



14-15 Kasım 2020

Tam Metin Bildiriler Kitabı



T.C. ENERJİ VE
TABİİ KAYNAKLAR
BAKANLIĞI



YENİLENEBİLİR ENERJİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TEİAŞ

TÜRKİYE
ELEKTRİK
İLETİM A.Ş.

İNCEİF



Elder



INTERNATIONAL CONGRESS OF ENERGY ECONOMY AND SECURITY

PROCEEDINGS BOOK
14-15 November 2020 / ISTANBUL – TURKEY

Editors:

Seyfettin ERDOĞAN
Ayfer GEDİKLİ
Muhamad SHAHBAZ

Assistant Editors:

Hande Çalışkan | Cihan Yavuz Taş | Fatma Erdoğan

ULUSLARARASI ENERJİ EKONOMİ VE GÜVENLİK KONGRESİ

TAM METİN BİLDİRİLER KİTABI
14-15 Kasım 2020 / ISTANBUL – TÜRKİYE

Editörler:

Seyfettin ERDOĞAN
Ayfer GEDİKLİ
Muhamad SHAHBAZ

Yardımcı Editörler:

Hande Çalışkan | Cihan Yavuz Taş | Fatma Erdoğan

Basım Pazıl Reklam, Danışmanlık, Matbaa ve Organizasyon

Yayın Yılı: Aralık, 2020

Dili: Türkçe ve İngilizce

ISBN: 978-605-7858-50-4

Bildirilerin her türlü sorumluluğu yazarlarına aittir.

ENSCON'20

BİLİM KURULU / SCIENTIFIC BOARD

Adonis Yatchew, University of Toronto, Canada

Ali Kutan, Southern Illinois University, USA

Alper Aslan, Nevsehir Hacı Bektas Veli University, Nevsehir, Turkey

Amine Lahiani, LEO-University of Orleans, France

Amjad Ali, University of the Punjab, Pakistan

Angeliki Menegaki, Agricultural University of Athens, Greece

**Anthony Miloudi, La Rochelle Business School & CRIEF University of Poitiers,
France**

Ashfaq Ahmad, Beijing Institute of Technology, China

Aviral Kumar Tiwari, Montpellier Business School, Montpellier, France

Ayfer Gedikli, Istanbul Medeniyet University, Turkey

Ayhan Orhan, Kocaeli University, Turkey

Bariş Alpaslan, Ankara Social Sciences University, Turkey

Bassam Fattouh, UK

Berrin Tansel, United States

Bilal Karabulut, Gazi University, Turkey

Buerhan Saiti, Istanbul Sabahattin Zaim University, Turkey

Bülend Aydın Ertekin, Anadolu University, Turkey

Bülent Güloğlu, Istanbul Technical University, Turkey

Daniel Balsalobre Lorente, Universty of Castilla-La Macha, Spain

David Roubaud, Montpellier Business School, Montpellier, France

David Weir, Northumbria University, UK

Durmuş Çağrı Yıldırım, Namık Kemal University, Turkey

Elman Nasirov, Azerbaijan Parliament, Azerbaijan

Emrah İsmail Çevik, Tekirdağ Namık Kemal University, Turkey

Erdal Tanas Karagöl, Yıldırım Beyazid University, Turkey

Fateh Belaïd, Lille Catholic University

Fırat Purtaş, Gazi University, Turkey

Gary Campbell, Michigan Tech, USA

Gazi Salah Uddin, Linköping University, Sweden

George Filis, Bournemouth University, UK

Hab Jiří Jaromír Klemeš, Hungary

Halil Altıntaş, Erciyes University, Turkey

Hasan Murat Ertuğrul, Undersecretariat of Treasury, Turkey

Hassan Syed, BPP University, UK

Idris Demir, Istanbul Medeniyet University

Ilham Haouas, Abu Dhabi University, Abu Dhabi, UAE

Ilhan Ozturk, Cag University, 33800, Mersin, Turkey.

Jonathan A. Batten, Monash University, Australia

José María Cantos-Cantos, University of Castilla-La Mancha, Spain

Kazi Sohag, Ural Federal University, Russia

Kerem Alkin, Medipol University, Turkey

Lean Hooi Hooi, Universiti Sains Malaysia

Leila Dagher, American University of Beirut, Lebanon

Lixiao Zhang, China

**Luís Loures, Polytechnic Institute of Portalegre (IPP), Portalegre, Portugal -
Research Centre for Tourism, Sustainability and Well-being (CinTurs),
University of Algarve, Portugal**

Lutz Kilian, University of Michigan, USA

Mantu Kumar Mahalik, National Institute of Technology, India

Mehmet Balcilar, Eastern Mediterranean University, Turkey

Mehmet Yüce, Uludağ University, Turkey

Meriç Subaşı Ertekin, Anadolu University, Turkey

Mita Bhattacharya, Monash University, Australia

Mohamed Eskandar Shah Mohd Rasid, INCEIF, Malaysia

Mohammad Mafizur Rahman, University of Southern Queensland, Australia

Muhammad Ali Nasir, Leeds Beckett University, UK

Muhammad Shafiullah, University of Nottingham Malaysia Campus, Selangor, Malaysia

Muhammad Shahbaz, Montpellier Business School, Montpellier, France

Muhsin Kar, Niğde Ömer Halisdemir University, Turkey

Murat Akkaya, Girne American University, North Cyprus

Murat Yülek, Istanbul Commerce University, Turkey

Ngoc-Sang Pham, Montpellier Business School, Montpellier, France

Nicholas Apergis, University of Piraeus, Greece

Nigar Demircan Çakar, Düzce University, Turkey

Oana Madalina Driha - University of Alicante, Spain

Obiyathulla Ismat Bacha, INCEIF, Malaysia

Oktaf F. Tanrısever, Middle East Technical University, Turkey

Özlem Durgun, Istanbul University, Turkey

Paresh Kumar Narayan, Deakin Business School, Australia

Ramazan Sarı, Middle East Technical University, Turkey

Ramzi Benkraiem, Institute of Finance, Audencia Business School, France

Recep Ulucak, Erciyes University, Turkey

**Rui Alexandre Castanho WSB University Poland & University of Madeira
Portugal**

Román Ferrer, University of Valencia, Spain

Ruslan Nagarev, Sabahattin Zaim University, Turkey

Sakiru Adebola Solarin, Multimedia University Malaysia, Melaka, Malaysia

Saleheen Khan, Minnesota State University, Mankato, USA

Sebastian Vollmer, University of Göttingen, Germany

Selahattin Dibooglu, University of Sharjah, UAE

Seyfettin Erdoğan, Istanbul Medeniyet University, Turkey

**Shaista Alam, Applied Economics Research Centre, University of Karachi,
Pakistan**

Shawkat Hammoudeh, Drexel University, United States

Subhan Ullah, University of Hull, UK

Tariqullah Khan, Hamad Bin Khalifah University, Qatar

Thi Hong Van Hoang, Montpellier Business School, Montpellier, France

Uğur Soytaş, Middle East Technical University, Turkey

Vassilios G. Papavassiliou, University College Dublin, Dublin, Ireland

Victor Emilio Troster, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, Spain

**Walid Mensi, Al Imam Mohammad Ibn Saud Islamic University, Riyadh, Saudi
Arabia**

Yaşar Hacısalihoğlu, Yeni Yüzyıl University, Turkey

Yusuf Ali Kara, Bursa Technical University, Turkey

Zeynel Abidin Ozdemir, Gazi University, Ankara, Turkey



DAVETLİ KONUŞMACILAR

- ❖ Prof. Dr. Muhammad Shahbaz - Beijing Institute of Technology, Beijing, China
- ❖ Dr. David A. Fleming - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Australia.
- ❖ Prof. Dr. Soteris Kalogirou - Cyprus University of Technology, Limassol, Cyprus.
- ❖ Prof. Dr. Henrik Lund - Aalborg University, Denmark.
- ❖ Prof. Dr. D'Maris Coffman - The Bartlett School of Construction & Project Management, UK.
- ❖ Prof. Dr. Berrin Tansel - Florida International University in Miami, USA.
- ❖ Prof. Dr. Gary Campbell - Michigan Technological University, USA.
- ❖ Prof. Dr. Cecília M. V. B. Almeida - Universidade Paulista, Brazil.

İÇİNDEKİLER

BİLİM KURULU / SCIENTIFIC BOARD	İ
TÜRKİYE'DE PETROL TALEBİNİN FİYAT VE GELİR ESNEKLİKLERİ: SEKTÖREL BİR ANALİZ.....	1
Prof. Dr. Erdal Tanas Karagöl	
Arş. Gör. Muhammed Şehid Görüş	
Arş. Gör. Dr. Önder Özgür	
BÖLGESEL KONUT VE SANAYİ ELEKTRİK TÜKETİMİNİN BELİRLEYİCİLERİ ÜZERİNE MEKANSAL PANEL VERİ ANALİZİ	11
Dr. Öğr. Üyesi Arif İğdeli	
NET-SIFIR KARBON EMİSYON HEDEFİ: CIVETS ÜLKELERİ	24
Aslı Selvi	
Doç. Dr. M. Kenan Terzioğlu	
DYNAMIC IMPACT OF ENERGY PRICES ON GREEN PRODUCTIVITY IN EUROPEAN UNION COUNTRIES	39
Assoc. Prof. Mehmet Demiral	
Assoc. Prof. Özge Demiral	
GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE KÜRESELLEŞMENİN ÇEVRE ÜZERİNE ETKİLERİ ..	51
Neşe TUNÇBİLEK	
Recep ULUCAK	

THE ENERGY-GROWTH NEXUS REVISITED: AN ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF ENERGY..... 57

Thai-Ha Le

Sabri Boubaker

Canh Phuc Nguyen

SINO-U.S. STOCK MARKET VOLATILITY, ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY, AND FLUCTUATION OF GLOBAL OIL MARKET: AN EMPIRICAL ANALYSIS BASED ON TVP-SV-VAR MODEL 83

Dr. Tianle Yang

Fangxing Zhou

Dr. Min Du

Dr. Qunyang Du*

Shirong Zhou

EKOLOJİK AYAK İZİ ÇALIŞMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ 107

Doç. Dr. Recep Ulucak

Prof. Dr. Seyfettin Erdoğan

ZAMAN SERİSİ VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİ İLE TÜRKİYE İÇİN KARBON AYAK İZİ TAHMİNİ 121

Müge Akyol

Dr. Öğr. Üyesi Emine Uçar

DOES ENVIRONMENTAL FOOTPRINT LEVELS CONVERGE BETWEEN EUROPEAN COUNTRIES? 133

Doç.Dr. Durmuş Çağrı Yıldırım

Dr. Öğr. Üyesi Işıl Demirtaş

Doç.Dr. Seda Yıldırım

VEGETATION MANAGEMENT STRATEGIES INTENDED FOR REDUCING ECONOMIC LOSSES IN ENERGY TRANSMISSION LINES AND PREVENTING THE FIRE RISK 143

Doç. Dr. Ersin Güngör

Hatice Kaya

Ali Fuat Aslan

THE EFFECTS OF COMMODITY FINANCIALIZATION ON COMMODITY MARKET VOLATILITY 153

Dr. Shusheng Ding,

Mrs. Dandan Zheng,

Dr. Tianxiang Cui

Prof. Min Du

ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNDE DEĞİŞİMİN YÖNÜ..... 179

Prof. Dr. Erdal Tanas Karagöl

EĞİTİM SEVİYESİ İLE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON EMİSYONU İLİŞKİSİ 184

Doç. Dr. Seda Yıldırım

Doç. Dr. Durmuş Çağrı Yıldırım

INFORMATION SECURITY WITH INTERNET OF THINGS ARRIVAL IN HOSPITAL ENVIRONMENT: A BIBLIOGRAPHIC APPROACH 197

Wellington Ferreira Cipriano

Viviel Rodrigo José de Carvalho

Fabricio Pelloso Piurcosky

Rodrigo Franklin Frogeri

ENERJİ YOKSULLUĞU ÜZERİNE BİR İNCELEME 215

Prof. Dr. Seyfettin Erdoğan

Doç. Dr. Ayfer Gedikli

INFORMATION SECURITY WITH THE INTERNET OF THINGS ADVENT IN HOSPITAL ENVIRONMENTS: A BIBLIOGRAPHIC APPROACH 223

Wellington Ferreira Cipriano

Viviel Rodrigo José de Carvalho

Fabricio Pelloso Piurcosky

Rodrigo Franklin Frogeri



TÜRKİYE'DE PETROL TALEBİNİN FİYAT VE GELİR ESNEKLİKLERİ: SEKTÖREL BİR ANALİZ

Prof. Dr. Erdal Tanas Karagöl

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, SBF, İktisat Bölümü
erdalkaragol@hotmail.com

Arş. Gör. Muhammed Şehid Görüş

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, SBF, İktisat Bölümü
msgorus@ybu.edu.tr

Arş. Gör. Dr. Önder Özgür

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, SBF, İktisat Bölümü
oozgur@ybu.edu.tr

Özet: Bu çalışmanın temel amacı 1971-2017 dönemi için Türkiye'nin petrol talebinin fiyat ve gelir esnekliklerini sektörel bazda tahmin etmektir. Bu amaç doğrultusunda, sektörel enerji tüketimi verileri Uluslararası Enerji Ajansı, sektörel gayrisafi yurtiçi hâsıla (GSYİH) verileri Birleşmiş Milletler, dünya petrol fiyatları ise British Petrol veri tabanından temin edilmiştir. Çalışmada serilerin durağanlık dereceleri $I(0)$ ya da $I(1)$ olarak tespit edildiği için değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi ARDL Sınır Testi ile tahmin edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, sektörel bazda, sanayide, hanede ve hizmetlerde değişkenler arası uzun dönemli ilişkinin varlığı tespit edilirken, ulaşım sektöründe bahsi geçen değişkenler arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Bununla birlikte, toplam enerji tüketimi, GSYİH ve dünya petrol fiyatlarının uzun dönemde eşbütünleşik olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, uzun dönemde enerji talebinin gelir esnekliği pozitif, fiyat esnekliği ise negatif olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji talebi, eşbütünleşme analizi, fiyat esnekliği, gelir esnekliği, Türkiye

INCOME AND PRICE ELASTICITY OF ENERGY DEMAND IN TURKEY: A SECTORAL ANALYSIS

Abstract: The main goal of this study to estimate price and income elasticity of oil demand for Turkey on a sectoral basis during the period 1971-2017. For this purpose, sectoral energy consumption data are obtained from the International Energy Agency, sectoral gross domestic product (GDP) data are gathered from the United Nations, and world oil prices are taken from British Petrol databases. Since the stationarity degrees of the series are determined as $I(0)$ or $I(1)$ in the study, the cointegration relationship between the variables is investigated through the ARDL Bounds Test. According to the findings, a long-term relationship between variables is found on a sectoral basis; industry, household, and services, while no relationship is determined between the aforementioned variables in the transportation sector. However, a cointegration relationship has been found between total energy consumption, GDP, and world oil prices for the Turkish economy. In the study, the income elasticity of energy demand is calculated as positive, and the price elasticity is estimated as negative in the long run.

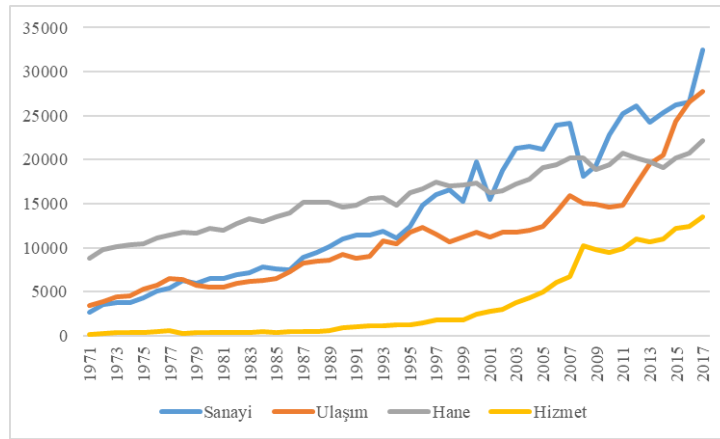
Keywords: Cointegration, energy demand, income elasticity, price elasticity, Turkey

GİRİŞ

İnsanlar günlük hayatlarının hemen her alanında enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Isınmadan ulaşım, aydınlatmadan üretime kadar hayatın her alanında enerji tüketilmektedir. İnsanlar kullandıkları elektronik araç gereçlerin şarj edilebilmesi için elektriğe, ulaşımını sağlayabilmek için akaryakıtta, ısınma için doğalgaza, elektriğe veya kömüre ihtiyaç duymaktadırlar. Ayrıca, fabrikalar üretim yapabilmek için çeşitli enerji kaynaklarına gereksinim duymaktadırlar (Altınay, 2019). Enerjinin bir ekonomide üretimde yoğun bir şekilde kullanılması enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisinin de tarih boyunca pek çok araştırmaya konu olmasına neden olmuş ve olmaya da devam etmektedir.

Ülkelerin ekonomik kalkınmayı sağlaması, ekonomilerinin tarım sektörü ağırlıklı üretim yapısından önce sanayi sektörünün, sonrasında ise hizmetler sektörünün baskın olduğu yapıya geçmesiyle sağlanmıştır. Sektörel enerji tüketimleri açısından bakıldığında ise düşük gelirli ülke gruplarından hane halkı enerjii tüketiminin yoğun olduğu ifade edilebilmektedir (Burke and Csereklyei, 2016).

Türkiye ekonomisinin de özellikle 2000'li yılların başından itibaren yaşadığı yüksek büyüme oranlarına yüksek enerji tüketimi de eşlik etmiştir. 2002-2019 yılları arasında Türkiye ekonomisi yıllık ortalama %5,2 büyürken (TCMB, 2020), aynı dönemde toplam birincil enerji tüketiminin yıllık ortalama artış oranı ise %4,2'dir (British Petroleum, 2020). Öte yandan Türkiye ekonomisinde enerji tüketiminin 1971-2017 yılları arasındaki sektörel dağılımına ise Şekil 1'de yer verilmiştir.

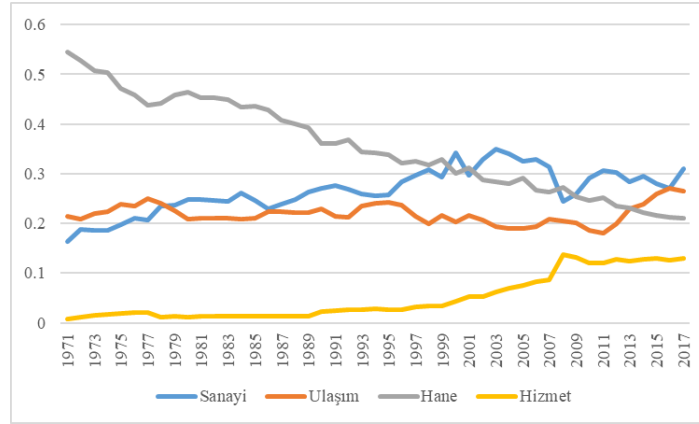


Şekil 1: Türkiye'de sektörel enerji tüketiminin görünümü (ktoe), 1971-2017.

Kaynak: British Petroleum (2020). BP Statistical Review of World Energy June 2020.

Türkiye'nin görece olarak daha düşük gelirli bir ülke olduğu 1970'li yıllarda hane halkı enerjii tüketiminin diğer sektörler nazaran oldukça yüksek olduğu, özellikle hizmetler sektöründe

tüketilen enerjinin toplam içerisindeki payının çok düşük olduğu ifade edilebilmektedir. 1971-2017 döneminde sektörel enerji tüketiminin yaşadığı dönüşüm de Şekil 1’den anlaşılmaktadır. Şöyle ki, sanayi sektöründe tüketilen enerji miktarı giderek artmış ve 2000 yılı sonrasında en fazla enerjinin tüketildiği sektör haline gelmiştir. Sanayi sektörünün yaşadığı artışa paralel olarak ulaşım ve hizmetler sektöründeki enerji tüketimi de giderek artmıştır. Sektörel enerji tüketiminin toplam içerisindeki paylarına ise Şekil 2’de yer verilmiştir.



Şekil 2: Türkiye’de sektörel enerji tüketiminin toplam içindeki payı, 1971-2017

Kaynak: British Petroleum (2020). BP Statistical Review of World Energy June 2020.

Hane halkı tüketiminin toplam içerisindeki payı 1970’lerde %50’nin üzerinde iken 2017 yılına gelindiğinde %20’lere kadar düşmüştür. Güncel sektörel enerji tüketimi açısından bakıldığında ise Türkiye ekonomisinde tüketilen enerjinin yaklaşık üçte birlik kısmının sanayi sektöründe kullanıldığını ifade edebiliriz.

Artan enerji tüketiminin yanında Türkiye enerji ihtiyacının karşılanması açısından dışarıya bağımlı bir ülkedir. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre Türkiye 2017 yılı itibarıyla toplam enerji ihtiyacının yaklaşık %86’sını ithalat yoluyla karşılamaktadır. Bu nedenle Türkiye için enerji talebinin fiyat ve gelir esnekliklerinin yorumlanması önem arz etmektedir. Her ne kadar enerji talebinin esneklikleri pek çok çalışmanın konusu olsa da sektörel enerji talebinin fiyat ve gelir esnekliklerinin ölçüldüğü çalışmalar Türkiye ekonomisi için sınırlı sayıdadır. Bu bağlamda bu çalışma Türkiye ekonomisinde sektörel enerji talebinin gelir ve fiyat esnekliklerini, sanayi, hane halkı, ulaşım ve hizmetler sektörlerinde 1971-2017 dönemi için ARDL Sınır Testi yöntemiyle incelemiştir.

Çalışmanın bir sonraki bölümü enerji talebinin esnekliklerinin hesaplandığı çalışmaları özetlemektedir. İkinci bölümde veri seti ve yöntem tanıtılmakta ve ampirik sonuçlara yer verilmektedir. Son bölümde ise çalışma sonuçlandırılmıştır.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde petrol talebinin gelir ve fiyat esnekliklerini tahmin eden birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar bağımlı değişken olarak doğrudan toplam enerji talebini ele almakta ya da toplam enerji ithalatını göz önünde bulundurmaktadır. Fakat son dönemlerde sektörel enerji talebinin de esneklikleri araştırmacılar tarafından sıklıkla incelenen konular arasında yer almaktadır. Bu bölümde, öncelikle toplam petrol talebinin/ithalatının esnekliklerini inceleyen çalışmalar ele alınacak, sonrasında ise sektörel bazdaki çalışmalardan elde edilen sonuçlar sunulacaktır.

Cooper (2003), öncü çalışmalar arasında yer alan makalesinde, 1979-2000 dönemi için 23 ülkedeki ham petrol talebinin fiyat esnekliğini kısmi uyarlama modelini kullanarak tahmin etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ülkelerin büyük bir kısmında talebin fiyat esnekliğinin negatif ve inelastik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan, Cho vd. (2011) 1971-2005 dönemi için 51 ülkedeki petrol tüketiminin temel belirleyicilerini araştırmıştır. Elde edilen ampirik sonuçlara göre hem OECD üyelerinde hem de Asya ülkelerinde talebin gelir esnekliğinin pozitif, fiyat esnekliğinin ise negatif olduğu hesaplanmıştır. Bununla birlikte, Asya ülkelerinde gelir esnekliğinin OECD ülkelerine göre çok daha büyük olduğu görülmüştür. Ayrıca, uzun dönemde esneklik katsayısının kısa döneme kıyasla daha büyük olduğu görülmüştür. Görüş ve Türköz (2016) ise 1970-2013 dönemi için Türkiye'deki petrol talebinin hem fiyat hem de gelir esnekliğini hesaplamışlardır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, gelir ve fiyat esneklikleri beklendiği gibi sırasıyla pozitif ve negatif olarak bulunmuştur. Kısa ve uzun dönem sonuçları birbirleriyle tutarlıdır ve hata düzeltme katsayısı anlamlıdır.

Bununla birlikte, Görüş ve Özgür (2017) yapısal kırılmaları dikkate aldıkları çalışmalarında, 1975-2014 döneminde İtalya'da petrol tüketimi, petrol fiyatları ve gelir seviyesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda serilerin uzun dönemde birlikte hareket ettikleri görülmüştür. Ayrıca, petrol talebinin hem fiyat hem de gelir esnekliğinin uzun dönemde istatistiki olarak anlamsız olduğu bulunmuştur. Kısa dönem esnekliklerinin ise gecikme sayılarına göre farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Shin vd. (2018) Güney Kore'deki petrol ithalatının fiyat ve gelir esnekliklerini doğrusal olmayan ARDL modelini kullanarak tahmin etmişlerdir. Bu amaç doğrultusunda, 1991-2016 yıllarını kapsayan çeyreklik verilerden yararlanılmışlardır. Ampirik sonuçlar hem kısa hem de uzun vadede petrol fiyatlarının ham petrol ithalatı üzerinde asimetric bir etkisinin olduğunu göstermektedir.

Sektörel bazdaki çalışmalardan Bose ve Shukla (1999), Hindistan'daki elektrik talebinin gelir esnekliğini ticaret sektöründe esnek, hane ve tarım sektörlerinde ise katı olarak hesaplamıştır. Fiyat esneklikleri ise tarım için -1,35, hane için -0,65, ticaret için ise -0,26 olarak tahmin edilmiştir. Kamerschen ve Porter (2004), çalışmalarında 1973-1998 dönemi için Amerika'da

elektrik talebinin fiyat esnekliğini araştırmışlardır. Eşanlı denklem modelleri sonuçlarına göre, hane ve sanayi sektörlerinde talebin fiyat esnekliğinin negatif olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, Inglesi-Lotz ve Blignaut (2011) ise 1993 ve 2006 yılları arasında Güney Afrika'daki elektrik talebinin fiyat esnekliğini sadece sanayi sektörü için negatif ve anlamlı bulmuştur. Gelir esnekliği ise sanayi ve ticaret sektörlerinde pozitif ve istatistiki olarak anlamlıdır.

Burken ve Csereklyei (2016), 132 ülkeyi örnekleme dahil ettikleri geniş kapsamlı çalışmalarında, enerji tüketimi ve gelir seviyesi arasındaki ilişkiyi incelemek için birçok model kurmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, ikinci dereceden olmayan ve birincil katı yakıtların dahil edilmediği modelde, enerji talebinin sektörel bazda gelir esnekliğinin pozitif, fiyat esnekliğinin ise negatif (tarım sektörü hariç) olduğu grlmektedir. Campbell (2018) ise ARDL tahmincisini kullanarak uzun dönemde Jamaika'daki elektrik talebinin (1970-2014) gelir esnekliğini pozitif, fiyat esnekliğini ise negatif olarak bulmuştur. Elde edilen ampirik sonuçlar beklentilerle tutarlıdır.

Enerji ekonomisi yazınında, sektörel enerji talebinin belirleyicileri konusunda pek çok çalışma bulunmaktadır, fakat Türkiye zerine yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Bu çalışmaların büyük bir kısmı da nedensellik analizlerine dayanmaktadır (bknz., Terzi, 1998; Jobert ve Karanfil, 2007; Kar ve Kınık, 2008; şahbaz ve Yanar, 2013; Usta ve Berber 2017; Gorus, 2020). Ampirik literatür taraması sonucunda, yalnızca Arisoy ve Ozturk (2014)'un çalışmasında sektörel enerji talebinin gelir ve fiyat esnekliklerinin tahmin edildiği görülmüştür. alışmalarında, 1960-2008 dönemi için Türkiye'de sanayi ve hane sektörlerindeki elektrik talebinin gelir ve fiyat esnekliklerini sırasıyla pozitif ve negatif olarak hesaplamıştır. Elektrik zorunlu mallar arasında sayılabileceğinden fiyat esnekliği oldukça düşük bulunmuştur.

Enerji talebinin esneklikleri alanında yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, çalışmaların daha çok gelir esnekliğini pozitif, fiyat esnekliğini ise negatif olarak hesapladıkları grlmektedir. Fakat, sektörel bazdaki çalışmalarda esneklik parametresinin sektörlere göre farklılıklar gösterdiği grlmektedir. Bunun sebepleri arasında ilgili sektörün enerjiye olan bağımlılığı, enerjinin kullanıldığı sektörde ikamesinin bulunup bulunmaması ve tüketicilerin bilinçli olup olmaması sayılabilmektedir.

2. VERİ SETİ, YÖNTEM VE AMPİRİK BULGULAR

Bu çalışmada, sektörel enerji talebinin gelir ve fiyat esnekliklerini hesaplamak için 1971-2017 dönemine ait yıllık veri seti kullanılmıştır. Bu doğrultuda, sektörel enerji tüketimi, sektörel GSYİH ve dünya petrol fiyatları çalışmanın bağımlı ve bağımsız değişkenleri olarak belirlenmiştir. Çalışmada, sanayi, hane, hizmetler ve ulaşım olmak üzere dört ana sektör ele alınmış, bununla birlikte, toplam enerji talebinin de esneklikleri tahmin edilmiştir. Söz konusu

veriler Uluslararası Enerji Ajansı, Birleşmiş Milletler ve British Petroleum veri tabanlarından elde edilmiştir ve doğal tabanda logaritmik dönüşümleri yapılmıştır.

Öncelikle, serilerin birim kök özellikleri geleneksel ADF ve PP testleriyle incelenmiştir. Değişkenlerin durağanlık dereceleri, bu iki testten elde edilen sonuçlar değerlendirilerek belirlenmiştir. Birim kök testlerinin sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir. Sabitli model ve sabitli ve trendli modellerde elde edilen sonuçlar serilerin $I(0)$ ve $I(1)$ ’in birleşimi olduklarını göstermektedir. Yani, bazı seriler seviyede durağanken, bazıları birinci farkta durağandır.

Tablo 1: Birik kök testi sonuçları

Değişkenler	ADF Testi		PP Testi	
	Sabitli Model	Sabitli ve Trendli Model	Sabitli Model	Sabitli ve Trendli Model
E_{toplam}	-0,801	-4,758***	-1,515	-4,752***
E_{sanayi}	-1,887	-4,061**	-2,759*	-4,041**
E_{hane}	-1,962	-3,702**	-2,838*	-3,677**
$E_{hizmetler}$	-0,674	-1,854	-0,683	-2,115
$E_{ulaşım}$	-0,360	-2,118	-0,425	-2,508
Y_{toplam}	0,272	-2,381	0,302	-2,521
Y_{sanayi}	-0,022	-2,208	-0,058	-2,208
Y_{hane}	0,795	-2,962	1,131	-2,881
$Y_{hizmetler}$	0,514	-1,103	0,486	-1,435
$Y_{ulaşım}$	-1,546	-3,571**	-1,545	-3,614**
PF	-2,650*	-2,407	-2,677*	-2,444
ΔE_{toplam}	-8,168***	-8,078***	-9,597***	-10,363***
ΔE_{sanayi}	-8,644***	-8,672***	-9,761***	-14,046***
ΔE_{hane}	-7,206***	-7,141***	-8,370***	-10,903***
$\Delta E_{hizmetler}$	-6,647***	-6,561***	-6,669***	-6,561***
$\Delta E_{ulaşım}$	-5,288***	-5,236***	-5,288***	-5,235***
ΔY_{toplam}	-6,607***	-6,589***	-6,607***	-6,654***
ΔY_{sanayi}	-5,539***	-5,493***	-5,450***	-5,394***
ΔY_{hane}	-6,842***	-6,821***	-8,362***	-9,488***
$\Delta Y_{hizmetler}$	-6,483***	-6,496***	-6,495***	-6,503***
$\Delta Y_{ulaşım}$	-5,649***	-5,650***	-5,646***	-5,651***
ΔPF	-6,317***	-6,379***	-6,317***	-6,379***

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 için istatistiki anlam düzeyini göstermektedir. Δ ise fark operatörünü temsil etmektedir.

Serilerin durağanlık dereceleri göz önüne alındığında, Engle-Granger ya da Johansen gibi geleneksel eşbütünleşme yöntemleriyle uzun dönemli tahminlerinin yapılamayacağı anlaşılmaktadır. Bunun temel sebebi, bu yöntemlerin sadece değişkenlerin birinci farklarında durağan olması durumunda uygulanabilir olmasıdır. Fakat, 2000’li yılların başında Pesaran vd.

(2001)'nin geliştirdiği ARDL Sınır Testi yöntemi ile farklı durağanlık derecelerine sahip değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin araştırılması mümkün hale gelmiştir. Bu çalışma da veri setimize uygunluğu sebebiyle bu yöntemi kullanmıştır.

Tablo 2: ARDL sınır testi sonuçları

Denklemler	Model	Test İstatistiği	Sonuç
$E_{toplam} = f(Y_{toplam}, PF)$	ARDL (1,1,0)	6,823**	Eşbütünleşme vardır.
$E_{sanayi} = f(Y_{sanayi}, PF)$	ARDL (2,3,0)	4,679*	Eşbütünleşme vardır.
$E_{hane} = f(Y_{hane}, PF)$	ARDL (1,1,0)	4,827*	Eşbütünleşme vardır.
$E_{hizmetler} = f(Y_{hizmetler}, PF)$	ARDL (1,0,4)	9,088***	Eşbütünleşme vardır.
$E_{ulaşım} = f(Y_{ulaşım}, PF)$	ARDL (1,1,1)	0,698	Eşbütünleşme yoktur.

Not: 45 gözlem sayısı için üst kritik değerler (%10, %5 ve %1 anlam düzeyinde) sırasıyla 4,347, 5,207 ve 7,197'dir ve Narayan (2005)'den elde edilmiştir. *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 için istatistiki anlam düzeyini göstermektedir. Her model otokorelasyon, değişen varyans ve normallik testlerinden sorunsuz bir şekilde geçmiştir.

Tablo 2'de kurulan beş model için eşbütünleşme ilişkisi sonuçları gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, sanayi, hane ve hizmetler sektöründe bahsi geçen değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkini olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte toplam enerji tüketiminin dikkate alındığı modelde de serilerin eşbütünleşik olduğu görölmüştür. Aksine, ulaşım sektöründe enerji tüketimi, gelir seviyesi ve petrol fiyatları arasında uzun dönemli bir ilişkinin olmadığı anlaşılmıştır. Bu aşamadan sonra, eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu modellerde, uzun dönemli katsayıların tahmininin yapılması ve hata düzeltme mekanizmasının kurulması gerekmektedir. Tablo 3 ve Tablo 4'te bu analizlerden elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3: Uzun dönem tahmin sonuçları

Bağımlı Değişken	$Y_{sektörel}$	PF
E_{toplam}	0,834***	-0,053*
E_{sanayi}	0,837***	-0,184*
E_{hane}	0,404***	-0,044
$E_{hizmetler}$	3,211***	-0,233*

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 için istatistiki anlam düzeyini göstermektedir.

Tablo 3'te modellere ait uzun dönem katsayıları gösterilmektedir. Ampirik bulgulara göre, dört modelde de talebin fiyat esnekliğinin negatif ve katı olduğu görölmektedir. Fakat, hane sektöründe tahmin edilen katsayının istatistiki olarak anlamsız olduğu görölmektedir. Fiyat esnekliğinin katı olması, enerji tüketiminin fiyattaki değişimlerden çok fazla etkilenmediğini göstermektedir. Bunun temel sebebi, enerjinin zorunlu mallar arasında yer alması olarak değerlendirilebilir. Diğer yandan, tüm modellerde talebin gelir esnekliğinin pozitif ve anlamlı olduğu görölmektedir. Özellikle hizmetler sektöründe hesaplanan katsayının diğer sektörlerin

çok üzerinde olduğu görülmektedir. Uzun dönemli sonuçlar değerlendirildiğinde, bu çalışmadan elde edilen bulguların beklentilerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 4: Hata düzeltme modeli sonuçları

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişkenler	Katsayılar
E_{toplam}	Sabit Terim	-3,641***
	ΔY_{toplam}	0,796***
	HDT	-0,318***
E_{sanayi}	Sabit Terim	-2,641***
	$\Delta E_{sanayi}(-1)$	-0,279**
	ΔY_{sanayi}	0,949***
	$\Delta Y_{sanayi}(-1)$	-0,293
	$\Delta Y_{sanayi}(-2)$	-0,550**
E_{hane}	HDT	-0,248***
	Sabit Terim	-0,190***
	ΔY_{hane}	0,326***
$E_{hizmetler}$	HDT	-0,265***
	Sabit Terim	-27,362***
	ΔPF	0,150**
	$\Delta PF(-1)$	0,309***
	$\Delta PF(-2)$	0,224***
$E_{hizmetler}$	$\Delta PF(-3)$	0,261***
	HDT	-0,366***

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 için istatistiki anlam düzeyini göstermektedir. Δ ise fark operatörünü temsil etmektedir.

Tablo 4'te sektörler için hata düzeltme modeli sonuçları yer almaktadır. Dört modelde de hata düzeltme teriminin olması gerektiği gibi negatif ve istatistiki olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani, uzun dönem dengesindeki herhangi bir sapma kısa bir süre sonra düzelmektedir; toplam tüketim modeli için 3 ayda, sanayi sektörü için 4 ayda, hane sektörü için yaklaşık 4 ayda, hizmetler sektörü için ise yaklaşık 3 ayda. Bununla birlikte, gelir seviyesindeki artışların toplam enerji tüketimi, sanayide kullanılan enerji miktarı ve hanede kullanılan enerji miktarı üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu görülmektedir. Ayrıca, dünya petrol fiyatındaki artışların hizmetler sektöründeki enerji talebini azaltmadığı; aksine artırdığı görülmüştür. Elde edilen bu son bulgu beklentilerle çelişmektedir.

3. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı 1971-2017 dönemi için Türkiye'nin petrol talebinin fiyat ve gelir esnekliklerini sektörel bazda tahmin etmektir. Bu amaç doğrultusunda, seriler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi tespit edebilmek için ARDL Sınır Testi yaklaşımından yararlanılmıştır. Elde edilen ampirik sonuçlara göre, sektörel bazda, sanayide, hanede ve hizmetlerde değişkenler arası uzun dönemli ilişki bulunmuştur. Bununla birlikte, ulaşım sektöründe ise bahsi geçen değişkenler arasında herhangi bir eşbütünleşme ilişkine rastlanmamıştır. Ayrıca, toplam enerji tüketimi, GSYİH ve dünya petrol fiyatlarının uzun dönemde eşbütünleşik olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, uzun dönemde enerji talebinin gelir esnekliği pozitif, fiyat esnekliği ise negatif olarak hesaplanmıştır. Fiyat esnekliğinin negatif ve katı olması enerji talebinin fiyattaki değişimlere sert tepki vermediğini ve zorunlu bir mal olduğunu göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, politika yapıcıların sektörel farklılıkları da göze alarak daha efektif enerji politikaları tasarlamasında ve yürürlüğe koymasında yol gösterici olacaktır. Bundan sonraki çalışmalarda, sektörel enerji talebinin fiyat ve gelir esnekliklerinin hesaplanmasında yapısal kırılmaların etkisi dikkate alınabilir. Özellikle petrol arzı krizlerinde ya da fiyat dalgalanmalarında esnekliklerin nasıl ve ne derecede etkilendikleri araştırmacılar tarafından üzerinde titizlikle durulması gereken konular arasında yer almaktadır.

KAYNAKÇA:

- Altınay, G. (2019). Enerji Tüketimi. Erdal Tanas Karagöl (Ed.), Enerji Ekonomisi – Politika, Piyasa ve Düzenleme içinde (s. 169-196). İzmit: Umuttepe Yayınları.
- Arisoy, I., & Ozturk, I. (2014). Estimating industrial and residential electricity demand in Turkey: A time varying parameter approach. *Energy*, 66, 959-964.
- Bose, R. K., & Shukla, M. (1999). Elasticities of electricity demand in India. *Energy Policy*, 27(3), 137-146.
- British Petroleum (2020). BP Statistical Review of World Energy June 2020. (Erişim Tarihi: 5 Kasım 2020).
- Burke, P. J., & Csereklyei, Z. (2016). Understanding the energy-GDP elasticity: A sectoral approach. *Energy Economics*, 58, 199-210.
- Campbell, A. (2018). Price and income elasticities of electricity demand: Evidence from Jamaica. *Energy Economics*, 69, 19-32.
- Cho, C. H., Chu, Y. P., & Yang, H. Y. (2011). Oil demand and energy security in Asian countries. *The Journal of Energy Markets*, 4(2), 27-42.
- Cooper, J. C. (2003). Price elasticity of demand for crude oil: Estimates for 23 countries. *OPEC Review*, 27(1), 1-8.

TCMB (2020). Elektronik Veri Dağıtım Sistemi, <https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket> (Erişim Tarihi: 1 Kasım 2020).

Gorus, M. S. (2020). Applicability of energy conservation policies in Turkey: A sectoral analysis through the Fourier approximation. *Energy Research Letters*, 1(4), Makale 17878.

Görüş, M. Ş., & Özgür, Ö. (2017). The determinants of oil demand: Evidence from Italy. *Hacettepe University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 35(4), 31-51.

Görüş, M. Ş., & Türköz, K. (2016). Türkiye'de petrol talebinin fiyat ve gelir esneklikleri: ARDL sınır testi ve nedensellik analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(1), 31-54.

Inglesi-Lotz, R., & Blignaut, J. N. (2011). Estimating the price elasticity of demand for electricity by sector in South Africa. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 14(4), 449-465.

Jobert, T., & Karanfil, F. (2007). Sectoral energy consumption by source and economic growth in Turkey. *Energy Policy*, 35(11), 5447-5456.

Kamerschen, D. R., & Porter, D. V. (2004). The demand for residential, industrial and total electricity, 1973–1998. *Energy Economics*, 26(1), 87-100.

Kar, M., & Kımık, E. (2008). Türkiye'de elektrik tüketimi çeşitleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ekonometrik bir analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 333-353.

Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37 (17), 1979-1990.

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.

Shin, C., Baek, J., & Heo, E. (2018). Do oil price changes have symmetric or asymmetric effects on Korea's demand for imported crude oil?. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 13(1), 6-12.

Şahbaz, A., & Yanar, R. (2013). Türkiye'de toplam ve sektörel enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin ekonometrik analizi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 50(575), 31-44.

Terzi, H. (1998). Türkiye'de elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: Sektörel bir karşılaştırma. *İktisat İşletme ve Finans*, 13(144), 62-71.

Usta, C., & Berber, M. (2017). Türkiye'de enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisinin sektörel analizi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(1), 173-187.



BÖLGESEL KONUT VE SANAYİ ELEKTRİK TÜKETİMİNİN BELİRLEYİCİLERİ ÜZERİNE MEKANSAL PANEL VERİ ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Arif İğdeli

Aksaray Üniversitesi / İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
arifigdeli@hotmail.com

ÖZET: Bu çalışmada bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicileri sabit etkiler mekansal panel veri yöntemi ile analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada ağırlık matrisi olarak komşuluk ilişkisine dayanan Vezir yöntemi tercih edilmiştir. Analiz bulgularında bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerini tespit üzere kurulan modellerde mekansal hata ve mekansal gecikmenin varlığı tespit edilmiştir. Düzey II bölgeleri arasındaki etkileşimi yansıtan mekansal hatanın ve mekansal gecikmenin varlığının tespit edilmesinin ardından araştırmanın modelleri sabit etkiler mekansal ekonometrik tahminciler ile analiz edilmişlerdir. Analiz bulguları bölgesel konut elektrik tüketimi komşu bölgelerin konut elektrik tüketiminden pozitif yönlü etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca analiz bulgularına göre gelir düzeyi, nüfus ve kentleşme düzeyinin bölgesel konut elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkisi var iken, elektrik fiyatının bölgesel konut elektrik tüketimi üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur. Bununla birlikte, analiz bulgularında bölgesel sanayi elektrik tüketiminin de komşu bölgelerin sanayi elektrik tüketiminden pozitif yönlü etkilendiğine rastlanılmaktadır. Gelir ve sanayileşme düzeyi bölgesel sanayi elektrik tüketimi üzerinde artırıcı etkiye sahipken, kentleşme, nüfus ve elektrik fiyatı bölgesel sanayi elektrik tüketimi üzerinde anlamlı etkiye sahip değildir. Analiz bulguları bölgesel konut elektrik tüketiminin en önemli belirleyişinin nüfus, bölgesel sanayi elektrik tüketiminin en önemli belirleyicisinin ise sanayileşme düzeyi olduğunu belirtmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bölgesel konut elektrik tüketimi, bölgesel sanayi elektrik tüketimi, mekansal ekonometri

SPATIAL DATA ECONOMETRICS ON THE DETERMINANTS OF REGIONAL RESIDENTIAL AND INDUSTRIAL ELECTRICITY CONSUMPTION

ABSTRACT: It is aimed to analyze the determinants of regional residential and industrial electricity consumption with fixed effects spatial panel data method in this research. Queen method, which is based on the neighborhood relationship, was preferred as the weight matrix in the research. The existence of spatial error and spatial delay was determined in the models established to determine the determinants of regional residential and industrial electricity consumption. After determining the existence of spatial error and spatial delay reflecting the interaction between NUTS II regions, the models of the research were analyzed with fixed effects spatial econometric estimators. Findings show that regional residential electricity consumption is positively affected by residential electricity consumption of the neighboring regions. In addition, according to the analysis findings, while income level, population and urbanization level have a positive effect on regional residential electricity consumption, electricity price does not have a significant effect on regional residential electricity consumption. However, in the analysis findings, it is observed that the regional industrial electricity consumption is also positively affected by the industrial electricity consumption of the neighboring regions. While income and industrialization level have an increasing effect on regional industrial electricity consumption, urbanization, population and electricity price do not have a significant effect on regional industrial electricity consumption. Findings indicate that the most important determinant of regional residential electricity consumption is population, and the most important determinant of regional industrial electricity consumption is the level of industrialization.

