usage have a negative and statistically significant effect on energy consumption. By looking at the impact of economic growth on energy consumption among explanatory variables, it is noted that although the coefficient of the variable is positive, it is statistically insignificant. In China, it is observed that energy consumption is positively affected by economic growth and negatively affected by internet usage and financial development, and all coefficients are statistically significant.

Lastly, for detecting the causality relationship between variables, the Dumitrescu-Hurlin (2012) panel causality test was performed, and bidirectional causal relationships supporting the feedback hypothesis were found between energy consumption and ICT, energy consumption and economic growth, as well as energy consumption and financial development.

In conclusion, it is observed that the development of ICT in BRICS-T countries reduces energy consumption. This result indicates that BRICS-T countries enhance economic efficiency by using smarter and more efficient information and communication technology products. On the other hand, it is also noted that economic growth has a significant impact on energy consumption in these countries (except for India). While economic growth remains a primary objective for both developed and developing countries, policymakers in these nations would benefit from adopting growth policies (green growth) that prioritize both energy savings and efficiency while considering environmental degradation. Similarly, it is crucial for the financial



Alper, F. Ö. (2024). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Tüketimine Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği.
Fiscaeconomia, 8(2), 695-719. Doi: 10.25295/fsecon.1438771

sector to finance energy-efficient and environmentally friendly ICT investments as well as alternative energy sources, particularly renewable energy investments.