Key Words: Regional residential electricity consumption, Regional industrial electricity consumption, spatial econometrics

GİRİŞ

II. Dünya savaşından bu yana küresel enerji talebi artış eğilimindedir ve bu eğilimin 2035'e kadar üçte birden fazla artması beklenmektedir. Toplam enerji talebi, ulaşım, ticari, endüstriyel ve konut olmak üzere dört temel sektörle ilişkilidir. Bu sektörler arasından konut ve sanayi sektörleri çoğu ülke için enerjinin birincil tüketicileridir. Enerji Bilgi Ajansı enerjinin ana tüketicileri olan konut ve sanayi sektörünün temel kaynağının ise elektrik olduğunu belirtmektedir (Salari & Javid,2016:637-638). Elektrik gücü konut ve sanayi sektörlerinin temel enerji kaynağı olmasının yanında ekonomik kalkınmanın desteklenmesinde ve yaşam standartlarının iyileştirilmesinde önemli rol oynamakta ve modern toplum için vazgeçilmez olmaktadır. Belirli bir dönemde yerleşim yerleri ve endüstriler tarafından kullanılan toplam elektrik gücü, elektrik tüketimi olarak nitelendirilmektedir (Chunyang vd., 2012:126). Elektrik, iyi bir enerji taşıyıcı olması, teknolojik aletlerin güç kaynağı olması, temiz ve kolay kullanımının olması ve teknolojik aletler için depolanma özelliklerine sahip olması gibi diğer enerji türlerine göre üstün yanları vardır (Çalmaşur & İnan,2018: 72). Bu üstünlüklerinden dolayı diğer enerji türlerine göre daha fazla tercih edilen elektrik, eğitim ve halk sağlığının yanında beslenme, sıcaklık ve aydınlatma gibi temel insan ihtiyaçlarını karşılamaktadır (Khan & Abbas, 2017:1160). Bu yüzden, elektrik talebinin belirleyicileri üzerine yeterli bilgiye sahip olmak gelecek dönem elektrik talebinin projeksiyonu için çok önemlidir. Elektrik tüketiminin belirleyicilerinin elektrik tüketimine olan esneklikleri politikacılara iç tüketimi azaltmada ne tür politikalar uygulamaları konusunda ipuçları sunmaktadır (Jordan vd., 2014:950). Bu sebepten dolayı araştırmacılar elektrik tüketimini etkileyen faktörler üzerine odaklanmışlardır. Ekonomik, demografik ve iklimsel olmak üzere elektrik tüketimini etkileyen birçok boyut vardır. Ekonomik olarak gelir düzeyi, elektrik fiyatları ve sanayileşme düzeyinin de içerisinde yer aldığı faktörler elektrik talebi ile ilgilidir. Elektrik talebi ile ilgili demografik faktörler kentleşme, hanehalkı büyüklüğü ve nüfustur. Elektrik talebini etkileyen iklimsel faktörler ise soğuk ve sıcak gün sayısı, ortalama sıcaklık değerleridir (Al-Bajjali & Shamayleh,2018:1311; Blazques vd., 2013:649-650; Yaylacı vd.,2011:166).

Hanehalkı geliri ve elektrik fiyatı hanehalkı elektrik tüketiminin iki ana belirleyicisidir. Gelir ve elektrik fiyatıyla ilgili hanehalkı davranışları fayda maksimizasyonu ve tüketici rasyonelliğini içeren ekonomik teoriye dayanmaktadır (Salari & Javid,2016:638). Gelir düzeyinin elektrik tüketimi üzerindeki etkisi üç farklı kanal üzerinden açıklanmaktadır. Bu kanallardan ilki, üretimdeki büyümenin endüstriyel firmaları elektrik kullanımını arttırmaya teşvik ettiği üretim süreçleri için elektrik vazgeçilmez bir girdidir. Endüstriyel ve ulaşım

sektörleri ile elektrik tüketiminin artması ülkenin ekonomik büyümesinin hızının artırılmasını gerektirmektedir. İkincisi, ekonomik büyümenin sermaye birikimi ve elektrikle çalışan makineleri teşvik etmesinden dolayı üretim aktiviteleri genişlemiştir. Üçüncüsü, gelir düzeyinin yükselmesi sonucunda televizyon, klimalar, elektrikli ısıtıcılar, kişisel bilgisayarlar gibi elektrikli araçların kullanımının artması elektrik tüketiminin artmasına yol açmaktadır. Elektrik fiyatı elektrik tüketimi üzerinde belirsiz etkiye sahiptir. Elektrik fiyatının elektrik tüketimi üzerindeki etkisi ekonomik gelişmenin düzeyine ve alternatif enerji seçeneklerinin uygunluğuna bağlıdır (Khan & Abbas,2016:1168). Elektrik tüketimini etkileyen bir diğer faktör de kentleşme düzeyidir. Hanehalkları için kentsel alanda yaşamak elektrik şebekesine daha kolay ulaşma anlamına gelmektedir (Yin vd.,2016:2589). Kısacası kentleşme, elektriğe daha fazla erişimi ve elektrikli aletlerin değiştirilmesi için daha yüksek talebi ima eder. Bu faktörler yüzünden kentleşmenin elektrik tüketimi üzerinde artırıcı etkisi olması beklenmektedir Elektrik tüketimi üzerinde etkisi olan bir diğer demografik faktör de nüfustur. Daha fazla nüfusa sahip olan bir bölge daha fazla elektrik tüketecek ve dolayısıyla nüfusun elektrik tüketimi üzerindeki etkisi pozitif yönlü olacaktır (Su, 2020:741). Hanehalkı büyüklüğü ve elektrik tüketimini etkileyen bir diğer demografik faktördür. Modern toplumda dikkate değer bir eğilim hanehalkı büyüklüğünün gittikçe küçülmesidir ki bu durumun elektrik tüketimi üzerinde artırıcı etkisi vardır. Bunun nedeni hanehalkı büyüklüğünün küçülmesinin daha fazla konut yeri ve daha fazla elektrikli araçların kullanılması anlamına gelmektedir (Yin vd., 2016:2589). Konut ve sanayi elektrik tüketimi bölgeler arasında farklılık göstermektedir. Bu farklılığın temel nedeni konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerinin bölgenin sosyo-ekonomik, demografik ve iklimsel özelliklerinden etkilenmesidir (Salari & Javid, 2016:638).

Bölgenin sosyo-ekonomik yapısının yanı sıra komşu bölgelerin sosyo-ekonomik yapıları da bölgenin konut ve sanayi elektrik tüketimini etkileyebilmektedir. Bu etki iki farklı şekilde ortaya çıkmaktadır. İlki, elektrik tüketim davranışında ve elektrikli cihazların benimsenmesinde mekânsal yayılma etkisi oluşturan komşuları taklit etme yetisi iken, ikincisi bir bölgede yaşayan ancak komşu bölgede çalışanların varlığıdır (Blazques Gomez vd., 2013:558). Bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerini mekânsal etkileşimlerden etkilenip etkilenmediğinin tespiti bu araştırmanın motivasyon unsurudur. Bu temel motivasyona bağlı olarak araştırmanın iki temel amacı vardır. Bu amaçlardan ilki bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerinde mekânsal etkisinin varlığının test edilmesidir. İkincisi ise bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerinin mekansal panel veri yöntemi ile analiz edilmesi ve karşılaştırılmasıdır. Araştırmanın amaçlarına bağlı olarak bölgesel konut ve sanayi tüketiminin belirleyicileri Türkiye'nin Düzey II bölgeleri örneğinde 2007-2018 dönemi için sabit etkiler mekansal panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir.

Motivasyon ve amaçları kapsayan giriş bölümü hariç araştırma üç bölümden oluşmaktadır. Girişi takip eden ikinci bölümde araştırmaya rehberlik eden literatür ve araştırmanın literatürden farkları sunulmaktadır. Ardından ikinci bölümde araştırmaya ilişkin veri, model ve yöntem tanıtılmaktadır. Üçüncü bölümde ampirik bulgular tablolar eşliğinde sunulmakta ve yorumlanmaktadır. Son olarak sonuç bölümünde ampirik bulgular doğrultusunda değerlendirmelerde bulunulmakta ve politika önerileri sunulmaktadır.

1. LİTERATÜR

İktisadi literatürde elektrik tüketiminin belirleyicilerine yönelik çok sayıda araştırma vardır. Literatürdeki araştırmalar arasından Altıntaş & Koçbulut (2014), Kwakwa (2017), Al-Bajjali & Shamayleh (2018) gibi araştırmalar elektrik tüketiminin belirleyicilerinin tespitinde makroekonomik verilerden faydalanırlarken, Arimah (1993), Blazques vd. (2013), Akarsu (2017) gibi araştırmalar elektrik tüketiminin belirleyicilerinde bölgesel verilerden faydalanmışlardır. Ayrıca literatürde Yaylacı vd. (2011), Xai & Hu (2012), Altıntaş ve Koçbulut (2014) gibi araştırmacılar toplam elektrik tüketiminin belirleyicilerini incelerlerken, Blazques Gomez vd. (2013), Jordan vd. (2014), Liao vd. (2017) gibi araştırmacılar konut elektrik tüketimini belirleyen faktörleri incelemişlerdir.

Tablo 1: Literatür Özeti

Yazar	Dönem ve Örneklem	Yöntem	Bulgular
Arimah (1993)	1985-1989 Nijerya (21 Eyalet)	Yatay kesit veri analizi	Bulgulara göre konut elektrik tüketiminde mekânsal değişimin temel belirleyicileri kentleşme düzeyi, gelir ve nüfustur. Ayrıca bulgular ticari elektrik tüketiminin ana belirleyicisinin ticari faaliyet düzeyi, endüstriyel elektrik tüketiminin ana belirleyicisinin ise imalat faaliyet düzeyi, kişi başı dâhili üretilen gelir, yerleşim alanı ve Kainji barajına olarak uzaklık olduğunu göstermektedir.
Yaylacı vd. (2011)	2006 Türkiye (Düzey III)	Mekansal ekonometrik analiz	Bulgular Türkiye'nin doğu ve batı bölgeleri arasındaki elektrik tüketim modellerinde önemli bir fark olduğunu göstermektedir. Ayrıca bulgulara göre elektrik tüketiminde yüksek talep kümelenmeleri Türkiye'nin kuzey batı bölgesinde yer alırken, düşük talep kümelenmeleri Türkiye'nin Doğu Anadolu ve kuzey doğusundaki bölgelerde yer almaktadır.
Chunyang (2012)	vd. 1995-2008 Çin (Düzey III)	Mekansal ekonometri analiz	Bulgular Çin'in çoğu bölgesindeki elektrik gücü tüketimi, belirgin zamansal ve mekansal varyasyonlarla düşük ila orta seviyelerde iken, yüksek seviyeli elektrik gücü tüketimi Çin'in doğusundaki bölgelerde yoğunlaşmıştır
Xai ve Hu (2012)	2009 Çin (Düzey III)	Panel veri analizi	Bulgulara göre kentleşmenin elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkisi var iken, yasal düzenlemeler ve elektrik fiyatının negatif yönlü etkisi vardır. Ayrıca endüstriyel yapı, elektrik tüketim yoğunluğu ile kaynak donanımı arasındaki bağlantının dolaylı yönünü açıklayabilecek bir ara bağlantı

				olarak görülmektedir.
Yu (2012)		1988-2007 Çin (30 şehir)	Mekansal panel veri analizi	Araştırma bulgularına göre kişi başına gelir, ulaşım alt yapısı, piyasalaşma düzeyi, enerji yoğunluğunu azaltırken, ağır endüstrilerin toplam endüstriler içerisindeki payı, kömür tüketiminin toplam enerji tüketimindeki payı enerji yoğunluğunu artırmaktadır.
Blazques (2013)	vd.	2000-2008 İspanya (47 şehir)	Dinamik panel veri analizi	Bulgulara göre konut elektrik tüketiminin gecikmesinin, gelirin, nüfusun ve sıcak gün sayısının konut elektrik tüketimi üzerinde artırıcı etkisi var iken, elektrik fiyatı, hanehalkı büyüklüğü ve gaz erişim imkanının konut elektrik tüketimi üzerinde negatif yönlü etkisi vardır.
Blazques Gomez (2013)	vd.	2001-2010 İspanya (46 şehir)	Mekansal panel veri analizi	Bulgular nispeten düşük gelir esnekliği ve çok düşük fiyat esnekliğini göstermektedir. Ayrıca bulgulara göre komşu iller arasında konut elektrik tüketimindeki değişimin yüksek bir mekansal bulaşma etkisinin yaygınlığı vardır. Bununla birlikte bulgular gelir, nüfus ve soğuk gün sayısının konut elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkisi olduğunu, elektrik fiyatı, gaz etkinliği ve sıcak gün sayısının da konut elektrik tüketimi üzerinde negatif yönlü etkisi olduğunu göstermektedir.
Jordan (2014)	vd.	1998-2009 İspanya (18 bölge)	Dinamik panel veri analizi	Araştırma bulgularına göre konut elektrik tüketiminde en belirleyici faktör konut elektrik tüketiminin gecikmeleridir. Ayrıca bulgular konut elektrik tüketiminin gecikmesi, gelir düzeyi, sıcaklık aralığı, sıcak ve soğuk gün sayısı, elektrikli su ısıtıcı kullanma yüzdesinin konut elektrik tüketimi üzerinde artırıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bulgularda elektrik fiyatı, gaz fiyatı, elektrikli ısıtıcı kullanma yüzdesi ve en az bir üyesi 64 yaş üstü olan hanehalkının yüzdesinin ise konut elektrik tüketimi üzerinde azaltıcı etkisi gözlenmektedir.
Altıntaş Koçbulut (2014)	ve	1960-2011 Türkiye	ARDL testi	Bulgulara göre ekonomik büyüme, ihracat ve yatırım uzun dönemde elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkiye sahiptir.
Latif (2015)		1983-2010 Kanada (Düzy III)	Panel veri analizi	Bulgular elektrik tüketimi, gelir ve elektrik fiyatı arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını göstermektedir. Ayrıca bulgulara göre gelirin elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkisi, elektrik fiyatının ise elektrik tüketimi üzerinde negatif yönlü etkisi vardır.
Khan ve Abbas (2016)		1978-2012 Pakistan'da toplam ve altı farklı sektör	Panel eşbütünleşme analizi	Bulgulara göre gelir ve enerji dışı ürünlerin uzun dönemde toplam ve sektörel düzeyde elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkiye sahiptir. Ayrıca bulgular elektrik fiyatının toplam ve sektörel düzeyde uzun dönemde elektrik tüketimi üzerinde negatif yönlü etkisi olduğunu göstermektedir.
Salari ve Javid (2016)		2005-2013 Birleşik Devletler (51 eyalet)	Statik ve dinamik panel veri analizi	Bulgulara göre gelir, bina yaşı ve soğuk gün sayısı konut elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkiye sahip iken, hanehalkı büyüklüğü, eğitim düzeyi, elektrik fiyatı ve sıcak gün sayısının ise konut elektrik tüketimi üzerinde negatif yönlü etkiye sahiptir.
Yin vd. (2016)		2005-2010 Çin (27 şehir)	Statik ve dinamik panel veri analizi	Bulgulara göre gelir, kişi başına düşen yaşam yeri, hanehalkı büyüklüğü, konut elektrik tüketiminin gecikmeleri ve kentleşme konut elektrik tüketimini pozitif yönlü etkilerken, elektrik fiyatını konut elektrik tüketimini negatif yönlü etkilemektedir.
Akarsu (2017)		1990-2001 Türkiye (Düzy III)	Mekansal veri analizi	Bulgular, bölgeler arasında mekansal yayılma etkilerinin varlığını göstermektedir. Bulgulara göre elektrik tüketiminin gecikmeleri, kentleşme, gelir ve komşu bölgelerin elektrik

	1990-2011 Türkiye (Düzey II)		tüketimi elektrik tüketimini pozitif yönlü etkiler iken, elektrik fiyatı elektrik tüketimini negatif yönlü etkilemektedir.
Kwakwa (2017)	1971-2012 Mısır	Eşbütünleşme testleri, FMOLS ve CCR tahmincileri	Bulgular elektrik tüketimi, elektrik fiyatı, gelir, kentleşme, finansal gelişme, karbon emisyonu, ticaret ve eğitim arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını göstermektedir. Ayrıca bulgulara göre gelir, kentleşme finansal gelişme, ticaret ve eğitim elektrik tüketimini pozitif yönlü etkilerken, sanayileşme düzeyi elektrik tüketimini negatif yönlü etkilemektedir. Bununla birlikte bulgularda fiyat ve karbon emisyonun elektrik tüketimi üzerinde anlamlı etkisi tespit edilmemiştir.
Liao vd. (2017)	1995-2014 Çin (30 şehir)	Dinamik panel veri analizi	Tahmin bulguları 2016-2020 döneminde gelişmiş şehirlerdeki konut elektrik tüketiminde artışın yavaşlayacağını ancak daha az gelişmiş şehirlerde ise konut elektrik tüketimindeki artışın devam edeceğini göstermektedir.
Al-Bajjali ve Shamayleh (2018)	1986-2015 Ürdün	Johansen eş bütünleşme testi ve vektör hata düzeltme modeli	Bulgulara göre gelir, kentleşme, ekonominin yapısı ve toplam su tüketiminin elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkisi var iken, elektrik fiyatının elektrik tüketimi üzerinde negatif yönlü etkisi vardır.
Akarsu ve Berke (2020)	1986-2013 Türkiye (Düzey III)	Mekansal panel veri	Sonuçlar, koşullu yakınsamayı belirlemek için uygulanan modele göre farklı sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir.
Cabral vd. (2020)	2008:M1-2018M12 Brezilya (5 bölge)	Dinamik mekansal panel veri analizi	Bulgulara göre elektrik tüketiminin gecikmesi, elektrik fiyatı, şebekeye bağlı hane sayısı ve ortalama sıcaklığın elektrik tüketimini pozitif yönlü etkilerken; elektrik fiyatı ise elektrik tüketimini negatif yönlü etkilemektedir.
Lin ve Shu (2020)	2006-2015 Çin (30 şehir)	Marjinal maksimum olasılık tahmincisi	Bulgulara göre kişi başı gelir, nüfus, ikincil sanayi oranı, kentleşme düzeyinin elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkisi var iken, elektrik fiyatının elektrik tüketimi üzerinde negatif yönlü etkisi vardır. Ayrıca bulgular endüstriyel yapının optimizasyonunun elektrik tüketim verimliliğindeki iyileşmeye katkıda bulunduğunu göstermektedir.
Su (2020)	1998-2018 Tayvan (21 şehir)	Panel veri analizi	Bulgulara göre elektrik talebini belirleyen faktörlerin kırsal ve kentsel bölgeler arasında farklılık göstermektedir. Bulgular nüfus, gelir, klima sayısı, soğuk gün sayısı, klima sayısı ve düşük gelire sahip olan hanehalkının yüzdesi elektrik tüketimini pozitif yönlü etkilerken, elektrik fiyatı ve hanehalkı büyüklüğü elektrik tüketimini negatif yönlü etkilemektedir.

Literatür incelendiğinde bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerinin analizinde yatay kesit, panel veri ve mekânsal panel veri yöntemlerinin tercih edildiği görülmektedir. Mekansal panel veri analizinin tercih edildiği bu araştırma iki nedenden dolayı literatürden farklılaşmaktadır. Bu nedenlerden ilki, bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerinin Türkiye Düzey II bölgelerinde ilk defa incelenecek olmasıdır. İkincisi, bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerinin analizinde bölgeler arasındaki mekânsal etkileşimi de dikkate alan mekânsal panel veri yönteminin kullanılacak olmasıdır.

2. VERİ, YÖNTEM VE MODEL

Literatür, bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicileri olarak bir çok faktöre dikkat çekmektedir. Gelir düzeyi, elektrik fiyatı, gaz fiyatı, kentleşme düzeyi, nüfus, hanhalkı büyüklüğü, sıcak ve soğuk gün sayısı literatürde en yaygın kullanılan faktörlerdendir. Bu faktörlerden gaz fiyatı ve hanhalkı büyüklüğünün 2010 yılından önceki verilerine erişilememesinden dolayı bu değişkenler araştırmanın modelinde yer almamaktadır. Ayrıca soğuk ve sıcak gün sayısının bölgesel verilerine ulaşamamasından dolayı bu değişken araştırmanın modeline dâhil olamamıştır. Araştırmanın analizinde kullanılan değişkenlerin kısaltmaları, tanım ve kaynakları Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Değişkenlerin Tanım ve Kaynakları

Değişkenler	Tanım	Kaynak
<i>lres</i>	Düzen II bölgelerinde konut elektrik tüketimi	TUİK
<i>lindet</i>	Düzen II bölgelerinde sanayi elektrik tüketimi	TUİK
<i>lgdp</i>	Düzen II bölgelerinde kişi başına gelir düzeyi	TUİK
<i>lpri</i>	Düzen II bölgelerinde elektrik fiyatı	TUİK
<i>lpop</i>	Düzen II bölgelerinin nüfusu	TUİK
<i>lurb</i>	Düzen II bölgelerinde kentleşme düzeyi	TUİK
<i>lind</i>	Düzen II bölgelerinde sanayileşme düzeyi	TUİK

Tablo 2’deki değişkenler logaritmik formları ile araştırmada kullanılmıştır. Değişkenlerin logaritmik formları ile kullanılması analizde tahmin edilen katsayıların doğrudan esneklik ölçüleri olarak yorumlanmasını sağlar. Ayrıca değişkenlerin logaritmasının alınması değişen varyans oluşumunu azaltmakta ve parametre tahminlerinin etkinliğini artırmaktadır (Arimah, 1993: 73). Türkiye’nin Düzen II bölgelerinin konut ve sanayi elektrik tüketiminin 2007 yılından önceki ve 2018 yılından sonraki verilerine erişilememesinden dolayı araştırmanın dönemi 2007-2018 olarak belirlenmiştir. 2007-2018 dönemi için Türkiye’nin Düzen II bölgeleri örnekleminde konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicileri mekânsal panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Analizde kullanılan modeller aşağıda sunulmaktadır.

$$\text{Model 1: } lres_{it} = \beta_0 + \rho \sum_{j=1}^{26} W_{ij} lres_{it} + \beta_1 lgdp_{it} + \beta_2 lpri + \beta_3 lpop_{it} + \beta_4 lurb_{it} + \varepsilon_{it} , \\ \varepsilon_{it} = \lambda W \mu \quad (1)$$

$$\text{Model 2: } lindet_{it} = \beta_0 + \rho \sum_{j=1}^{26} W_{ij} lres_{it} + \beta_1 lgdp_{it} + \beta_2 lpri + \beta_3 lpop_{it} + \beta_4 lurb_{it} + \beta_5 lind_{it} + \varepsilon_{it} , \quad \varepsilon_{it} = \lambda W \mu \quad (2)$$

Model 1, bölgesel konut elektrik tüketiminin belirleyicilerini incelemek üzerine kurulurken, Model 2 bölgesel sanayi elektrik tüketiminin belirleyicileri incelemek üzerine kurulmuştur.

Modellerde yer alan ρ sembolü mekânsal gecikmeyi, λ sembolü mekânsal hata terimini temsil etmektedir. (1) ve (2) nolu eşitlikteki W ise komşuluk ilişkisine dayanan Vezir ağırlık matrisidir. Bağımsız bir değişkendeki değişim etkisinin bölgeler arasında doğrudan ve dolaylı yollardan izin vermesinden ve bölgeler arasındaki mekansal etkileşimi yakalamasından dolayı araştırmanın modellerinin analizinde sabit etkiler mekansal panel veri yöntemi tercih edilmiştir. Sabit veya tesadüfi bir model aracılığıyla gözlenmemiş heterojenliği dikkate alan mekansal panel verinin tahmininde Genel Momentler Yöntemi (GMM) ve Maksimum Olabilirlik (ML) yaklaşımları kullanılmaktadır. Genellikle araştırmalarda sıklıkla ML, GMM'e tercih edilmektedir (Blazques Gomez vd.,2013: 559-560). Bu çalışmada da ML yaklaşımına dayanan sabit etkiler mekansal panel veri yöntemi kullanılmıştır.

3.AMPİRİK BULGULAR

Sabit etkiler mekansal panel veri analizinin ilk aşamasında ağırlık matrisi modellerin içine dâhil edilir. Ardından ağırlık matrisin dâhil edildiği modeller en küçük kareler tahmincisi ile analiz edilmektedir. En küçük kareler tahmin bulgularında mekansal etkinin varlığı LM ve dirençli LM testleri ile sınanmıştır. LM ve dirençli LM testlerinin bulguları Tablo 3'te raporlanmaktadır.

Tablo 3. Mekansal Bağımlılık Test Sonuçları

LM Testleri	Model 1		Model 2	
	İst. değeri	Olasılık	İst. değeri	Olasılık
LM_G	40.810	0.001	3.132	0.077
LM_G^*	1.260	0.261	5.541	0.019
LM_H	119.99	0.000	7.040	0.007
LM_H^*	80.441	0.000	9.448	0.002

Not:* LM testinin dirençli formunu temsil etmektedir.

LM test bulgularına göre %5 anlamlılık düzeyinde Model 1 için mekansal gecikme ve mekansal hatanın varlığı tespit edilirken, Model 2 için sadece mekansal hatanın varlığı tespit edilmektedir. Dirençli LM test bulguları ise %5 anlamlılık düzeyinde Model 1 ve Model 2'de mekansal gecikme ve mekansal hatanın varlığını göstermektedir. LM ve dirençli LM testi bulguları Model 1 ve Model 2 için iki yöntemin de uygun olduğuna işaret etmektedir. En küçük kareler, sabit etkiler mekansal gecikme ve sabit etkiler mekansal hata tahmin sonuçları Tablo 4'te raporlanmaktadır.

Tablo 4. Mekansal Analiz Bulguları

Değişken	Model 1	Model 2
	Bağımlı değişken: lres	Bağımlı değişken: lindet

	OLS	Lag-SE	Err-SE	OLS	Lag-SE	Err-SE
<i>lgdp_{it}</i>	0.469*** (15.257) [0.031]	0.138*** (4.88) [0.028]	0.242*** (10.11) [0.024]	0.363*** (4.950) [0.073]	0.298*** (5.34) [0.056]	0.299*** (6.76) [0.044]
<i>lurb_{it}</i>	-0.198** (-2.229) [0.089]	0.078* (1.87) [0.042]	0.132*** (2.98) [0.045]	-0.443** (-2.152) [0.206]	0.011 (0.15) [0.077]	0.044 (0.54) [0.081]
<i>lpop_{it}</i>	1.092*** (40.983) [0.027]	0.552*** (3.75) [0.147]	0.642*** (4.20) [0.169]	0.697*** (11.380) [0.061]	0.259 (0.97) [0.267]	0.409 (1.46) [0.279]
<i>lpri_{it}</i>	-0.088 (-0.826) [0.106]	0.024 (0.70) [0.035]	0.027 (0.46) [0.059]	0.142 (0.581) [0.244]	0.101 (1.61) [0.063]	0.110 (1.40) [0.079]
<i>lind_{it}</i>				2.453*** (26.887) [0.094]	0.587*** (5.54) [0.106]	0.685*** (5.96) [0.115]
λ			0.420*** (6.42) [0.065]		0.083 (1.06) [0.084]	
Rho		0.380*** (5.75) [0.066]				0.217*** (2.59) [0.084]
LR		391.318***	393.686***		214.395***	216.926***

Not: Asimptotik t istatistik değerleri parantez içerisinde, standart hata değerleri kapalı parantez içerisinde verilmiştir. LR ise olabilirlik oranını, λ mekânsal gecikme terimini, rho mekânsal hata terimini temsil etmektedir. *, **, *** sırasıyla %10, %5, %1 anlamlılık düzeyini temsil etmektedir.

Tablo 4'e göre Model 1 için bölgeler arasındaki etkileşimi yansıtan mekansal hata terimi pozitif değer almaktadır. Bu bir bölgedeki elektrik tkretimini komşu bölgedeki elektrik tkretimi üzerinde artırıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca Tablo 4'e göre %5 anlamlılık düzeyinde gelir, kentleşme ve nüfusun bölgesel konut elektrik tkretimi üzerinde pozitif yönlü etkisi vardır. Analiz bulgularında elektrik fiyatının bölgesel konut elektrik tkretimi üzerinde anlamlı bir etkisine rastlanılamamıştır. LR test bulguları klasik yönteme göre mekansal hata yönteminin daha uygun olduğunu belirtmektedir. Model 1 için elde edilen mekansal gecikme tahmin bulguları mekansal genel itibariyle mekansal hata bulgularını desteklemektedir. Tahmin bulguları arasındaki tek fark kentleşmenin bölgesel konut elektrik tkretimi üzerindeki etkinin anlamlılık düzeyidir.

Tablo 4'e göre Model 2 için bölgeler arasında mekansal etkileşimi yansıtan mekansal hata terimi pozitif değer almaktadır. Bu, bir bölgedeki sanayi elektrik tkretimini komşu bölgelerdeki sanayi elektrik tkretimi üzerinde artırıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Tablo 4'e göre gelir düzeyi ve sanayileşme düzeyi bölgesel sanayi elektrik tkretimini pozitif yönlü etkilemektedir. Bununla birlikte, analiz bulgularında kentleşme, nüfus ve elektrik

fiyatının bölgesel sanayi elektrik tüketim üzerinde anlamlı etkisi tespit edilememiştir. LR testi bulgusu Model 2 için mekansal hata tahmincisinin klasik yöntemle göre daha tutarlı sonuçlar vereceğini göstermektedir. Model 2 için elde edilen mekansal gecikme tahmin bulguları mekansal mekansal hata bulguları ile benzeşmektedir.

Bölgesel konut elektrik tüketiminin en önemli belirleyicisi nüfus iken, bölgesel sanayi elektrik tüketiminin en önemli belirleyicisi sanayileşme düzeyidir. Bölgeler arasındaki etkileşimi yansıtan mekansal hata terimi bölgesel konut sanayi elektrik tüketimine göre bölgesel sanayi elektrik tüketiminde daha belirgindir. Model 1 ve Model 2'nin en küçük kareler ve sabit etkiler mekansal hata tahmincilerinin bulgularının karşılaştırılması sonucunda gözlenen farklılıklar mekansal etkiyi ihmal etmenin tutarsız ve yanlış tahminlere yol açacağını göstermektedir. Sabit etkiler mekansal hata yöntemi ile bölgesel konut elektrik tüketiminin belirleyicilerinin analiz edilmesinin ardından gelir düzeyi, kentleşme, nüfus ve elektrik fiyatının bölgesel konut elektrik tüketimi üzerindeki etkilerinin doğrudan ve dolaylı olarak ayrılması Tablo 5'te özetlenmektedir.

Tablo 5. Doğrudan ve Dolaylı Etkiler

Değişken	Doğrudan etkiler	Dolaylı Etkiler	Toplam Etki
$lgdp_{it}$	0.143*** (5.21) [0.027]	0.078*** (5.39) [0.015]	0.220*** (6.81) [0.032]
$lurb_{it}$	0.082* (1.84) [0.045]	0.048 (1.56) [0.030]	0.130* (1.77) [0.073]
$lpop_{it}$	0.582*** (4.05) [0.144]	0.327*** (2.87) [0.114]	0.909*** (3.87) [0.235]
$lpri_{it}$	0.025 (0.68) [0.037]	0.014 (0.64) [0.022]	0.039 (0.67) [0.057]

Not: Asimptotik t istatistik değerleri parantez içerisinde, standart hata değerleri kapalı parantez içinde verilmiştir. *, **, *** sırasıyla %10, %5, %1 anlamlılık düzeyini temsil etmektedir.

Tablo 5'e göre gelir düzeyi ve nüfusun bölgesel konut elektrik tüketimi üzerinde doğrudan ve dolaylı anlamlı etkisi vardır. Tablo 5, bölgesel konut elektrik tüketiminin komşu bölgelerin nüfusundan da önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Komşu bölgelerin nüfusunun yanında gelir düzeyleri de bölgesel konut elektrik tüketimi üzerinde zayıf pozitif yönlü etkisi vardır. Tablo 5'te sabit etkiler mekansal gecikme tahmin bulgularına göre de %5 anlamlılık düzeyinde komşu bölgelerin kentleşme düzeylerinin ve elektrik fiyatlarının bölgesel konut elektrik tüketimi üzerinde anlamlı etkisi yoktur.

4. SONUÇ

Modern toplumlar için vazgeçilmez bir konumda olan elektrik enerjisi konut, sanayi, ulaşım ve ticari olmak üzere dört sektörde kullanılmaktadır. Bu sektörler arasından konut ve sanayi sektörlerinde diğer sektörlerle göre daha fazla elektrik kullanılmaktadır. Sosyo-ekonomik kalkınma ve yaşam gereksinimlerin karşılanmasında da önemli rolü olan konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerinin bilinmesi politika yapıcılar için önem arz etmektedir. Literatürdeki araştırmalar konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicileri olarak gelir düzeyi, elektrik fiyatı, gaz fiyatı, nüfus, kentleşme ve sanayileşme düzeyi, hanehalkı büyüklüğü, sıcak ve soğuk gün sayısı gibi faktörleri tespit etmişlerdir. Ancak elektrik tüketiminin belirleyicileri bölgeler arasında değişkenlik göstermektedir. Bu bağlamda araştırmada Türkiye'nin Düzey II bölgeleri bazında 2007-2018 dönemi için konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicileri sabit etkiler mekansal panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir.

Analizin ilk aşaması olan LM testi bulgularına göre bölgesel konut ve sanayi elektrik tüketiminin belirleyicilerini inceleyen modellerde mekansal hata ve mekansal gecikmenin tespit edilmiştir. Bölgeler arasındaki etkileşimi temsil eden mekansal hata ve mekansal gecikmenin tespit edilmesinin ardından araştırmanın modelleri sabit etkiler mekansal hata ve sabit etkiler mekansal gecikme tahmincileri ile analiz edilmiştir. Analiz bulgularına göre Model 1 ve Model 2 için bölgeler arasındaki etkileşimi yansıtan mekansal hata katsayıları pozitifdir. Bu durum bir bölgedeki konut ve sanayi elektrik tüketiminin komşu bölgelerdeki konut ve sanayi elektrik tüketimlerinden pozitif yönlü etkilendiğini ima etmektedir. Ayrıca analiz bulgularına göre gelir düzeyi, nüfus ve kentleşmenin bölgesel konut elektrik tüketimi üzerinde pozitif yönlü etkisi var iken, elektrik fiyatının bölgesel elektrik tüketimi üzerindeki anlamlı etkisi yoktur. Bununla birlikte analiz bulgularına göre gelir ve sanayileşme düzeyinin bölgesel sanayileşme üzerinde pozitif yönlü etkisi var iken, nüfus, kentleşme ve elektrik fiyatının bölgesel sanayi elektrik tüketimi üzerinde anlamlı etkisi yoktur.

Araştırma bulguları doğrultusunda bölgesel konut elektrik tüketimiyle ilgili gelecek projeksiyonu hazırlamaktan sorumlu olan politika yapıcılara bölgelerin nüfuslarını, gelir düzeyleri ve mekansal etkileşimleri dikkate alması önerilmektedir. Ayrıca politika yapıcılarının hazırlayacağı bölgesel sanayi elektrik tüketiminin gelecek projeksiyonunda bölgelerin gelir ve sanayileşme düzeylerinin dikkate almaları önerilmektedir.

KAYNAKÇA:

- Akarsu, G. (2017). Analysis of regional electricity demand for Turkey, *Regional Studies*, 4(1), 32-41.
- Akarsu, G., & Berke, B. (2020). Convergence of electricity consumption in Turkey: Spatial panel data analysis, *Panoeconomicus*, 67(2), 241-256.
- Al-Bajjali, S. K., & Shamayleh, A. Y. (2018). Estimating the determinants of electricity consumption in Jordan, *Energy*, 147, 1311-1320.
- Altıntaş, H., & Koçbulut, Ö. (2014). Türkiye’de elektrik tüketiminin dinamikleri ve ekonomik büyüme: Sınır testi ve nedensellik analizi, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, 37-65.
- Arimah, B. C. (1993). Electricity consumption in Nigeria: A spatial analysis, *OPEC review*, 17(1), 63-82.
- Blazques Gomez, L.M., Filippini, M., & Heimsch, F. (2013). Regional impact of changes in disposable income on Spanish electricity demand: A spatial econometric analysis, *Energy Economics*, 40, 558-566.
- Blazques, L., Boogen, N., & Filippini, M. (2013). Residential electricity demand in Spain: New empirical evidence using aggregate data, *Energy Economics*, 36, 648-657.
- Cabral, J. A., Cabral, M. V. F., & Junior, A. O. P. (2020). Elasticity estimation and forecasting: An analysis of residential electricity demand in Brazil, *Utilities Policy*, 66, 1-8
- Çalmaşur, G., & İnan, K. (2018). Hanehalkı elektrik talebini etkileyen faktörler: Türkiye üzerine bir uygulama, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 52, 71-92.
- Chunyang, H., Qun, M. Tong, L. Yang, Y., & Zhifeng, L. (2012). Spatiotemporal dynamics of electric power consumption in Chinese Mainland from 1995 to 2008 modeled using DMSP/OLS stable nighttime lights data, *Journal of Geographical Sciences*, 22(1), 125-136.
- Khan, M. A., & Abbas, F. (2016). The dynamics of electricity demand in Pakistan: A panel cointegration analysis, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 1159-1178.
- Kwakwa, P. A. (2017). Electricity consumption in Egypt: A long run analysis of its determinants. *OPEC Energy Review*, 41(1), 3-22.
- Liao, H., Liu, Y., Gao, Y., Hao, Y., Ma, X., & Wang, K. (2017). Forecasting residential electricity demand in provincial China, *Environmental Science Pollution Research*, 24, 6414-6425.
- Lin, B., & Zhu, J. (2020). Chinese electricity demand and electricity consumption efficiency: Do the structural changes matter?, *Applied Energy*, 262, 1-9.
- Romero-Jordan, D., Penasco, C., & Rio, P. (2014). Analysing the determinants of households electricity demand in Spain: An econometric study, *Electrical Power and Energy Systems*, 63, 950-961.
- Salari, M., & Javid, R. J. (2016). Residential energy demand in the United States: Analysis using static and dynamic approaches, *Energy Policy*, 98, 637-649.
- Su, Y. (2020). Residential electricity demand in Taiwan: The effects of urbanization and energy poverty, *Journal of the Asia Pacific Economy*, 25(4), 733-756.

Xia, X. H., & Hu, Y. (2012). Determinants of electricity consumption intensity in China: Analysis of cities at subprovince and prefecture levels in 2009, *The Scientific World Journal*, 1-11.

Yaylacı, E. D., Ismaila, A. B., Uşkay, O., & Düzgün, Ş. (2011). Spatial analyses of electricity consumption in Turkey for effective energy management and policy- making in. *Implementing environmental and Resource Management içinde* (153-168). Berlin: Springer.

Yin, H., Zhou, H., & Zhu, K. (2016). Long and short-run elasticities of residential electricity consumption in China: A partial adjustment model with panel data, *Applied Economics*, 48(28), 2587-2599.

Yu, H. (2012). The influential factors of China's regional energy intensity and its spatial linkages: 1988-2007, *Energy Policy*, 45, 583-593.



NET-SIFIR KARBON EMİSYON HEDEFİ: CIVETS ÜLKELERİ

Aslı Selvi

Trakya Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme.
asliselvi3@trakya.edu.tr

Doç. Dr. M. Kenan Terzioğlu

Trakya Üniversitesi / İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri.
kenanterzioglu@trakya.edu.tr

ÖZET: Küresel alandaki karbonsuzlaşma ve 4. sanayi devriminin birlikteliği ekonomik ve finansal sistemlerin yanı sıra toplumsal yapı üzerinde de kökten değişim beklentisi yaratarak sıfır karbonlu gelecek için fırsat oluşturabilmektedir. Net sıfır emisyon hedefine ulaşılmasındaki faktörler kapsamında ekonomik büyümenin, araştırma-geliştirme harcamalarının, finansal kalkınmanın, enerji tüketiminin, karbondioksit emisyonlarının ve diğer aktörlerin etkileri incelenmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler sınıfında çalışmalar mevcut olsa da dinamik ekonomileriyle birlikte genç-büyüyen nüfusu içinde barındıran Kolombiya, Endonezya, Vietnam, Mısır, Türkiye ve Güney Afrika ülkelerini kapsayan CIVETS grubu ülkeler üzerinde karbon emisyonları ile ilgili neredeyse hiçbir çalışma bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında, gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testi yaklaşımı kullanılarak kısa ve uzun dönemli ilişkilerin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karbon Emisyonu, ARDL model, CIVETS.

NET-ZERO CARBON EMISSION TARGET: CIVETS COUNTRIES

ABSTRACT: The combination of decarbonisation and the 4th industrial revolution create an opportunity in future for zero carbon emissions within anticipation of radical change in economic and financial systems as well as in the social structure. Economic growth, research and development expenditures, financial development, energy consumption, carbon dioxide emissions and other actors are examined as factors in achieving the net zero emission targets. Although there are studies in the developed and developing countries, there are almost no studies on carbon emissions on CIVETS group countries, which have a young-growing population with its dynamic economies. Within the scope of the study, it is aimed to reveal short- and long-term relationships by using autoregressive distributed lag bounds test.

Key Words: Carbon Emissions, ARDL model, CIVETS.

1.GİRİŞ

Doğal ve doğal olmayan nedenlere dayanan iklim değişikliği küresel bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınmanın/soğumanın asıl kaynağı ise doğal olmayan nedenler arasında yer alan fosil yakıt kullanımı ve salınan zararlı gazlar, arazi kullanımındaki bozulma ve ormansızlaştırma, sanayi süreçleri ve enerji tüketimi gibi etmenler sıralanabilmektedir. Küreselleşme ve iklim değişikliği sonucunda eko-sistem üzerinde meydana gelen bozulmalar sosyo-ekonomik yapı üzerinde ciddi etkiler ortaya koyduğundan makroekonomik

değişkenlerle birlikte daha sık biçimde incelenmektedir. Sanayi devrimi sonrasında sera gazı emisyonlarının seviyelerinde meydana gelen ciddi artışlar, gelişmiş/gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerinin kalkınma programlarına ortaya çıkan bozulmaları da dahil etmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Özen, 2019). Kalkınma programlarıyla birlikte doğal kaynakların etkin kullanılmasını ve zararlı gazların havaya salınımının en aza indirilmesini hedeflemektedirler. Çevrenin bozulmasına neden olan faktörlerin kontrol altına alınması çerçevesinde enerji güvenliğinin sağlanması, çevresel bozulma ve iklim değişikliğiyle mücadeleyi kapsayan yeşil büyüme ve yeşil ekonomi kavramları ortaya çıkmaktadır. Büyümenin ve kalkınmanın sağlanabilmesi için çevresel parametrelere zarar vermeden ekonomik faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesinin sağlanması amaçlanırken; çevre ve kaynakların kullanımı kamu politikaları ve çevre dostu alternatif teknolojilerle desteklenmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım kısa dönemde kısa dönemde yüksek maliyet gerektirmekle birlikte uzun vadede değerlendirildiğinde hem küresel hem de ülkeler için önemli avantajlar sağlayabilmektedir (Prato, 1998).

Ekonomiler için kritik bir unsur olan ve enerji talebi ile sınırlı enerji kaynakları arasında denge kurmayı amaçlayan enerji ekonomisindeki verimlilik ve rekabetçilik, ekonomik faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ve sürdürülebilir hale getirilmesi için önem arz etmektedir (Demir, 2007). Enerji kullanımındaki artış iklim değişikliği üzerinde etkili olduğundan alternatif enerji kaynaklarının kullanımı desteklenmektedir. Ülkelerin birincil hedefi olan toplumun refahının ve yaşam kalitesinin artırılması kişi başına düşen gelirle orantılı olmaktadır (Öztürk ve Gülen, 2019). Kuznets(1955), kişi başına düşen gelirdeki artışla birlikte ekonomik gelişmenin ilk dönemlerinde gelir eşitsizliğini yükselttiğini ve artan gelir eşitsizliğiyle birlikte ekonomik büyümeye bağlı olarak belirli bir dönemde eşitsizliğin azalmaya başladığını ileri sürmektedir. Politik kanallar yaklaşımına, bölgesel farklılık yaklaşımına, nüfusun yaş dağılımına, tercihler-teknoloji düzeyi ve işlem etkinliği yaklaşımına ve kurumsal iktisat yaklaşımına da uygulanabilen Kuznets Eğrisi yaklaşımı, 1992 yılında gerçekleşen Rio Konferansı sonrasında kalkınmışlık düzeyi ve çevre kirliliği düzeyi arasındaki ilişkinin incelenmesinde kullanılmaya başlanmaktadır. Çevresel Kuznets Eğrisi yaklaşımına göre, çevresel kirlilik düzeyi ile ekonomik kalkınma sürecinde ters U şeklinde önce artış gözlemlenmekte ve belirli bir dönem sonrası düşüş meydana gelmektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi kapsamında yapılan çalışmalarda ülke bazında ve incelen dönem bazında farklı sonuçlar elde edildiğinden kesin bir sonuca varılmamaktadır.

Robledo ve Olivares (2013), CIVETS ülkelerinde karbondioksit emisyonları ile enerji tüketimi ve Gayri Safi Yurtiçi Hasıla arasındaki ilişkiyi incelemektedir. İbrahiem (2016), Mısır'da çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi karbondioksit emisyonları, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticaret açıklığı ve nüfus yoğunluğu üzerinden sorgulamaktadır. Pata (2018), Türkiye'de kişi başına düzen gayri safi yurtiçi hasıla, kişi başına düşen karbondioksit emisyonları, finansal gelişme, kişi başına toplam yenilenebilir

enerji tüketimi, hidroelektrik tüketimi, alternatif enerji tüketimi ve şehirleşme arasındaki kısa ve uzun vadeli dinamik ilişkiyi araştırmaktadır. Roman vd. (2018), Kolombiya’da karbondioksit emisyonlarında meydana gelen değişiklikleri fosil yakıtların ikame edilmesi, yenilenebilir enerji, enerji yoğunluğu, gelir düzeyi ve nüfus açısından ele almaktadır. Bashir vd. (2019), Endonezya’da beşerî sermaye, enerji tüketimi, karbondioksit emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini incelemektedir. Salahuddin vd. (2019), Güney Afrika’da şehirleşme ve küreselleşmenin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Shanbaz vd. (2019), Vietnam’da karbondioksit emisyonları ile ekonomik büyüme arasındaki kısa ve uzun vadeli ilişkiyi çevresel Kuznets eğrisi yaklaşımı ile araştırmaktadır. Petrović-Randelović vd. (2020), CIVETS ülkelerinde karbondioksit emisyonları ile kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, doğrudan yabancı yatırımlar stoğu, brüt sabit sermaye oluşumu, endüstri ve katma değer arasındaki nedensellik ilişkisini incelemektedir. Nathaniel vd. (2020), CIVETS ülkelerinde yenilenebilir enerji ile şehirleşme, ekonomik büyüme, ticaret açığı ve ekolojik ayak izi arasındaki nedensellik ilişkisini ele almaktadır. Çalışma kapsamında konuya giriş yapılarak karbondioksit emisyonları, enerji kullanımı, doğrudan yabancı yatırımlar, büyüme oranı ve sanayi katma değeri arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkilerin ortaya çıkartılmasında kullanılan ekonometrik model yapısı hakkında bilgi verildikten sonra elde edilen bulgular yorumlanmaktadır.

2.EKONOMETRİK METODOLOJİ

İktisat teorilerinin geçerliliğinin sınanması için kullanılan ekonometrik yöntemlere geçilmeden önce ilk aşamada ele alınan serilerin birim kök kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Serilerin birim köke sahip olması model tahminlerinin sapmalı ve tutarsız olmasına neden olmakta ve anlamlı bir ilişki olmadığı durumda bile anlamlı bir ilişkinin mevcut olduğu yanılgısını ortaya çıkarmaktadır (Öztürk ve Çınar, 2018). Pesaran vd. (2001), durağanlık dereceleri I(0) ve I(1) olan serilerin birlikte incelenmesini sağlayan ve daha sağlam(robust) sonuçlar veren otoregresif dağıtılmış gecikme (ARDL) modelini ortaya koymaktadır. Durağan olmamadan kaynaklı sıkıntılarının bir miktar ortadan kaldırılabilirdiği ve farklı gecikme uzunluklarına sahip değişkenlerle modelleme yapabilmeyi sağlayan ARDL modeli çerçevesinde, bağımlı değişkenin gecikmeleri ARDL yaklaşımının otoregresif (AR) kısmını oluştururken; bağımsız değişkenlerin gecikmelerinin yer aldığı kısım ise dağıtılmış gecikmeyi (DL) oluşturmaktadır (Pesaran vd. 2001:290). Küçük örneklem üzerinde de kısa ve uzun dönem ilişkilerin birlikte incelendiği ARDL modeli, klasik eştümleme modellerine göre daha güçlü ve güvenilir sonuçlar verebilmektedir.

$$Y_t = \alpha + \sum_{j=1}^k \alpha_j Y_{t-j} + \sum_{j=0}^k \beta_j X_{t-j} + \varepsilon_t$$

(1)

şeklinde gösterilen ARDL modelinde gecikme sayıları bilgi kriterleri kullanılarak belirlenmektedir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010). Model kapsamında serisel korelasyon, değişen varyans, spesifikasyon hatasının olmaması ve parametre tahminlerinin tutarlı olmasına gerekmektedir (Mert ve Çağlar, 2019). ARDL yöntemine esas olan örnek kısıtsız hata düzeltme modeli, “m” bilgi kriterleri kullanılarak elde edilen gelişme sayısını göstermek üzere,

$$\Delta y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_1 \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_2 \Delta x_{1t-i} + \beta_3 y_{t-1} + \beta_4 x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

şeklinde yazılabilmektedir. Modele ilişkin otokorelasyon varlığını araştıran testlerinden sonra, F-sınır testi yaklaşımına göre seriler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı incelenebilmektedir. F-istatistik değeri alt ve üst sınır değeri arasında belirlendiğinde ise Engle-Granger veya Johansen test yöntemlerinin kullanılması uygun olmaktadır. Uzun dönem katsayıları

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_1 y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_2 x_{t-i} + \varepsilon_i \quad (3)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Uzun dönem denkleminde elde edilen parametreler belirlendikten sonra modelin tanısıl sonuçlar incelenerek modelin güvenilirliği belirlenmektedir. Kısa dönemli ilişkilerin belirlenmesinde kullanılan örnek hata düzeltme modeli, ECM_{t-i} uzun döneme ait denklemdaki kalıntıların gecikmesi alınarak oluşturulan ve hata düzeltme modeli olarak ifade edilmek üzere,

$$\Delta y_t = a_0 + \sum_{i=1}^m \lambda_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \lambda_{2i} \Delta x_{t-i} + \lambda_3 ECM_{t-i} + \varepsilon_i \quad (4)$$

şeklinde gösterilmektedir. λ_3 olarak ifade edilen katsayı negatif ve istatistiki olarak anlamlı olması durumunda kısa dönemde oluşabilecek denge sapmalarının ne kadarının uzun dönemde ortadan kalktığını belirtmektedir (Yenisu, 2019).

3.UYGULAMA

Çalışma kapsamında, karbondioksit emisyonları (CO₂), enerji kullanımı (EK), doğrudan yabancı yatırımlar (DYY), Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) ve sanayi katma değeri (SKD) arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkilerin 1970-2018 yılları kapsamında Kolombiya, Endonezya, Mısır, Türkiye ve Güney Afrika ve 1986-2018 yılları kapsamında Vietnam için ortaya çıkarılması ve çevresel Kuznets eğrisinin varlığının araştırılması amaçlanmaktadır. Değişkenlere ilişkin veri setlerin Dünya Bankası, Global-Carbon-Atlas ve Our-World-in-Data veri yayınlama kaynaklarından ulaşılabilmektedir. Tüm değişkenlerin logaritmaları alınarak analize dahil edilmektedir. Ülkeler kapsamında, ele alınan değişkenlere ilişkin birim kök varlığının araştırılması, otoregresif dağıtılmış gecikme (ARDL) modeline ilişkin sonuçlar ve tanı testleri Tablo 1.'de gösterilmektedir.

Tablo1: CIVETS Ülkelerine İlişkin Model Tahmin Sonuçları

KOLOMBİYA						
	ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi		KPSS Birim Kök Testi	
Değişkenler	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
CO₂	-1.225	-7.856*	-1.234	-7.937*	0.855	0.176*
EK	-1.228	-3.349*	-1.24**	-	0.783	0.096*
DYY	-2.445	-7.448*	-2.36	- 15.541*	0.839	0.265*
GSYİH	-4.019*	-	-4.026*	-	0.22*	-
GSYİH2	-4.326*	-	-4.012*	-	0.331*	-
SKD	-4.354*	-	-4.305*	-	0.260*	-
ARDL (1,1,4,2,3,3) Test Sonuçları						
CO₂(-1)	0.729*	DYY(-4)		0.021*	GSYİH2(-3)	-0.001*
EK	0.374	GSYİH		0.03*	SKD	-0.006
EK(-1)	-0.258	GSYİH (-1)		0.0009	SKD(-1)	-0.004
DYY	0.009	GSYİH (-2)		0.023*	SKD(-2)	-0.006
DYY(-1)	0.0004	GSYİH2		-0.002*	SKD(-3)	0.004
DYY(-2)	0.008	GSYİH2(-1)		-0.0007		
DYY(-3)	-0.004	GSYİH2(-2)		-0.0008		
Tanı Testleri						
Breusch-Godfrey Test				0.389		
Breusch-Pagan-Godfrey Test				0.816		
Ramsey Reset Test				0.238		
Koşullu Hata Düzeltme Modeli						
CO₂(-1)*	-0.27**	D(DYY)		0.009	D(GSYİH2(-1))	0.002*
EK(-1)	0.115	D(DYY(-1))		-0.026*	D(GSYİH2(-2))	0.001*
DYY(-1)	0.036*	D(DYY(-2))		-0.017**	D(SKD)	-0.006
GSYİH(-1)	0.054*	D(DYY(-3))		-0.021*	D(SKD(-1))	0.001
GSYİH2 (-	-0.006*	D(GSYİH)		0.03*	D(SKD(-2))	-0.004

1)						
D(SKD)	-0.013**	D(GSYİH(-1))	-0.023*			
D(EK)	0.374	D(GSYİH2)	-0.002*			
Uzun Dönem Tahmini						
EK	0.426	GSYİH	0.2**	SKD	-0.048**	
DYY	0.133*	GSYİH2	-0.023**			
Sınır Testi			2.834*			
Kısa Dönem Tahmini						
D(EK)	0.374*	D(GSYİH)	0.03*	D(SKD)	-0.006**	
D(DYY)	0.009	D(GSYİH(-1))	-0.023*	D(SKD(-1))	0.001	
D(DYY(-1))	-0.026*	D(GSYİH2)	-0.002*	D(SKD(-2))	-0.004**	
D(DYY(-2))	-0.017*	D(GSYİH(-1))	0.002*	CointEq(-1)	-0.27*	
D(DYY(-3))	-0.021*	D(GSYİH(-2))	0.001*			
Sınır Testi			-4.96*			
ENDONEZYA						
	ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi		KPSS Birim Kök Testi	
Değişkenler	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
CO ₂	-1.225	-7.856*	-3.355*	-	0.918	0.36*
EK	-1.228	-3.349*	-2.533	-6.444*	0.891	0.419*
DYY	-2.445	-7.448*	-3.3*	-	0.127*	-
GSYİH	-4.019*	-	-4.869*	-	0.279*	-
GSYİH2	-4.326*	-	-6.838*	-	0.389*	-
SKD	-4.354*	-	-4.524*	-	0.6	0.286*
ARDL(2,5,5,1,3,5) Test Sonuçları						
CO ₂ (-1)	0.202	DYY(-1)	0.012	GSYİH2(-3)	-0.001*	
CO ₂ (-2)	-0.472*	DYY(-2)	-0.035**	SKD	-0.033*	
EK	1.103*	DYY(-3)	-0.002	SKD(-1)	0.004	
EK(-1)	0.611	DYY(-4)	0.027	SKD(-2)	0.012**	
EK(-2)	-0.185	DYY(-5)	0.026**	SKD(-3)	0.02*	
EK(-3)	-1.453*	GSYİH	0.056*	SKD(-4)	0.016*	
EK(-4)	0.866**	GSYİH2	-0.0005	SKD(-5)	0.009*	
EK(-5)	0.641**	GSYİH2 (-1)	-0.0008			
DYY	-0.039	GSYİH2(-2)	-0.002*			
Tanı Testleri						
Breusch-Godfrey Test			0.391			
Breusch-Pagan-Godfrey Test			1.054			
Ramsey Reset Test			1.444			
Koşullu Hata Düzeltme Modeli						
CO ₂ (-1)	-1.269*	D(EK(-2))	-0.054	D(GSYİH2(-1))	0.003*	
EK(-1)	1.583*	D(EK(-3))	-1.508*	D(GSYİH2(-1))	0.001*	

				2))		
DYY(-1)	-0.01	D(EK(-4))	-0.641**	D(SKD)	-0.033	
GSYİH(-1)	0.056*	D(DYY)	-0.039	D(SKD(-1))	-0.059*	
GSYİH2 (-1)	-0.004*	D(DYY(-1))	-0.016	D(SKD(-2))	-0.046*	
SKD (-1)	0.03	D(DYY(-2))	-0.051*	D(SKD(-3))	-0.026*	
D(CO2 (-1))	0.472*	D(DYY(-3))	-0.053*	D(SKD(-4))	-0.009*	
D(EK)	1.103*	D(DYY(-4))	-0.026**			
D(EK(-1))	0.131	D(GSYİH2)	-0.0005			
Uzun Dönem Tahmini						
EK	1.247*	GSYİH	0.044*	SKD	0.0243	
DYY	-0.008	GSYİH2	-0.003*			
Sınır Testi			6.717*			
Kısa Dönem Tahmini						
D(CO2(-1))	0.472*	D(DYY(-1))	-0.016	D(SKD)	-0.033*	
D(EK)	1.103*	D(DYY(-2))	-0.051*	D(SKD)	-0.059*	
D(EK(-1))	0.131	D(DYY(-3))	-0.053*	D(SKD)	-0.046*	
D(EK(-2))	-0.05	D(DYY(-4))	-0.026*	D(SKD)	-0.026*	
D(EK(-3))	-1.50**	D(GSYİH2)	-5.10E-05	D(SKD)	-0.009*	
D(EK(-4))	-0.641*	D(GSYİH2(-1))	0.003*	CointEq(-1)	-1.269*	
D(DYY)	-0.039*	D(GSYİH2(-2))	0.001*			
Sınır Testi			-7.917*			
VIETNAM						
	ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi		KPSS Birim Kök Testi	
Değişkenler	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
CO₂	-0.037	-4.238*	-0.053	-5.235*	0.642	0.124*
EK	0.56	-4.795*	0.553	-4.796*	0.635	0.165*
DYY	-2.296	-5.087*	-2.341	-5.090*	0.189*	-
GSYİH	-3.247*	-	-3.238*	-	0.108*	-
GSYİH2	-3.038*	-	-	-	0.117*	-
SKD	-3.514*	-	-3.542*	-	0.162*	-
ARDL (2,3,3,3,3,3) Test Sonuçları						
CO₂(-1)	0.496*	DYY(-2)	-0.025**	GSYİH2(-2)	0.002	
CO₂(-2)	-0.184	DYY(-3)	-0.017**	GSYİH2(-3)	-0.016**	
EK	1.457*	GSYİH	0.08	SKD	0.001	
EK(-1)	-0.162	GSYİH (-1)	-0.338**	SKD(-1)	-0.014*	
EK(-2)	0.918**	GSYİH (-2)	-0.055	SKD(-2)	0.002*	
EK(-3)	-1.52*	GSYİH (-3)	0.258*	SKD(-3)	0.006**	
DYY	0.026	GSYİH2	-0.011			
DYY(-1)	-0.021	GSYİH2(-1)	0.027*			
Tanı Testleri						
Breusch-Godfrey Test			1.184			

Breusch-Pagan-Godfrey Test			0.591			
Ramsey Reset Test			1.079			
Koşullu Hata Düzeltme Modeli						
CO2(-1)*	-0.687*	D(EK(-1))	0.601	D(GSYİH2)	-0.011	
EK(-1)	0.693*	D(EK(-2))	1.52*	D(GSYİH2(-1))	0.014**	
DYY(-1)	-0.038*	D(DYY)	0.026	D(GSYİH2(-2))	0.016**	
GSYİH(-1)	-0.054	D(DYY(-1))	0.042*	D(SKD)	0.001	
GSYİH2 (-1)	0.002	D(DYY(-2))	0.017**	D(SKD(-1))	-0.009*	
SKD (-1)	-0.003	D(GSYİH)	0.08	D(SKD(-2))	-0.006*	
D(CO2 (-1))	0.184	D(GSYİH (-1))	-0.202*			
D(EK)	1.457*	D(GSYİH(-2))	-0.258*			
Uzun Dönem Tahmini						
EK	1.007*	GSYİH	-0.079	SKD	-0.005	
DYY	-0.055*	GSYİH2	0.003			
Sınır Testi			4.758*			
Kısa Dönem Tahmini						
D(CO2(-1))	0.184	D(GSYİH)	0.017*	D(SKD)	0.001	
D(EK)	1.457*	D(GSYİH (-1))	0.08	D(SKD(-1))	-0.009*	
D(EK(-1))	0.601*	D(GSYİH(-2))	-0.202*	D(SKD(-2))	-0.006*	
D(EK(-2))	1.520*	D(GSYİH2)	-0.258*	CointEq(-1)	-0.687*	
D(DYY)	0.026*	D(GSYİH2(-1))	0.014*			
D(DYY(-1))	0.045*	D(GSYİH2(-2))	0.016*			
Sınır Testi			-7.867*			
MISIR						
	ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi		KPSS Birim Kök Testi	
Değişkenler	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
CO₂	-2.409	-8.48*	-2.654	-8.467*	0.908	0.387**
EK	-3.167*	-	-2.867**	-	0.843	0.412**
DYY	-3.852*	-	-3.043*	-	0.207*	-
GSYİH	-3.434*	-	-4.013*	-	0.345*	-
GSYİH2	-3.392*	-	-4.254*	-	0.434*	-
SKD	-3.69*	-	-3.69*	-	0.664	0.369*
ARDL (5,5,5,1,5,3) Test Sonuçları						
CO₂(-1)	0.226	EK(-5)	-1.275*	GSYİH2(-1)	-0.002	
CO₂(-2)	0.178	DYY	-0.001	GSYİH2(-2)	-0.002*	
CO₂(-3)	0.13	DYY(-1)	0.003	GSYİH2(-3)	-0.001	
CO₂(-4)	-0.087	DYY(-2)	-0.01	GSYİH2(-4)	-0.001**	
CO₂(-5)	0.876*	DYY(-3)	0.003	GSYİH2(-5)	-	
EK	0.022	DYY(-4)	-0.008	SKD	0.013**	

EK(-1)	0.195	DYY(-5)	0.032*	SKD(-1)	0.017*	
EK(-2)	-0.59	GSYİH	0.079*	SKD(-2)	0.013**	
EK(-3)	-0.278	GSYİH (-1)	0.027	SKD(-3)	0.007	
EK(-4)	1.293	GSYİH2	-0.006*			
Tanı Testleri						
Breusch-Godfrey Test			1.434			
Breusch-Pagan-Godfrey Test			0.704			
Ramsey Reset Test			0.245			
Koşullu Hata Düzeltme Modeli						
CO2(-1)*	0.323*	D(EK)	0.022	D(GSYİH)	0.079*	
EK(-1)	-0.633*	D(EK(-1))	0.850	D(GSYİH2)	-0.006*	
DYY(-1)	0.017	D(EK(-2))	0.260	D(GSYİH2(-1))	0.005*	
GSYİH(-1)	0.107*	D(EK(-3))	-0.018	D(GSYİH2(-2))	0.003*	
GSYİH2 (-1)	-0.014*	D(EK(-4))	1.275*	D(GSYİH2(-3))	0.002*	
SKD (-1)	0.052**	D(DYY)	-0.001	D(GSYİH2(-4))	0.0009**	
D(CO2 (-1))	-1.097*	D(DYY(-1))	-0.015	D(SKD)	0.013**	
D(CO2 (-2))	-0.918*	D(DYY(-2))	-0.026**	D(SKD(-1))	-0.021	
D(CO2 (-3))	-0.788*	D(DYY(-3))	-0.023	D(SKD(-2))	-0.007	
D(CO2 (-4))	-0.876*	D(DYY(-4))	-0.032*			
Uzun Dönem Tahmini						
EK	1.954*	GSYİH	-0.331*	SKD	0.045*	
DYY	-0.055	GSYİH2	-0.162			
Sınır Testi			4.88*			
Kısa Dönem Tahmini						
D(CO2 (-1))	-1.097*	D(EK(-4))	1.275*	D(GSYİH2(-1))	0.005*	
D(CO2 (-2))	-0.918*	D(DYY)	-0.001	D(GSYİH2(-2))	0.003*	
D(CO2 (-3))	-0.788*	D(DYY(-1))	-0.015*	D(GSYİH2(-3))	0.002*	
D(CO2 (-4))	-0.876*	D(DYY(-2))	-0.0265*	D(GSYİH2(-4))	0.0009*	
D(EK)	0.022	D(DYY(-3))	-0.023*	D(SKD)	0.013*	
D(EK(-1))	0.850**	D(DYY(-4))	-0.032*	D(SKD(-1))	-0.021*	
D(EK(-2))	0.260	D(GSYİH)	0.079*	D(SKD(-2))	-0.007*	
D(EK(-3))	-0.018	D(GSYİH2)	-0.006*	CoinEq(-1)	0.323	
Sınır Testi Sonuçları			4.882			
TÜRKİYE						
	ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi		KPSS Birim Kök Testi	
Değişkenler	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
CO₂	-2.088	-6.231*	-2.248	-6.215*	0.924	0.316*

EK	-1.88	-6.991*	-2.016	-6.996*	0.925	0.230*
DYY	-1.977	-6.413*	-1.872	-12.319*	0.687	0.500*
GSYİH	-6.752*	-	-6.750*	-	0.064*	-
GSYİH2	-6.416*	-	-6.399*	-	0.221*	-
SKD	-5.893*	-	-5.815*	-	0.048*	-
ARDL (1,4,5,5,4,5) Test Sonuçları						
CO₂(-1)	0.005	DYY(-4)	0.028	GSYİH2(-2)	-0.0001	
EK	0.504*	DYY(-5)	-0.075*	GSYİH2(-3)	-0.0001	
EK(-1)	-0.301	GSYİH	-0.01*	GSYİH2(-4)	-0.0018*	
EK(-2)	0.747*	GSYİH (-1)	0.009	SKD	0.008*	
EK(-3)	0.423*	GSYİH (-2)	-0.002	SKD(-1)	0.001	
EK(-4)	0.12	GSYİH (-3)	-0.004	SKD(-2)	0.006*	
DYY	0.001	GSYİH (-4)	0.008	SKD(-3)	0.003	
DYY(-1)	-0.009	GSYİH (-5)	-0.006**	SKD(-4)	0.0002	
DYY(-2)	0.052*	GSYİH2	0.0012*	SKD(-5)	0.006*	
DYY(-3)	-0.034*	GSYİH2(-1)	0.0001			
Tanı Testleri						
Breusch-Godfrey Test				1.677		
Breusch-Pagan-Godfrey Test				0.806		
Ramsey Reset Test				1.074		
Koşullu Hata Düzeltme Modeli						
CO₂(-1)*	-0.994*	D(DYY)	0.001	D(GSYİH2)	0.001*	
EK(-1)	1.495*	D(DYY(-1))	0.028**	D(GSYİH2(-1))	0.002*	
DYY(-1)	-0.035*	D(DYY(-2))	0.081*	D(GSYİH2(-2))	0.001*	
GSYİH(-1)	-0.006	D(DYY(-3))	0.046*	D(GSYİH2(-3))	0.001*	
GSYİH2 (-1)	-0.0006	D(DYY(-4))	0.075*	D(SKD)	0.008*	
SKD (-1)	0.025*	D(GSYİH)	-0.010*	D(SKD(-1))	-0.016*	
D(EK)	0.504*	D(GSYİH(-1))	0.005	D(SKD(-2))	-0.10**	
D(EK(-1))	-1.292*	D(GSYİH(-2))	0.002	D(SKD(-3))	-0.006	
D(EK(-2))	-0.544*	D(GSYİH(-3))	-0.001	D(SKD(-4))	-0.006*	
D(EK(-3))	-0.120	D(GSYİH(-4))	0.006**			
Uzun Dönem Tahmini						
EK	1.502*	GSYİH	-0.006	SKD	0.026*	
DYY	-0.036*	GSYİH2	-0.0006			
Sınır Testi				7.7977*		
Kısa Dönem Tahmini						
D(EK)	0.504*	D(DYY(-4))	0.075*	D(GSYİH2(-2))	0.001*	
D(EK(-1))	-1.292*	D(GSYİH)	-0.010*	D(GSYİH2(-3))	0.001*	
D(EK(-2))	-0.544*	D(GSYİH(-1))	0.005	D(SKD)	0.008*	

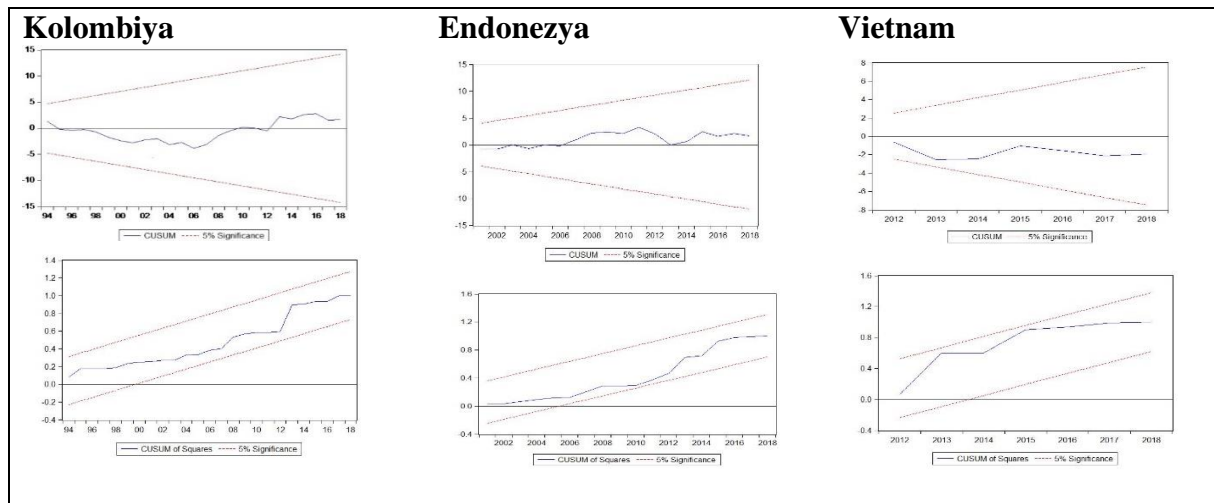
D(EK(-3))	-0.120	D(GSYİH(-2))	0.002	D(SKD(-1))	-0.016*	
D(DYY)	0.001	D(GSYİH(-3))	-0.001	D(SKD(-2))	-0.010*	
D(DYY(-1))	0.028*	D(GSYİH(-4))	0.006*	D(SKD(-3))	-0.006*	
D(DYY(-2))	0.081*	D(GSYİH2)	0.001*	D(SKD(-4))	-0.006*	
D(DYY(-3))	0.046*	D(GSYİH2(-1))	0.002*	CointEq(-1)	-0.994*	
Sınır Testi			-8.830*			
GÜNEY AFRİKA						
	ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi		KPSS Birim Kök Testi	
Değişkenler	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
CO₂	- 2.651**	-	-2.695*	-	0.850*	-
EK	- 2.873**	-	-2.911**	-	0.521*	0.438*
DYY	-1.504	-8.685*	-4.938*	-	0.513	0.181*
GSYİH	-4.801*	-	-4.673*	-	0.131*	-
GSYİH2	-4.666*	-	-4.536*	-	0.219*	-
SKD	-6.229*	-	-6.225*	-	0.095*	-
ARDL (2,2,0,2,0,2) Test Sonuçları						
CO₂(-1)	0.531*	DYY	-0.002	SKD	0.002	
CO₂(-2)	0.427*	GSYİH	0.003	SKD(-1)	0.01*	
EK	0.98*	GSYİH (-1)	-0.007**	SKD(-2)	0.007*	
EK(-1)	-0.254	GSYİH (-2)	-0.006			
EK(-2)	-0.623*	GSYİH2	-0.001			
Tanı Testleri						
Breusch-Godfrey Test			1.141			
Breusch-Pagan-Godfrey Test			1.051			
Ramsey Reset Test			0.51			
Koşullu Hata Düzeltme Modeli						
CO₂(-1)*	-0.041	SKD(-1)	0.020*	D(GSYİH(-1))	0.006	
EK(-1)	0.101	D(CO₂(-1))	-0.427*	D(SKD)	0.002	
DYY	-0.002	D(EK)	0.980*	D(SKD(-1))	-0.007*	
GSYİH(-1)	-0.010	D(EK(-1))	0.623*			
GSYİH2	-0.001	D(GSYİH)	0.003			
Uzun Dönem Tahmini						
EK	2.458**	GSYİH	-0.256	SKD	0.498	
DYY	-0.061	GSYİH2	-0.035			
Sınır Testi			3.958*			
Kısa Dönem Tahmini						
D(CO₂(-1))	-0.427*	D(GSYİH)	0.003	D(SKD(-1))	-0.007*	
D(EK)	0.980*	D(GSYİH(-1))	0.006*	CointEq(-	-0.041*	

				1)	
D(EK(-1))	0.623*	D(SKD)	0.002		
Sınır Testi					-5.722*

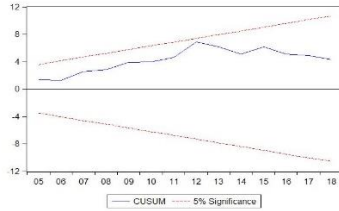
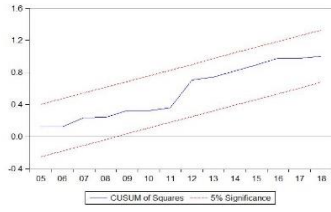
*,** sırasıyla %5 ve %10 önem düzeylerini ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında ele alınan ülkeler çerçevesinde Tablo 1.'de elde edilen ARDL test sonuçları incelendiğinde, karbondioksit emisyonlarının geçmiş dönem değerlerinin şimdiki dönem değerini Kolombiya, Mısır ve Güney Afrika'da istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilerken; Endonezya ve Vietnam'da istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği görülmektedir. Enerji kullanımının şimdiki ve geçmiş dönem değerlerinin karbondioksit emisyonlarının şimdiki dönem değerini Endonezya, Vietnam, Türkiye ve Güney Afrika'da istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilerken, Mısır'da istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği görülmektedir. Doğrudan yabancı yatırımların şimdiki ve geçmiş dönem değerleri karbondioksit emisyonlarının şimdiki dönem değerini Kolombiya ve Mısır'da istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilerken, Endonezya, Vietnam ve Türkiye'de istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği görülmektedir. Gayri safi yurtiçi hasılanın şimdiki ve geçmiş dönem değerleri karbondioksit emisyonlarının şimdiki dönem değerini Kolombiya, Endonezya ve Mısır'da istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilerken, Vietnam, Türkiye ve Güney Afrika'da istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği görülmektedir. Gayri safi yurtiçi hasılanın karesinin şimdiki ve geçmiş dönem değerleri karbondioksit emisyonlarının şimdiki dönem değerini Vietnam'da istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilerken, Kolombiya, Endonezya, Mısır ve Türkiye'de istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sanayi katma değerinin şimdiki ve geçmiş dönem değerleri karbondioksit emisyonlarının şimdiki dönem değerini Endonezya, Mısır, Türkiye ve Güney Afrika'da istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilerken, Vietnam'da istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilemektedir.

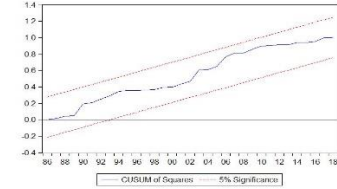
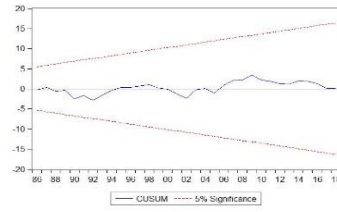
Şekil 1. CUSUM ve CUSUMSQ Grafiği



Türkiye



Güney Afrika



Tablo 1.'de elde edilen uzun dönem tahmininde; enerji kullanımı karbondioksit emisyonlarını Endonezya, Vietnam, Mısır, Türkiye ve Güney Afrika'da istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir. Doğrudan yabancı yatırımlar karbondioksit emisyonlarını Kolombiya'da istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilerken, Vietnam ve Türkiye'de istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilemektedir. Sermaye katma değer karbondioksit emisyonlarını Türkiye'de istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir. Kolombiya ve Endonezya'da gayri safi yurtiçi hasılanın istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, gayri safi yurtiçi hasılanın karesinin ise istatistiksel olarak anlamlı ve negatif sonuç vermektedir. Kolombiya, Endonezya, Vietnam, Türkiye ve Güney Afrika ele alındığında eş bütünleşme ilişkisinin geçerli olduğu ve hata düzeltme katsayılarının beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Mısır ele alındığında F-sınır testine göre serilerin eşbütünleşik olduğu fakat eşbütünleşmenin geçerli olmadığı ve hata düzeltme katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmektedir. Tüm ülkeler için tanı testleri ve CUSUM ve CUSUMSQ grafikleri incelendiğinde; hiçbir ülkenin tahmin sonuçlarında serisel korelasyona, değişen varyansa ve spesifikasyon hatasına rastlanmazken, Şekil 1.'de tahminler güven sınırları içerisinde yer aldığından parametre tahminlerinin istikrar koşulu sağlanmaktadır.

4.SONUÇ

Çevre, ekonomiyle birlikte doğrudan/dolaylı yollardan sürekli iletişim halinde olmaktadır. Gelişmiş olan ülkelerde çevre faktörü ekonomik büyümenin tamamlayıcısıyken, gelişmekte olan ülkelerde çevre kalitesinin daha iyi hale getirilmesi ve ekonomik büyümenin sürdürülebilir olmasıyla ekonomik gelişmişlik düzeyinde meydana gelecek olan artış ve doğal kaynak kullanımı arasında çelişkiler meydana gelebilmektedir. Çalışma kapsamında, CIVETS olarak sınıflandırılan Kolombiya, Endonezya, Vietnam, Mısır, Türkiye ve Güney Afrika

ülkeleri değerlendirilmektedir. Bağımlı değişken olarak karbondioksit emisyonları kullanılırken bağımsız değişkenler olarak enerji kullanımı, doğrudan yabancı yatırımlar, gayri safi yurtiçi hasıla ve karesi ve sanayi katma değer ele alınmaktadır. Çalışmada değişkenler arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılmasının yanı sıra çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin ülkelerde geçerli olup olmadığının incelenmesi amaçlanmaktadır. Çevresel bozulmanın ekonomik etkisi, beşeri/doğal sermaye kayıplarından ortaya çıkan maliyetleri içinde barındırdığından elde edilen sonuçların ülkeden ülkeye farklılıklar gösterdiği belirlenmektedir. Üretimde ve nüfusta meydana gelen artışlar tüketim miktarını direkt olarak etkilemekte ve buna bağlı olarak atık miktarında artış yaşanarak toplum refahı olumsuz yönde etkilemektedir. Ek olarak, gelirin belirli bir noktaya gelene kadar karbondioksit emisyonlarında artış yaratacağı ve bir noktadan sonra azalmaya başlayacağını ifade eden çevresel Kuznets eğrisinin uzun dönemde Kolombiya ve Endonezya için geçerli olduğu söylenebilmektedir.

KAYNAKÇA

- Bashir, A., Thamrin, K. M. H., Farhan, M., Mukhlis, M., Atiyatna, D. P. (2019). The Causality Between Human Capital, Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth: Empirical Evidence from Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 98-104.
- Çınar, U., Öztürk, S. (2018). Kamu Dış Borçlanması ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Uygulama (1975-2016). *Sosyal Bilimler Metinleri*, 2018(1), 66-79.
- Demir, M.F. (2007). Enerji Güvenliği, Enerji Ekonomisi, Enerji Diplomasisi, İstanbul: Altinküre Yayınları.
- Ibrahiem, D. M. (2016). Environmental Kuznets Curve: an Empirical Analysis for Carbon Dioxide Emissions in Egypt. *International Journal of Green Economics*, 10(2), 136-150.
- Mert, M. ve Çağlar, A.E. (2019). Eviews ve Gauss Uygulamalı Zaman Serileri Analizi, Ankara: Detay Yayıncılık.
- Nathaniel, S., Nwodo, O., Sharma, G., Shah, M. (2020). Renewable Energy, Urbanization, and Ecological Footprint Linkage in CIVETS. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(16), 19616-19629.
- Özen, Z. O. (2019). CO₂ Salınımının Makroekonomik Değişkenlerle Etkileşimi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Öztürk, S., Gülen, M. İ. (2019). Çevresel Kuznets Hipotezinin Türkiye İçin Geçerliliğinin Ampirik Analizi: 1960-2014 Dönemi ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Balkan Journal of Social Sciences/Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(16), 119-227.
- Pesaran, M. Hashem, Y. S., Richard J. S. (2001). Bounds Testing Approaches to The Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Petrović-Randelović, M., Mitić, P., Zdravković, A., Cvetanović, D., Cvetanović, S. (2020). Economic growth and carbon emissions: evidence from CIVETS countries. *Applied Economics*, 52(16), 1806-1815.

- Prato, T. (1998). *Natural Resources and Environmental Economics*. Iowa State University Press.
- Román, R., Cansino, J. M., Rodas, J. A. (2018). Analysis of the Main Drivers of CO₂ Emissions Changes in Colombia (1990–2012) and Its Political Implications. *Renewable Energy*, 116, 402-411.
- Salahuddin, M., Gow, J., Ali, M. I., Hossain, M. R., Al-Azami, K. S., Akbar, D., Gedikli, A. (2019). Urbanization-Globalization-CO₂ Emissions Nexus Revisited: Empirical Evidence from South Africa. *Heliyon*, 5(6), e01974.
- Shahbaz, M., Haouas, I., Van Hoang, T. H. (2019). Economic Growth and Environmental Degradation in Vietnam: Is the Environmental Kuznets Curve a Complete Picture?. *Emerging Markets Review*, 38, 197-218.
- Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler M. (2010). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi*, Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Yenisu, E. (2019). Türkiye'de İhracat, İthalat ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 18(3), 1175-1194.



DYNAMIC IMPACT OF ENERGY PRICES ON GREEN PRODUCTIVITY IN EUROPEAN UNION COUNTRIES

Assoc. Prof. Mehmet Demiral

Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department
of Economics
mdemiral@ohu.edu.tr

Assoc. Prof. Özge Demiral

Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department
of International Trade and Logistics
odemiral@ohu.edu.tr

ABSTRACT: In the study, we try to explore whether changes in countries' domestic energy prices alter their green productivity trajectories using a 24-year (1995-2018) annual panel data set of 22 European Union (EU) countries. Adopting a production-based (supply-side) approach, we define green productivity, *i.e.*, the dependent variable, as the gross domestic product (GDP) per unit of energy-related carbon dioxide (CO₂) emissions. The independent variable, *i.e.*, energy inflation, is proxied by the domestic consumer price index in the energy sector. Our control variables include technological competitiveness, trade openness, deindustrialization, and environmental tax revenues. In the empirical part, according to the key statistics of some recent tests, we follow a panel data analysis procedure based on the nonstationary, cross-section dependent, and heterogeneous panel data modeling. After confirming a cointegration relationship between variables, we estimate the long-run elasticities using dynamic ordinary least squares (DOLS) and fully modified ordinary least squares (FMOLS) estimators. Results reveal that energy inflation is positively associated with green productivity meaning that increasing energy prices tend to encourage energy-saving green technologies. This evidence is consistent with the development that many developed countries have decoupled their economic growth performances from emission-intensive energy use since the global energy shocks in the early 1970s. Our study concludes that governments should support businesses to improve energy efficiency and green productivity especially when the energy prices are persistently increasing. This win-win strategy may benefit both environment and producers.

Keywords: Energy prices, Energy inflation, Green productivity, Heterogeneous panel, EU countries.

JEL Codes: F64, H23, O13, O44, Q50

INTRODUCTION

Human activities are affecting the global ecosystem both directly and indirectly. Environmental pollution which typically comes in different types including air, water, soil/land, noise, and light pollution is a global problem as it affects all regions of the world. These concerns focus on carbon dioxide (CO₂) emissions for two reasons: First CO₂ emissions are the largest source (around 75%) of global greenhouse gas emissions. Second, human activities related to burning fossil fuels for industrial production, electricity/energy generation, and transportation are responsible for most CO₂ emissions (EPA, 2020; IPCC, 2020). Consistently, both international and national policies formulated to limit greenhouse

gas emissions and to mitigate climate change in a broader aspect have been regarding cleaner production as one the key pillars of the low-carbon green economy. Therefore, understanding the dynamic nexus between energy efficiency and its predictors is crucial in the integration of environmental quality and sustainable economic development.

Trends in historical data show that large increases in global oil prices in the 1970s caused huge output loss and inflation, especially in developed countries that were using imported oil inputs intensively in their production (Jorgenson, 1981). However, after the 2000s, larger increases in global oil prices have been followed by much milder effects on output and inflation (Blanchard and Riggi, 2013). This observation shows that the dynamic interaction between energy use and energy prices (besides other factors) can weaken the link between output and production-based CO₂ emissions. Indeed, ever-increasing energy prices tend to improve energy efficiency by encouraging countries to invest in research and development activities on energy-saving technologies and green product development and/or product upgrades. Consistently, there are studies (*e.g.* Blanchard and Riggi, 2013) pointing to a smaller share of oil in production (and consumption) in the-2000s compared to the-1970s while explaining why more recent oil price shocks have not caused such economic crises as they did in the-1970s. Therefore, increased energy prices are expected to reduce energy intensity and CO₂ emissions. Although some previous research has examined the link between energy prices and green growth aspects within energy efficiency, emissions mitigation, renewable energy use, structural change, *etc.*, for industrialized/developed countries (*e.g.* the Austria case of Friedl and Getzner (2003), the Canada case of He and Richard (2010), and the United States case of Troster et al. (2018)), there is a huge research gap in the exploration of the direct link between energy inflation and green productivity, especially in resource-poor developed countries.

In particular, if energy prices keep increasing, one would intuitively expect this energy inflation encourages energy productivity from both demand and supply sides as businesses adopt green management practices and use more energy-saving technologies while customers prefer greener goods and services produced with lesser energy. Besides these internal motivations, most countries have been increasingly involving in global programs such as the Kyoto Protocol and Paris agreement that are committed to protect the environment and mitigate the emissions of key pollutants such as CO₂ greenhouse gases. On the other hand, there is a unique need to explore how EU countries have accomplished their (unfinished) greening transformation. The relevant studies in the existing empirical literature, however, seem to be focusing on the large emitter countries and providing evidence mostly related to the determinants of emissions. Given the alarming level of global CO₂ emissions, the relatively successful green productivity trajectory of EU countries has some lessons for other countries. Addressing the importance of the low-carbon global green economy, this study aims to contribute to the relevant literature by examining the dynamic impact of energy prices

on the green success experience in 22 EU countries over the period of 1995-2018¹. The remainder of the paper is organized as follows: Section 1 outlines the green productivity approach, Section 2 introduces sample, model, and data while Section 3 is devoted to empirical analysis. The study concludes with a brief discussion of findings in the last section.

1. GREEN PRODUCTIVITY

A country's economic growth is the increase in its gross domestic product (GDP) during a certain period. GDP is the value-added created through the production of goods and services. By definition, economic growth is a key measure of a country's ability to generate outputs from a given set of inputs including labor, physical capital, and natural resources. Therefore, economic growth can be achieved through either using more inputs and using these inputs productively or both. An economic growth component created by productivity increase is related to green growth which means producing more by using lesser resource-based inputs and thus emitting lesser CO₂.

A simple two-factor version of the aggregated Cobb-Douglas production function can be mathematically shown as in equation 1:

$$Y = A(KN)^\alpha (HL)^{1-\alpha}; \quad (0 < \alpha < 1) \quad (1)$$

where Y represents aggregate output while K and L are vectors of the amount of physical capital and labor inputs. Under this specification, the stock of natural resources (N) is included in physical capital while labor input covers human capital (H) as well. The A term, $\left(A = \frac{Y}{(KN)^\alpha (HL)^{1-\alpha}}; (0 < \alpha < 1) \right)$, represents the total factor productivity (TFP). Technically, growth in TFP is measured as a residual, *i.e.* the part of GDP growth that cannot be explained by changes in the set of inputs, and seen as technological progress (OECD, 2020)².

Traditional measures of productivity growth have two shortcomings because of neglecting environmental impact. First, increased natural resource use is wrongly interpreted as productivity growth. Second, pollution caused by production is not considered as an (undesired) output of the production process (Cárdenas Rodríguez *et al.* 2016). Consistently, there is an increasing need to adjust TFP and economic growth by environmental pollution and pollution abatement. Following the environmentally adjusted TFP approach of Cárdenas Rodríguez *et al.* (2016) within a production-based CO₂ productivity aspect and separating

¹ In the study, the last reference year is 2018 since it is the most recent available year covered in the databases. More specifically, emissions measures are usually provided on a one- to two-year lagged basis. Thus, the existing statistics for the year 2019 are yet not certainly finalized and the current estimated values need to be crosschecked.

² It should be considered that in addition to its technological progress interpretation, increases in TFP also reflect the effects of changes in other concepts such as management practices, organizational change, general knowledge, network effects, spillovers from production factors, adjustment costs, economies of scale, the effects of imperfect competition, and measurement errors (OECD, 2020).

natural resources from physical capital inputs in equation 1, GDP growth driven by TFP growth during a certain t time can be segregated as in equation 2:

$$\underbrace{\frac{\partial \ln Y}{\partial t}}_{\text{GDP growth}} - \underbrace{\varepsilon_{YE} \frac{\partial \ln E}{\partial t}}_{\text{Adjustment for CO}_2 \text{ emission abatement}} = \underbrace{\varepsilon_{YL} \frac{\partial \ln HL}{\partial t}}_{\text{Change in human capital and labor contribution}} + \underbrace{\varepsilon_{YK} \frac{\partial \ln K}{\partial t}}_{\text{Change in physical capital contribution}} + \underbrace{\varepsilon_{YN} \frac{\partial \ln N}{\partial t}}_{\text{Change in natural resource contribution}} + \underbrace{\frac{\partial \ln EATFP}{\partial t}}_{\text{TFP change adjusted by CO}_2 \text{ emission}} \quad (2)$$

Change in factor inputs

In equation 2, E denotes energy-related CO₂ emissions and $EATFP$ is the environmentally-adjusted TFP based on CO₂ emissions in the production process while ε symbolizes the relevant elasticities of the GDP growth. For example, (ε_{YE}) , the GDP elasticity of the pollution measured by CO₂ emissions is the trade-off between producing more and emitting less. The greater elasticity of GDP with respect to emissions (ε_{YE}) means that GDP growth is more dependent on emissions and the cost of the abatement of emission caused by the production is higher. An increase in $EATFP$, *i.e.*, the residual, is the share of CO₂ emissions-adjusted GDP growth that cannot be explained by the increase in the use of factor inputs. Therefore, for a given input use, $EATFP$ increases when GDP increases or when emission decreases. The emission abatement term which measures variations in the CO₂ emissions expressed in equivalent GDP growth takes a positive value when emission decreases and a negative value when emissions increase in a certain t time. In this notation, green growth means green GDP with less CO₂ emission based on energy productivity.

2. SAMPLE, MODEL, AND DATA

Our sample covers a 24-year (1995-2018) annual panel data set of 22 EU countries³. We selected EU countries since they, as a whole, have a relatively higher green productivity performance compared to the other countries/regions. As Table 1 exhibits, the average pro-environmental performance of EU countries, particularly in terms of environmental policy stringency measure and environmentally-related tax revenue, is relatively higher than those of other individual countries that are among the largest emitters of the global CO₂ fluxes.

Table 1: Environmental Performance of the Largest Emitters

	EU-22 Average	China	USA	India	Russia	Japan
--	------------------	-------	-----	-------	--------	-------

³ EU countries included in the sample are *Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, United Kingdom*. Even the United Kingdom withdrew from the EU on 31 January 2020, it is included due to the study covers the 1995-2018 period. Bulgaria, Croatia, Cyprus, Luxembourg, Malta, and Romania could not be included due to data unavailability is some variables.

<i>Environmental Performance*</i> (2018)							
<i>Overall environmental performance index</i>	74.27	50.74	71.19	30.57	63.79	74.69	
<i>Energy (power) related CO₂ emissions performance index</i>	55.74	45.59	46.3	17.66	33.88	16.8	
<i>Availability of Emissions-Mitigation Policies**</i> (1995-2018)							
<i>Total (cumulative) number of policies</i>	166	156	332	150	41	166	
<i>Stringency of Environmental Policies***</i> (1990-2015)							
<i>Environmental policy stringency index</i>	1.99****	0.89	1.65	0.73	0.58	1.81	
<i>Environmentally-Related Tax Revenue**</i> (1994-2018)							
<i>All tax revenue based on the total environment, % GDP</i>	2.68	0.84	0.88	1.15	--	1.58	

Note: Periods are not equal for all countries. For the overall environmental performance index, Switzerland has the highest score (87.42) and Burundi has the lowest score (27.43) in 180 countries. ****: Data are not available for Estonia, Latvia, Lithuania.

Sources: *: YCELP, CIESIN, and WEF (2018); **: New Climate Institute (2020); ***: OECD 2020.

Our study builds on a model that links green productivity (*GreenProd*) to energy inflation (*EnInf*) as well as a varied set (*X*) of control variables within a panel data framework. The relevant basic model is represented in equation 3.

$$GreenProd_{c,t} = \alpha_0 + \beta_1 EnInf_{c,t} + \beta_i X_{c,t} + e_{c,t} \quad (3)$$

Where *c* denotes cross-section units, *i.e.* countries ($c = 1, \dots, 22 = C$), and *t* denotes a linear trend in time units, *i.e.* years ($t = 1995, \dots, 2018 = T=24$) while α_0 is the regression constant and *e* is the error term. Our study focuses on the parameter β_1 which explains the effect of energy inflation on green productivity together with the effects ($\beta_i; i=2, \dots, 5$) of other predictors such as technological progress, openness, industrial development, and environmental policy included as control variables based on the previous findings of the relevant empirical studies. In our case, we represent technological progress by technological competitiveness (*TechCompet*) in exports while openness is proxied by trade openness (*TrOpen*). Considering the service-dominated economic structures of many EU countries, we take deindustrialization (*Deindust*) to reflect the declined industrial activities in the sampled EU countries. Under the very limited availability of data, we use environmental tax revenues (*EnvTax*) as an indirect proxy of environmental policy. Therefore, our final regression model takes the following form seen in equation 4.

$$\ln(GreenProd_{c,t}) = \alpha_0 + \beta_1 \ln(EnInf_{c,t}) + \beta_2 \ln(TechCompet_{c,t}) + \beta_3 \ln(TrOpen_{c,t}) + \beta_4 \ln(Deindust_{c,t}) + \beta_5 \ln(EnvTax_{c,t}) + e_{c,t} \quad (4)$$

All variables are analyzed in their natural logarithmic forms to interpret the corresponding coefficients as elasticities. We expect β_1 , ($\beta_1 = \partial \ln(\text{GreenProd}_{c,t}) / \partial \ln(\text{EnInf}_{c,t})$), to be positive whereas the other variables' elasticities may have either a positive or a negative sign as the relevant studies using similar variables have provided different evidence. The proxy indicators and measures of the variables in equation 4 are represented in Table 2.

Table 2: Variables, Descriptions, Sources, and Key Statistics

Symbol	Definition	Measure	Source
<i>Dependent variables</i>			
<i>GreenProd</i>	Green productivity	GDP per unit of energy-related CO ₂ emissions. Constant (2015) United States Dollar (USD) per kilogram.	OECD (2020)
<i>Explanatory variable</i>			
<i>EnInf</i>	Energy inflation	CPI in the energy sector. Index, 2015=100	OECD (2020)
<i>Control variables</i>			
<i>TechCompet</i>	Technological competitiveness in exports	RCA index in high-tech products	Authors' calculations from UNCTAD (2020)
<i>TrOpen</i>	Trade openness	Total trade of goods and services. % of GDP	WB-WDI (2020)
<i>Deindust</i>	Deindustrialization	Value-added in services. % of total value-added	OECD (2020)
<i>EnvTax</i>	Environmental tax	Tax revenue. % of GDP. All tax-bases and total environment	OECD (2020)
Variables	Mean	Maximum	Minimum
<i>GreenProd</i>	4.930	14.908	1.076
<i>EnInf</i>	77.337	122.833	20.897
<i>TechCompet</i>	0.856	1.647	0.282
<i>TrOpen</i>	98.231	226.041	37.108
<i>Deindust</i>	69.003	81.079	55.511
<i>EnvTax</i>	2.702	5.372	0.956

Note: Missing data points up to three years in some series have been estimated by the moving-average based extrapolation and interpolation when the series change stable and have no shock in missing years.

3. ANALYSIS

3.1. Key Statistics and Correlations

Before proceeding to the regression analysis, descriptive statistics and correlation matrix are reported in Table 3. Correlation coefficients reveal that green productivity (*GreenProd*) is considerably correlated (0.613) with only energy inflation (*EnInf*). The weak correlations between predictors can be considered as a sign of the absence of the multicollinearity problem. Yet, we tested the regression model for multicollinearity problem using the variance

inflation factors (VIF) and found VIF values around 1 indicating the robustness of the model estimation to produce reliable results without a multicollinearity concern.

Table 3: Descriptive Statistics and Correlation Matrix of Variables (CxT=N=528)

	$\ln(\text{GreenProd})$	$\ln(\text{EnInf})$	$\ln(\text{TechCompet})$	$\ln(\text{TrOpen})$	$\ln(\text{Deindust})$	$\ln(\text{EnvTax})$
Descriptive Statistics						
Mean	1.512	4.288	-0.221	4.504	4.231	0.963
Maximum	2.702	4.810	0.499	5.421	4.395	1.681
Minimum	0.073	3.040	-1.266	3.614	4.017	-0.045
Std. dev.	0.422	0.367	0.377	0.410	0.082	0.245
Correlations						
$\ln(\text{GreenProd})$	1					
$\ln(\text{EnInf})$	0.613	1				
$\ln(\text{TechCompet})$	0.345	0.321	1			
$\ln(\text{TrOpen})$	-0.068	0.251	0.105	1		
$\ln(\text{Deindust})$	0.529	0.394	0.142	-0.306	1	
$\ln(\text{EnvTax})$	0.048	0.066	0.013	0.004	0.102	1
Centered VIF Values (Dependent variable: $\ln(\text{GreenProd})$)						
	$\ln(\text{EnInf})$					1.539
	$\ln(\text{TechCompet})$					1.116
	$\ln(\text{TrOpen})$					1.348
	$\ln(\text{Deindust})$					1.504
	$\ln(\text{EnvTax})$					1.012

3.2. Cross-Section Dependence and Stationarity

Estimators are efficient if the variables in panel data are stationary. Stationarity, which means that properties of series do not depend on the time points of the observations, can be detected through a variety of panel root tests. The first-generation panel unit root tests assume cross-sectional independence while the second-generation tests take possible cross-section dependency into account while controlling series for stationarity (Baltagi and Pesaran, 2007). Therefore, we need to check the series for cross-sectional dependence in order to determine an appropriate unit root test. We control the variables for the cross-sectional dependence through Breusch and Pagan's (1980) Lagrange Multiplier (LM), Pesaran's (2004) scaled LM, Pesaran's (2004) cross-sectional dependence (CD), and Bias-adjusted CD (Pesaran et al. 2008) methods which test a null hypothesis of no cross-section dependence. These tests may be applied to either the individual series of variables or to the model based on the residuals produced by panel estimation. Results from the first consideration are reported in Table 4.

Table 4: Results of Cross-Section Dependency Tests

Breusch-Pagan LM Pesaran-scaled LM Pesaran CD Bias-adjusted CD

Intercept				
ln(<i>GreenProd</i>)	321.420***	4.207***	-1.593*	153.247***
ln(<i>EnInf</i>)	368.348***	6.390***	-2.206**	41.776***
ln(<i>TechCompet</i>)	326.152***	4.427***	-2.552***	145.545***
ln(<i>TrOpen</i>)	384.916***	7.161***	-1.666**	161.378***
ln(<i>Deindust</i>)	472.532***	11.237***	0.677	146.392***
ln(<i>EnvTax</i>)	322.950***	4.278***	-2.332***	93.777***
Intercept and Trend				
ln(<i>GreenProd</i>)	338.296***	4.992***	-1.512*	145.098***
ln(<i>EnInf</i>)	380.936***	6.976***	-1.933**	41.060***
ln(<i>TechCompet</i>)	362.985***	6.141***	-2.180**	133.999***
ln(<i>TrOpen</i>)	393.734***	7.571***	-1.636*	150.735***
ln(<i>Deindust</i>)	450.977***	10.234***	0.321	138.052***
ln(<i>EnvTax</i>)	371.094***	6.518***	-2.027**	88.414***

Note: ***, **, and * show that statistics are significant at the level of 1%, 5%, and 10% respectively.

Results of the applied tests, except that of the Pesaran CD test for ln(*Deindust*), strongly reject the null hypothesis of no cross-section dependence. Because of the presence of cross-sectional dependency, the second-generation unit root tests are more useful in our case. Therefore, we apply the CADF (Cross-Sectionally Augmented Dickey-Fuller) and PANICCA (Panel Analysis of Non-Stationarity in Idiosyncratic and Common Components on Cross-Section Averages) tests that are proposed by Pesaran (2007) and Reese and Westerlund (2016), respectively.

Table 5: Results of CADF and PANICCA Stationarity Tests

Variables	CADF					
	Intercept		Trend and intercept			
	<i>Level</i>	<i>First difference</i>	<i>Level</i>	<i>First difference</i>		
ln(<i>GreenProd</i>)	-2.010	-2.820***	-1.958	-2.801**		
ln(<i>EnInf</i>)	-2.163	-	-2.340	-		
ln(<i>TechCompet</i>)	-2.268**	-	-2.308	-3.644***		
ln(<i>TrOpen</i>)	-2.030	-2.559***	-2.215	-2.632*		
ln(<i>Deindust</i>)	-2.210	-2.629***	-2.017	-2.828**		
ln(<i>EnvTax</i>)	-1.720	-2.562***	-1.821	-2.826**		
Variables	PANICCA (Idiosyncratic Components)					
	Intercept			Trend and intercept		
	P _a	P _b	PMSB	P _a	P _b	PMSB
ln(<i>GreenProd</i>)	0.590	0.586	0.274	0.511	0.553	0.661
ln(<i>EnInf</i>)	-0.468	-0.544	1.096	1.612	2.185	2.876
ln(<i>TechCompet</i>)	-1.924**	-1.570	-0.895	-0.876	-0.802	-0.606
ln(<i>TrOpen</i>)	-0.628	-0.580	-0.263	-1.642	-1.406	-1.101
ln(<i>Deindust</i>)	-0.089	-0.087	0.031	-0.009	-0.009	0.023
ln(<i>EnvTax</i>)	0.588	0.691	1.331	0.534	0.582	0.630

Notes: ***, **, and * show the stationarity of series at the level of 1%, 5%, and 10%, respectively. PMSB denotes panel-modified Sargan-Bhargava test.

The results of both CADF and PANICCA unit root tests show that the series of examined variables are the first-difference stationary, I(1). Therefore, our analysis procedure proceeds with cointegration tests.

3.3. Homogeneity and Cross-Section Dependence of Estimation Model

As previously stated, cross-section dependence test statistics might also be computed from the residuals produced by the model estimation. This is actually needed to determine the best-fitting method for the cointegration analysis. We control the constructed model for the homogeneity/heterogeneity by the delta test proposed by Pesaran and Yamagata (2008) followed by the cross-sectional dependence examination through the Breusch-Pagan LM, Pesaran-scaled LM, Pesaran CD, and bias-adjusted CD tests. The results in Table 6 show that the estimation model embodies both heterogeneity and cross-section dependency problems.

Table 6: Homogeneity and Cross-Section Dependency of the Model

	Tests	Statistics
<i>Homogeneity</i>	Delta_Tilde	15.549*** (0.000)
	Delta_Tilde_adj	18.324*** (0.000)
	Breusch-Pagan LM	636.382*** (0.000)
<i>Cross-Section Dependency</i>	Pesaran-scaled LM	18.860*** (0.000)
	Pesaran CD	17.551*** (0.000)
	Bias-adjusted CD	32.912*** (0.000)

Note: *** shows the statistical significance at the level of 1%. Probabilities are in (parentheses).

3.4. Cointegration Test

A cointegration test is conducted to explore the long-run relationship between non-stationary variables. In our case, by also considering the cross-section dependency of the model, we apply Pedroni (1999; 2004) tests and the panel bootstrap cointegration test proposed by Westerlund and Edgerton (2007). Results are reported in Table 7.

Table 7: Results of Panel Cointegration Tests

Tests	Pedroni (1999, 2004) Tests	
	<i>Intercept</i>	<i>Intercept and trend</i>
Panel v-statistic	0.105 (0.458)	3.172*** (0.000)
Panel rho-statistic	2.106 (0.982)	2.333 (0.999)
Panel PP-statistic	-1.646** (0.049)	-4.254*** (0.000)
Panel ADF-statistic	-1.953** (0.025)	-4.463*** (0.000)
Group rho-statistic	4.103 (1.000)	3.478 0.999
Group PP-statistic	-1.524* (0.064)	-11.576*** (0.000)
Group ADF-statistic	-1.495* (0.067)	-6.386*** (0.000)
Tests	Panel Bootstrap Test	
	<i>Intercept</i>	<i>Intercept and trend</i>

LM statistics	17.994	37.871
Bootstrap probability	(0.969)***	(0.513)***
Asymptotic probability	(0.000)	(0.000)

Note: ***, **, and * show that statistics are significant at the levels of 1%, 5%, and 10%, respectively. Probabilities are in (parentheses). Lag selection is based on the Schwarz Information Criterion (SIC). Panel bootstrap test is based on 1000 replications.

Overall results of the cointegration tests coherently support the presence of a cointegration relationship between variables included in the model.

3.5. Estimation of Long-Run Relationships

Consistently, we estimate the long-run elasticities through the heterogeneity-adjusted and the pooled-weighted applications of the Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) and Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS) estimators. Results reported in Table 8 reveal a positive relationship between green productivity and energy inflation.

Table 8: FMOLS and DOLS Estimations of Long-Run Elasticities

Predictor	FMOLS					
	Intercept			Intercept and trend		
	Coefficient	t-stat.	p	Coefficient	t-stat.	p
<i>ln(EnInf)</i>	0.469***	41.764	0.000	0.097***	3.247	0.001
<i>ln(TechCompet)</i>	-0.042	-1.575	0.116	-0.087**	-2.129	0.034
<i>ln(TrOpen)</i>	0.265***	11.262	0.000	-0.097***	-2.486	0.013
<i>ln(Deindust)</i>	0.474***	43.539	0.000	-0.195***	-6.091	0.000
<i>ln(EnvTax)</i>	-0.229***	-13.078	0.000	0.015	0.411	0.681
	R ² = 0.928			R ² = 0.979		
Predictor	DOLS					
	Intercept			Intercept and trend		
	Coefficient	t-stat.	p	Coefficient	t-stat.	p
<i>ln(EnInf)</i>	0.429***	9.761	0.000	0.165***	6.022	0.000
<i>ln(TechCompet)</i>	-0.214***	-3.351	0.001	-0.317***	-5.817	0.000
<i>ln(TrOpen)</i>	0.125*	1.902	0.059	-0.143**	-2.184	0.032
<i>ln(Deindust)</i>	1.561***	6.696	0.000	0.956***	4.796	0.000
<i>ln(EnvTax)</i>	-0.239***	-4.757	0.000	-0.062	-1.646	0.104
	R ² = 0.991			R ² = 0.998		

Note: ***, **, and * show that statistics are significant at the levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

4. FINDINGS AND CONCLUSION

Addressing the alarming level of the global environmental pollution driven by human-induced CO₂ emissions, our study is motivated by the question of why recent fluctuations in energy prices tend to result in more lenient impacts in economic growth compared to the sharp

economic shrunk in especially resource-poor developed countries during the 1970s' oil price shocks. In particular, we aimed to explore whether the increased energy prices motivate firms to produce with lesser energy use in the case of EU countries that have been apparently succeeding in the mitigation of the production-based CO₂ emissions. To this end, our study adopted a supply-side (production-based) approach and examined the dynamic impact of energy prices on green productivity by modeling the heterogeneous, nonstationary, and cross-section dependent panel dataset of 22 EU countries for the 1995-2018 period. After confirming a cointegration relationship between the proxies for the dependent variable (green productivity), explanatory variable (energy inflation), and control variables (technological competitiveness, trade openness, deindustrialization, and environmental tax) we estimated the long-run elasticities using dynamic least square estimators.

Our results showed that energy prices were positively associated with green productivity meaning that energy inflation tends to encourage energy-saving green technologies. This evidence is consistent with the development that especially industrial countries have decoupled their economic growth performances from emission-intensive energy use since the energy shocks in the early 1970s. This evidence suggests that governments should support businesses to improve energy efficiency and green productivity especially when the energy prices are persistently increasing. Additional findings reveal that technological competitiveness and environmental tax revenues are negatively associated with green productivity. Deindustrialization is found as the key driver of green productivity while the impact of trade openness is unclear.

REFERENCES

- Baltagi, B. H., and Pesaran, M. H. (2007). Heterogeneity and cross section dependence in panel data models: Theory and applications. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 229-232.
- Blanchard, O. J., and Riggi, M. (2013). Why are the 2000s so different from the 1970s? A structural interpretation of changes in the macroeconomic effects of oil prices. *Journal of the European Economic Association*, 11, 1032-1052.
- Breusch, T. S., and Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Cárdenas Rodríguez, M., Haščič, I., and Souchier, M. (2016). Environmentally adjusted multifactor productivity: Methodology and empirical results for OECD and G20 countries. *OECD Green Growth Papers*, 2016/04, Paris: OECD Publishing.
- EPA-United States Environmental Protection Agency (2020). Global Greenhouse Gas Emissions Data. <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- Friedl, B., and Getzner, M. (2003). Determinants of CO₂ emissions in a small open economy. *Ecological Economics*, 45,133-148.
- He, J., and Richard, P. (2010). Environmental Kuznets curve for CO₂ in Canada. *Ecological Economics*, 69, 1083-1093.

- IPCC-The Intergovernmental Panel on Climate Change (2020). Reports. <https://www.ipcc.ch/documentation/>
- Jorgenson, D. W. (1981). Energy prices and productivity growth. *The Scandinavian Journal of Economics*, 83(2), 165-179.
- New Climate Institute (2020). Climate Policy Database. http://climatepolicydatabase.org/index.php/Climate_Policy_Database
- OECD-Organisation for Economic Co-operation and Development (2020). Environment Database. <https://stats.oecd.org/>
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics And Statistics*, 61, 653-670.
- Pedroni, P. (2004). Panel cointegration: Asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. *Econometric Theory*, 20(3), 597-625.
- Pesaran, H. M. (2004). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *University of Cambridge, Cambridge Working Papers in Economics*, 1229, 1-47.
- 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.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., and Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Pesaran, M. H., and Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of econometrics*, 142(1), 50-93.
- Reese, S., and Westerlund, J. (2016). PANICCA: Panic on cross-section averages. *Journal of Applied Econometrics*, 31(6), 961-981.
- Troster, V., Shahbaz, M., and Uddin, G. S. (2018). Renewable energy, oil prices, and economic activity: A Granger-causality in quantiles analysis. *Energy Economics*, 70, 440-452.
- UNCTAD-United Nations Conference on Trade and Development (2020). Data Center. <https://unctadstat.unctad.org/EN/>
- Westerlund, J., and Edgerton, D. L. (2007). A panel bootstrap cointegration test. *Economics Letters*, 97(3), 185-190.
- WB WDI-World Bank World Development Indicators (2020). <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- YCELP-Yale University Yale Center for Environmental Law and Policy; CIESIN-Columbia University Center for International Earth Science Information Network; and WEF-World Economic Forum (2018). 2018 Environmental Performance Index (EPI). Palisades: NASA.



GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE KÜRESELLEŞMENİN ÇEVRE ÜZERİNE ETKİLERİ

Neşe TUNÇBİLEK
Recep ULUCAK

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye, Çin, Endonezya, Güney Afrika, Brezilya, Şili, Mısır, Tayland, Kolombiya, Meksika, Filipinler, Peru, Malezya, Polonya, Hindistan olmak üzere 15 gelişmekte olan ülke için 1970-2016 dönemi panel veri yöntemleriyle küreselleşmenin çevre üzerindeki etkisini analiz etmektedir. Bunun için küreselleşme ile kontrol edilen bir çevresel Kuznets eğrisi modeli takip edilmektedir. Ayrıca, çalışmada literatürden farklı olarak çevresel tahribatların en kapsamlı göstergesi, ekolojik ayak izi, bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi tespit etmek için öncelikle birim kök testleri, eşbütünleşme testleri uygulanmıştır ve daha sonra uzun dönem katsayıları tahmin edilmiştir. Ekonometrik uygulamaların sonucunda kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) ve kişi başı gayri safi yurtiçi hasılanın karesinin (GSYİH) ekolojik ayak izini arttırdığı, küreselleşmenin ise ekolojik ayak izini azalttığı sonuçları elde edilmiştir. Buna ekolojik ayak izi açısından çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Küreselleşme, Çevre Sorunları, Ekolojik Ayak İzi

The impact of globalization on the Environment in Developing Countries

ABSTRACT

In this study, we investigate the environmental impact of globalization in fifteen developing countries over the period from 1970 to 2016. The countries are Brazil, Chile, China, Colombia, Egypt, India, Indonesia, Malaysia, Mexico, Peru, Poland, Philippines, South Africa, Thailand, and Turkey, respectively. To this end, an environmental Kuznets curve model controlled by globalization is followed. Contrary to the prevailing literature, the most comprehensive indicator of environmental damage, the ecological footprint, was used as the dependent variable in the study. In order to determine the relationship between the variables, firstly unit root tests and cointegration tests were applied and then the long-term coefficients were estimated. As a result of econometric applications, it has been obtained that per capita gross domestic product (GDP)

and the square of per capita gross domestic product (GDP) increase the ecological footprint, while globalization reduces the ecological footprint. So, it is concluded that the environmental Kuznets curve hypothesis is not valid in case the ecological footprint is used to represent environmental degradation.

Keywords: Globalization, Environmental degradation, Ecological Footprint

GİRİŞ

Küreselleşme hareketi ekonomik, kültürel, siyasal, toplumsal, teknolojik ve çevresel süreçleri etkilemektedir (Hamm, 2001, s.46). Dünya üzerinde yaşanmakta olan küreselleşme süreci insanlığa yeni olanaklar sunmasının yanı sıra yeni sorunların ortaya çıkmasına, mevcut sorunların ise daha geniş çapta etkili olmasına yol açmaktadır. Bu sorunların en önemlilerinden biri de çevre sorunlarıdır (Pflüger, 2013, s.171-180).

Küreselleşmenin etkisiyle son kırk yılda dünya ekonomisi muazzam bir ekonomik büyüme yaşamıştır. Yüksek ekonomik büyüme ile enerji kullanımında artmış bu ise çevresel sorunların büyümesine katkıda bulunmuştur (Shahbaz vd. 2017, s.1). Çevresel tahribatların önemli büyüklükteki kısmı enerjinin üretimi, dönüşümü ve tüketiminden kaynaklanmaktadır. Bu işlemlerde en çok birincil fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Bu yakıtların yanması esnasında karbon oksijenle birleşir ve birincil sera gazı olan CO₂ oluşur. Birincil fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan atmosfere sera gazı salımı en önemli çevresel sorunları ortaya çıkarmaktadır (Sweeney, 2000, s.20).

Yapılan araştırmalar sonucu, karbon emisyonlarının büyük kısmının hızlı ekonomik büyüme nedeniyle gelişmekte olan ülkeler tarafından oluşturulduğu bilinmektedir (Khalid ve Long, 2013, s.189). Bu noktada gelişmekte olan ülkelerin temiz teknoloji satın alma güçlerinin olmaması nedeniyle küreselleşme gelişmekte olan ülkelere çok uluslu şirketler kanalıyla uluslararası pazarlardan enerji tasarruflu teknolojiler elde etmelerine olanak sağlayabilir. Bu durum gelişmekte olan ülkelerin üretim süreçlerinde daha verimli enerji kullanmalarına ve karbon emisyon seviyelerini düşürmelerine yardımcı olabilir (Copeland ve Taylor, 2004, s.10; Shahbaz, Shahzad, Mahalik, 2017, s.4).

Çalışmada literatürden farklı olarak çevresel tahribatın en kapsamlı göstergesi ekolojik ayak izi (EF) değişkeni kullanılmaktadır. Literatürdeki yapılan ampirik çalışmalarda çoğunlukla çevresel bozulmaları gözlemlemek için CO₂ emisyonları kullanılmıştır. EF değişkeni CO₂ emisyonlarına göre çevredeki bozulmaları daha kapsamlı olarak temsil etmektedir (Ulucak ve Apergis, 2018, s. 21-27; Ulucak ve Lin, 2017, s.337-343).

1. Model, Veri Seti ve Yöntem

Analizde kullanılan panel veriler ekolojik ayak izi (EF), küreselleşme göstergeleri KOF (ekonomik küreselleşme, sosyal küreselleşme, politik küreselleşme) ve kişi başı gayri safi yurtiçi hasıladan (GDP) oluşmaktadır. Çalışma 15 gelişmekte olan ülke ile sınırlandırılmıştır. Ülkelerin seçimi S&P Dow Jones Endeksi tarafından listelenen gelişmekte olan ülkeler sınıflandırılmasına

göre yapılmıştır. Bu ülkeler Türkiye, Çin, Endonezya, Güney Afrika, Brezilya, Şili, Mısır, Tayland, Kolombiya, Meksika, Filipinler, Peru, Malezya, Polonya, Hindistan'dır. Analiz için 1970-2016 gözlem aralığı seçilmiştir ve 1 numaralı model oluşturulmuştur.

$$\ln EF_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{it}^2 + \beta_3 \ln KOF_{it} + e_{it} \quad (1)$$

Modelde EF ekolojik ayak izini, GDP kişi başına gayrisafı yurt içi hasılayı, GDP² kişi başına gayrisafı yurt içi hasılanın karesini temsil etmektedir. KOF değişkeni ise toplam küreselleşmeyi yani ekonomik, sosyal ve politik küreselleşme boyutlarının etkisini içermektedir. $i=1, \dots, N$ ele alınan ülkeleri, $t=1, \dots, T$ zamanı göstermektedir.

Bu çalışmada uzun dönem katsayıların tahmini için Pedroni (2000, 2001) tarafından geliştirilen panel DOLS (Dynamic Ordinary Least Square) yöntemi ve panel FMOLS (Full Modified Ordinary Least Square) yöntemleri dikkate alınacaktır.

Tablo 1. Birinci Nesil Panel Birim Kök Testi Bulguları (Düzey)

Değişkenler	LLC	IPS	Fischer ADF	Fischer PP	
LEF (EKOLOJİK AYAK İZİ)	1.15762 (0.8765)	1.52184 (0.9360)	27.0694 (0.6196)	32.1288 (0.3616)	Tablo 1'de dört farklı panel birim kök testi
LGDP (GSYİH)	-0.01527 (0.4939)	3.98457 (1.0000)	18.7012 (0.9460)	17.3950 (0.9675)	
LKOF (KÜRESELLEŞME TOPLAM)	-3.61176*** (0.0002)	1.91431 (0.9722)	22.1156 (0.8498)	22.6766 (0.8283)	

Not: Parantez içi değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***, **, * %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. H0 bir birim kök var (durağan değil) ve H1 birim kök içermez.

kullanılmıştır. LEF serisinin birim kökünü incelemek için LLC, IPS, Fischer ADF ve PP testi olasılık değerlerine bakıldığında, seviyelerde birim kök bulunduğu için boş hipotezi reddedilememiştir. Bu nedenle, seri durağan değildir. Serilerin birinci farkı alınarak tüm seriler için boş hipotez reddedilmiştir.

Johansen Fisher panel eş bütünleşme testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Johansen Fisher Eşbütünleşme Testi

	Öz Değer İstatistiği	Olasılık	İz İstatistiği	Olasılık
0	344.6***	0.0000	191.3***	0.0000
1	197.8***	0.0000	82.78***	0.0000
2	129.0***	0.0000	58.67***	0.0013
3	83.25***	0.0000	42.74*	0.0617

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Ekolojik ayak izi ile modelde ele alınan açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönem bir ilişki mevcuttur. Bu ilişkide uzun dönem eş bütünleşme parametrelerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bunun için FMOLS ve DOLS eş bütünleşme tahminicileri kullanılmıştır.

Tablo 4. Panel FMOLS ve DOLS Sonuçları

Değişkenler	FMOLS		DOLS	
	Katsayı	t-istatistik	Katsayı	t-istatistik
LGDP	0.086341***	11.22175	0.086013	0.606240
LGDP ²	0.012980*	1.814281	0.027087***	2.952422
LKOF	-0.154158***	-19.86837	-0.161019***	-3.724802

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

FMOLS sonuçlarına göre, GDP katsayı tahmini pozitif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Ayrıca LGDP² pozitif olduğu için ÇKE hipotezi reddedilmektedir.

Küreselleşmenin etkisini belirlemek için modele dahil edilen KOF değişkeni için elde edilen katsayı ise istatistiki olarak anlamlı ve negatif katsayıya sahiptir. Yani küreselleşmenin ekolojik ayak izi üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır, dolayısıyla küreselleşme çevre bozulmalarını uzun vadede olumlu etkilemektedir.

2. SONUÇ

Çalışmada, Türkiye, Çin, Endonezya, Güney Afrika, Brezilya, Şili, Mısır, Tayland, Kolombiya, Meksika, Filipinler, Peru, Malezya, Polonya, Hindistan olmak üzere 15 gelişmekte olan ülke için 1970-2016 dönemi panel veri yöntemleriyle küreselleşmenin çevresel etkisi analiz edilmiştir. Sonuçlar ekolojik ayak izinin gelirdeki artışla birlikte artacağını; buna karşın gelir seviyesindeki belirli bir yükseklikten sonra (dönüm noktası) azalacağını varsayan ÇKE hipotezinin ters "U" şeklindeki ilişkisini desteklememektedir. Ayrıca sonuçlar küreselleşme düzeyindeki artışın ekolojik ayak izini azalttığını göstermektedir. Yani küreselleşme ekolojik ayak izi üzerinde azaltıcı bir etki yaratmaktadır, dolayısıyla küreselleşme çevre kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Baltagi, B., (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, Third Edition, England: John Wiley & Sons LTD.

Baltagi, Badi H. (2011) *Econometrics*, Fifth Edition, New York: Springer.

Bayraç, H. N. (2010). "Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar". *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.

Beck, U. (1997). *Was ist Globalisierung?* (Vol. 2). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- Bilgili, F., Ulucak, R., Koçak, E., ve İlkay, S. Ç. (2019). "Does globalization matter for environmental sustainability? Empirical investigation for Turkey by Markov regime switching models". *Environmental Science and Pollution Research*, 34,1-14.
- Copeland, B.R., and Taylor, M.S., (2004). "Trade, growth, and the environment.". *Journal of Economic literature* 42(1), 7-71.
- Costanza, R. (2000). "The dynamics of the ecological footprint concept". *Ecological economics*, 32(3), 341-345.
- Grossman, G. M., and Krueger, A. B. (1993, 1995). " Economic growth and the environment". *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- Hamm, R. B. (2011). *Rückkehr ausgeschlossen: eine Studie zur Integration von Binnenwanderern in Deutschland*. Berlin: epubli Verlag
- İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(2), 203-228.
- Khalid, A. & Long, W. (2013). "An empirical analysis of CO2 emission in Pakistan using EKC hypothesis". *Journal of International Trade Law and Policy*, 12(2), 188-200.
- Pedroni, P. (1999). " Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors". *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 653-670.
- Pedroni, P. (2001). "Purchasing power parity tests in cointegrated panels". *Review of Economics and Statistics*, 83(4), 727-731.
- Pflüger, M. (2013). *Konfliktfeld Globalisierung: Verteilungs-und Umweltprobleme der weltwirtschaftlichen Integration (Vol. 18)*.Berlin: Springer-Verlag.
- Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Hatay.
- Shahbaz, M., Bhattacharya, M., and Klaid. A. (2017). "CO2 emissions in Australia: economic and non-economic drivers in the long-run". *Applied Economics*, 49(13), 1273-1286.
- Shahbaz, M., Khan, S., Ali, A., and Bhattacharya, M. (2017). "The impact of globalization on CO2 emissions in China". *The Singapore Economic Review*, 62(04), 929-957.
- Shahbaz, M., Shahzad, S. J. H., and Alam, S. (2018). "Globalisation, economic growth and energy consumption in the BRICS region: The importance of asymmetries". *The Journal of International Trade & Economic Development*, 27(8), 985-1009.
- Shahbaz, M., Shahzad, S. J. H., and Mahalik, M. K. (2017). "Does Globalisation Worsen Environmental Quality in Developed Economies?". *Environmental Modeling & Assessment*, 2(23), 141-156.
- Shahbaz, M., Shahzad, S. J. H., and Mahalik, M. K. (2018). "Is globalization detrimental to CO 2 emissions in Japan? New threshold analysis". *Environmental Modeling & Assessment*, 23(5), 557-568.
- Sweeney, J. L. (2000). "Economics of Energy". *Department of Management Science and Engineering, Stanford University*, 4(9), 1- 29.

- Ulucak, R., and Apergis, N. (2018). " Does convergence really matter for the environment? An application based on club convergence and on the ecological footprint concept for the EU countries". *Environmental Science & Policy*, 80, 21-27.
- Ulucak, R., and Lin, D. (2017). " Persistence of policy shocks to Ecological Footprint of the USA". *Ecological Indicators*, 80, 337-343.
- Ulucak, R. (2013). İktisat Politikası Olarak Çevre Politikaları ve Araç Seçimi. *Akademik Bakış Dergisi*, 34, 1-16.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth* (Vol. 9). Canada: New Society Publishers.



THE ENERGY-GROWTH NEXUS REVISITED: AN ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF ENERGY

Thai-Ha Le

Fulbright University, Vietnam and IPAG Business School, France

Sabri Boubaker

EM Normandie Business School, France
sabri.boubaker@gmail.com

Canh Phuc Nguyen

University of Economics, Ho Chi Minh City, Vietnam

Abstract: This study revisits the nexus between energy consumption and economic growth by considering different types of energy use, namely, total energy use, fossil fuel energy use, and renewable energy use. For this purpose, dynamic fixed effects estimator (DFE) is applied to autoregressive distributed lag (ARDL) model which is built upon an extended version of Neoclassical production function. This study examines a global sample of 107 countries during the period 1996-2014, classified into three subsamples of countries based on different income levels. Overall, we find that, in the short run, the uses of total energy and fossil fuel energy significantly and positively contributed to higher income in both total and per capita terms. Meanwhile, the growth effects of renewable energy consumption appear to vary across different subsamples. In the long run, the impacts of energy on economic growth are mostly insignificant for subsamples. This supports energy conservative policies without harming economic growth.

JEL Classifications: Q43.

Keywords: Energy-growth nexus; Renewable energy; Panel data analysis; DFE ARDL; Global sample.

1. Introduction

The role of energy sources is undisputed. It is by energy that mankind conquered the universe for the first time. From natural factors such as wind, water, fire, sunlight to man-made energy sources such as electricity, gas, gasoline, atomic energy, energy is essential for human activities and plays a very critical role in the development of any country around the world. Energy is not only an indispensable element of many economic sectors, but also has a great influence on economy, politics, culture, and society.

Since energy has a vital role for development and affects most of human life, an emerging problem facing the world economy as well as human being is global energy crisis. However, fossil fuel energy sources are limited. As such, the issue of production, consumption, and management of energy resources is noted and paid special attention in many countries. The problem of saving and finding alternative types of energy has also long been set. Furthermore, the negative effects caused by energy are also documented. In parallel with the benefits always comes is an immeasurable danger if energy is “released”. The risk of destroying humanity and destroying the earth is always warned by scientists. Not to mention the energy loss leads to catastrophic pollution, destroying the entire environment on a large scale and very difficult to recover.

In this regard, the development and use of renewable energy sources is the most appropriate direction because it is less risky, contributing to increasing domestic supply, reducing dependence on imported energy sources, foreign import, thereby ensuring national energy security (Le et al, 2019). Moreover, encouraging the development of renewable energy investment expects to protect the environment and reduce the impact of climate change since it helps reduce greenhouse gas emissions and contributes towards a green, modern energy growth. In a nutshell, developing renewable energy expects to make an important contribution to economic growth, promote local socio-economic development, contribute to protecting environment, and to join hands with global efforts to limit global warming. Green energy development today is the trend of the world, rapidly changing the structure of energy industry. Many countries have urgently developed and implemented green energy development strategies and policies with a long-term vision, focusing on human resources, science-technology and finance-credit towards developing a low-carbon, sustainable and environmentally friendly economy.

Given the importance of energy security, the research on the use of green and renewable energy sources such as biomass, geothermal, solar and wind energy is an absolute necessity (Baulch et al, 2018). However, despite the voluminous studies conducted on the energy-growth nexus, the relationship between renewable energy and economic growth has not received proper attention in the academic literature. This study aims to provide further insights into the energy-growth nexus by considering different types of energy use, namely, total energy use, fossil fuel energy use, and renewable energy use. For this purpose, we conduct dynamic fixed effects estimator (DFE) to autoregressive distributed lag (ARDL) model that was an extended version of Neoclassical production function. Besides examining a global sample of 107 countries, the study also investigates three subsamples of countries at different income levels based on the World Bank’s latest classification.

The results suggest that, in the short run, the uses of total energy and fossil fuel energy were significant contributors to higher income in both total and per capita terms. This finding was observed for both the global sample and three subsamples. On the other hand, the impacts of renewable energy on economic growth seem to be differ across subsamples of countries. The Granger causality analysis shows bidirectional causal relationships between energy consumption and economic growth at levels. However, in per capita terms, the results reveal stronger causality running from economic growth to energy use. This finding appears to be consistent with the finding in the long run that, the effects of energy on economic growth are mostly insignificant for the three subsamples. This result supports the energy conservative policies that countries can reduce the use of energy without harming economic growth.

The rest of the study is organized as follows. Section 2 reviews the related literature on the energy-growth nexus, focusing on the recent studies over the past decade. Section 3 presents the data, model and methodologies. Section 4 reports and discusses the empirical results. Section 5 concludes and suggests some policy implications.

2. Literature review

Since the pioneer study by Kraft and Kraft (1978), the literature on the nexus between energy and economic growth has been voluminous. A general perspective states that the nexus between energy consumption and economic growth can be theoretically explained using four hypotheses, which have different implications on the usage of energy (e.g. Apergis and Payne 2009; Ewing, Sari, and Soytas 2007; Ozturk 2010; Payne 2010; Le, 2016; Le and Quah, 2018; Fang and Le, 2019). The first hypothesis is ‘Neutrality hypothesis’, which denotes a situation where exists no relationship between energy use and output in a country. In this case, any regulations on the consumption amount of energy would have negligible impact on economic output. The second hypothesis is ‘Growth hypothesis’ which refers to the unidirectional causality running from energy consumption to economic output. In this scenario, energy use is considered as a crucial contributor to economic development. This implies that restrictions on energy use would have unfavourable effects on the overall economic growth and development of the country. On the other hand, expansive energy policies are necessary for sustainable increment in output and hence economic growth. The third hypothesis, ‘Conservation hypothesis’, suggests unidirectional causality running from economic output to energy use. This relationship refers to the situation in countries that are not highly reliant on energy. This hypothesis implies that we can adopt an approach to reduce the energy demand without harming economic output. The fourth hypothesis is ‘Feedback hypothesis’, which establishes a feedback causality between energy consumption and economic output. This hypothesis suggests that energy and output are inseparable variables since each one of them has simultaneous impacts on the other. In this regard, reduced energy consumption would have negative effects on economic output.

The empirical literature, however, has provided mixed and conflicting evidence on the nature of causal relationship between energy consumption and economic growth. This reasons for discrepancy in the results of the past studies could be attributable to the use of different methodological approaches, different investigation time periods, in addition to the heterogenous nature of the study areas and countries regarding climate conditions, economic development and energy consumption patterns.

Specifically, while there are many studies find the evidence of unidirectional causality running from energy consumption to economic growth (for example, Altinay and Karagol (2005) for Turkey; Solarin (2011) for Botswana (the world's largest producer of diamonds)), a number of studies brought evidence of unidirectional causality from economic growth to energy use (for instance, Kraft and Kraft (1978) for the US; Cheng and Lai (1997) for Taiwan; Zhang and Cheng (2009) for China; Souhila and Kourbali (2012) for Algeria; Le (2016) for 15 sub-Saharan African (SSA) countries). On the other hand, some studies found a bidirectional causality between these two variables (for instance, Apergis and Payne (2009) for six Central American countries in the short run; Shahbaz et al (2011) for Portugal; Sadorsky (2012) for 7 South American countries in the short run). Meanwhile, a relatively fewer number of studies observed an insignificant relationship between energy use and economic output (for example, Oh and Lee (2004) for Korea in the short run; Stern (2010) for the US in the long run).

Furthermore, some studies even showed mixed findings in their study samples. For instance, on examining the energy-growth nexus for 11 Sub-Sahara African countries, Akinlo (2008) found a feedback causal relationship between energy usage and economic growth for Gambia, Ghana and Senegal while no causality for Cameroon, Cote D'Ivoire, Kenya, Nigeria and Togo. On the other hand, unidirectional causality is confirmed from economic growth to energy consumption in Congo, Sudan and Zimbabwe. Similarly, Saidi et al (2017) examined the direction of causality between energy consumption and economic growth for a global panel of 53 countries during the period 1990–2014 and observed different causality patterns across the subsamples. Specifically, a bidirectional Granger causal relationship between economic growth and energy consumption was found for the global panel and African and Middle East countries both in the short run and long run. Meanwhile, unidirectional causality runs from energy consumption to economic growth for the European countries both in the short run and long run.

Compared to the large volume of literature on the energy-growth nexus that looked at the consumption of primary energy, the studies focussing on other types of energy are much fewer in number. This is partly attributable to the unavailability of data on different types of energy use in the past. However, the trend has seen a recent increase in the number of researches conducted in this theme, particularly over the past ten years (see, for instance, Apergis and Payne, 2010a, b, 2011; Narayan et al, 2019; Le et al, 2020). For instance, Apergis and Payne (2010a) documented

short-run and long-run bidirectional causality between renewable energy consumption and economic growth for 13 countries within Eurasia during the period 1992–2007. Apergis and Payne (2010b) showed bidirectional linkage between renewable energy use and economic growth in both the short run and the long run for twenty OECD countries over the period 1985–2005, confirming the ‘feedback’ hypothesis. Apergis and Payne (2011) documented bidirectional causality between these two variables in both the short run and the long run for six countries in Central America during 1980–2006. Narayan et al (2019) examined the causal structure between different types of petroleum consumption and economic growth for 23 Indian state panels over the period 1985–2013 and found that stable long-run relationships exist between economic growth and only several types of petroleum products.

Overall, the existing studies on examining the nexus between economic growth and different types of energy consumption are not only relatively few in number but also have some shortcomings. First, a very scarce number of studies looked at several types of energy for comparison. Second, most of the studies employed similar and conventional approaches in time-series or panel data analysis. Third, most of the studies focussed only on a limited number of countries or a number of provinces/states within a country. In this regard, this study aims to provide further insight about the nexus between energy and economic growth by looking at different types of energy. Our study contributes to the literature in four dimensions. First, we considered three kinds of energy, namely, total energy use, fossil fuel energy use, and renewable energy use for comparison. Second, we applied an advanced econometric technique to a well-defined testing framework, i.e., dynamic fixed effects estimator (DFE) is applied to autoregressive distributed lag (ARDL) model built upon an extended version of Neoclassical production function. Third, we examine a global sample of 107 countries, as well as via three subsamples of countries classified based on different income levels and cover a reasonably long period 1996–2014 (19 years). As such, our study is much more comprehensive compared to the previous studies. With this comprehensive approach, we hope to provide an in-depth analysis on the controversial relationships between the two variables for policy implications.

3. Methodology and data

In order to investigate the relationship between energy consumption on economic growth, this study applies the neo-classical economic growth model (see Solow (1957), Mankiw, Romer, and Weil (1992)). In which, the labour and capital are assumed to exhibit diminishing marginal returns in the long run, while technological progress is assumed to be exogenous with the growth rate. The extended version of the neo-classical production model, which was used in several previous studies (e.g., Shahbaz, Khan, and Tahir (2013), Shahbaz, Zakaria, Shahzad, and Mahalik (2018), Le and Nguyen (2019)), is employed to construct the estimation model.

Specifically, output is a function of technology, capital formation, financial development, and extends to energy use (or energy consumption), as follows:

$$Y = K^{a_1}(AL)^{a_2}EU^{a_3}e^\mu \quad [1]$$

where: Y is real domestic output, A is technological factor, K is capital, L is labour, EC is energy consumption, and e is error assumed $N(i.i.d)$ (independent and identically distributed). a_1, a_2, a_3 represent the elasticities of output to capital, productivity growth of labour (AL), and energy consumption, respectively. For model [1], the neo-classical production function is used ($a_1 < 1$; $a_1 + a_2 + a_3 \neq 1$). The model assumes that A is the technological progress (presenting in productivity growth) with the growth rate, g :

$$A_t = A_0 e^{gt} F_t^\vartheta \quad [2]$$

where A_0 is the constant time-invariant; F is the part of technological progress produced by exogenous factors, and ϑ is as the elasticity of function of exogenous factors.

According to Shahbaz et al. (2013), the technology in the extended Cobb-Douglas production function can be assumed to be endogenously determined by the levels of financial development and trade openness. Several studies have documented the important roles of financial development in economies growth (see, for instance, Le et al, 2016; Le, 2016; Durusu-Ciftci, Ispir, & Yetkiner, 2017; Ibrahim & Alagidede, 2018; Le and Tran-Nam, 2018; Ruiz, 2018; Le et al, 2019) through (i) the accumulation of physical and human capital (Pagano, 1993), and (ii) the effectiveness of resource allocation (King & Levine, 1993a, 1993b), and (iii) may be through the positive impacts on spill-over effects of capital flows (Alfaro, Chanda, Kalemli-Ozcan, & Sayek, 2004; Azman-Saini, Law, & Ahmad, 2010; Hermes & Lensink, 2003). Meanwhile, the crucial role of trade openness is also documented in endogenous growth models (see Rivera-Batiz and Romer (1991a), Rivera-Batiz and Romer (1991b)). It is mostly agreed that trade openness might improve domestic productivity through innovation and technology development (Le, 2016; Shahbaz et al., 2013) and economies of scale through specialization (Nguyen, Su, & Nguyen, 2018) thus it can enhance the productivity and technological advancement (Le, 2016). Therefore, trade openness ($Trade$) and financial development (FD) are incorporated into the function of technological progress in Eq. [2] as follow:

$$A_t = A_0 e^{gt} Trade_t^\phi FD_t^\pi \quad [3]$$

in which: *Trade* and *FD* represent trade openness and financial development, respectively. \emptyset and π are the elasticities of technological advancement to trade openness and financial development, respectively. With the assumption as $a_1 + a_2 + a_3 \neq 1$, the equation [3] is put into equation [1] as follow:

$$Y = K^{a_1} L^{a_2} A_0 e^{gt*a_2} Trade_t^{\emptyset*a_2} FD_t^{\pi*a_2} EU^{a_3} e^{\mu} \quad [4]$$

In order to control for heteroscedasticity, both sides of Eq. [4] are taken logarithm (*Log*). Moreover, with the logged variables, the coefficients from estimations could be interpreted as the elasticities of output to the changes in corresponding input factors. As a result, the linearized neo-classical production function from equation [4] for a panel data analysis is as follows:

$$Y_{it} = a_0 + \beta_1 K_{it} + \beta_2 L_{it} + \beta_3 TRADE_{it} + \beta_4 FD_{it} + \beta_5 EU_{it} + \partial_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad [5]$$

in which: i , t denote country i at year t ; a and β are coefficients; ∂ and θ are country-fixed effects and year-fixed effects; ε is residual term. Y , K , L , $Trade$, FD , and EU present total real domestic output, total capital stock, total labour force, total trade value, financial development, and total energy use. All variables are in logarithms forms.

Eq. [5] is used for aggregated data analysis (all variables are aggregate values). The estimations for per capita analysis are also conducted. In this step, the impact of labour remains constant by dividing both sides of Eq. [4] by population in order to transform this equation in per-capita terms. As the same procedures with the aggregated data analysis, in order to control for heteroscedasticity, all the variables are taken logarithm and then the coefficients from estimations could be interpreted as the elasticities of output per capita to the changes in corresponding input factors. The linearized neo-classical production function from equation [4] for per capita analysis is as follows:

$$y_{it} = a'_0 + \beta'_1 k_{it} + \beta'_3 trade_{it} + \beta'_4 fd_{it} + \beta'_5 eu_{it} + \partial_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad [6]$$

where: a' and β' are coefficients; the lower cases of factors (y , k , $trade$, fd , eu) represent Y , K , $TRADE$, FD and EU in per capita terms, respectively.

In this study, total GDP (constant 2010 US\$) and GDP per capita (constant 2010 US\$) are taken from World Development Indicators database (WDIs – World Bank) to proxy for real output and real output per capita, respectively. The capital stock at constant 2011 national prices (in mil. 2011US\$) is acquired from Penn World Tables (PWT 9.1) to proxy for capital stock. We divide the capital variable by total population (in millions) also taken from WDIs to calculate for capital

stock per capita. The ratio of trade to GDP (%) multiply by total GDP, both taken from WDIs, to obtain total trade value, which is then used to divide by total population to attain trade value per capita.

The financial development index is collected from Financial Development Index of IMF (FDI-IMF), which is regarded as a good proxy of financial development in a country (Svirydzenka, 2016). A higher value of this index means higher level of financial development. In order to examine different aspects of energy use, the following three measures are used including total energy use (kg of oil equivalent), total fossil fuel energy use (kg of oil equivalent), and total renewable energy use (kg of oil equivalent). All three variables are collected from WDIs. In per capita analysis, these variables are divided by total population to obtain different types of energy consumption per capita, respectively. Data definitions, calculations, sources, and descriptions are presented in *Table 1*.

[Please insert Table 1 here]

Subject to the availability of data from three sources (WDIs, PWT, and FDI-IMF), the empirical analysis is performed for a panel data set with annual data for 107 economies (see *Table A1* – Appendix for the list of countries) during the period 1996-2014. Our study sample thus has a large number of cross-sections (N=107 countries) but relatively longer time dimension (1996-2014, i.e. T=18 years). Moreover, three sub-samples of countries classified by income levels, including 34 low- and lower-middle income economies (LMEs), 33 upper-middle income economies (UMEs), and 40 high income economies (HIEs), are also examined to account for the heterogeneity of the nexus between energy consumption on economic growth for countries at different stages of economic development. *Table 2* presents the correlation matrix between the aggregated variables considered in our baseline model.

[Please insert Table 2 here]

The first step of the empirical analysis involves performing Pesaran (2004)'s cross-sectional dependence (CD) test to examine the existence of cross-sectional dependence in all logged variables (for both aggregate and per capita variables). The results in Table 3 show the existence of cross-sectional dependence all aggregate and per capita variables. The Pesaran (2007)'s CIPS ($Z(t\text{-bar})$) unit root test, Im-Pesaran-Shin unit-root test (Im, Pesaran, & Shin, 2003), Fisher-type unit-root test (Choi, 2001), Levin-Lin-Chu unit-root test (Levin, Lin, & Chu, 2002), and Harris-Tzavalis unit-root test (Harris & Tzavalis, 1996) are then applied to examine the stationarity of the variables. The results in Table 3 show that most of variables are stationary in first difference (this is strongly evidenced by the consistency of all the unit root tests), while some variables are stationary at level (i.e., FD) and others are not.

[Please insert Table 3 here]

Next, the Granger-causality test by Dumitrescu and Hurlin (2012) is employed to examine the causal linkage between energy consumption and economic growth. Table 4 shows the bidirectional causality between these two variables, both in aggregate and per capita terms. The only exceptional case is between the first difference of energy per capita and the first difference of GDP per capita (in log). This study then performs panel cointegration tests including Kao cointegration test (Kao, 1999), Pedroni cointegration test (Pedroni, 1999), and Westerlund cointegration test (Westerlund, 2005) to examine the cointegration relationships among the variables.

[Please insert Table 4 here]

The results in Table 5 show the existence of long-run cointegration between the variables in the equations of both aggregate values and per capita values. The estimations of dynamic panel data are usually applied with difference or system GMM estimators, but the existence of cointegration makes these estimators inappropriate. As such, for our study, the existence of cointegration among variables in combination with the stationarity of the variables at different levels justify the use of autoregressive distributed lag model (ARDL) as the most appropriated estimator (Abdullahi, Bakar, & Hassan, 2015; Bildirici, 2014; Odhiambo, 2009).

[Please insert Table 5 here]

Furthermore, ARDL model allows us to identify short-term and long-term effects by including lags of dependent and independent variables regardless whether regressors are endogenous or exogenous (Pesaran & Shin, 1998; Pesaran & Smith, 1995). With the potential existence of country fixed effects and time fixed effects, the dynamic fixed effects estimator (DFE) is used for ARDL model. The DFE ARDL model will not only detect the short-run and long-run influences of regressors, but also deal with the fixed effects. Moreover, the bias of this estimator is reduced to zero when the time dimension of the panel is large, which is suitable for our panel with relatively long time period (18 years). For the robustness check of the estimation results, the fully modified OLS (FMOLS) model (Pedroni, 2001) and canonical correlation regression methods (Kakade & Foster, 2007) are also performed to estimate the baseline models. The results are reported in the Appendix.

4. Results

The influences of energy consumption on economic growth (aggregated analysis) estimated by DFE ARDL for the full sample and three sub-samples are presented in *Table 6*.

[Please insert Table 6 here]

In terms of total energy consumption (EU), the results in Table 6 show some interesting findings on the impacts of energy consumption on economic growth in the short run and the long run. In the short run, the results show that total energy consumption has positive effects on economic growth for the full sample, and the subsamples of HIEs, UMEs (significant), and LMEs (insignificant). The results are consistent with the findings from previous studies such as Caraiani, Lungu, and Dascălu (2015) for Poland, Romania, Romania Shahbaz et al. (2013) for China, Le (2016) for low-income countries in Africa.

Our study thus adds new global evidence on the positive impacts of total energy consumption on economic growth in the short run, especially for HIEs and UMEs. In the long run, the results show significant and positive impacts of total energy use on economic growth for the global sample, but insignificant effects for the three sub-samples. Total energy consumption has positive influences in HIEs and LMEs, but negative impacts in UMEs. The results are mostly consistent with previous studies. For instance, Chang and Fang (2016) find that the total energy consumption has positive impact on economic growth for Taiwan over the period 1970-2011. Ouedraogo (2013) show that energy consumption has positive influence on economic growth in the long run for 15 countries in West African States over the period 1980-2008. Tang, Tan, and Ozturk (2016) add that energy consumption contributes to economic growth in Vietnam over the period 1971–2011.

However, the results are somewhat different from those in some previous studies. Alshehry and Belloumi (2015) documented that the economic complexity does not have impact on economic growth in the short run for Saudi Arabia over the period 1971–2010. Interestingly, the negative (but statistically insignificant) impacts of total energy consumption on economic growth in UMEs suggest that energy consumption is not a driver of economic growth in most of UMEs during the period of study.

Regarding total fossil fuel energy consumption (EU_{fossil}), the results show that fossil fuel energy consumption has significantly positive impacts on economic growth for the global sample, and the subsamples of UMEs, and LMEs in the short run, while having positive but insignificant influences for the group of HIEs. The positive impact of fossil fuel energy consumption (or non-renewable energy consumption) on economic growth for the full sample and subsamples of UMEs and LMEs are consistent with the findings from many previous studies (e.g., see Caraiani et al. (2015), Tiwari, Apergis, and Olayeni (2015), Destek and Aslan (2017)). Meanwhile, the insignificantly positive impact of fossil fuel energy consumption on economic

growth for HIEs in this study has brought new evidence on the unimportance of fossil fuel energy in the long run for HIEs' economic development. In the long run, the fossil energy consumption appears to have significantly positive impacts on economic growth for the full sample, but this positive impact is not statistically significant in the case of three sub-samples. The results indicate that while fossil fuels in general would still be a critical input for economic growth in global stance, it may play varied roles across different income country groups.

About renewable energy consumption (EUrenew), the results show that, in the short run, it has significantly positive impacts on economic growth for the full sample and UMEs, while having significantly negative effects for HIEs and insignificantly positive influences for LMEs. The results mean that increases in renewable energy consumption would contribute to economic growth, especially in UMEs and LMEs, while reducing the economic growth in HIEs in the short run. The positive impacts of renewable energy use on economic growth in the short run are properly consistent with the findings from previous studies. Tiwari et al. (2015) find that renewable energy consumption has positive impact on economic growth in the short run for 12 sub-Saharan African countries over the period 1971-2011. Destek and Aslan (2017) indicate that renewable energy use has positive influence on economic growth in Peru during the period 1980-2012. The results in our study thus provide a comprehensive empirical evidence on the short-run influences of renewable energy consumption on economic growth for a global sample in addition to three different income country groups. In the long run, the results show that the use of renewable energy has significantly negative impact on economic growth for the full sample, while having insignificantly negative effects for UMEs and LMEs, and insignificantly positive influence for HIEs.

The results regarding the impacts of energy consumption on economic growth based on per-capita analysis are presented in Table 7 for the full sample and three sub-samples.

[Please insert Table 7 here]

In the short run, the estimations show consistent impacts of energy consumptions on economic growth. Energy consumption has significantly positive impacts on economic growth, both in per capita terms, for the full sample and all the three subsamples. In the same vein, fossil fuel energy consumption has positive impacts on economic growth for the full and three subsamples. Meanwhile, renewable energy consumption has significantly positive impacts on economic growth for the full sample and UMEs, while having significantly negative effects for HIEs and insignificantly positive influences for LMEs.

In the long run, the results in *Table 7* show consistent influences of energy consumption on economic growth for the full sample. Energy consumption and fossil fuel energy consumption appear to have significantly positive impacts on economic growth, while renewable energy

consumption seems to have significantly negative effects. Meanwhile, the results for the three subsamples are mostly insignificant in three regards: (i) energy consumption has positive effects for HIEs and LMEs, while negative impacts for UMEs; (ii) fossil fuel energy consumption has positive influences for the three sub-samples; (iii) renewable energy consumption has positive impact for the group of HIEs and negative impacts for the groups of UMEs and LMEs.

Finally, we conducted the robustness check of the estimation results by performing the fully modified OLS (FMOLS) model (Pedroni, 2001) and canonical correlation regression methods (Kakade & Foster, 2007) to estimate the baseline models. The results presented in Tables A2 and A3 of the Appendix confirm the consistency of the results obtained by performing DFE ARDL method in a qualitative manner. We may thus conclude that our findings are relatively robust to different estimation methods.

5. Conclusions and Policy Implications

In this study, the energy-growth nexus was revisited by considering different types of energy use, namely, total energy use, fossil energy use, and renewable energy use. The empirical analysis is conducted by applying dynamic fixed effects estimator (DFE) to autoregressive distributed lag (ARDL) model that was built based on an extended version of Neoclassical production function. In addition to a global sample of 107 countries, the study examines three subsamples of countries classified by different income groups. The results indicate, in the short run, the uses of total energy and fossil fuel energy significantly and positively contributed to higher income in both total and per capita terms. This finding applies to both the global sample and three subsamples. On the other hand, the effects of renewable energy appear to be varying across different subsamples of countries. The Granger causality analysis reveals that there are bidirectional causal relationships between energy consumption and economic growth at levels. Meanwhile, in per capita terms, there seems to be stronger evidence that economic growth Granger causes energy use. This appears to be consistent with the finding in the long run that, the impacts of energy on economic growth are mostly insignificant for the three subsamples. This supports the energy conservative policies without harming economic growth.

Some policy recommendations are proposed as follows. First, there is a need to exploit and maximize the availability of fuel and energy resources for economic development. Furthermore, competitiveness of the energy market needs to be nurtured and enhanced (for instance, through openness and innovation), not only for the domestic market but also for the regional and world markets. Second, in implementing the Green Growth Strategy roadmap, the government should have a mechanism and policies to encourage more investment in renewing technological processes in production and consumption and improving energy efficiency to reduce energy consumption per GDP. Third, studying and having appropriate policies and mechanisms to

encourage the use of renewable energy sources, such as wind, solar, tide and bio energy. In the short term, due to high investment and technological innovation costs, the cost of using these types of energy and fuels is still high. As such, the government needs to provide more incentives such as price subsidies and tax reduction to reduce burden for investors. In the long term, it is necessary to develop renewable energy to gradually replace existing polluting energy sources. Fourth, raising awareness for people in using and saving energy; more importantly, make it become a culture and a sense of voluntariness and habit. Fifth, in the context of a market economy institution, it is necessary to maximize the economic instruments and financial mechanisms for investing, exploiting and using energy sources efficiently and economically. Furthermore, it is critical to mobilize resources, especially internal capital, to invest energy in exploitation and production according to market principles. Last but not least, it is necessary to monitor the implementation of energy resource development in accordance with climate policy of reducing greenhouse gas emissions.

References

- Abdullahi, M. M., Bakar, N. A. B. A., & Hassan, S. B. (2015). Determining the Macroeconomic Factors of External Debt Accumulation in Nigeria: An ARDL Bound Test Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 211, 745-752. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.098>
- Alfaro, L., Chanda, A., Kalemli-Ozcan, S., & Sayek, S. (2004). FDI and economic growth: the role of local financial markets. *Journal of international economics*, 64(1), 89-112.
- Alshehry, A. S., & Belloumi, M. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 237-247.
- Altinay, G. and Karagol, E., 2005. Electricity consumption and economic growth: evidence from Turkey. *Energy economics*, 27(6), 849-856.
- Apergis, N. and Payne, J.E., 2009. CO2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, 37(8), 3282-3286.
- Apergis, N. and Payne, J.E., 2010. Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy Economics*, 32(6), 1392-1397.
- Apergis, N. and Payne, J.E., 2010. Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. *Energy policy*, 38(1), 656-660.
- Apergis, N. and Payne, J.E., 2011. The renewable energy consumption–growth nexus in Central America. *Applied Energy*, 88(1), 343-347.
- Azman-Saini, W., Law, S. H., & Ahmad, A. H. (2010). FDI and economic growth: New evidence on the role of financial markets. *Economics letters*, 107(2), 211-213.
- Baulch, B., Do, T.D. and Le, T.H., 2018. Constraints to the uptake of solar home systems in Ho Chi Minh City and some proposals for improvement. *Renewable energy*, 118, 245-256.
- Bildirici, M. E. (2014). Relationship between biomass energy and economic growth in transition countries: panel ARDL approach. *Gcb Bioenergy*, 6(6), 717-726.
- Caraiani, C., Lungu, C. I., & Dascălu, C. (2015). Energy consumption and GDP causality: a three-step analysis for emerging European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 198-210.
- Chang, Y., & Fang, Z. (2016). Energy Consumption and Human Capital: A Driver or Drag for Economic Growth. Paper presented at the Energy: Expectations and Uncertainty, 39th IAEE International Conference, Jun 19-22, 2016.
- Cheng, B.S., Lai, T.W. (1997), An Investigation of Co-integration and Causality between Energy Consumption and Economic Activity in Taiwan. *Energy Economics*, 19(4), 435-444.
- Choi, I. (2001). Unit root tests for panel data. *Journal of International Money and Finance*, 20(2), 249-272.
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, 111, 757-763.

- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Durusu-Ciftci, D., Ispir, M. S., & Yetkiner, H. (2017). Financial development and economic growth: Some theory and more evidence. *Journal of Policy Modeling*, 39(2), 290-306. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2016.08.001>
- Harris, R.D. and Tzavalis, E., 1999. Inference for unit roots in dynamic panels where the time dimension is fixed. *Journal of econometrics*, 91(2), 201-226.
- Hermes, N., & Lensink, R. (2003). Foreign direct investment, financial development and economic growth. *The Journal of Development Studies*, 40(1), 142-163.
- Ibrahim, M., & Alagidede, P. (2018). Effect of financial development on economic growth in sub-Saharan Africa. *Journal of Policy Modeling*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2018.08.001>
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.
- Kakade, S. M., & Foster, D. P. (2007). Multi-view regression via canonical correlation analysis. Paper presented at the International Conference on Computational Learning Theory.
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of econometrics*, 90(1), 1-44.
- King, R. G., & Levine, R. (1993a). Finance and growth: Schumpeter might be right. *The quarterly journal of economics*, 108(3), 717-737.
- King, R. G., & Levine, R. (1993b). Finance, entrepreneurship and growth. *Journal of Monetary economics*, 32(3), 513-542.
- Kraft, J. and Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3, 401-403.
- Le, T.-H. (2016). Dynamics between energy, output, openness and financial development in sub-Saharan African countries. *Applied Economics*, 48(10), 914-933.
- Le, T.H., Chang, Y., Taghizadeh-Hesary, F. and Yoshino, N., 2019. Energy insecurity in Asia: A multi-dimensional analysis. *Economic Modelling*.
- Le, T.H., Chang, Y. and Park, D., 2020. Renewable and Nonrenewable Energy Consumption, Economic Growth, and Emissions: International Evidence. *The Energy Journal*, 41(2).
- Le, T.H., Chuc, A.T. and Taghizadeh-Hesary, F., 2019. Financial inclusion and its impact on financial efficiency and sustainability: Empirical evidence from Asia. *Borsa Istanbul Review*.
- Le, T.H., Kim, J. and Lee, M., 2016. Institutional quality, trade openness, and financial sector development in Asia: An empirical investigation. *Emerging Markets Finance and Trade*, 52(5), 1047-1059.
- Le, T.-H., & Nguyen, C. P. (2019). Is energy security a driver for economic growth? Evidence from a global sample. *Energy Policy*, 129, 436-451. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.038>

- Le, T.H. and Quah, E., 2018. Income level and the emissions, energy, and growth nexus: evidence from Asia and the Pacific. *International economics*, 156, 193-205.
- Le, T.H. and Tran-Nam, B., 2018. Trade liberalization, financial modernization and economic development: An empirical study of selected Asia–Pacific countries. *Research in Economics*, 72(2), 343-355.
- Levin, A., Lin, C.-F., & Chu, C.-S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1-24.
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth*. *The quarterly journal of economics*, 107(2), 407-437. doi: 10.2307/2118477
- Narayan, S., Le, T.H., Rath, B.N. and Doytch, N., 2019. Petroleum consumption and economic growth relationship: evidence from the Indian states. *Asia-Pacific Sustainable Development Journal*, 26(1), 21-65.
- Nguyen, C. P., Su, T. D., & Nguyen, T. V. H. (2018). Institutional Quality and Economic Growth: The Case of Emerging Economies. *Theoretical Economics Letters*, 8(11), 1943.
- Odhiambo, N. M. (2009). Energy consumption and economic growth nexus in Tanzania: An ARDL bounds testing approach. *Energy Policy*, 37(2), 617-622.
- Oh, W. and Lee, K., 2004. Energy consumption and economic growth in Korea: testing the causality relation. *Journal of Policy Modeling*, 26(8-9), 973-981.
- Ouedraogo, N. S. (2013). Energy consumption and economic growth: Evidence from the economic community of West African States (ECOWAS). *Energy economics*, 36, 637-647.
- Pagano, M. (1993). Financial markets and growth: an overview. *European economic review*, 37(2-3), 613-622.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 653-670.
- Pedroni, P. (2001). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels Nonstationary panels, panel cointegration, and dynamic panels (pp. 93-130): Emerald Group Publishing Limited.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *Cambridge Working Papers in Economics*, 0435, University of Cambridge.
- 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.
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1998). An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis. *Econometric Society Monographs*, 31, 371-413.
- Pesaran, M. H., & Smith, R. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, 68(1), 79-113.
- Rivera-Batiz, L. A., & Romer, P. M. (1991a). Economic integration and endogenous growth. *The quarterly journal of economics*, 106(2), 531-555.

- Rivera-Batiz, L. A., & Romer, P. M. (1991b). International trade with endogenous technological change. *European Economic Review*, 35(4), 971-1001.
- Ruiz, J. L. (2018). Financial development, institutional investors, and economic growth. *International Review of Economics & Finance*, 54, 218-224.
- Saidi, K., Rahman, M.M. and Amamri, M., 2017. The causal nexus between economic growth and energy consumption: New evidence from global panel of 53 countries. *Sustainable cities and society*, 33, pp.45-56.
- Shahbaz, M., Khan, S., & Tahir, M. I. (2013). The dynamic links between energy consumption, economic growth, financial development and trade in China: fresh evidence from multivariate framework analysis. *Energy economics*, 40, 8-21.
- 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.
- Shahbaz, M., Tang, C.F. and Shabbir, M.S., 2011. Electricity consumption and economic growth nexus in Portugal using cointegration and causality approaches. *Energy policy*, 39(6), 3529-3536.
- Solarin, S.A., 2011. Electricity consumption and economic growth: Trivariate investigation in Botswana with capital formation. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 1(2), 32-46.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, 312-320.
- Souhila, C., Kourbali, B. (2012), Energy Consumption and Economic Growth in Algeria: Cointegration and Causality Analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(4), 238-249
- Stern, D.I., 2000. A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy. *Energy economics*, 22(2), 267-283.
- Svirydzhenka, K. (2016). Introducing a new broad-based index of financial development: *International Monetary Fund*.
- Tang, C. F., Tan, B. W., & Ozturk, I. (2016). Energy consumption and economic growth in Vietnam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1506-1514.
- Tiwari, A. K., Apergis, N., & Olayeni, O. R. (2015). Renewable and nonrenewable energy production and economic growth in sub-Saharan Africa: a hidden cointegration analysis. *Applied Economics*, 47(9), 861-882.
- Zhang, X-P., Cheng, X-M. (2009), Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in China. *Ecological Economics*, 68(10), 2706-2712.
- Zheng, Fang and Thai-Ha, Le (2020). Cointegrating relationship and Granger causal analysis in energy economics – A practical guidance. In Goutte, Stéphane and Nguyen, Duc Khuong (Ed.), *Handbook of Energy Finance: Theories, Practices and Simulations*, World Scientific Publishing.
- Westerlund, J. (2005). New simple tests for panel cointegration. *Econometric Reviews*, 24(3), 297-316.

Table 1. Variables definitions, calculations, data sources, and descriptions

Variable	Definitions	Calculations	Sources	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
<i>Variable in total</i>								
Y	Real Output	Log of GDP (constant 2010 US\$)	WDIs	2,033	25.17	1.89	21.56	30.42
K	Capital stock	Log of Capital stock at constant 2011 national prices (in mil. 2011US\$)	PWT	2,033	13.22	1.78	9.37	18.09
L	Labour force	Log of total labour force	WDIs	2,033	15.63	1.48	12.05	20.49
TRADE	Trade openness	Log of total trade value	WDIs	2,033	29.20	1.89	25.35	33.89
FD	Financial development	Log of Financial Development Index	FDI-IMF	2,033	-1.24	0.74	-3.93	0.00
EU	Total energy use	Log of Total energy use (kg of oil equivalent)	WDIs	2,033	23.68	1.68	20.38	28.75
EUfossil	Total fossil energy consumption	Log of total fossil energy use (kg of oil equivalent)	WDIs	2,033	27.76	1.95	23.16	33.22
EUrenew	Total renewable energy consumption	Log of total renewable energy use (kg of oil equivalent)	WDIs	2,033	26.38	1.82	20.47	31.25
<i>Variables in per capita</i>								
y	Real output per capita	Log of GDP per capita (constant 2010 US\$)	WDIs	2,033	8.70	1.43	5.35	11.63
k	Capital stock per capita	Log of Capital stock per capita at constant 2011 national prices (in mil. 2011US\$)	PWT	2,033	10.57	1.23	6.58	12.72
trade	Trade per capita	Log of total trade value per capita	WDIs	2,033	12.74	1.71	8.26	17.66
eu	Total energy use per capita	Log of Total energy use per capita (kg of oil equivalent)	WDIs	2,033	7.22	0.96	4.88	9.15
eufossil	Total fossil energy consumption per capita	Log of total fossil energy use per capita (kg of oil equivalent)	WDIs	2,033	11.30	1.39	6.19	13.66
eurenew	Total renewable energy consumption per capita	Log of total renewable energy use per capita (kg of oil equivalent)	WDIs	2,033	9.92	1.22	3.69	12.89

Note: WDIs is World Development Indicators database (World Bank, version Arp/2019); PWT is Penn World Table, version 9.1; FDI-IMF is Financial Development Index database, IMF; the total trade value is calculated by multiplying Trade (% GDP) from WDIs with nominal GDP; Total energy use is calculated by multiplying Energy use (kg of oil equivalent per capita) from WDIs with total population; total fossil energy use is calculated by multiplying Fossil fuel energy consumption (% of total) with Energy use (kg of oil equivalent per capita) and total population; total renewable energy use is calculated by multiplying Renewable energy consumption (% of total final energy consumption) with Energy use (kg of oil equivalent per capita) and total population.

Table 2. Correlation matrix

Correlations between aggregated variables								
Correlation	Y	K	L	TRADE	FD	EU	EUfossil	EUrenew
Y	1.00							
K	0.97***	1.00						
<i>p-value</i>	0.00							
L	0.70***	0.76***	1.00					
<i>p-value</i>	0.00	0.00						
TRADE	0.94***	0.90***	0.55***	1.00				
<i>p-value</i>	0.00	0.00	0.00					
FD	0.72***	0.66***	0.18***	0.79***	1.00			
<i>p-value</i>	0.00	0.00	0.00	0.00				
EU	0.93***	0.93***	0.85***	0.84***	0.54***	1.00		
<i>p-value</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
EUfossil	0.93***	0.94***	0.73***	0.86***	0.66***	0.95***	1.00	
<i>p-value</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
EUrenew	0.56***	0.56***	0.77***	0.42***	0.15***	0.64***	0.47***	1.00
<i>p-value</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Correlations between per capita variables								
Correlation	y	k	trade	FD	eu	eufossil	eurenew	
y	1.00							
k	0.95***	1.00						
<i>p-value</i>	0.00							
trade	0.93***	0.89***	1.00					
<i>p-value</i>	0.00	0.00						
FD	0.82***	0.80***	0.77***	1.00				
<i>p-value</i>	0.00	0.00	0.00					
eu	0.89***	0.86***	0.84***	0.76***	1.00			
<i>p-value</i>	0.00	0.00	0.00	0.00				
eufossil	0.86***	0.87***	0.81***	0.78***	0.92***	1.00		
<i>p-value</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
eurenew	0.14***	0.06***	0.09***	0.06***	0.08***	-0.11***	1.00	
<i>p-value</i>	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		

Note: *, **, *** denote statistical significance at 10%, 5%, 1% levels, respectively.

Table 3. Cross-sectional dependence test results and Stationarity test results

Variable in level	CD test	CIPS test	IPS test	Fisher test	LLC test	HT test	Variable in 1 st difference	CD test	CIPS test	IPS test	Fisher test	LLC test	HT test
Statistic	CD-test	CIPS*	Z-t-tilde-bar	Inverse chi-squared	Adjusted t*	Rho (Z)		CD-test	CIPS*	Z-t-tilde-bar	Inverse chi-squared	Adjusted t*	Rho (Z)
Aggregated variables													
Y	299.8***	-2.040**	11.76	199.6	-1.855**	9.073	ΔY	71.79***	-2.916***	-15.00***	1010***	-20.25***	-36.02***
K	291.5***	-1.653	20.82	669.2***	0.448	10.56	ΔK	29.54***	-1.674	-0.135	345.3***	-5.772***	-3.856***
L	199.4***	-1.781	8.257	416.4***	-3.147***	9.045	ΔL	3.950***	-3.021***	-12.48***	1009***	-9.900***	-43.60***
TRADE	314.0***	-2.373***	12.39	42.54	-2.347***	7.983	$\Delta Trade$	187.7***	-3.585***	-18.90***	1388***	-19.47***	-56.86***
FD	141.9***	-2.817***	-5.841***	680.9***	-6.501***	-10.60***	ΔFD	27.84***	-4.624***	-23.00***	2669***	-21.27***	-74.88***
EU	122.0***	-2.075**	7.176	168.6	-0.670	6.679	ΔEU	15.45***	-3.901***	-20.97***	2054***	-14.79***	-60.21***
EUfossil	81.05***	-2.257***	6.217	223.6	-0.749	5.553	$\Delta EUfossil$	16.22***	-4.130***	-21.42***	2141***	-17.05***	-58.63***
EUrenew	149.1***	-2.042**	6.855	136.2	-3.515***	5.769	$\Delta EUrenew$	3.498***	-4.056***	-20.72***	1937***	-16.97***	-55.89***
Per capita variables													
y	243.3***	-2.067**	9.080	232.6	-3.665***	8.091	Δy	70.06***	-2.835***	-14.60***	975.5***	-19.98***	-35.74***
k	230.8***	-1.288	14.79	726.1***	-2.783***	10.13	Δk	24.73***	-1.646	-0.993	307.8***	-6.794***	-5.025***
trade	309.2***	-2.296***	11.21	46.32	-2.851***	7.415	$\Delta trade$	187.4***	-3.553***	-18.86***	1381***	-19.46***	-56.76***
eu	43.98***	-2.161***	5.810	161.8	-0.508	3.246	Δeu	15.59***	-3.893***	-20.83***	1994***	-14.64***	-60.05***
eufossil	33.02***	-2.217***	5.378	233.8	0.259	2.068	$\Delta eufossil$	16.45***	-4.124***	-21.35***	2094***	-17.08***	-58.75***
eurenew	49.18***	-2.076**	3.091	220.6	-5.128***	4.727	$\Delta eurenew$	3.641***	-4.048***	-20.67***	1934***	-16.68***	-55.79***

Notes: In CD test: Under the null hypothesis of cross-section independence, $CD \sim N(0,1)$, p-values close to zero indicate data are correlated across panel groups. In CIPS test (Pesaran Panel Unit Root Test): H_0 (homogeneous non-stationary): $bi = 0$ for all i . In IPS test (Im-Pesaran-Shin unit-root test): H_0 : All panels contain unit roots, H_a : Some panels are stationary. In Fisher test (Fisher-type unit-root test): H_0 : All panels contain unit roots, H_a : At least one panel is stationary. In LLC test (Levin-Lin-Chu unit-root test): H_0 : Panels contain unit roots, H_a : Panels are stationary. In HT test (Harris-Tzavalis unit-root test): H_0 : Panels contain unit roots, H_a : Panels are stationary. *, **, *** denote significance at 10%, 5%, 1% levels. Δ is first difference.

Table 4. Granger causality test results

Granger non-causality test of Dumitrescu & Hurlin (2012)									
X Variable	X does not Granger-cause Y (GDP)		Y (GDP) does not Granger-cause X		ΔX Variable	ΔX does not Granger-cause ΔY		ΔY does not Granger-cause ΔX	
	Z-bar	p-value	Z-bar	p-value		Z-bar	p-value	Z-bar	p-value
Aggregated variables									
EU	15.16***	0.000	25.64***	0.000	ΔEU	0.563	0.573	5.864***	0.000
EUfossil	13.03***	0.000	29.82***	0.000	$\Delta EUfossil$	2.214**	0.026	4.475***	0.000
EUrenew	12.96***	0.000	17.04***	0.000	$\Delta EUrenew$	2.702***	0.006	4.792***	0.000
Per capita variables									
eu	13.91***	0.000	24.71***	0.000	Δeu	0.178	0.858	5.751***	0.000
eufossil	12.77***	0.000	23.50***	0.000	$\Delta eufossil$	1.611	0.107	4.738***	0.000
eurenew	13.84***	0.000	15.14***	0.000	$\Delta eurenew$	2.863***	0.004	4.282***	0.000

Note: The Granger non-causality test of Dumitrescu & Hurlin (2012) is used, H_0 : X does not Granger-cause Y, H_1 : X does Granger-cause Y for at least one panelvar (country). *, **, *** denote statistical significance at 10%, 5%, 1% levels, respectively. n/a means the test cannot be performed.

Table 5. Cointegration tests

Model: $f(Y, K, L, \text{Trade}, \text{FD}, \text{Energy use})$; Energy use=	Kao test	Pedroni test	Westerlund test
	Dickey-Fuller t	Phillips-Perron t	Variance ratio
EU	-1.708**	-3.732***	-2.815***
EUfossil	-1.957**	-4.525***	-2.870***
EUrenew	-2.206**	-3.854***	-2.762***
Model: $f(y, k, \text{trade}, \text{FD}, \text{energy use per capita})$; energy use=	Kao test	Pedroni test	Westerlund test
	Dickey-Fuller t	Phillips-Perron t	Variance ratio
eu	-1.415*	-3.450***	-2.286**
eufossil	-1.317*	-4.472***	-2.441***
eurenew	-1.942**	-4.331***	-2.290**

Note: In Kao test for cointegration: Ho: No cointegration, Ha: All panels are cointegrated. In Pedroni test for cointegration: Ho: No cointegration, Ha: All panels are cointegrated. In Westerlund cointegration test: Ho: No cointegration, Ha: Some panels are cointegrated. *, **, *** denote statistical significance at 10%, 5%, 1% levels, respectively. n/a means the test cannot be performed.

Table 6. The influences of energy consumption on economic growth - Aggregated analysis (DFE ARDL estimations)

Dep. var: Y	Full sample			HIEs			UMEs			LMEs		
<i>Short-run effects</i>												
EC term	-0.0923*** [0.0088]	-0.0918*** [0.0088]	-0.0963*** [0.0090]	-0.1163*** [0.0157]	-0.1173*** [0.0159]	-0.1119*** [0.0158]	-0.1172*** [0.0163]	-0.1122*** [0.0164]	-0.1248*** [0.0167]	-0.0776*** [0.0145]	-0.0787*** [0.0142]	-0.0820*** [0.0143]
D.K	0.4529*** [0.0394]	0.4257*** [0.0399]	0.4935*** [0.0394]	0.7739*** [0.0839]	0.7826*** [0.0851]	0.8788*** [0.0832]	0.6309*** [0.0789]	0.5872*** [0.0796]	0.7404*** [0.0787]	0.1593*** [0.0554]	0.1517*** [0.0549]	0.1835*** [0.0554]
D.L	0.0717 [0.0483]	0.0756 [0.0483]	0.0315 [0.0489]	0.1609** [0.0763]	0.1660** [0.0763]	0.1759** [0.0766]	-0.0175 [0.0754]	0.0029 [0.0751]	-0.0797 [0.0758]	0.0075 [0.1041]	-0.0104 [0.1035]	-0.0115 [0.1039]
D.TRADE	0.0846*** [0.0044]	0.0854*** [0.0044]	0.0897*** [0.0045]	0.1372*** [0.0072]	0.1377*** [0.0073]	0.1447*** [0.0070]	0.0824*** [0.0082]	0.0829*** [0.0080]	0.0940*** [0.0081]	0.0490*** [0.0071]	0.0472*** [0.0071]	0.0480*** [0.0071]
D.FD	0.0086* [0.0050]	0.0094* [0.0050]	0.0096* [0.0050]	0.0544*** [0.0119]	0.0553*** [0.0119]	0.0549*** [0.0119]	0.0039 [0.0109]	0.0047 [0.0109]	0.0027 [0.0111]	0.0053 [0.0064]	0.0061 [0.0064]	0.0061 [0.0064]
D.EU	0.0851*** [0.0112]			0.0339* [0.0174]			0.1226*** [0.0203]			0.0304 [0.0191]		
D.EUfossil		0.0449*** [0.0077]			0.0214 [0.0137]			0.1073*** [0.0168]			0.0218** [0.0104]	
D.EUrenew			0.0176*** [0.0059]			-0.0140* [0.0072]			0.0378*** [0.0108]			0.0121 [0.0126]
Cons.	0.8568*** [0.1624]	0.7667*** [0.1589]	1.2045*** [0.1662]	1.5936*** [0.3280]	1.6314*** [0.3246]	1.7496*** [0.2900]	1.3799*** [0.2853]	1.2134*** [0.2937]	1.6083*** [0.3063]	0.3772 [0.2630]	0.4338* [0.2466]	0.6027** [0.2822]
<i>Long-run effects</i>												
K	0.1295** [0.0653]	0.0700 [0.0692]	0.1291** [0.0628]	0.4652*** [0.1371]	0.4879*** [0.1346]	0.5285*** [0.1381]	0.2974*** [0.0891]	0.2713*** [0.0943]	0.2986*** [0.0846]	-0.1085 [0.1200]	-0.1310 [0.1224]	-0.0940 [0.1108]
L	0.4153*** [0.1146]	0.3796*** [0.1096]	0.5628*** [0.1058]	-0.0418 [0.1701]	-0.0372 [0.1656]	-0.0313 [0.1692]	0.4382*** [0.1454]	0.3668*** [0.1413]	0.4554*** [0.1311]	0.4671* [0.2567]	0.5557** [0.2419]	0.6449*** [0.2214]
TRADE	0.1530*** [0.0244]	0.1608*** [0.0244]	0.1919*** [0.0248]	0.1087*** [0.0321]	0.1116*** [0.0328]	0.0755** [0.0376]	0.1244*** [0.0431]	0.1101** [0.0449]	0.1233*** [0.0411]	0.3262*** [0.0500]	0.3353*** [0.0495]	0.3547*** [0.0492]
FD	0.1411*** [0.0517]	0.1387*** [0.0519]	0.1432*** [0.0502]	-0.1892** [0.0834]	-0.1885** [0.0820]	-0.1621* [0.0835]	0.1862** [0.0803]	0.2173*** [0.0836]	0.1966** [0.0776]	0.1771** [0.0897]	0.1697* [0.0880]	0.1713** [0.0852]
EU	0.1471** [0.0683]			0.1341 [0.1118]			-0.0361 [0.0862]			0.2002 [0.1600]		
EUfossil		0.1994*** [0.0511]			0.0898 [0.0840]			0.0727 [0.0838]			0.0964 [0.0946]	
EUrenew			-0.1207*** [0.0324]			0.0487 [0.0354]			-0.0854 [0.0544]			-0.0639 [0.0831]
N	1926	1926	1926	720	720	720	594	594	594	612	612	612

Note: Standard errors are in []; *, **, *** denote statistical significance at 10%, 5%, 1% levels, respectively.

Table 7. The influences of energy consumption on economic growth – Per capita analysis (DFE ARDL estimations)

Dep. var: y	Full sample			HIEs			UMEs			LMEs		
<i>Short-run effects</i>												
EC term	-0.0973*** [0.0083]	-0.0946*** [0.0084]	-0.0994*** [0.0085]	-0.1112*** [0.0150]	-0.1110*** [0.0152]	-0.1058*** [0.0151]	-0.1195*** [0.0154]	-0.1146*** [0.0155]	-0.1251*** [0.0158]	-0.0877*** [0.0134]	-0.0850*** [0.0133]	-0.0875*** [0.0133]
D.k	0.4449*** [0.0391]	0.4216*** [0.0399]	0.4731*** [0.0394]	0.8369*** [0.0818]	0.8472*** [0.0836]	0.9276*** [0.0813]	0.6891*** [0.0756]	0.6552*** [0.0760]	0.7897*** [0.0753]	0.0758 [0.0548]	0.0630 [0.0549]	0.0858 [0.0547]
D.trade	0.0836*** [0.0045]	0.0855*** [0.0045]	0.0897*** [0.0045]	0.1369*** [0.0073]	0.1379*** [0.0073]	0.1445*** [0.0071]	0.0837*** [0.0080]	0.0848*** [0.0079]	0.0955*** [0.0079]	0.0435*** [0.0070]	0.0431*** [0.0070]	0.0442*** [0.0070]
D.FD	0.0067 [0.0050]	0.0080 [0.0051]	0.0076 [0.0051]	0.0529*** [0.0120]	0.0540*** [0.0120]	0.0538*** [0.0120]	0.0027 [0.0109]	0.0039 [0.0108]	0.0016 [0.0111]	0.0041 [0.0064]	0.0053 [0.0064]	0.0051 [0.0065]
D.eu	0.0943*** [0.0114]			0.0409** [0.0174]			0.1230*** [0.0202]			0.0422** [0.0192]		
D.eufossil	0.0483*** [0.0078]			0.0246* [0.0136]			0.1062*** [0.0167]			0.0236** [0.0104]		
D.eurenew	0.0190*** [0.0059]			-0.0127* [0.0072]			0.0383*** [0.0107]			0.0141 [0.0125]		
Cons.	0.4329*** [0.0612]	0.3520*** [0.0624]	0.5832*** [0.0611]	0.4647*** [0.1468]	0.4381*** [0.1632]	0.4905*** [0.1340]	0.4939*** [0.0956]	0.4165*** [0.1094]	0.5743*** [0.1060]	0.2966*** [0.0908]	0.2837*** [0.0815]	0.4078*** [0.1056]
<i>Long-run effects</i>												
k	0.2137*** [0.0592]	0.1739*** [0.0633]	0.1995*** [0.0584]	0.2780** [0.1318]	0.2978** [0.1306]	0.3039** [0.1354]	0.3422*** [0.0825]	0.3254*** [0.0868]	0.3343*** [0.0798]	0.0621 [0.0922]	0.0484 [0.1002]	0.0368 [0.0935]
trade	0.1433*** [0.0216]	0.1392*** [0.0221]	0.1740*** [0.0221]	0.1237*** [0.0335]	0.1244*** [0.0344]	0.0960** [0.0388]	0.1129*** [0.0392]	0.0919** [0.0406]	0.1112*** [0.0373]	0.3177*** [0.0401]	0.3239*** [0.0422]	0.3373*** [0.0401]
FD	0.1684*** [0.0500]	0.1599*** [0.0514]	0.1667*** [0.0494]	-0.1729** [0.0874]	-0.1746** [0.0872]	-0.1518* [0.0890]	0.2039*** [0.0789]	0.2343*** [0.0820]	0.2096*** [0.0776]	0.1732** [0.0792]	0.1645** [0.0814]	0.1734** [0.0798]
eu	0.0623 [0.0642]			0.1002 [0.1120]			-0.0434 [0.0843]			0.0311 [0.1264]		
eufossil	0.1456*** [0.0502]			0.0644 [0.0869]			0.0591 [0.0824]			0.0296 [0.0851]		
eurenew	-0.1230*** [0.0316]			0.0440 [0.0367]			-0.0698 [0.0531]			-0.1075 [0.0795]		
N	1926	1926	1926	720	720	720	594	594	594	612	612	612

Note: Standard errors are in []; *, **, *** denote statistical significance at 10%, 5%, 1% levels, respectively.

Appendix

Table A1. List of countries

40 High Income Economies				
Argentina	Czech Rep.	Hungary	Netherlands	Slovak Rep.
Australia	Denmark	Ireland	New Zealand	Slovenia
Austria	Estonia	Israel	Norway	Spain
Belgium	Finland	Italy	Panama	Sweden
Canada	France	Japan	Poland	Switzerland
Chile	Germany	Korea	Portugal	United Kingdom
Croatia	Greece	Lithuania	Saudi Arabia	United States
Cyprus	Hong Kong	Luxembourg	Singapore	Uruguay
33 Upper Middle Income Economies				
Albania	Brazil	Gabon	Malaysia	Peru
Algeria	Bulgaria	Guatemala	Mauritius	Romania
Armenia	China	Iran	Mexico	Russia
Azerbaijan	Colombia	Jamaica	Namibia	Serbia
Belarus	Costa Rica	Jordan	North Macedonia	Thailand
Bosnia & Herzegovina	Dominican Rep.	Kazakhstan	Paraguay	Turkey
Botswana	Ecuador	Lebanon		
34 Low and Lower Middle Income Economies				
Bangladesh	Cote d'Ivoire	India	Mozambique	Sri Lanka
Benin	Egypt	Indonesia	Nepal	Sudan
Bolivia	El Salvador	Kenya	Nicaragua	Tanzania
Cambodia	Georgia	Kyrgyz Rep.	Nigeria	Togo
Cameroon	Ghana	Moldova	Pakistan	Tunisia
Congo, Dem. Rep.	Haiti	Mongolia	Philippines	Ukraine
Congo, Rep.	Honduras	Morocco	Senegal	

Note: the income classification is followed the classification in World Development Indicators, World Bank.

Table A2. The influences of energy consumption on economic growth – Aggregated analysis (robustness check)

FMOLS - Panel Fully Modified OLS												
Dep. var: Y	Full			HIEs			UMEs			LMEs		
K	0.57***	0.59***	0.60***	0.65***	0.72***	0.70***	0.39***	0.40***	0.39***	0.64***	0.64***	0.71***
t-stat	266.6	239.6	235.3	107.6	121.1	103.8	153.5	108.8	128.3	204.9	186.5	178.3
L	0.15***	0.16***	0.28***	-0.25***	-0.18***	-0.00***	0.39***	0.39***	0.49***	0.41***	0.34***	0.42***
t-stat	39.01	69.65	41.67	-4.22	3.38	6.26	34.77	45.33	25.57	39.53	75.24	41.93
TRADE	0.13***	0.13***	0.13***	0.13***	0.13***	0.14***	0.17***	0.17***	0.17***	0.09***	0.10***	0.09***
t-stat	230.7	239.9	240.2	104.5	109.8	129.1	166.1	159.1	162.9	132.3	149.7	125.4
FD	0.07***	0.08***	0.07***	0.09***	0.08***	0.09***	0.08***	0.08***	0.07***	0.05***	0.06***	0.06***
t-stat	73.19	74.73	75.56	49.28	51.73	45.77	44.19	44.36	40.47	32.86	32.75	44.53
EU	0.12***			0.19***			0.08***			0.09***		
t-stat	70.53			55.87			56.33			9.01		
EUfossil		0.10***			0.16***			0.04***			0.08***	
t-stat		86.21			62.34			34.84			51.01	
EUrenew			-0.01***			-0.07***			0.03***			0.03***
t-stat			-4.41			-30.25			16.99			8.26

CCR - Canonical Correlation Regression methods												
Dep. var: Y	Full			HIEs			UMEs			LMEs		
K	0.57***	0.59***	0.61***	0.65***	0.72***	0.70***	0.40***	0.40***	0.39***	0.66***	0.63***	0.72***
t-stat	153.1	139.2	143.46	67.89	79.82	78.01	85.46	61.69	67.27	113.8	99.57	103.6
L	0.16***	0.18***	0.29***	-0.23***	-0.15	-0.00**	0.38***	0.39***	0.50***	0.41***	0.36***	0.42***
t-stat	22.82	38.68	26.4	-3.85	-0.05	1.93	17.12	26.81	16.88	27.8	42.26	28.11
TRADE	0.13***	0.13***	0.13***	0.13***	0.13***	0.14***	0.17***	0.17***	0.17***	0.09***	0.10***	0.09***
t-stat	116.9	122.6	112.8	49.95	54.9	56.8	82.88	78.67	72.3	71.55	80.55	67.29
FD	0.07***	0.07***	0.07***	0.08***	0.07***	0.08***	0.08***	0.08***	0.07***	0.05***	0.06***	0.06***
t-stat	43.79	41.51	45.63	28.64	28.58	29.27	28.96	26.55	25.46	18.09	16.48	24.12
EU	0.12***			0.18***			0.08***			0.08***		
t-stat	40.73			26.53			35.18			8.82		
EUfossil		0.09***			0.15***			0.04***			0.08***	
t-stat		43.26			25.82			19.7			29.33	
EUrenew			-0.01			-0.07***			0.03***			0.01**
t-stat			-0.62			-13.13			10.75			2.54

Note: *, **, *** are significant levels at 10%, 5%, 1%, respectively.

Table A3. The influences of energy consumption on economic growth – Per capita analysis (robustness check)

FMOLS - Panel Fully Modified OLS												
Dep. var: y	Full			HIEs			UMEs			LMEs		
k	0.57***	0.59***	0.63***	0.61***	0.65***	0.73***	0.53***	0.54***	0.52***	0.54***	0.56***	0.61***
t-stat	270.3	280.7	286.6	148.7	135.3	133.3	149.7	121.9	141.0	170.7	231.1	224.9
trade	0.14***	0.14***	0.15***	0.12***	0.12***	0.14***	0.18***	0.18***	0.19***	0.13***	0.12***	0.13***
t-stat	212.4	223.4	248.7	85.56	95.55	110.4	169.3	152.4	183.8	117.2	142.5	140.4
FD	0.08***	0.08***	0.09***	0.09***	0.09***	0.12***	0.06***	0.05***	0.05***	0.08***	0.09***	0.08***
t-stat	51.53	73.03	60.98	37.19	49.25	42.06	19.45	30.95	25.06	31.91	45.66	37.88
eu	0.15***			0.20***			0.12***			0.13***		
t-stat	86.00			74.38			55.67			17.04		
eufossil		0.12***			0.17***			0.08***			0.09***	
t-stat		101.9			81.21			40.05			53.35	
eurenew			0.02***			-0.09***			0.03***			0.14***
t-stat			-3.48			-32.18			15.63			13.34

CCR - Canonical Correlation Regression methods												
Dep. var: y	Full			HIEs			UMEs			LMEs		
k	0.58***	0.6***	0.63***	0.64***	0.68***	0.74***	0.53***	0.53***	0.52***	0.56***	0.56***	0.61***
t-stat	210.9	218.9	217.8	119.6	107.2	107.5	111.0	79.62	96.07	134.8	193.5	175.0
trade	0.14***	0.14***	0.15***	0.12***	0.12***	0.14***	0.18***	0.18***	0.19***	0.12***	0.12***	0.12***
t-stat	130.5	141.4	148.1	47.68	59.44	61.66	104.8	94.39	109.7	76.6	93.48	87.86
FD	0.07***	0.07***	0.09***	0.08***	0.08***	0.12***	0.06***	0.05***	0.05***	0.08***	0.09***	0.08***
t-stat	31.34	44.62	38.54	19.28	25.28	24.69	13.52	21.21	16.59	21.37	30.83	25.25
eu	0.15***			0.2***			0.12***			0.14***		
t-stat	51.26			43.15			35.5			9.16		
eufossil		0.11***			0.16***			0.08***			0.09***	
t-stat		69.8			50.56			26.7			42.68	
eurenew			0.02***			-0.09***			0.03***			0.14***
t-stat			-3.40			-18.51			7.57			6.59

Note: *, **, *** are significant levels at 10%, 5%, 1%, respectively.



SINO-U.S. STOCK MARKET VOLATILITY, ECONOMIC POLICY

UNCERTAINTY, AND FLUCTUATION OF GLOBAL OIL MARKET: AN

EMPIRICAL ANALYSIS BASED ON TVP-SV-VAR MODEL

Dr. Tianle Yang

Zhejiang University of Technology, School of Economics, Hanzhou, China
yangtianle@zjut.edu.cn

Fangxing Zhou

Zhejiang University of Technology, School of Economics, Hanzhou, China
zhoufangxing1997@163.com

Dr. Min Du

De Montfort University, Leicester Castle Business School, Leicester, UK
anna.du@dmu.ac.uk

Dr. Qunyang Du*

Zhejiang University of Technology, School of Economics, Hanzhou, China
dqy@zjut.edu.cn

Shirong Zhou

Jiangxi Rich Futures Co., Ltd, Department of Macroeconomic Research, Nanchang, China
499015668@qq.com

ABSTRACT: This paper investigates the correlations among Sino-US stock markets, economic policy uncertainty (EPU) and global oil market. Specifically, by adopting a TVP-SV-VAR model this study analyzes the dynamic effects of volatility of stock price in China and U.S. markets, EPU index, and volatility of oil price in OPCE from 2003 to 2020. It is found that the correlations among China and U.S. stock markets and the global oil market exist though time varying and in different ways. Generally, effects in short- terms are stronger compared with medium-and-long terms. Most of the effects are positive which means that fluctuations strengths each other across the five markets, except for the five variables across five markets show correlations to each other in both short terms and long terms. Compared with China stock market, the US stock market show stronger impacts on the global oil market. The increasing economic policy uncertainty of the two countries both strengthen the fluctuation of global oil price, though the effect by China is weaker. Further, the impact of EPU on the stock markets is strengthened during the global turbulent events such as the financial crisis and global COVID-2019 pandemic.

Key Words: volatility stock market, economic policy uncertainty, fluctuation of oil price, TVP-SV-VAR Model

1. Introduction

Crude oil can be considered as some of most important energy given its dominant role in the energy market (Alvarez-Ramirez et al., 2003; Yu et al., 2008), especially when the global economy has entered into a de-globalization stage which is featured with more institutional risks and uncertainties (Schell, 2020; Li, 2019). The worldwide turbulent events show great impact on global economy which also trigger the negative expectation in global capital and oil markets (Donadelli et al., 2017; Albulescu, 2020). Specifically, both the Asian financial turmoil in 1997 and the U. S. financial crisis evolved from subprime mortgage crisis in 2008 witnessed the sharp dropping of stock and the oil prices one after another. During the spreading of COVID-19 pandemic period in 2020, the breakdown of negotiations between Russia and OPEC led to a continuous plunge in oil price and continuous meltdown in the U. S. stock market. Based on the crucial facts, an important line of inquiry in international resource economics has been seeking to understand the relationships between international stock and oil markets, and their correlation with macro-economic environment (Kang and Ratti,2013; You et al.,2017; Fang, 2018).

The study aims to advance our understating of impacts among international stock markets, global oil markets and EPU, taking U.S. and China as the research contexts which are most important representatives of developed and emerging economies in the world. Existing studies have so far focused on correlation either between stock market and oil market, or one of the markets with economic institutions (Brogaard and Detzel, 2015; Pástor and Veronesi, 2012; Sadorsky, 1999); and argue that the both the economic policy uncertainties and fluctuations of oil price strengthen the stock volatility (Brogaard and Detzel,2015; Cifarelli and Paladino,2010). However, there are very few studies examining the dynamic correlations among three of them in a systematical way. In order to fill this research gap the study ask the question as: What are the correlative effects among stock market volatility and EPU between China and U.S, and fluctuation of global oil price?

We approach this research question from a theoretical basis that highlights the correlations among stock price, oil price and economic policy uncertainties under the contexts between U. S. and China. We set the research context between the emerging

economy (China) and advanced economy (U.S.) for this study. We focus on the effects of systemic risks brought by economic policy changes (Pástor and Veronesi, 2013). We also focus on effects of the fluctuations of oil price on economic policy uncertainties due to its leading inflation pressure and changing the expectation of oil output (Bastianin et al., 2016; Kormilitsina, 2011). The correlation between the fluctuation of oil price and stock market volatility is examined due to the former change the expectation of the capital market.

To test our arguments, we use TVP-SV-VAR models, with the data of China's stock market volatility, U.S. stock market volatility, U.S. economic policy uncertainties, China's economic policy uncertainties and fluctuations of OPEC crude oil price, from January 2003 to June 2020. Our findings provide strong empirical evidence for the arguments as an explanation. The finding show that U.S. stock market volatility has a positive impact on fluctuations of oil price, while it is much smaller with a time lagging by China's. The findings also show that the impact of fluctuations of oil price on the stock market is significantly higher by the shock of the global pandemic of COVID-19 in 2020 compared with other historical financial crisis.

This study makes contributions to the study of international capital market research and international energy economics. The research contexts integrate the most influential emerging and advanced economies and it succeeds in proving the capital markets of the great two economies are deeply interacted, and their economic policy uncertainties affect both of the markets though in different extents. Our study also provides the evidence that global oil price plays a crucial role between the two capital markets and it also affects their economic policies in a mutual way.

2. Literature Review

A plethora of studies have attempted to reveal the effects of economic policy uncertainties and stock price volatility, most of which agree that the economic policy uncertainties lead to risk premium of stocks (Brogaard and Detzel, 2015; Pástor and Veronesi, 2012; Pástor and Veronesi, 2013; Campbell and Shiller, 1988; Sum, 2012; Hoque and Zaidi, 2019). Brogaard and Detzel (2015) find that the increasing of uncertainties of economic policy lead to the decreasing of stock market returns while increasing of stock volatility. It is found that the impacts of government policy adjustments on stock prices is negative (Pástor and Veronesi, 2012). Specifically, the announcement of policy adjustment leads to significant falling of stock prices. The

extent of government policy uncertainty is significantly related to the volatility of stock prices. Pástor and Veronesi (2013) use a general equilibrium model to measure government policy change and find that political uncertainties lead to risk premium, which could be increased when the economic is weak. Campbell and Shiller (1988) find that changes brought by economic uncertainties only affect the cash flow and dividend payment methods of firms, but also have impact on the expected return of stocks, which ultimately strengthen the volatility of the stock market.

Crude Oil has been considered as an essential major international commodity in global economy (Alvarez-Ramirez et al., 2003; Yu et al., 2008). As a result, the fluctuations of the oil price are highly related to various commodities in the society. The change of oil price directly affects the prices of various commodities and society (Barsky and Kilian, 2004). In addition, the fluctuations of crude oil prices may increase the uncertainties of crude oil production and consumption, which affect investment behaviors and the whole economy (Pindyck, 2003). Though the understanding on world crude oil market has been greatly deepened, the fluctuations of oil price are still difficult to predict (Smith, 2009). Morana (2001) uses GARCH characteristics to explain and predict the short-term oil price by adopting bootstrap method. Baumeister and Kilian (2016) find that oil price fluctuations are accompanied by external political events (such as conflicts among OPEC members or oil wars). It is believed that the demand of oil is the major determinates of oil price fluctuations (Barsky and Kilian, 2001; Barsky and Kilian, 2004; Kilian and Park, 2009; Kilian and Murphy, 2012) in previous researches. The supply of oil was proved to be important as well (Lynch, 2002; Baumeister and Hamilton, 2019). In terms of analysis method, due to its effectiveness in prediction of oil prices fluctuation VAR (vector autoregressive) has been one of the most influential analysis models in this area (Sadorsky, 1999; Lee and Ni, 2002; Baumeister and Kilian, 2012; Baumeister et al., 2013; Caldara et al., 2019), though many others also use the general equilibrium model to examine the impacts brought by oil price fluctuation (Leduc and Sill, 2004; Bodenstein et al., 2011).

Crude oil price has also shown significant influences on stock market (Sadorsky, 1999). Cifarelli and Paladino (2010) find that the fluctuation of oil price are negatively related with stock prices. It is found that the fluctuation of crude oil price in global driven by the demand and supply in the global market contribute to the long-term returns of the stocks in the U.S. stock markets (Kilian and Park, 2009), though Zhang (2017) believes this impact is rather limited. However, a large oil shock will

have a significant impact on the stock market. Cifarelli and Paladino (2010) argue that speculation plays an important role in the global crude oil market. Due to the impact of oil price fluctuation on the economic inflation and growth, the speculations in commodity market are active which also lead to the volatility of stock price in the stock markets. Sadorsky (1999) discovers that oil price and its fluctuation affect actual return rate of stocks. Compared to interest rate the fluctuation of oil price can better explain the actual stock returns.

Since crude oil is an essential commodity in an economy, the fluctuation of its price will also bring great uncertainty to macro-economy and economic policy. Barsky and Kilian (2004) found that crude oil price has a significant impact on exchange rate, inflation and interest rate. Bjørnland et al. (2018) analyzed the effect of oil price fluctuation on the macroeconomic instability of the United States, and believed that oil price shock was the regular source of economic fluctuation. Simultaneously, oil plays an important role in stabilizing the U.S. economy (Nakov and Pescatori, 2010). During the crisis, international oil price shocks will lead to inflation pressure and output decline in oil importing countries (Bastianin et al., 2016), which causes policy makers to worry about how to deal with crude oil price shocks, forcing policy makers to make a trade-off between stabilizing inflation and output gap, resulting in higher policy uncertainty (Kormilitsina, 2011).

The current studies on crude oil prices and its fluctuation are mainly from the view of developed economies. However, with the increasing demand for energy from emerging economies, the interactions in economic and financial markets between emerging economies and developed economies has become increasingly active. The phenomenon leads researchers to highlight the dynamic correlation among stock market, crude oil market and economic policy uncertainties between emerging and developed economies, calling for a shift of research focus on pair wise correlation to a simultaneous correlation among three of them toward the dynamic reality. In addition, the existing researches seem to neglect the significant systemic risk with the consideration of time evolvement. In fact, as time goes by investors' expectations, policy preferences, and financial market risk contagion also constantly change. Based on the above analysis, this paper aims to study the correlation among the stock volatility and economic policy uncertainties, and fluctuation of global oil price under the contexts of China and U.S. market. A TVP-SV-VAR model is applied for the examination on the above mechanisms and effects.

3. Research Method

3.1. TVP-SV-VAR model

A TVP-SV-VAR model is used as it is appropriate for capturing nonlinear time-varying relations among variables (Nakajima, 2011; Wen et al., 2019). Following the previous studies by Nakajima (2011), Wen et al. (2019) and Chen & Zhu (2019), the standard model is defined as Equation (1) :

$$y_t = c_t + B_{1t}y_{t-1} + \dots + B_{st}y_{t-s} + e_t, \quad e_t \sim N(0, \Omega_t) \quad (1)$$

for $t = s + 1, \dots, n$, where y_t is a $k \times 1$ vector of observed variables; B_{1t}, \dots, B_{st} are $k \times k$ matrixes of time-varying coefficients; and Ω_t is a $k \times k$ time-varying covariance matrix. A recursive identification is assumed by the decomposition $\Omega_t = A_t^{-1} \Sigma_t \Sigma_t' A_t^{-1}$, where A_t is a lower-triangular matrix with the diagonal elements equal to one, and $\Sigma_t = \text{diag}(\sigma_{1t}, \dots, \sigma_{kt})$. Define β_t is the stacked row vector of B_{1t}, \dots, B_{st} ; $a_t = (a_{1t}, \dots, a_{qt})'$ is the stacked row vector of the free lower-triangular elements of A_t ; and $h_t = (h_{1t}, \dots, h_{kt})'$ where $h_t = \log \sigma_{it}^2$. The time-varying parameters follow the random walk process as Equation (2):

$$\begin{aligned} \beta_{t+1} &= \beta_t + u_{\beta t}, \\ a_{t+1} &= a_t + u_{at}, \\ h_{t+1} &= h_t + u_{ht}, \end{aligned} \quad \begin{pmatrix} \varepsilon_t \\ u_{\beta t} \\ u_{at} \\ u_{ht} \end{pmatrix} \sim N \left(0, \begin{pmatrix} I & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Sigma_\beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Sigma_a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Sigma_h \end{pmatrix} \right) \quad (2)$$

for $t = s + 1, \dots, n$, with $e_t = A_t^{-1} \Sigma_t \varepsilon_t$, where Σ_a and Σ_h are diagonal, $\beta_{t+1} \sim N(u_{\beta 0}, \Sigma_{\beta 0})$, $a_{t+1} \sim N(u_{a0}, \Sigma_{a0})$ and $h_{t+1} \sim N(u_{h0}, \Sigma_{h0})$. The default prior specification sets as Equation (3) :

$$\begin{aligned} (\Sigma_\beta)_i^{-2} &\sim \text{Gamma}(20, 0.01), (\Sigma_a)_i^{-2} \sim \text{Gamma}(2, 0.01), (\Sigma_h)_i^{-2} \sim \\ &\text{Gamma}(2, 0.01) \end{aligned} \quad (3)$$

3.2. Data specifications

China and U.S. are chosen as the empirical contexts to test the correlation among the volatility of stock markets and economic policy uncertainty of the two countries, and the fluctuation of oil price. Both of the countries are most influential ones of the advanced and emerging economies respectively. The two capital markets are closely related due to their huge capital market which may have significant impacts on the global oil market (Broadstock and Filis, 2014; Uddin et al., 2020; Zhao et al., 2020). Further, both of the two countries have been obviously involved in the financial crisis and COVID-19 pandemic as closely related to the global capital markets. Thus the research contexts chosen for this study are meaningful in terms of their representativeness in the global capital markets.

The dataset in this paper include the volatility of China and U.S. stock markets, the EPU of China and U.S., and the fluctuation of crude oil price of OPEC. The stock data were obtained from Wind database. The monthly volatility of the S&P 500 index is used for the volatility of the U.S. stock market. (Bachmeier and Nadimi, 2018) and the monthly volatility of the CSI 300 index is used for the volatility of the Chinese stock market. We consider using the CSI 300 index to represent China's stock market because it covers the 300 largest and most liquid stocks traded on the Shanghai Stock Exchange and Shenzhen Stock Exchange, accounting for about 60% of the total market value (Ahmed and Huo, 2020). The data of EPU indexes of China and U.S. was derived from the EPU database constructed by Baker et al. (2016). The crude oil price data is from OPEC official website (https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/40.htm). The data period spans from January 2003 to June 2020, including the financial crisis originated in 2008 and the worldwide outbreak of COVID-19.

We follow Bachmeier and Nadimi (2018)'s method to calculate the volatility of the stock market. The logarithmic yield is calculated by the closing price of the stock index as Equation (4):

$$return_{i,t} = \ln (p_{i,t} - p_{i,t-1}) \quad (4)$$

where $p_{i,t}$ represents the closing price of i stock index on t day.

The monthly standard deviation of the logarithmic return of the stock index is used to measure the volatility of the stock market in the current month. The specific formula is as Equation (5):

$$vol_{i,j} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n \overline{return_{i,t} - return_{i,j}}}{n-1}} \quad (5)$$

where $vol_{i,j}$ represents the volatility of the j month of the i stock index; $\overline{return_{i,j}}$ denotes the average logarithmic yield of the j month of the i stock index.

The volatility of oil price is calculated in the same way as of stock market. The data of EPU is directly obtained from EPU index (Baker et al., 2016).

4. Results and Analysis

4.1 Unit root tests

Augmented Dickey-Fuller (ADF) tests is adopted to examine the stationarity of the variables. All of these variables are stationary at 1% significance level, indicating that they could be used for the further analysis (See Table 1).

Table 1 Unit Root Tests

Variables	Type	ADF	Significance at	Significance at 5%
			1% level	level
σ_{bp}	(C,0,3)	-10.742	-3.475	-2.883
σ_{hs}	(C,0,4)	-9.628	-3.475	-2.883
epu_{usa}	(C,0,3)	-10.843	-3.475	-2.883
epu_{chn}	(C,0,1)	-18.759	-3.474	-2.883
σ_{oil}	(C,0,5)	-9.010	-3.476	-2.883

4.2 Parameter estimation and model diagnosis

The order of variables in the empirical model is set as following: the volatility of China stock market, the volatility of U.S. stock market, the EPU of U.S., the EPU of China, and the volatility of global oil price. The effective sampling times of MCMC are 10000 and the lag order of the model is set as 2. Figure 1 shows the autocorrelation function, sample value path and density function of posterior distribution. The autocorrelation decreases steadily after the samples with 1000 times of pre firing period are deleted, whilst the sample selection path remains stable. (See Figure 1)

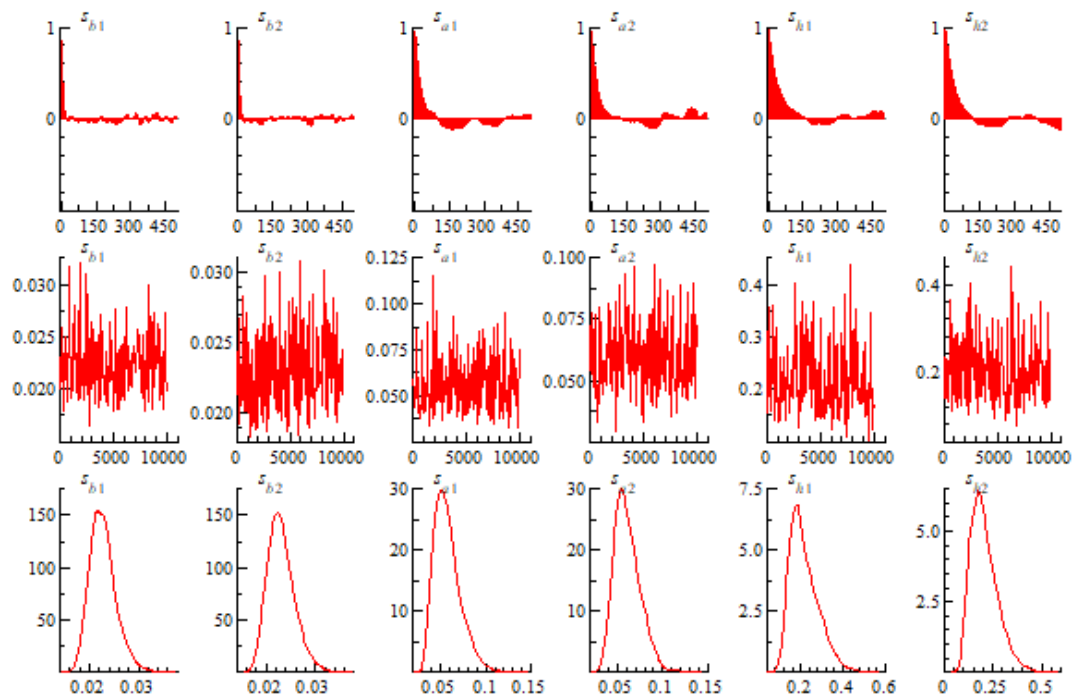


Figure1.Parameter estimation results of TVP-SV-VAR model

The results of parameter estimation are reported in Table 2. The Geweke statistics (< 1.96) demonstrates that the parameter converges to the posterior distribution at the significance level of 5% (Nakajima et al., 2011) (See Table 2).

Table 2. Estimation results of the parameters

Parameter	Mean	Stdev	95% confidence interval	Geweke	Inef.
sb1	0.0227	0.0027	[0.0183, 0.0289]	0.878	7.85
sb2	0.0231	0.0027	[0.0185, 0.0292]	0.675	8.68
sa1	0.0575	0.0144	[0.0362, 0.0915]	0.11	35.11
sa2	0.061	0.0144	[0.0378, 0.0924]	0.672	42.64
sh1	0.2175	0.0682	[0.1194, 0.3774]	0.017	73.12
sh2	0.2065	0.0686	[0.1044, 0.3684]	0.345	63.51

Note: Mean denotes the posterior means; Stdev denotes the standard deviations; Geweke denotes the Geweke convergence diagnostics statistics; Inef. denotes the inefficiency factor. The estimators of sb and sa are multiplied by 100.

4.3. Time-varying parameter analysis of TVP-SV-VAR model

Figure 2 shows the stochastic volatility of five variables as the volatility of China stock market, the volatility of U.S. stock market, EPU of U.S., EPU of China and the volatility of oil price. As shown in Figure 2, due to the financial crisis in U.S. in 2008 and debt crisis in the Europe in 2011, shocked by stochastic volatility of the U.S. stock market reached to a peak and gradually decreased afterwards due to the expansion policy by the U.S. government; The stochastic volatility of the U.S. stock market rose again in 2018 after the U.S. Federal Reserve reduced its scale; The stochastic volatility has kept increasing since the COVID-19 pandemic broke out and four circuit breakers happened in U.S. stock market in March, 2020. The volatility of China stock market also experienced two peaks in in July of 2008 and July of 2015 and. In March 2020, during the period of US stock circuit breaker, the Shanghai and Shenzhen stock markets fluctuated violently, and the stochastic volatility was kept at a high level. Meanwhile the stochastic volatility of crude oil price volatility reached at a high level during the financial crisis in 2008, and then remained relatively stable. The stochastic volatility of oil price fluctuated dramatically when the COVID-19

pandemic spread globally during the US stock market circuit breaker period and also the "oil war" period between Saudi Arabia and Russia in March 2020. Figure 2 presents the specific results (See Figure 2).

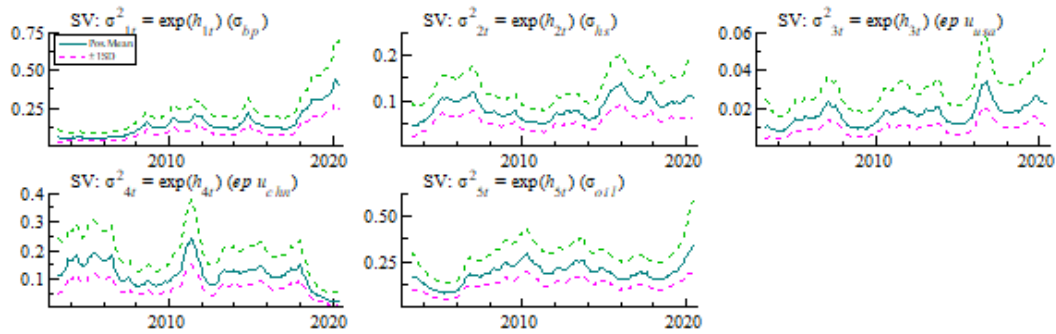


Figure 2 Time-varying effects of stochastic volatility

4.4. Time-varying effects and impulse response analysis

4.4.1. Time-varying effects at same time points

Figure 3 shows the time-varying effects at the same time point relationship among the volatility of U.S. stock market, the volatility of China stock market, U.S. economic policy uncertainty, China's economic policy uncertainty and the volatility of global oil price. There are total 20 pairs of correlations the five variables, among which 13 pairs of them are significantly related to each other (See Figure 3).

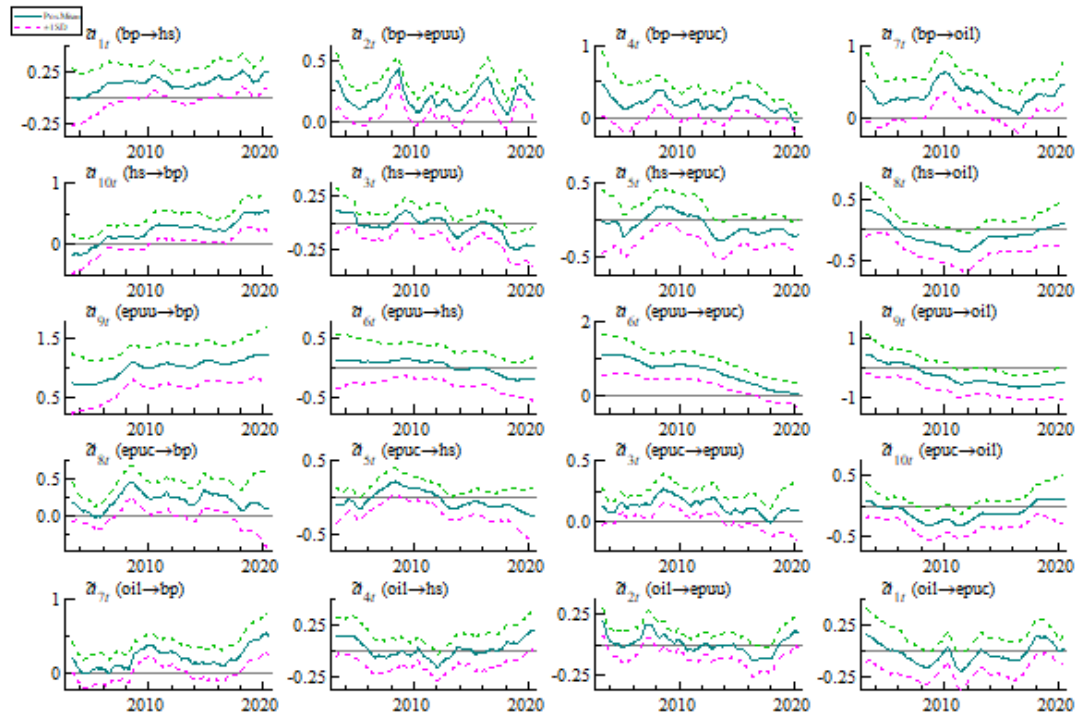


Figure 3 Time-varying effects at same time point

The specific correlations are provided as following:

As shown in the first of row of Figure 3: **The volatility of U.S. stock markets** show all positive impacts on the four variables. (1) The volatility of U.S. stock market shows a positive impacts on the volatility of China stock market. The impact has increased by years, which signifies the bond of the two capital markets are closer. (2) The volatility of U.S. stock market shows a positive impact on the EPU of China especially significant during the financial crisis period, though the correlation becomes weaker afterwards. (3) The volatility of U.S. stock market also shows a positive effect on the EPU of U.S., especially during the financial crisis and the COVID-2019 breaking out periods. (4) The volatility of U.S. stock market also shows a positive impact on the volatility of the oil price, which is especially significant during the financial crisis (Liu et al., 2020).

As shown in the second of row of Figure 3: (5) Compared with U.S. stock markets, the volatility of China stock markets only shows a negative impacts on the volatility of global oil price though with a tendency turning to be positive.

As shown in the third row of Figure 3, the EPU of U.S. show impacts on the volatility of stock markets and also the EPU of China. (6) The EPU of U.S. shows a positive impact on the volatility of U.S. stock market. The impact has increased by years, which signifies that the economic policies of the U.S. Federal Reserve could affect the U.S. stock market in a significant way. (7) The EPU of U.S. also shows a positive impact on the EPU of China though it diminishes very soon, which indicates that China's economic policies are less affected by the U.S. economic policy. (8) Finally, the EPU of U.S. shows a negative impact on the volatility on that of the global oil price.

As shown in the fourth row of Figure 3, the EPU of China shows heterogeneous impacts on its own stock market, U.S. stock market and the also the global oil price. (9) the EPU of China shows a positive impact on the volatility of China stock market. (10) The EPU China also shows a positive impact on the volatility of U.S. stock market. (11) Similar to the EPU of U.S., EPU of China also show a negative impact on the volatility of the oil price.

Finally, as the fifth row of figure 3 shows, the volatility of the global oil price shows impacts on the U.S. stock market and China stock market in a different way. (12) The volatility of the oil price shows a positive impact on the volatility of U.S. stock market. This impact is especially significant during the financial crisis period. (13) The volatility of the oil price gradually shows positive effects on the volatility of the China stock market though it is insignificant at first.

4.4.2. The time-varying effects at different time horizons

The TVP-SV-VAR model is different from the constant coefficient VAR model, which can be used to investigate the impulse response diagram of various variables at different lead times. In terms the impact of systemic financial risk on risk contagion, EPU and the global oil price fluctuation, this paper selects the impulse response duration of 1 month (one-period-ahead), 2 months (two-period-ahead) and 6 months (six-period-ahead) to represent the short-term, medium-term and long-term impacts respectively. Figure 4 plots the results of all responses.

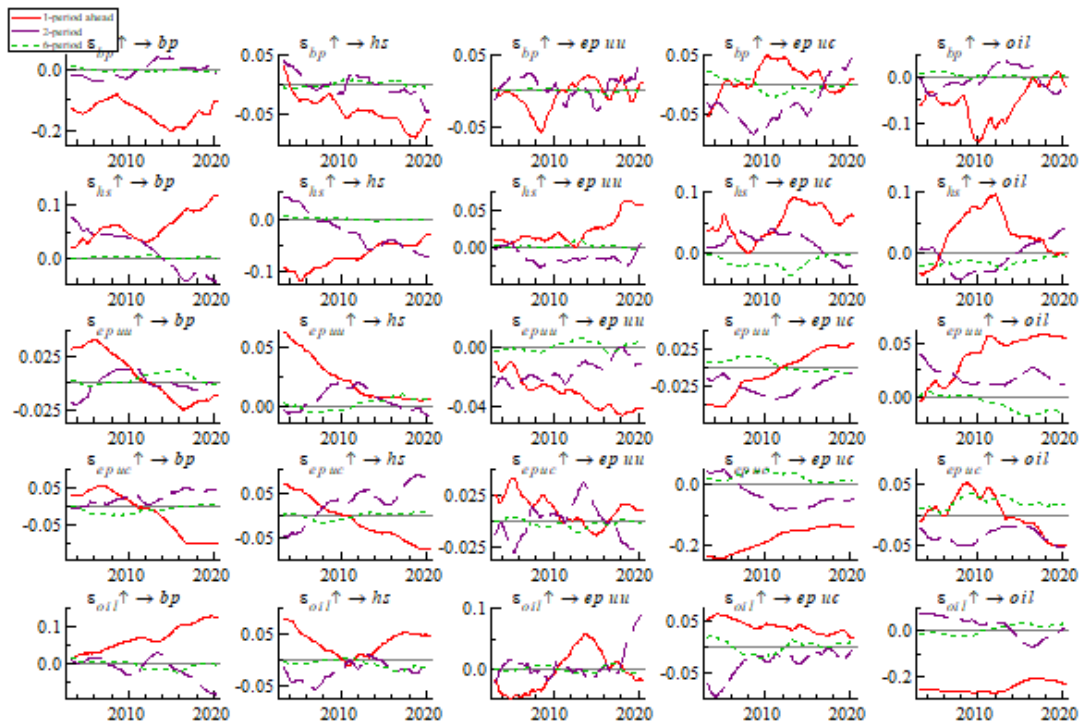


Figure 4 Impulse responses at different time horizons

1.4.2.1. Impulse response to σ_{bp}

The first column of Figure 4 shows the impulse response of the variables to σ_{bp} . The correlation between U.S. and China stock market is heterogeneous in terms to different time span. In short-term, the volatility of China stock market has a positive impact on the volatility of U.S. stock market. The influence is weakened during the European debt crisis in 2011 and then increases afterward. It signifies that the influence of China's stock market on U.S. has increased in short-term. In medium-term, the impact is inconclusive. The impact has been positive till the time point of so-called 'crash' of China stock market in 2015, which turns to be negatively related to the volatility of U.S. stock market. In long-term, the correlation between the two markets is insignificant.

The correlation between the EPU of U.S. and the volatility of U.S. stock market also varies in terms to different time span. In view of short-term, the EPU of U.S. has been positively related to the volatility of U.S. stock market till the financial crisis in 2011. The correlation turns to be negative after that. However, in view of long-term, this correlation has always been positive, which indicates that the impact of the EPU of U.S. on its volatility of the stock market has a time lagging effect. Similarly, in short-

term the EPU of China to the volatility of U.S. stock market is positive and has increased by years. Thus it is argued that the volatility of stock market is one of important causes related to economic policy uncertainty (Liu and Zhang, 2015). Finally, the volatility of the global oil price is positively related to the volatility of U.S. stock market in short-term which has increased by years.

4.4.2.2. Impulse response to σ_{hs}

The second column of Figure 4 shows the impulse response of the variables to σ_{hs} . Given a positive shock to U.S. stock market, it shows that the volatility of U.S. stock market has a negative effect on the volatility of China stock market. Taking consideration of the simultaneous effects shown in Figure 3, it signifies that the U.S. stock market is conducive to China stock market. The latter responds to U.S. market in a prompt response in short-term.

The impulse response of the EPU of U.S. to the volatility of China stock market is also positive both in short-term and medium-terms; however, in short-term the impact of the EPU of U.S. on China stock market tends to decrease with time evolving. It is argued that EPU may bring risks in market collapsing as the firms may keep bad news from investors; meanwhile investors may also adjust their investing responding to the policy change due to heterogeneous beliefs and values (Jin et al., 2019). In medium-term it shows the response maintains positive in a relatively steady way.

Further the volatility of the oil price shows a positive impact on China stock market, which has gradually increased since 2013, reflecting the increasing demand of crude oil in the market. Compared with the impact of the simultaneous effect, the impact of global oil price on China stock market presents a time lagging effect.

4.2.2.3. Impulse response to epu_{usa}

The third column of Figure 4 shows the impulse response of each variable to epu_{usa} . During the financial crisis, the impulse response of the volatility of U.S. stock market to the EPU of U.S. is significantly negative, which signifies that the fluctuation of investors' expectation on the stock market affects the stability of economic policy in U.S. in short term. It is interesting that this response of the volatility of China stock market to EPU of U.S. is positive which increases by years, which means the fluctuation of China stock market trigger the U.S. government to adjust their

economic policies in short-term. However, in view of medium-term this response turns to be negative, which indicates that this interesting impacts does not last long. Given a positive shock to EPU of China, the short-term response of EPU of U.S. is negative. Compared with the simultaneous effects as being positive, it signifies that the duration of the impact diminishes gradually.

It shows that the medium-term response of the volatility of the global oil price to the EPU of U.S. is nearly zero; however, this impact has increased since 2018 and remained at a relatively high level. One of the possible explanations is that the rise of oil price may have a negative impact on the economy. It brings additional pressure to policy makers who are expected to alleviate the negative impacts of rising of the oil price. Therefore the fluctuation of the oil price may strengthen the uncertainty of economic policy (Antonakakis et al., 2014).

4.2.2.4. The impulse response of each variable to the epu_{chn}

The fourth column in Figure 4 presents the impulse response of each variable to the epu_{chn} . Given a positive impact on the volatility of U.S. stock market in 2008, the short-term response of the EPU of China is positive. It gradually diminishes after reaching the peak, which is consistent with its simultaneous effects. This response of both medium- and long-term are negative, which reflects the continuous influences of the volatility of U.S. stock market on the EPU of China. Both the short- and medium-term responses of EPU of China to the volatility of China stock market are positive. This response in short-term has gradually increased till 2008. In terms of the simultaneous effects, the volatility of China stock market lags behind the EPU of China. The response of the volatility of China stock market to the EPU of China's is negative, which indicates that the duration of the impact is long. It is also found that the short-term response of the EPU of U.S. to the EPU of China has been negative before 2011 and turned positive afterward. In addition, the response of the EPU of U.S. to the EPU of China's is found negative. Compared with the response of the simultaneous effects, the duration of the impact is relatively short. The impact of crude oil price fluctuation on the EPU of China is positive. This is due to fact that the rise of oil price may lead to the increase of the costs of related with oil. The market distortion caused by the monopoly of oil price can further strengthen the effects, which leads to greater impacts to firms' marginal cost. To maintain the price of commodities, the wage could be further decreased. Thus the policy makers may adjust economic policies to alleviate the pressure of oil related firms (Natal, 2010). Finally,

the medium-term response is negative, which indicates that the impact of oil price on the EPU of China is comparatively short.

4.2.2.5. Impulse response to σ_{oil}

The fifth column of Figure 4 presents the impulse response of each variable to σ_{oil} . Given a positive impact to the volatility of U.S. stock market, the short-term response to the volatility of oil price is negative. The peak appears in the financial crisis and decreases afterwards. Compared with the response of the simultaneous effects, the duration of the impact of the volatility of U.S. stock market on the global oil price is much shorter. Further, both of the medium- and long-term response show time lagging effects.

It is also found that the short-term response of the EPU of U.S. to the volatility of the global oil price is positive, whilst its simultaneous effect is close to negative. It signifies that there is a time lagging effect of economic policy transition to the oil market. Compared with the short-term response by U.S., the duration of the impact of EPU of China on the oil market is shorter. The results signify that EPU generally has a negative impact on the volatility of oil price, which is consistent with the study by Antonakakis et al. (2014).

4.2.3. The time-varying effects at different time points

There are totally three events included in terms of time points, namely, (1) August of 2011 (the global financial crisis originated in U.S. and Europe); (2) July of 2015 (China stock market crash); (3) March of 2020 (COVID-2019). Figure 6 presents the results of the impulse responses at three time points. Figure 5 plots the results of all responses.

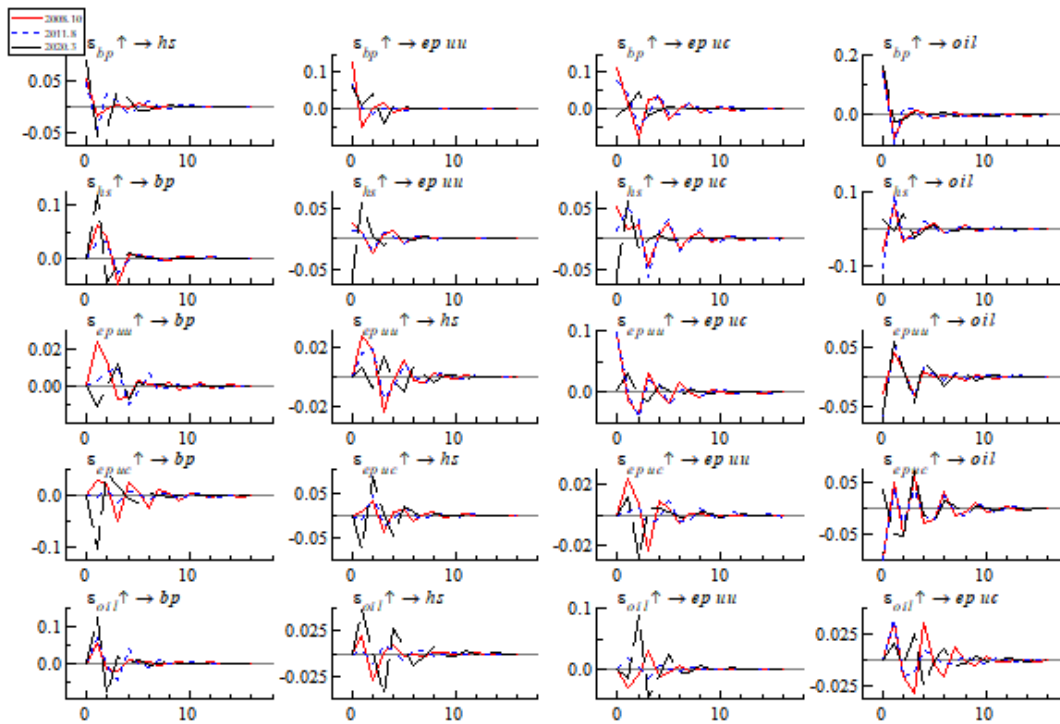


Figure 5: Impulse responses at different time points

The first row of Figure 5 presents the positive effects of volatility of U.S. stock market on the volatility of China stock market at the three time points. The effects all turn to be negative after the three time points. This transition are consistent with these three influential events, which indicates that the U.S. stock market has an impact on China market, though the impacts do not last long. In addition, it is found that the highest impact appears during the outbreak of COVID-19 when the circuit breaker events in the U.S. market happen. This might be due the following two reasons. On the one hand, the US stock circuit breaker is relatively rare and thus its impact is great; on the other hand, the openness extent of China's capital market has been deepen, which is closely tied with U.S. and the global market.

The responses of the volatility of the U.S. stock market on the EPU of U.S are all positive at the three time points which gradually diminish to zero afterwards. The impact is especially significant at the time point of the financial crisis. During the financial crisis, the impact of the volatility of U.S. stock market on the EPU of China shows a time lagging effect. Further, the response of the volatility of U.S. stock market on the volatility of oil price are all positive at three time point and turns to be zero one month later. It suggest that the impacts during these three systematical risks are comparatively large.

The second line of Figure 5 presents the positive response of the volatility of China stock market to that of U.S. market. The impact increases from zero to the peak and gradually diminishes to zero in one month. In addition, as China stock market was less affected by the European debt crisis, the response during the financial and the European debt crisis was weaker compared with other two time points. In terms of the response of the volatility of China stock market to that of oil price, it is firstly negative during the financial crisis and then rapidly turns to be positive, while it maintains positive during at the time point of COVID-19. It suggests that China stock market has become more influential to the global market.

The third row of Figure 5 shows the EPU of U.S. has a positive impact both on the volatility of China stock market and the EPU of China during the financial crisis and the European debt crisis. The response diminishes in both scale and the time during at the time point of COVID-19 which covers the period of the events such as U.S. stock circuit breakers. During the global financial and European debt crisis, the current impact of the EPU of U.S. to that of China is positive and then decreases rapidly. Meanwhile, during the period of COVID-19 there is a time lagging effect. The response of the EPU of U.S. to the volatility of oil price is negative, though it turns to be positive one month later. Compared with the impact of Sino-US stock markets on the global oil price, the impact brought by the EPU of U.S. is smaller.

The fourth row of Figure 5 shows that the response of the EPU of China to the volatility of oil price is uncertain.

Finally the fifth row of Figure 5 shows a positive impact of the volatility of oil price to both the volatility of China and U.S. stock market. Moreover this impact is significantly higher than that in the other two periods in March 2020.

6. CONCLUSIONS, LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH

The study explores the correlation effects among China and U.S. stock market volatility, EPU of the two countries and the fluctuation of global oil price by using a TVP-SV-VAR model. The following conclusions are drawn based on the analysis results: (1) U.S. and China stock markets are closely related while the latter is more influential as time evolving; (2) The volatility of U.S. stock market strengthens the fluctuation of global oil price. The volatility of China stock market is also related to the fluctuation of the oil prices though the impacts are weaker and with a time lag; (3)

The EPU of U.S. aggravates the fluctuation of the global oil price, whilst the impacts from EPU of China is insignificant; (4) The impact of EPU on the stock market volatility is comparatively significant during the financial crisis period. (5) The fluctuation of oil price affects both the stock markets of the two economies. The impact is especially obvious during the global emergency crisis such as the breakout of COVID-19.

This study has several limitations which indicate potential directions for future research. First, one of the research contexts is China, as representing the emerging economies. However, as China has some uniqueness such as its huge domestic market, short history of capital market development, and the strong interference from the government, the conclusions might not be general in application to other emerging economies. Thus future studies may extend the research to other emerging economies such as India, Brazil and Russia. Second, the time-span of this study also presents a further limitation which is related to the first point due to the short history of the capital market of China. A longer-term observation of the correlation among stock market, global oil market and EPU is essential for the further understanding of this issue which may cover more global turbulent events as global financial or worldwide emergency events.

Credit authorship contribution statement

Tianle Yang: Conceptualization, writing-original draft, writing- review & editing;

Fangxing Zhou: Data analysis, data curation, writing-original draft;

Min Du: Conceptualization, Supervision, proof reading;

Qunyang Du: Conceptualization, supervision, writing- review & editing;

Shirong Zhou: Funding acquisition; Conceptualization

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the financial support from the Project of National Social Science Foundation of China with grant number [20BJY189] and Zhejiang Provincial Project of Social Science Foundation of China with grant number [21NDJC037YB].

REFERENCES

- Ahmed, A.D., Huo, R., 2020. Volatility transmissions across international oil market, commodity futures and stock markets: Empirical evidence from China, *Energy Economics*, 104741. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104741>.
- Albulescu, C., 2020. Coronavirus and Financial Volatility: 40 Days of Fasting and Fear. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3550630> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3550630>.
- Albulescu, C., 2020. Coronavirus and Oil Price Crash. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3553452> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3553452>.
- Alvarez-Ramirez, J., Soriano, A., Cisneros, M., Suarez, R., 2003. Symmetry/anti-symmetry phase transitions in crude oil markets, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Volume 322, 583-596. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(02\)01831-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01831-9).
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, L., Filis, G., 2014. Dynamic spillovers of oil price shocks and economic policy uncertainty, *Energy Economics*, Volume 44, 433-447. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.05.007>.
- Bachmeier, L.J., Nadimi, S.R., 2018 Oil shocks and stock return volatility, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Volume 68, Pages 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2018.01.001>.
- Baker, S.R., N. Bloom, and S. J. Davis, 2016. Measuring Economic Policy Uncertainty, *Quarterly Journal of Economics*, 131 (4), 1593-1636.
- Barsky, R.B., Kilian, L., 2001. Do We Really Know that Oil Caused the Great Stagflation? A Monetary Alternative, *NBER/Macroeconomics Annual*, vol 16(1), 137-183.
- Barsky, R.B., Kilian, L., 2004. Oil and the Macro-Economy Since the 1970s, *Journal of Economic Perspectives*, 18, 115-134.
- Bastianin, A., Conti, F., Manera, M., 2016 The impacts of oil price shocks on stock market volatility: Evidence from the G7 countries, *Energy Policy*, Volume 98, 160-169. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.08.020>.
- Baumeister, C., Hamilton, J.D., 2019. "Structural Interpretation of Vector Autoregressions with Incomplete Identification: Revisiting the Role of Oil Supply and Demand Shocks." *American Economic Review*, 109 (5): 1873-1910.
- Baumeister, C., Kilian, L., 2012. Real-Time Forecasts of the Real Price of Oil, *Journal of Business & Economic Statistics*, 30:2, 326-336.
- Baumeister, C., Kilian, L., 2016. Forty Years of Oil Price Fluctuations: Why the Price of Oil May Still Surprise Us. *Journal of Economic Perspectives* 30(1):139-160.

- Baumeister, C., Peersman, G., 2013. "Time-Varying Effects of Oil Supply Shocks on the US Economy." *American Economic Journal: Macroeconomics*, 5 (4): 1-28.
- Bjørnland, H.C., Vegard H.L., Maih, J., 2018. "Oil and Macroeconomic (In)stability." *American Economic Journal: Macroeconomics*, 10 (4): 128-51.
- Bodenstein, M., Erceg, C.J., Guerrieri, L., 2011. Oil shocks and external adjustment, *Journal of International Economics*, Volume 83, Issue 2, 168-184.
- Broadstock, D.C., Filis, G., 2014. Oil price shocks and stock market returns : New evidence from the United States and China, *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Volume 33, Pages 417-433. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2014.09.007>.
- Brogaard, J., Detzel A., 2015. The Asset-Pricing Implications of Government Economic Policy Uncertainty. *Management Science*, 61(1):1-247.
- Caldara, D., Cavallo, M., Iacoviello, M., 2019. Oil price elasticities and oil price fluctuations, *Journal of Monetary Economics*, Volume 103, 1-20.
- Campbell, J. Y., Shiller R J., 1988. The Dividend-Price Ratio and Expectations of Future Dividends and Discount Factors. *Review of Financial Studies*, 1(3):195-228.
- Chen, J., Zhu, X., 2019. The effects of different types of oil price shocks on industrial PPI: evidence from 36 sub-industries in China. *Emerg. Mark. Finance Trade* 11, 1–24.
- Cifarelli, G., Paladino, G., 2010. Oil price dynamics and speculation: A multivariate financial approach, *Energy Economics*, Volume 32, Issue 2, 363-372.
- Donadelli, M., Kizys, R., Riedel, M., 2017. Dangerous infectious diseases: Bad news for Main Street, good news for Wall Street?, *Journal of Financial Markets*, Volume 35, 84-103. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2016.12.003>.
- Fang, L., Chen, B., Yu, H., Xiong, C., 2018. The effect of economic policy uncertainty on the long-run correlation between crude oil and the U.S. stock markets, *Finance Research Letters*, Volume 24, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.07.007>.
- Hoque, M., Zaidi, M., 2019. The impacts of global economic policy uncertainty on stock market returns in regime switching environment: Evidence from sectoral perspectives. *Int J Fin Econ*. 24: 991– 1016.
- Jin, X., Chen, Z., Yang, X., 2019. Economic policy uncertainty and stock price crash risk. *Account Finance*, 58: 1291-1318. doi:10.1111/acfi.12455.
- Kang, W., Ratti R.A., 2013. Oil shocks, policy uncertainty and stock market return, *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Volume 26, 305-318. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2013.07.001>.
- Kilian, L. and Park, C., 2009. The impact of oil of oil price shocks on the U.S. stock market. *International Economic Review*, 50: 1267-1287.

- Kilian, L., Murphy, D.P., 2012. Why Agnostic Sign Restrictions Are Not Enough: Understanding the Dynamics of Oil Market Var Models, *Journal of the European Economic Association*, Volume 10, Issue 5, 1166–1188.
- Kormilitsina, A., 2011. Oil price shocks and the optimality of monetary policy, *Review of Economic Dynamics*, Volume 14, Issue 1, 199-223. <https://doi.org/10.1016/j.red.2010.11.001>.
- Leduc, S., Sill, K., 2004 A quantitative analysis of oil-price shocks, systematic monetary policy, and economic downturns, *Journal of Monetary Economics*, Volume 51, Issue 4, 781-808.
- Lee, K., Ni, S., 2002 On the dynamic effects of oil price shocks: a study using industry level data, *Journal of Monetary Economics*, Volume 49, Issue 4, 823-852.
- Li, W. 2019. Towards economic decoupling? Mapping Chinese discourse on the China-US trade war. *Chinese Journal of International Politics*, 12: 519–556.
- Liu, L., Zhang, T., 2015. Economic policy uncertainty and stock market volatility, *Finance Research Letters*, Volume 15, 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.08.009>.
- Liu, Z., Tseng, H., Wu, J.S., Ding, Z., 2020 Implied volatility relationships between crude oil and the U.S. stock markets: Dynamic correlation and spillover effects, *Resources Policy*, Volume 66, 101637, ISSN 0301-4207, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101637>.
- Lynch, M.C., 2002. "Forecasting oil supply: theory and practice," *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Elsevier, vol. 42(2), 373-389.
- Morana C., 2001. A semiparametric approach to short-term oil price forecasting[J]. *Energy Economics*, 23(3):325-338.
- Nakajima, J., Kasuya, M., Watanabe T., 2011. Bayesian Analysis of Time-varying Parameter Vector Autoregressive Model for the Japanese Economy and Monetary Policy[J]. *Journal of Japanese and International Economies*, 25:225-245.
- Nakov, A., Pescatori, A., 2010. Oil and the Great Moderation, *The Economic Journal*, Volume 120, Issue 543, 131–156.
- Natal J.M., 2010. Monetary Policy Response to Oil Price Shocks[J]. Working Papers.
- Pástor, L., Veronesi, P., 2012. Uncertainty about Government Policy and Stock Prices. *The Journal of Finance*, 67(4): 1219-1264.
- Pástor, L., Veronesi, P., 2013. Political uncertainty and risk premia, *Journal of Financial Economics*, 110(3):520-545.
- Pindyck R.S., 2003. Volatility in natural gas and oil markets[J]. MIT Working Papers, 30(312).

- Sadorsky P., 1999. Oil price shocks and stock market activity[J]. *Energy Economics*, 21(5):449-469.
- Schell, O. 2020. The ugly end of Chimerica: The coronavirus pandemic has turned a conscious uncoupling into a messy breakup. *Foreign Policy*, Spring Issue: 26–29.
- Smith, J.L. 2009. "World Oil: Market or Mayhem?" *Journal of Economic Perspectives*, 23 (3): 145-64.
- Sum V., 2012. The impulse response functions of economic policy uncertainty and stock market returns: A Look at the Eurozone[M].
- Uddin, G.S., Hernandez, J.A., Shahzad, S.J.H., Kang, S.H., 2020. Characteristics of spillovers between the US stock market and precious metals and oil, *Resources Policy*, Volume 66, 101601. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101601>.
- Wen, F., Zhang, M., Deng, M., Zhao, Y., Ouyang, J., 2019b. Exploring the dynamic effects of financial factors on oil prices based on a TVP-VAR model. *Phys. Stat. Mech. Appl.* 532, 121881.
- You, W., Guo, Y., Zhu, H., Tang, Y., 2017. Oil price shocks, economic policy uncertainty and industry stock returns in China: Asymmetric effects with quantile regression, *Energy Economics*, Volume 68, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.09.007>.
- Yu, L., Wang, S., Lai, K., 2008. Forecasting crude oil price with an EMD-based neural network ensemble learning paradigm, *Energy Economics*, Volume 30, Issue 5, 2623-2635. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.05.003>.
- Zhang, D., 2017. Oil shocks and stock markets revisited: Measuring connectedness from a global perspective, *Energy Economics*, Volume 62, 323-333. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.01.009>.
- Zhao, Z., Wen, H., Li, K., 2020. Identifying bubbles and the contagion effect between oil and stock markets: New evidence from China, *Economic Modelling*. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.02.018>.



EKOLOJİK AYAK İZİ ÇALIŞMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

Doç. Dr. Recep Ulucak

Erciyes Üniversitesi
r.ulucak@erciyes.edu.tr

Prof. Dr. Seyfettin Erdoğan

İstanbul Medeniyet Üniversitesi
seyfettin.erdogan@medeniyet.edu.tr

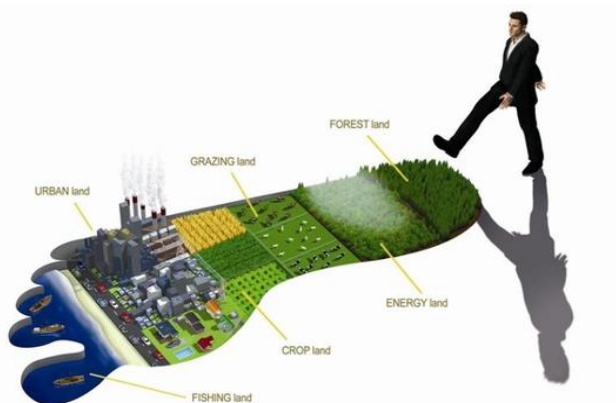
Özet: Ekolojik ayak izi son yılların en çok dikkat çeken araştırma konularından biri haline gelmiştir. Özellikle küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi öne çıkan çevresel tehditlere paralel bir şekilde artan çevresel farkındalık, bireysel ve toplumsal düzeyde ekolojik ayak izi olarak kavramsallaştırılmış olan ekosistem üzerindeki antropolojik baskının ölçülmesi ve gerekli önlemlerin alınması doğrultusunda önemli bir motivasyon kaynağı olmuştur. Bu doğrultuda özellikle politika yapıcılara yol göstermek ve çevreye yönelik politikalara bilimsel dayanak sunmak amacıyla ekolojik ayak izi pek çok bilimsel araştırmanın odak noktası haline gelmiştir. Bu çalışmada, ekolojik ayak izinin artan popülaritesi göz önüne alınarak Web of Science SCI, SCI-E ve SSCI indeksli dergilerde yayımlanmış olan çalışmaların bibliyometrik analizi yapılmaktadır. Elde edilen istatistikî bilgiler konunun disiplinlerarası boyutu ve artan önemini net olarak ortaya çıkarmaktadır.

Bibliometric Analysis of Ecological Footprint Studies

Abstract: The ecological footprint has become one of the most striking research topics in recent years. Environmental awareness, which increases in parallel with increasing environmental threats such as global warming and climate change, has been an important source of motivation for measuring the anthropological pressure on the ecosystem, which has been conceptualized as an ecological footprint. In this direction, the ecological footprint has become the focal point of many scientific studies, especially in order to guide policy makers and to provide a scientific basis to environmental policies. In this study, bibliometric analysis of the studies on the ecological footprint, which were published in Web of Science SCI, SCI-E and SSCI indexed journals, taking into account the increasing popularity of ecological footprint. The statistical information obtained clearly reveals the interdisciplinary dimension and increasing importance of the subject.

Giriş

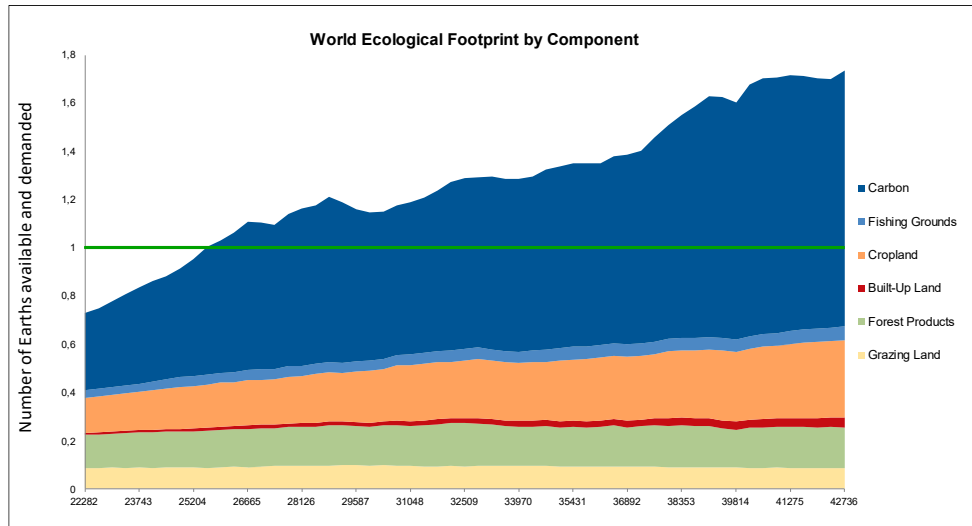
Artan çevresel tehditlerle birlikte çevreyi korumaya yönelik politikalara yol göstermek ve politikaların sonuçlarını gözlemek amacıyla hem çevresel etkileri gözlemleyebilmek hem de çevresel performansın ölçülmesini kolaylaştırabilmek adına özellikle sürdürülebilirlik tartışmalarının yoğunluk kazandığı 1980’li yıllardan sonra çeşitli göstergeler önemli hale gelmeye başlamıştır. Wackernagel ve Rees (1996) tarafından önerilen ve alternatif bir ölçüm yaklaşımı olan ekolojik ayak izi de bu göstergelerin en çok kullanılan adaylarından biri haline gelmiştir. Ekolojik ayak izi doğal kaynak tüketimini ve bir ekonomide yaratılan atıklar için gerekli asimilatif kapasiteyi ölçmeye yarayan bir hesaplama aracıdır (Wackernagel & Rees, 1996). Bir başka ifadeyle Ekolojik ayak izi doğal kaynak kullanım yoğunluğunu ve belirli bir alandaki (o alanın özümseme kapasitesi dahilinde) atık özümseme faaliyetini ölçen alan bazlı bir göstergedir (Wackernagel and Yount, 1998, p. 512). Ekolojik ayak izi (EF) hesaplamaları insanlar için faydalı kaynaklar üreten veya sağlayan altı çeşit alan kullanımı dikkate alınarak yapılmaktadır. Bunlar, Tarım alanları, otlaklar, kereste ve yakacak odun için ormanlar, balıkçılık alanları, alt yapı ve diğer yapılaşma alanları ve karbon emisyonlarının emilimi için gerekli orman alanlarıdır. Ekolojik ayak izinin önemli ve güçlü yanı çevreyle ilgili verilerin geniş boyutunu ülkelerin sahip olduğu taşıma kapasitesini (carrying capacity) kolayca kıyaslayabilecek şekilde tek bir ölçüye indirgemesidir. Dolayısıyla bu özelliği kolay bir şekilde anlaşılması ve kamuoyuna sürdürülebilirlik meselesinin aktarılmasında işi kolaylaştırmaktadır (Caviglia-Harris et al., 2009). Daha spesifik ve somut olarak ekolojik ayak izi Şekil 1’de yansıtıldığı gibi insanoğlunun yaşamsal faaliyetleri neticesinde doğanın ona sunmuş olduğu ekolojik kapasite üzerinde işgal ettiği alanları dikkate alarak bunların doğanın kendini yenileyebilme kapasitesi dahilinde yeniden üretebilmesi için gerekli olan alanları ölçen bir yaklaşımdır. Örneğin yaşam için elverişli koşulların olduğu tek bir gezegen olduğu için biyokapasite sınırı 1 olarak kabul edilir ve ekolojik ayak izinin 1’den büyük olması mevcut kapasitenin üzerinde bir verimli alana ihtiyaç olduğunu ve mevcut kapasite ile bu durumun sürdürülemez olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Ekolojik ayak izinin Bileşenleri

Kaynak: www.footpirntnetwork.org

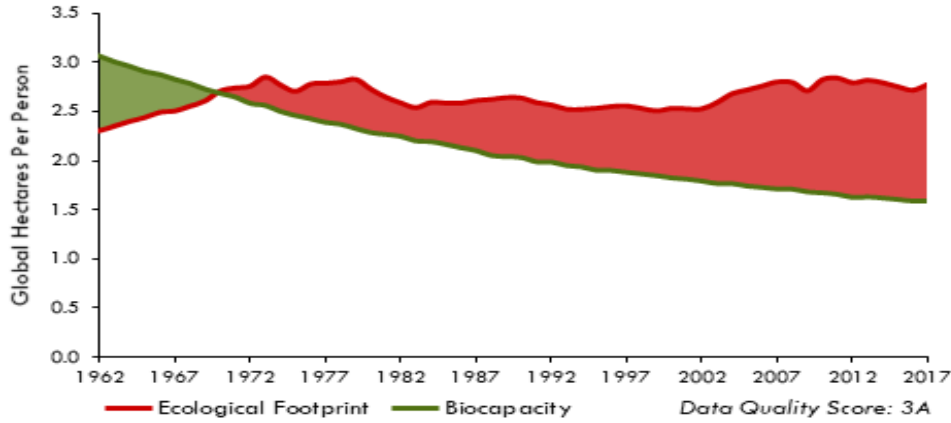
Şekil 1’de gösterildiği gibi ekolojik ayak izi tarım alanları (cropland footprint), otlaklar (grazing land footprint), kereste ve yakacak odun için ormanlar (forest footprint), balıkçılık alanları (fishing land footprint, alt yapı ve diğer yapılaşma alanları (built-up land footprint) ve karbon emisyonlarının emilimi için gerekli orman alanlarıdır (carbon footprint). Burada özellikle karbon emisyonlarının ortaya çıkmasında etkili olan en önemli faktör fosil yakıtlara bağlı enerji üretimi ve tüketimi olduğu için enerji alanı olarak da değerlendirilmektedir. Bu bakımdan karbon ayak izi, enerjinin yaşamın her alanında önemli bir yer tutması nedeniyle, toplam dünya ekolojik ayak izinin en büyük bileşeni olarak göze çarpmaktadır. Bu durum Şekil 2 üzerinde her bir alt bileşenin büyüklüğü açısından 1961-2017 dönemi için gösterilmektedir. Şekli 2 üzerindeki yeşil çizgi ile çizilen sınır ise biyokapasiteyi temsil etmektedir. Biyokapasitenin üzerinde yer alan her bir durumda mevcut tüketim kalıbını sürdürülebilir bir şekilde devam ettirebilmek için dünya üzerindeki mevcut verimli alanlardan daha fazlasına ihtiyaç olduğu sonucu çıkmaktadır.



Şekil 2. Alt bileşenlerine göre dünya ekolojik ayak izi

Kaynak: www.footpirntnetwork.org

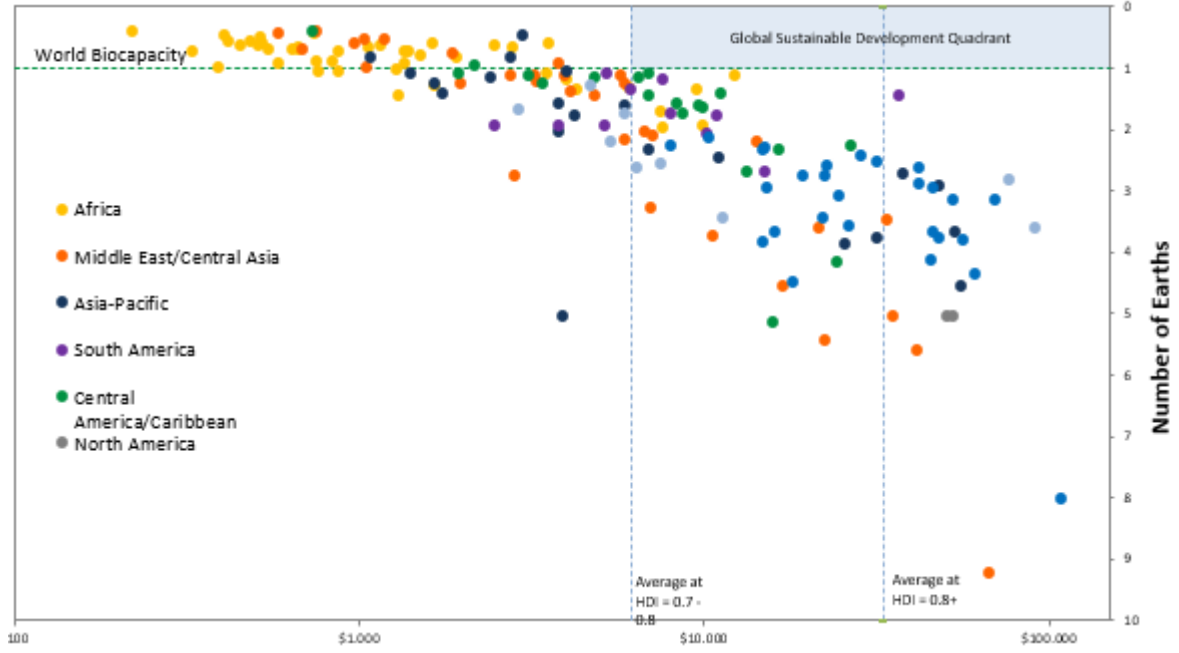
Ekolojik ayak izi ve biyokapasite ölçümleri birlikte değerlendirildiğinde dünyanın görünümü Şekil 3'te gösterildiği gibi kaynaklarla tüketim arasında farkın özellikle 1970'li yıllarla birlikte giderek genişleyen bir makası andırmaktadır. Bir taraftan biyokapasite veya bir başka deyişle üretken verimli alanların miktarı azalırken diğer taraftan kaynakların tüketimi sürekli artmaktadır.



Şekil 3. Kişi başı dünya ekolojik ayak izi ve biyokapasite

Kaynak: www.footprintnetwork.org

1961 ve 2017 dönemi için Şekil 3'ün ortaya çıkardığı resim mevcut tüketim kalıbının veya verimli alanlardaki bozulmanın sürdürülebilir olup olmadığı konusunda da yol gösterici olmaktadır. Bu bakımdan ekolojik ayak izi aynı zamanda önemli bir sürdürülebilirlik göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Van Vuuren and Smeets (2000) sürdürülebilirlik göstergesi olarak ekolojik ayak izinin analitik olarak güçlü, faydalı ve politikaya müsait, kolayca ölçülebilir ve anlaşılabilir bir yaklaşım olduğunu belirtmekte ve sürdürülebilir kalkınmayla doğrudan alakası olan bir biriyle bağlantılı örneğin tüketim kalıplarındaki artışa odaklanma, sürdürülebilir kalkınma için çeşitli temel kaynaklara odaklanma, doğal kaynaklara erişebilme ve bunların dağılımına odaklanma, çevresel baskılara odaklanma gibi çeşitli konuları aydınlattığı için önemli bir gösterge olduğunu ifade etmektedir. Wiedmann and Barret (2010) ekolojik ayak izi ile ilgisi olan 50'den fazla uluslararası paydaşla anket çalışması yapmış ve 150'den fazla orijinal makaleyi analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda ekolojik ayak izinin önemli bir sürdürülebilirlik göstergesi olduğunu belirtmişlerdir.



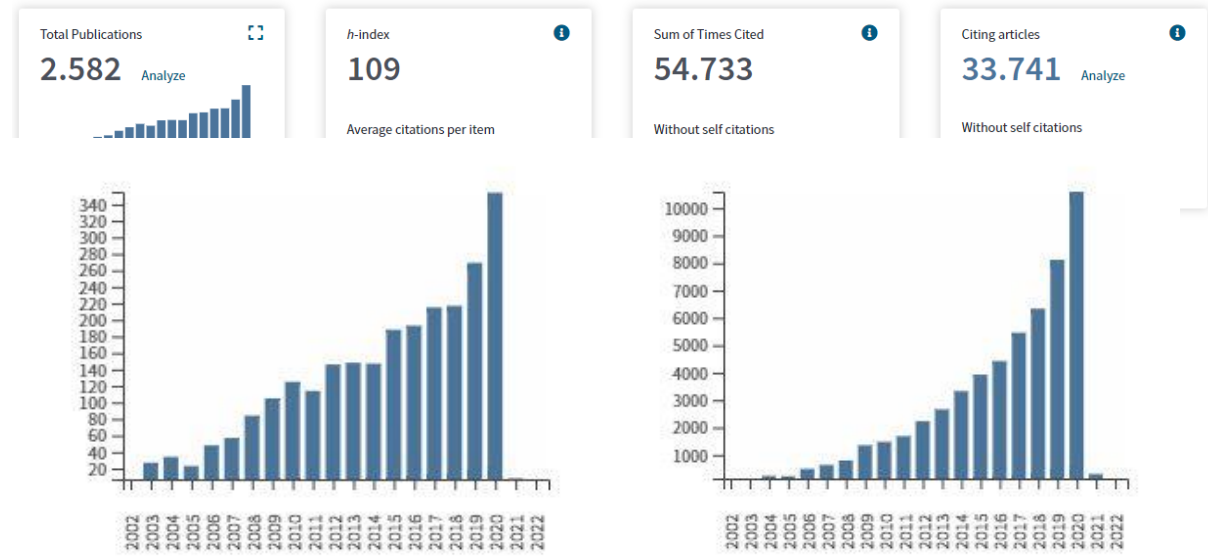
Şekil 4. Kişi başına GDP ve ekolojik ayak izi

Kaynak: www.footprintnetwork.org

Ekolojik ayak izinin ülkeler için sürdürülebilirlik ve ekonomik durumları açısından Şekil 4 önemli bilgiler sağlamaktadır. Kişi başına düşen gelirin düşen gelirin çok düşük olduğu ülkeler dünya biyokapasitenin altında bir ekolojik ayak izi değerine sahipken gelir düzeyi yüksek olan ülkeler biyokapasite sınırını önemli oranda aşmış görünmektedirler. Ancak her iki durum için küresel sürdürülebilir bir kalkınma motifi Şekil 4'ün sağ üst tarafında yer alan yüksek gelir düzeyi ve biyokasite sınırının altı ile tanımlanan alan olarak değerlendirilmektedir.

Ekolojik ayak izi yukarıda ele alındığı gibi somut gözlenebilir ve Global Footprint Network tarafından sağlanan yıllık verilerle pek çok disiplin içerisinde analiz edilebilir bir yapıya sahiptir. Bu özelliği nedeniyle son yıllarda popülaritesi giderek artan ve pek çok çalışmaya konu olan bir ölçüm haline gelmiştir. Özellikle sürdürülebilir kalkınma açısından değerlendirme imkanı sunması ekonometrik analizler yoluyla ekolojik ayak izinin sosyoekonomik değişkenlerle olan ilişkisinin araştırılması ve politika önerilerinin geliştirilmesi konusunda önemli bir motivasyon kaynağı olmuştur (Bilgili & Ulucak, 2018; Erdoğan et al., 2020; Solarin & Bello, 2018; Ulucak et al., 2020; Ulucak & Apergis, 2018; Ulucak & Lin, 2017). Dolayısıyla bu çalışmada literatürdeki ekolojik ayak izinin konu edildiği çalışmaların bibliyometrik analizi yapılmaktadır.

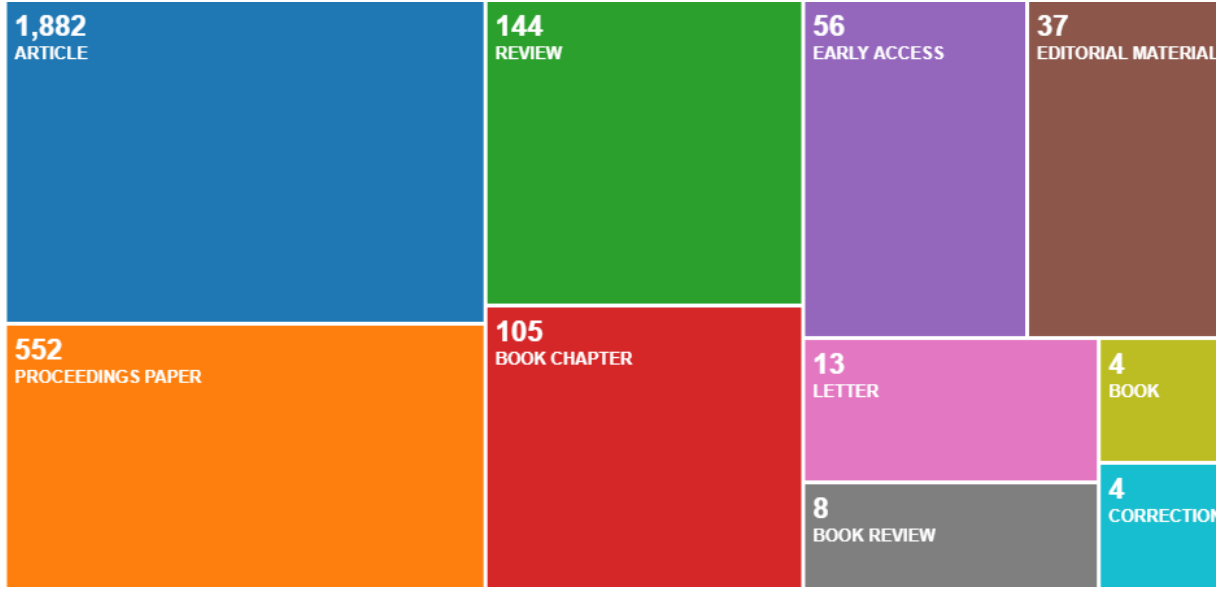
Web od Science istatistikleri ekolojik ayak izi ile Şekil 6'da görülebileceği gibi sayıları özellikle son yıllarda artan toplamda 2580 çalışma listelemektedir. Benzer şekilde, yine son yıllardaki artışa dikkat çekmekle birlikte toplamda 54.733 atıf tespit edilmiştir. Bu çalışmalar için hesaplanan h indeks değeri 15; her bir çalışma başına düşen ortalama atıf sayısı ise 2,19 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. Toplam yayın sayısı

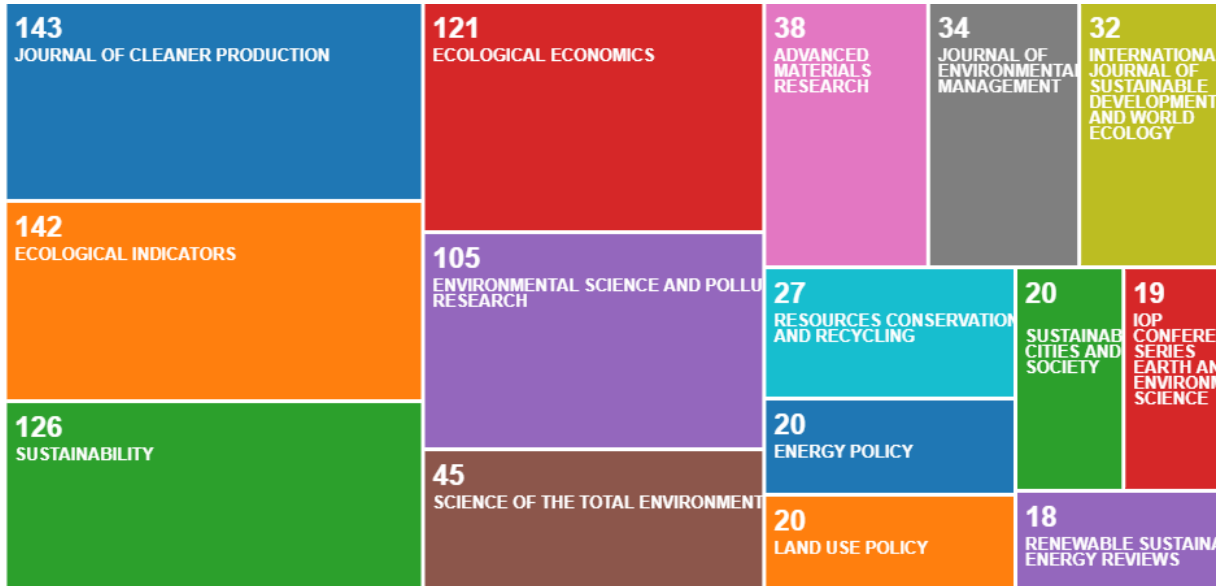
Toplam atıf Sayısı

Şekil 6'dan net olarak görülebileceği gibi 2020 yılı en çok çalışmanın ve atfın yapıldığı yıl olmuştur. Toplam çalışma ve atıf sayısı ile birlikte son yıllardaki artış konunun önemi ve araştırmacıların bu alana yönelik ilgisinin temel bir göstergesidir.



Şekil 7. Çalışma Türleri

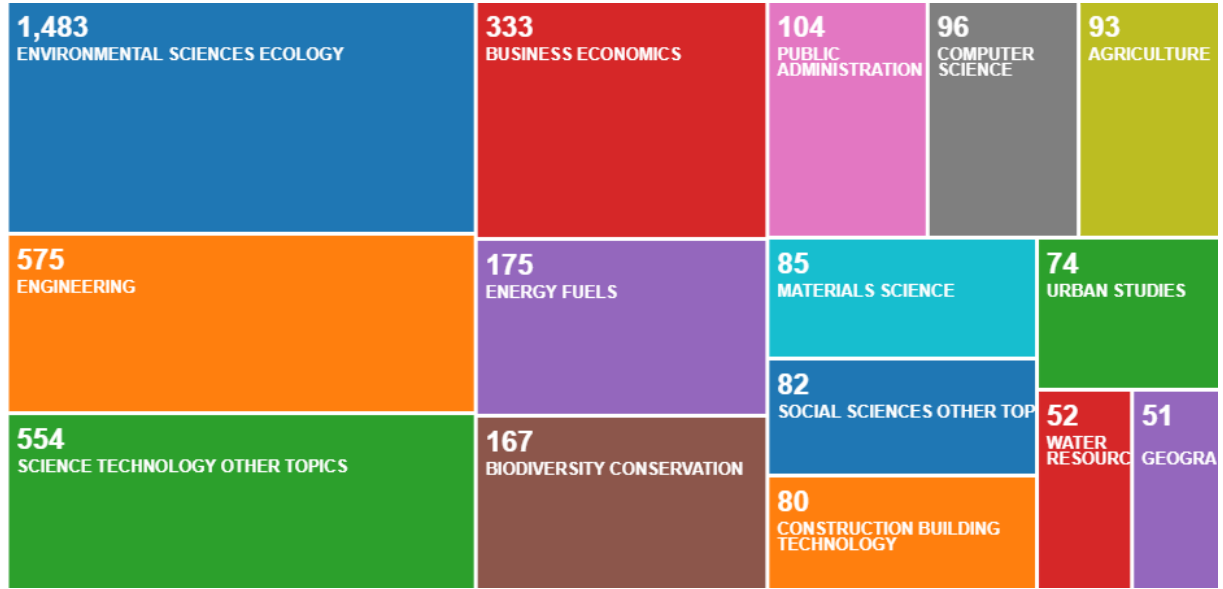
Web od Science istatistikleri yapılan bu çalışmalar içerisinde 1882 adet makale, 552 adet bildiri, 144 adet inceleme ve 105 adet kitap bölümü türü çalışma olduğunu göstermektedir. İstatistikler ekolojik ayak izi konusunu araştırmacılar tarafından daha çok makale formatında bir çalışma yapmaya tercih ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte konunun incelendiği çalışmaların yayımlandığı kaynaklar açısından yayın



sayısına göre Şekil 8'deki gibi bir sıralama çıkmaktadır

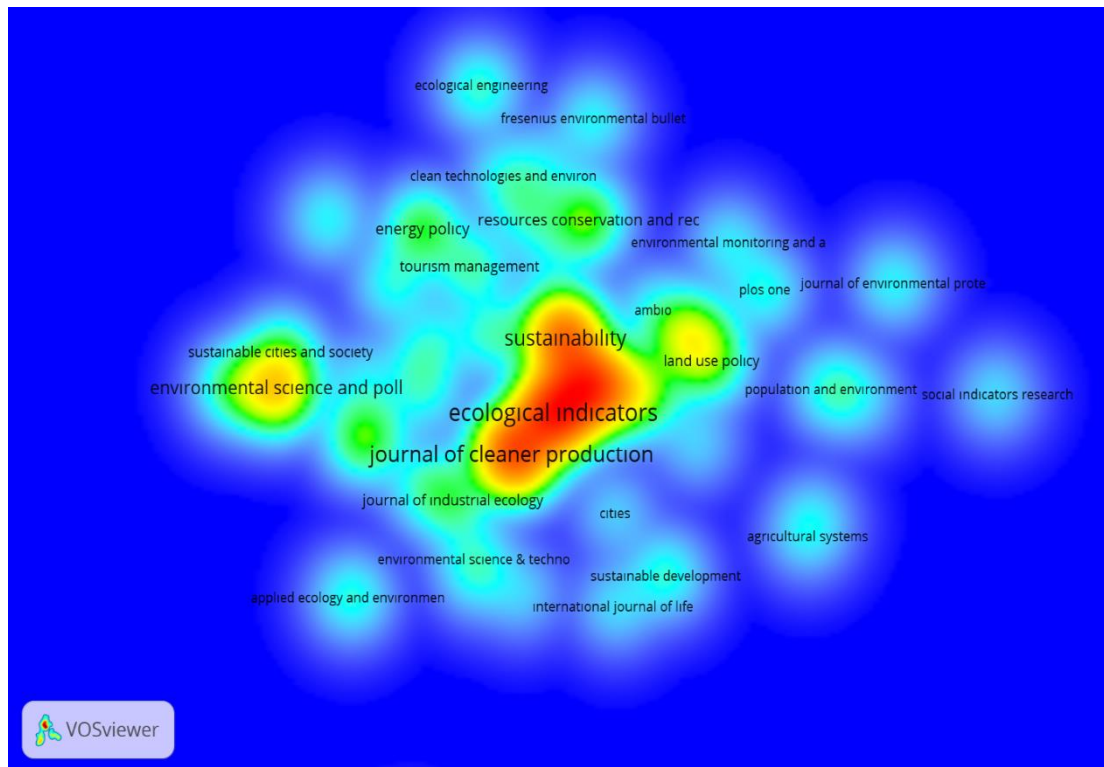
Şekil 8. Çalışma Türleri

Şekil 8 incelendiğinde ekolojik ayak izini konu alan çalışmaların yayınladığı dergiler arasında en çok çalışma Journal of Cleaner Production dergisinde yayımlanmıştır. Daha sonra Ecological Indicators, Sustainability, Ecological Economics ve Environmental Science and Pollution Research dergileri 100'den fazla çalışmanın yayımlandığı önde gelen dergiler olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 9. Çalışma Alanları

Şekil 9 çalışmaların yayımlandığı dergileri dikkate alarak hesaplanmış olan çalışma alanlarını göstermektedir. Buna göre en çok çalışma çevre bilimleri, mühendislik ve teknoloji alanında yer alan dergilerde yapılmıştır. Ekonomi alanında yer alan dergilerde yapılan çalışmaların sayısı ise 333 adettir. Diğer alanlardaki dergilerde de önemli sayıda olduğu aşikâr olmakla birlikte sosyal bilimler ve kamu politikaları alanında yer alan dergilerde yayımlanan çalışmaların da sayısı dikkate alındığında



konunun sosyoekonomik boyutu üzerine yapılan çalışmaların oldukça fazla olduğu söylenebilir.

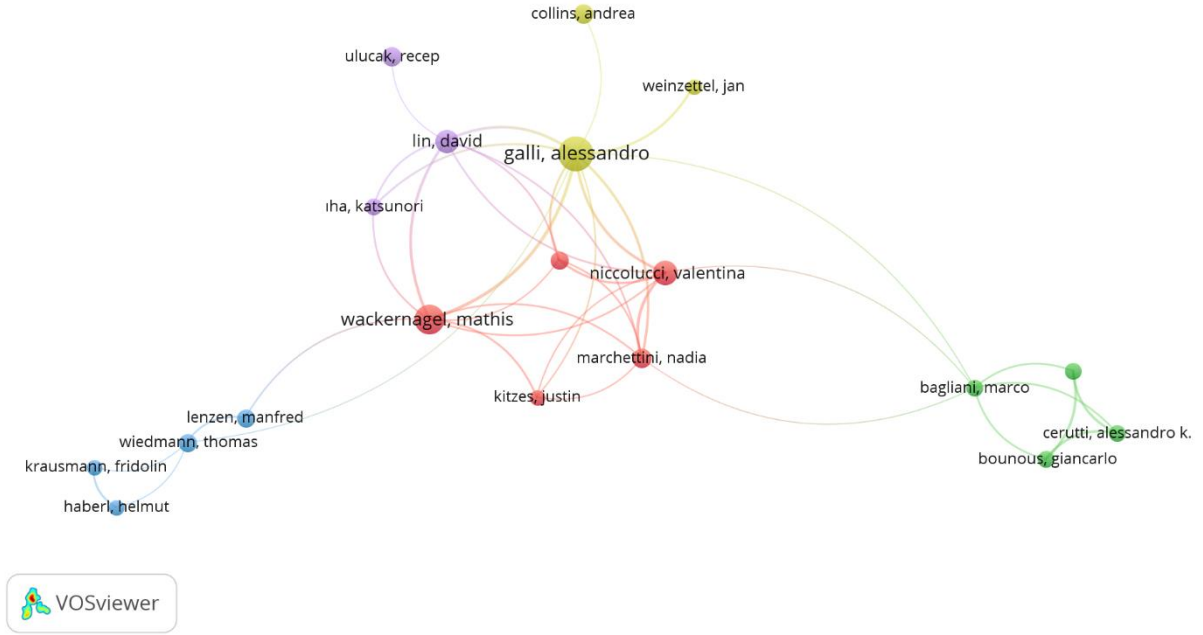
Şekil 10. En az 5 çalışma yayımlamış dergilerin atıf bağlantıları

Şekil 10 konuyla ilgili en az 5 çalışma yayımlayan dergilerdeki çalışmaların atıf bağlantılarını göstermektedir. Şekilde artan kırmızılık daha güçlü bir ilişkiyi temsil etmektedir. Şekil 8’de olduğu gibi en fazla yoğunluk Journal of Cleaner Production, Ecological Indicators ve Sustainability dergilerinde yayımlanan çalışmalar arasında olmuştur. Bu dergilerin tarandığı indeksler ve etki faktörleri dikkate alındığında ilk ikisi SCI-E indeksinde taranmakta ve kendi alanında yer alan diğer dergiler içerisinde ilk %25 içerisinde yani Q1 kategorisindeki dergilerdir. Sustainability dergisi ise SSCI indeksinde taranmakta ve Q2 kategorisinde yer almaktadır.

Şekil 11 konuyla ilgili en çok çalışma yapan araştırmacıları göstermektedir. Buna göre en çok çalışma ekolojik ayak izi yaklaşımının geliştiricisi ve Global Footprint Network’ün kurucusu olan Mathis Wackernagel’e aittir. Şekilde ayrıca Global Footprint Network bünyesinde yer alan araştırmacılar dikkat çekmektedir. Alessandro Galli, David Lin gibi isimler de öne çıkmaktadır.

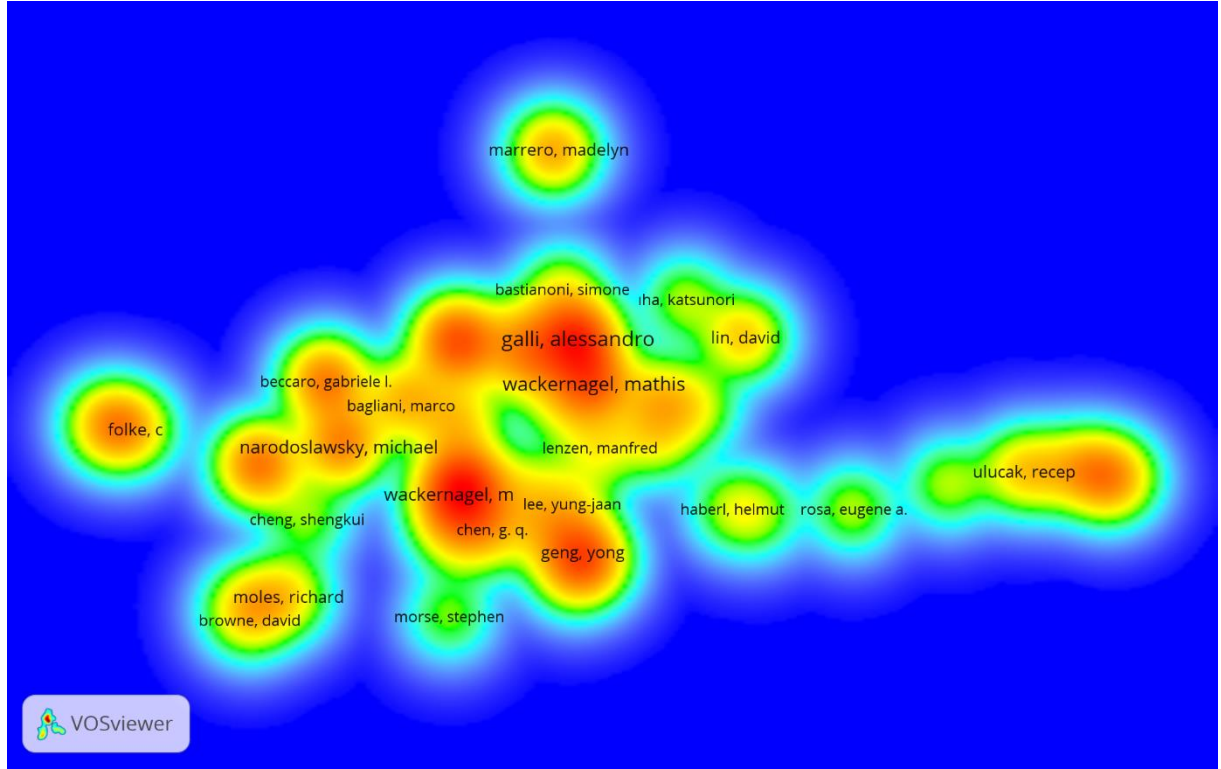


Şekil 11. En çok çalışma yapan araştırmacılar

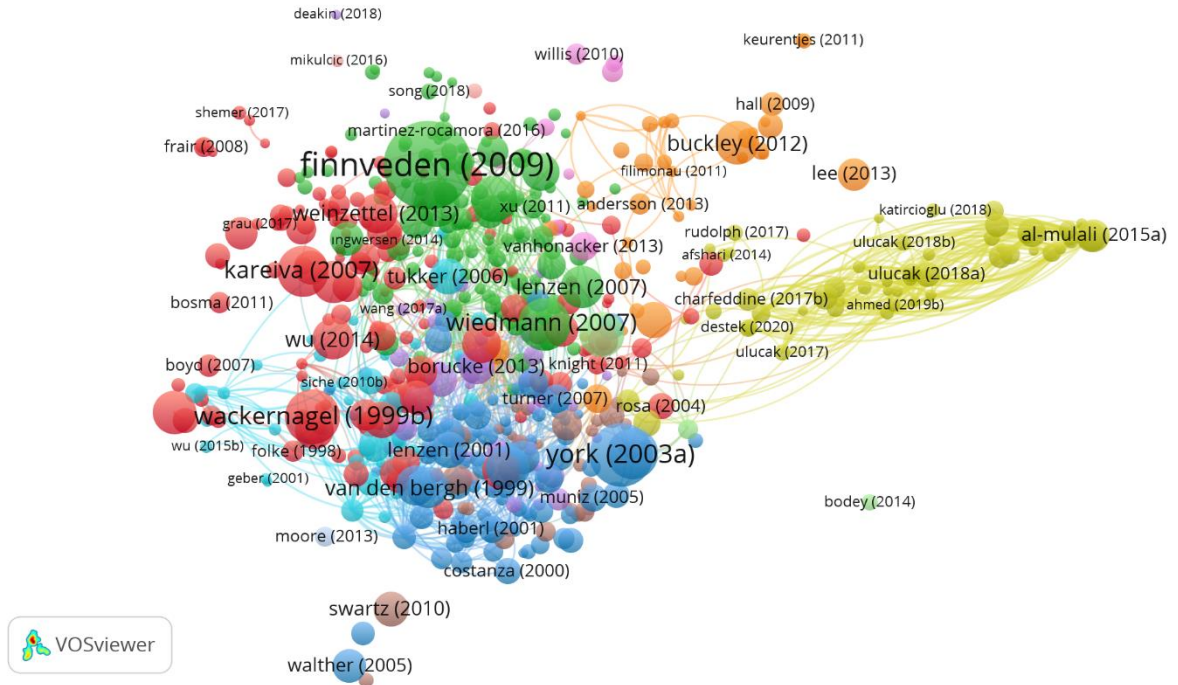


Şekil 12: 5'ten fazla çalışması olan yazarlar arasındaki ortak yazarlık bağlantıları

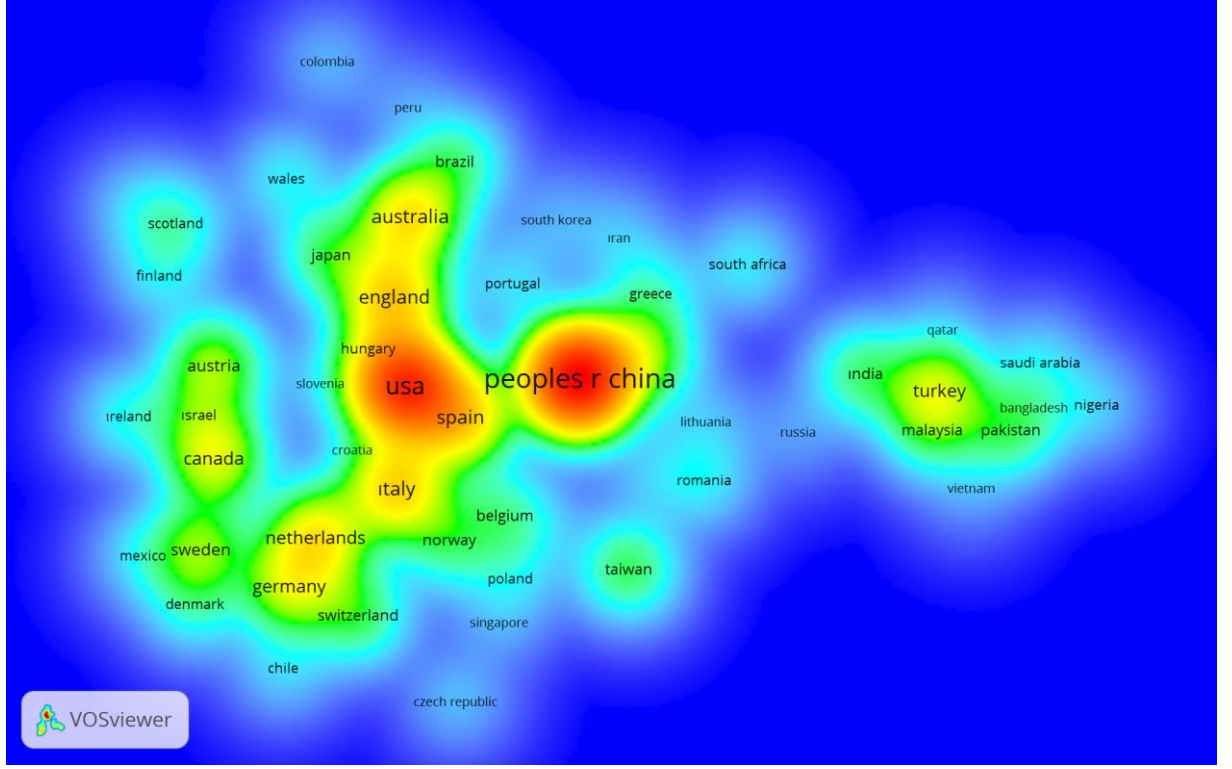
Şekil 12 en çok çalışma yapan yazarlar arasında ortak yazarlık bağlantısını göstermektedir. Buna göre aynı renklendirilmiş bağlantılar aynı kümeyi temsil ederken simgeler arasındaki ağ en az bir ortak yazarlık ilişkisini göstermektedir. Ayrıca şeklin merkezi konumu ortak yazarlık bağlantısının güçlü olduğu yazarları ilişkilendirmektedir. Diğer taraftan Şekil 13 daha farklı bir perspektifle en az 5 çalışması olan yazarlar arasındaki atıf bağlantılarını göstermektedir. Buna göre en az 5 ve üzeri çalışması olan yazarlar arasındaki atıf yoğunluğu sarı ve kırmızı ile daha yoğun bir ilişkiyi temsil etmektedir. Şekil 15 ise konuyla ilgili en çok atıf alan çalışmaları ve bunlar arasındaki bibliyografik ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 13. En az 5 çalışması olan yazarlar arasındaki atıf bağlantıları



Şekil 14. Yüksek atıf alan çalışmaların bibliyografik bağlantısı



Şekil 15. Araştırmacıların ülke bağlantısı

Son olarak Şekil 15 çalışma sayısına göre araştırmacıların ülke yoğunluğunu göstermektedir. Buna göre Amerika Birleşik Devletleri ve Çin en yüksek yoğunluğa sahiptir. Daha sonra İspanya, Macaristan, İngiltere ve İtalya şeklinde bir yoğunluk sıralaması ortaya çıkmaktadır.

Sonuç

Bu çalışmada ekolojik ayak izi anahtar kelimesinin konu edildiği çalışmalar bibliyometrik olarak analiz edilmiştir. “Ecological footprint” kavramı anahtar kelime olarak çalışma konuları içinde Web of Science veri tabanında araştırılmış ve toplam 2582 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmalara ait tüm kayıtlar veri tabanından elde edilerek bunlara yönelik istatistiksel bilgiler Web of Science istatistikleri ve Vosviewer yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Web of Science istatistikleri ekolojik ayak izinin son yılların en çok dikkat çeken araştırma konularından biri haline geldiğini ve araştırma konusunun önemini net olarak ortaya çıkarmaktadır.

Araştırma sonucunda, ecological footprint üzerine geniş bir literatür olduğu tespit edilmiştir. Gelişmiş ekonometrik modeller kullanarak, ülke gurubu ve dönem farklılaştırmasına gidilerek literatüre katkı yapacak çalışmalar yapmak mümkündür.

Kaynakça

Bilgili, F., & Ulucak, R. (2018). The Nexus Between Biomass – Footprint and Sustainable Development. In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials Sustainable Materials* (pp. 175–192). Elsevier. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128035818106009>

Caviglia-Harris, J. L., Chambers, D., & Kahn, J. R. (2009). Taking the “U” out of Kuznets. A comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation. *Ecological Economics*, 68(4), 1149–1159.

Erdoğan, S., Çakar, N. D., Ulucak, R., Danish, & Kassouri, Y. (2020). The role of natural resources abundance and dependence in achieving environmental sustainability: Evidence from resource-based economies. *Sustainable Development*, sd.2137. <https://doi.org/10.1002/sd.2137>

Solarin, S. A., & Bello, M. O. (2018). Persistence of policy shocks to an environmental degradation index: The case of ecological footprint in 128 developed and developing countries. *Ecological Indicators*, 89, 35–44. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2018.01.064>

Ulucak, R., & Apergis, N. (2018). Does convergence really matter for the environment? An application based on club convergence and on the ecological footprint concept for the EU countries. *Environmental Science & Policy*, 80(2), 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.002>

Ulucak, R., Kassouri, Y., İlkay, S. Ç., Altıntaş, H., Garang, A. P. M. A. P. M., Çağrı İlkay, S., Altıntaş, H., & Garang, A. P. M. A. P. M. (2020). Does convergence contribute to reshaping sustainable development policies? Insights from Sub-Saharan Africa. *Ecological Indicators*, 112, 106140. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106140>

Ulucak, R., & Lin, D. (2017). Persistence of policy shocks to Ecological Footprint of the USA. *Ecological Indicators*, 80, 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.020>

Van Vuuren, D. P., & Smeets, E. M. W. (2000). Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. *Ecological Economics*, 34(1), 115–130.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. In *The New Catalyst Bioregional Series* (Issue 9). New Society Publishers.

Wiedmann, T., & Barrett, J. (2010). A Review of the Ecological Footprint Indicator—Perceptions and Methods. *Sustainability*, 2(6), 1645–1693. <https://doi.org/10.3390/su2061645>



ZAMAN SERİSİ VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİ İLE TÜRKİYE İÇİN KARBON AYAK İZİ TAHMİNİ

Müge Akyol

İskenderun Teknik Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü /Ekonomi ve Finans Anabilim Dalı
mugeakyol.sbe19@iste.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Emine Uçar

İskenderun Teknik Üniversitesi / İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi / Yönetim Bilişim Sistemleri
Bölümü
emine.ucar@iste.edu.tr

ÖZET: Küreselleşen dünyada hızla artan nüfus, üretim ve tüketim alışkanlıkları, ekonomik büyüme gibi birçok faktör iklim değişikliklerine sebep olmaktadır. Karbon ayak izi, atmosfere salınan CO₂ salınımının bir ölçüsü olup, bu ölçü günden güne artmakta ve buzulların eriyerek deniz seviyesinin yükselmesine, su kaynaklarının azalmasına ve küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Türkiye ekonomik kalkınmasını tamamlamaya çalışan bir ülke olarak karbon ayak izini azaltmak için Kyoto Protokolü ve Paris İklim Sözleşmesi gibi uluslararası anlaşmalar imzaladığından, karbon ayak izini tahmin eden ve azaltılması için politikalar geliştiren çalışmalara önem vermektedir. Bu doğrultuda yapılan çalışma, Türkiye'nin nüfus, gayri safi yurt içi hasıla, enerji üretimi ve enerji tüketimi gibi bağımsız değişkenler ile sera gazı emisyon oranlarının gelecek dönem tahminlerini zaman serisi veri madenciliği yöntemleri ile bulmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karbon ayak izi, yenilenebilir enerji, zaman serisi veri madenciliği.

ESTIMATION OF THE CARBON FOOTPRINT FOR TURKEY WITH TIME SERIES DATA MINING METHODS

ABSTRACT: In globalizing world, many factors such as rapidly increasing population, production and consumption habits and economic growth cause climate changes. The carbon footprint is a measure of CO₂ emissions released into the atmosphere, which increases day by day, causing glaciers to melt and increase sea level, reduce water resources, and global warming. For Turkey, as a country trying to complete its economic development, signed international agreements such as the Paris Climate Convention and Kyoto Protocol to reduce the carbon footprint, gives great importance to the studies estimating carbon footprint and making policies to reduce it. In this regard, the purpose of this research is forecasting Turkey's population, gross domestic product, energy production and energy consumption with independent variables such as greenhouse gas emissions involves using time series data mining forecast future periods.

Key Words: Carbon footprint, renewable energy, time series data mining.

GİRİŞ

İnsanoğlu yaradılıştan bu yana doğayla iç içe yaşamış, doğanın bir parçası olmuştur. Üzerinde yaşadığı dünyanın korunması insan varlığının sürdürülebilirliği için gereklidir. Ekonomik gelişmeyle birlikte çevresel sorunların yaşam koşullarını tehdit etmeye başladığını fark eden insanlık çevre kalitesinin artırılması yönünde çalışmalara girişmiştir. Bu girişimlerin yıllar içerisindeki seyri şu şekilde olmuştur;

- *Stockholm Konferansı (1972)*: Konferansı Birleşmiş Milletler organize ederek, çevre sorunlarının ve çevrenin korunmasının tüm dünya ülkelerinin görevi olduğunu, bu sebeple alınacak önlemlerin rehber niteliğinde olması gerektiğini savunmuştur. Bu konferans ile çevre sorunları evrenselleştirilmiştir.
- *Brundtland Komisyon Raporu (1987)*: Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanmış olup sürdürülebilir kalkınma teriminin ilk kez burada kullanılması yönüyle önemlidir (Sezer, 2015:764,771).
- *Kyoto Protokolü (1997)*: Türkiye'nin de imzaladığı bu protokolle, AB ülkeleri sera gazı emisyonlarını 2008-2012 yılları arasında 1990 yılının %8'i oranında azaltmayı taahhüt etmişlerdir (Özdemir, 2011:10).
- *Paris İklim Zirvesi (2015)*: Bu zirve ile 196 ülke bir araya gelmiş ve sürdürülebilir bir dünya geleceği için sıcaklık artışının 1,5-2 derece ile sınırlanması gerektiği bu sebeple de küresel sıcaklığı arttıran sera gazı emisyon oranlarının 2030 yılına kadar taahhüt edilen oranda azaltılması konusunda anlaşmaya varılmıştır (Pabuççu ve Bayramoğlu, 2017:764,765).

İlk kez Brundtland raporunda da belirtildiği gibi sürdürülebilir kalkınmanın farklı göstergeleri vardır. Bu göstergelerden biri de insanların üretim ve tüketim faaliyetleri sonucu oluşan ekolojik ayak izidir. Ekolojik ayak izi; bir bireyin veya topluluğun faaliyetleri sonucu oluşan atığı bertaraf etmek ve tüketilen kaynakları mevcut teknolojilerle yeniden üretmek için gerekli olan verimli su ve toprak alan olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'nin ekolojik ayak izinin %46'sını karbon ayak izi oluşturmaktadır. Karbon ayak izi; bir ürünün üretimi, taşınması, kullanımı ve bozulması gibi tüm aşamalarında meydana gelen karbondioksit salınımının ölçüsüdür. Bu ölçü yaklaşık 1,5 futbol sahası büyüklüğü olan bir hektar arazinin üretim kapasitesini gösteren küresel hektar (kha) terimi ile ifade edilir. Karbon ayak izi birincil(doğrudan) ve ikincil(dolaylı) olarak ikiye ayrılır. Birincil ayak izi, evde kullanılan cihazlardan kaynaklanan enerji tüketimi ya da gün içerisinde yapılan ulaşımların sonucu yakılan fosil yakıtlardan açığa çıkan CO₂ emisyonlarını ifade ederken; ikincil ayak izi tüm yaşam döngüsü boyunca doğaya verilen zararı temsil etmektedir. Karbon ayak izi hesaplama yöntemleri ile doğaya ne kadar karbon izi bırakıldığının öğrenilmesi mümkündür. Bu hesaplamalarda atmosfere salınan her ton karbonu fotosentez yoluyla bertaraf etmek için gerekli olan hasat edilmemiş orman arazisi kullanılmaktadır. Gerekli olan orman arazisi büyüklük ve verim bakımından salınan karbonu bertaraf etmek için yeterli değilse, karbon tutma kategorisinde açık ortaya çıkar (Erden Özsoy, 2015). Nihayetinde dünyanın taşıma kapasitesinin üstüne çıkması, ozon tabakasının delinerek ortalama sıcaklığın yükselmesine, buzulların erimesine ve deniz seviyesinin artmasına sebep olur. Tüm bu sıkıntılar sürdürülebilir dünya varlığını tehdit etmektedir.

CO₂ emisyonlarının da içinde yer aldığı sera gazı salınımları incelendiğinde en önemli kaynağın enerji sektöründen geldiği anlaşılmaktadır. Elektrik üretimi ve tüketimi, endüstriyel üretim, ulaşım, inşaat gibi sektörler ile tarım ve orman arazilerinin bilinçsiz kullanımı da atmosferdeki zehirli gaz miktarının yükselmesine sebep olmaktadır (Pabuçcu ve Bayramoğlu, 2017:766)

Gelecekteki karbon ayak izi tahminleri için birçok yöntem kullanılmaktadır, ancak son yıllarda veri madenciliği yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmaların önem kazandığı görülmüştür. Bu çalışmanın amacı, karbon ayak izinin gelecek dönemlerdeki ölçümünü zaman serisi veri madenciliği yöntemleriyle tahmin etmek ve bunun ekonomiye olan zararlarını tespit ederek, çözüm önerileri sunmaktır.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

İktisat yazınında gelişen teknoloji dönüşümüyle birlikte karbondioksit emisyonu ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğu yenilenebilir enerjiye geçişle karbon emisyon oranlarının azaltılması yönünde olup bu bağlamda politika önerileri geliştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır:

1955 yılında Simon Kuznets tarafından yapılan ekonomik büyüme ve gelir adaletsizliği ile ilgili çalışma, daha sonraki yıllarda Kuznets eğrisi ile tanımlanan çevresel bozulma ve gelir arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar için bir mihenk taşı olmuştur. Kuznets çalışmasında ülkelerin gelir seviyeleri ile büyüme arasında ters u şeklinde bir ilişki olduğunu tespit etmiş, gelir seviyesi artışı devam ettikçe gelir adaletsizliğinin azalacağını savunmuştur (Kuznets, 1955:1-28).

Kuznets' in çalışmasına bağlı olarak yapılan çevre çalışmalarında Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi kullanılmış ve gelir seviyesi arttıkça çevresel bozulmaların da artacağı fakat bir seviyeden sonra artış devamı halinde bozulmaların azalacağı yönünde bulgulara erişilmiştir. Gelişmekte olan ülkelerin enerji taleplerinin artmasıyla birlikte çevre kirletme oranlarının yüksek gelirli ülkelere oranla daha fazla olduğu, ülkelerin gelir seviyelerinin artışıyla çevresel bozulmaların azalacağı hipotezi doğrulanmıştır (Carson, Jeon ve McCurbin, 1997:447-450, Halıcıoğlu 2009:1164).

Gelir-çevre ilişkisini inceleyen çalışmalar dışında emisyon oranlarının tahmin edilmesine yönelik farklı metodlarla yapılan çalışmalar mevcuttur. Örneğin; Pabuçcu ve Bayramoğlu 2017 yılında yaptıkları çalışma ile Türkiye ve seçilmiş 28 AB ülkesinin gelecekteki(2020-2030) sera gazı salınım değerlerini yapay sinir ağları ile tahmin etmeye çalışmışlardır. GSYH, enerji üretim ve tüketimi, nüfus, ulaşım için kullanılan enerji ve sera gazı salım değerleri gibi birçok değişkenin yer aldığı çalışmada, Türkiye'de var olan koşulların devamı halinde 2030 yılı için 1244,13 mt ile Paris İklim Sözleşmesinde taahhüt edilen emisyon miktarının(929 mt CO₂ eşdeğeri) üzerinde olacağı öngörülmektedir. AB ortalamasının ise 2030 yılı tahmini 151,75 mt olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda Türkiye için yenilenebilir enerji

kullanımına geçilerek enerji verimliliğinin artırılması önerilmektedir(Pabuçcu ve Bayramoğlu, 2017: 762-778).

Çam ve arkadaşları çalışmalarını enerji verimliliği üzerine yapmışlardır.1990-2013 yıllarının gayri safi yurt içi hasıla (GSYH), işgücü başına düşen sermaye stoku, enerji tüketimi ve CO₂ emisyon oranlarının değişken olarak kullanıldığı çalışmada TOPSİS yöntemiyle elde edilen enerji verimliliklerinin yapay sinir ağları modeliyle enerji etkinlikleri tahmin edilmiş, Türkiye'nin enerji etkinliğinin en önemli belirleyicileri işgücü başına sermaye stoku ile toplam enerji tüketimi olmuştur. ARDL sınır testi ile değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki belirlenmiş ve işgücü başına sermaye stoku, GSYH ve enerji tüketiminin enerji verimliliğini pozitif etkilediği,CO₂ emisyonunun enerji verimliliğini negatif etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına geçerek enerji verimliliğinin artırılması önerilmiştir (Çam, Sigeze ve Ballı, 2018:661-670).

Hamzaçebi ve Karakurt yaptıkları çalışmada Türkiye'nin 1965-2012 yılları arası enerjiye bağlı CO₂ emisyon verilerini gri tahmin yöntemi ile analiz ederek 2025 yılı için CO₂ salınım değerlerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Analiz sonuçları 2025 yılında atmosfere salınan CO₂ miktarının 2010 yılına oranla %64 artış göstererek 496,404 mt' ye ulaşacağını göstermektedir. Sonuç olarak gri tahmin yönteminin, CO₂ emisyonu tahmininde hem enerji politikaları oluşturmak için hem de iklim değişiklikleri ile ilgili uluslararası anlaşmaların sürdürülebilirliğini sağlamak için kullanılabileceği belirtilmiştir (Hamzaçebi ve Karakurt, 2015:1023-1031).

Dünyanın en çok sera gazı yayan ülkelerinden biri olan Çin'de yapılan bir araştırmada enerji yoğunluğunun CO₂ emisyonunu azaltıcı etkisi bulunduğu tespit edilmiştir. Zhang ve diğerleri Çin'in enerji kullanım yoğunluğunun CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini 1991-2006 verilerini baz alarak ayrıştırma yöntemi ile incelemiş ve ekonomik faaliyetlerin sera gazı emisyonu üzerinde etkili olduğu, ekonomik yapının ise CO₂ emisyon yoğunluğundaki değişikliklere çok az katkı yaptığı bulgusuna ulaşmışlardır (Zhang, Mu ve Ning, 2009:776-773).

Alam ve diğerleri Hindistan'ın enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyümesi arasındaki nedensel ilişkiyi dinamik modelleme yaklaşımıyla zaman serisi analizi kullanarak ele almışlardır. GSYH, toplam enerji tüketimi, toplam işgücü, sermaye stoku ve CO₂ emisyon oranının değişken olarak ele alındığı çalışmada 1971-2006 dönemi zaman serisi analizi ile değerlendirilmiş ve nedensellik ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, gelir ile CO₂ emisyonu arasında Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi hipotezinin tersine uzun dönemli bir ilişki bulunamamıştır. Enerji tüketimi ile CO₂ arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş, enerji tüketimi ile gelir arasında ise nedensel bir ilişkiye rastlanmamıştır. Fosil yakıt ağırlıklı enerji tüketen Hindistan için gelir artışını göz ardı etmeden küresel ısınmayı engelleyebilecek enerji tasarrufu politikaları üretilmesi önerilmektedir (Alam, Begum vd., 2011: 3243-3251).

Arı ve Zeren çalışmalarında panel veri analizi yöntemi ile CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini test etmeye yönelik Akdeniz ülkelerinin 2000-2005 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada kişi başına düşen gelir ile CO₂ emisyonu arasında N şeklinde bir eğri elde edilmiştir. Çalışma sonuçları kişi başına düşen gelir arttıkça CO₂ emisyonunun da belirli bir seviyeye kadar artış gösterdiğini, kişi başı enerji kullanımı ve nüfus yoğunluğunun artmasının CO₂ emisyonunu artırdığını göstermektedir. Bu bağlamda firmaların temiz teknolojiler kullanabilmesi için teşvik edici politikalar üretilmesi önerilmektedir (Arı ve Zeren, 2011: 37-47).

Jaforullah ve King ise çalışmalarında yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Amerika Birleşik Devletleri'ne ait 1965-2012 yılları arası verilerinin kullanıldığı araştırmada CO₂ emisyonu, nükleer enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve reel Gayri Safi Yurt İçi Hasıla değişkenlerinin arasındaki ilişki Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) kullanarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda; nükleer enerji tüketiminin CO₂ üzerinde önemsiz fakat pozitif etki yaptığı, enerji fiyatları ile emisyonlar arasında negatif ilişki, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ile ise CO₂ emisyonlarının önemli ölçüde azalabileceği tespit edilmiştir. Önceki çalışmaların yeniden değerlendirilmesi şeklinde yapılan çalışmada nükleer enerji kullanımı yerine yenilenebilir enerji kullanımına teşvik verilmesi ve karbon vergisi uygulaması yapılarak emisyon oranlarının azaltılabileceği önerileri sunulmuştur (Jaforullah ve King, 2015:711-717).

Behrang ve arkadaşlarının 2011 yılında yapmış oldukları araştırmada, karbon emisyon tahmini çok katmanlı yapay sinir ağı ve arı algoritması ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Değişken olarak dünya nüfusu, birincil enerji talepleri, petrol ve doğalgaz ticareti hareketleri, gayri safi yurtiçi hasıla gibi birçok sosyoekonomik indikatörün kullanıldığı araştırmada, 1980-2006 dönem verileri kullanılarak 2007-2040 arası döneme ait bir tahmin değeri oluşturulmuştur. İki aşamadan oluşan çalışma için öncelikle GSYH, nüfus, petrol ve doğalgaz ticaret hareketleri arı algoritmasına bağlı olarak girdi değişkeni olarak kullanılmış ve petrol, doğal gaz, kömür tüketimleri ve birincil enerji tüketimleri çıktı olarak alınmıştır. İkinci adımda ise ilk adımın çıktı değişkenleri kullanılarak CO₂ emisyon değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır. İlk adım için iki ayrı senaryo kullanılmış; ilk senaryoda uydurulmuş polinom değerleri ile belirlenen bir lineer model, ikinci senaryoda ise eğitilip test edilen yapay sinir ağları modeli ile her bir girdi değişkeninin tahmin sonuçları çıkarılmıştır. İlk senaryo için tahmin edilen CO₂ emisyon değeri, 77,027 mt, ikinci senaryo için 75,611 mt olarak belirlenmiştir. Sonuçlar kullanılan iki ayrı modelin de emisyon oranları, fosil yakıtlar ve enerji tüketimi için başarılı sonuçlar verdiğini, bu çalışmadan faydalanılarak politika yapıcıların enerji planlaması uygulamalarına gidebileceğini göstermektedir (Behrang vd., 2011:1747-1759).

Jones ve Kammen, Amerika hane halkı ve toplumu için karbon ayak izi azaltılması ile ilgili yaptıkları çalışmada karbon ayak izine sebep olan tüm değişkenleri enerji, ulaşım, atık, su, gıda, mal ve hizmetler kategorilerine ayırarak karbon ayak izi hesaplama yöntemleri ile

hesaplamış ve çalışma sonucunda marjinal azaltma maliyet eğrilerini çıkararak karbon ayak izi tasarrufu yapılabilecek alanlar belirlemiştir. Çalışmaya göre; yakıt tasarrufu sağlayacak araçlar satın almak, araçlarda eko-sürüş tekniğini kullanmak, bireysel araçlar yerine bisiklet veya otobüs kullanmak, uçuşları %20 oranında azaltmak, buzdolabı seçerken enerji tasarrufu sağlayana yönelmek, termostatı etkin ve verimli kullanmak gibi birçok küçük değişikliklerle karbon tasarrufu sağlanabileceği belirtilmiştir (Jones ve Kammen, 2011:1-38).

Hertwich ve Peters'in araştırmaları, dünyayı toplam 14 bölgeye ayırarak 73 ulusun karbon ayak izi ölçümünü yapmak üzerine olup, ayak izi; inşaat, barınma, giyim, hizmet sektörü ve ticaret gibi kategorilere ayrılmıştır. Çok yönlü giriş-çıkış modeli ile CO₂ ve diğer sera gazları emisyonu küresel ticaret analizi kapsamında tahmin edilmiştir. Coğrafi özellikleri benzer ülkeler bir araya alınmış ve tahminleri ağırlıklı ortalamaları olarak belirtilmiştir. Çalışma sonucunda kişi başına düşen yaklaşık karbon ayak izi miktarı Afrika ülkeleri için 28 t/yp, Amerikan ülkeleri için 33t/yp ve Türkiye için 4.6 t/yp olarak tespit edilmiştir. Tüketim harcamaları ile CO₂ emisyonları arasında güçlü bir korelasyona rastlanırken, gıda sektörünün emisyon miktarı üzerinde çok önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları zengin ülkelerin fakir ülkelere oranla sera gazı salınım oranlarının düşük olduğunu göstermektedir (Hertwich ve Peters, 2009:6414-6420).

Pandey ve arkadaşlarının nitel bir araştırma olarak sundukları karbon ayak izinin mevcut yöntemlerle tahmini çalışması geniş bir literatür taraması ile birlikte farklı hesaplama yöntemlerini de içermektedir. Birçok ülkenin işletmeleri, faaliyetleri, organizasyonları için yapılan CO₂ emisyonlarının oranlarını da gösteren çalışma farklı hesaplamaların bölgesel veya hesaplama yönteminden kaynaklandığını belirtmektedir. Karbon ayak izi hesaplamalarının ticarileştirilmesi sebebiyle denetimin gerekli olduğu, bu hesaplamaları yapan kurumların şeffaf ve sürdürülebilir kalkınmayı hedef alarak teşvik edilmesi gerekliliği önerilmiştir (Pandey vd., 2011:135-160).

Shaik ve arkadaşlarının Türkiye'nin su ve karbon ayak izlerinin mevcut ve gelecekteki tüketimlerini göz önünde bulundurarak azaltılması kapsamında yaptıkları çalışmada bir çerçeve oluşturulmaya çalışılmıştır. 1990-2013 yılları baz alınarak ARIMA modeli ile 2030 yılı için enerji üretim tahmini yapılmış, mevcut durumun devamı, hükümet planı ve yenilenebilir enerji gelişim planı olmak üzere üç ayrı senaryo kurulmuştur. Mevcut durumun devamı senaryosunda, 2030 yılı için su ayak izi 6,67*10¹¹ galon, karbon ayak izi 2,05*10⁸ ton; hükümet planı senaryosunda ilk senaryodan %7,5 daha az su ayak izi ve %28 daha az karbon ayak izi; yenilenebilir enerji gelişim planında ise %31,7 daha az su ayak izi, ve diğer iki senaryoya oranla en düşük karbon ayak izi tahmini yapılmıştır. Su tüketimi ve çekilmesi ile CO₂ emisyonu arasındaki güçlü korelasyonun yenilenebilir enerji planına doğru yol aldıkça azaldığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda gelecekteki enerji dönüşüm politikaları için yenilenebilir enerji planı senaryosunun hem karbon hem de su ayak izleri açısından bakıldığında diğer senaryolara oranla daha çok dikkate alınması önerilmektedir (Shaik vd., 2017:406-421).

2. VERİ SETİ ve METODOLOJİ

Çalışmanın bu bölümünde kullanılacak veri seti ve yöntemler hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

2.1. Veri Seti

Çalışmada kullanılacak değişkenler literatür taraması sonucunda elde edilen CO₂ emisyonunun güçlü belirleyicileri arasından seçilmiştir. Seçilen değişkenler nüfus, birincil elektrik tüketimi, gayri safi yurt içi hasıla (GSYH) ve elektrik üretimidir. Bu değişkenlerin 1990-2017 dönemi baz alınarak 2018-2030 yılları tahmini hedeflenmektedir. Çalışma için kullanılan değişkenler aşağıdaki kaynaklardan elde edilmiştir.

- Nüfus-Birleşmiş Milletler Ulusal Hesaplar (<https://unstats.un.org/unsd/snaama/Basic>)
- GSYH(2010 yılı sabit fiyatlarıyla, USD cinsinden)- Birleşmiş Milletler Ulusal Hesaplar (<https://unstats.un.org/unsd/snaama/Basic>)
- Birincil Elektrik Tüketimi(Milyon ton petrol eşdeğeri)-Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Denge Tabloları (<https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tabloları/Denge-Tabloları?page=1>) ve Business Data Platform (<https://www.statista.com/statistics/892848/primary-energy-consumption-turkey/>)
- Elektrik Üretimi(GWH)-Türkiye İstatistik Kurumu Enerji İstatistikleri (http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029)
- Sera Gazı Emisyon Oranı(Milyon ton CO₂ eşdeğeri)-Türkiye İstatistik Kurumu Çevre İstatistikleri (http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019)

Çalışmada kullanılacak veriler Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılacak veri seti

Yıllar	Nüfus	GSYH (ABD doları)	Birincil Enerji Tüketimi (milyon ton petrol eş değeri)	Enerji Üretimi(GWh)	Sera gazı emisyon oranı (Million tonnes of CO ₂ equivalent)
1990	53.921.699	363.953.141.840	52.465	57.543	219.202
1991	54.840.531	367.325.226.581	53.262	60.246	226.578
1992	55.748.875	389.307.006.602	55.698	67.342	232.802
1993	56.653.729	420.615.154.835	59.471	73.808	240.149
1994	57.564.132	397.667.810.036	58.238	78.322	234.127
1995	58.486.381	426.264.971.410	62.968	86.247	247.585
1996	59.423.208	456.126.194.264	68.717	94.862	267.232
1997	60.372.499	490.467.027.515	72.614	103.296	278.607
1998	61.329.590	505.631.597.875	73.306	111.022	280.288

1999	62.287.326	488.494.200.606	72.451	116.440	277.759
2000	63.240.121	520.930.514.794	73.500	124.922	298.890
2001	64.191.474	489.871.019.020	66.900	122.725	280.411
2002	65.143.054	521.371.090.335	73.100	129.400	286.073
2003	66.085.803	550.610.910.697	77.500	140.581	305.596
2004	67.007.855	603.713.603.545	82.800	150.698	314.951
2005	67.903.406	658.107.313.056	84.900	161.956	337.213
2006	68.763.405	704.896.790.945	94.300	176.300	358.155
2007	69.597.281	740.356.326.377	100.400	191.558	391.423
2008	70.440.032	746.614.198.898	100.800	198.418	387.593
2009	71.339.185	711.489.987.901	102.200	194.813	395.515
2010	72.326.914	771.876.791.246	107.700	211.208	398.661
2011	73.409.455	857.659.284.076	115.100	229.395	427.572
2012	74.569.867	898.740.650.963	122.300	239.497	446.935
2013	75.787.333	975.055.500.275	121.600	240.154	438.969
2014	77.030.628	1.025.433.602.157	125.600	251.963	457.962
2015	78.271.472	1.087.840.328.670	137.500	261.783	472.191
2016	79.512.426	1.122.475.332.193	144.400	274.408	498.469
2017	80.745.020	1.206.000.890.969	157.700	297.278	526.253

Elde edilen bu veriler ışığında sera gazı emisyon oranının 2018-2030 yılları tahmini, zaman serisi veri madenciliği metotları kullanılarak tahmin edilmeye çalışılacaktır.

2.2. Zaman Serisi Veri Madenciliği

Değişkenlerin değerlerinin zaman içerisinde ardışık bir şekilde gözlemlendiği büyüklüklerdir. Serinin ileriye doğru bir uzantısının elde edilmesiyle gelecek tahmini yapan bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Emeç, 2020;3). Zaman serileri zaman kavramı bağlamında sürekli ve kesikli olarak ikiye ayrılmaktadır. Elektrik sinyalleri, voltaj, ses titreşimleri, sismik hareketlerin ölçümü gibi mühendislik alanlarına ait sürekli olarak kaydedilebilen seriler sürekli zaman serileri, faiz oranı, satış hacmi, üretim miktarı gibi iktisadi seriler ise kesikli serilerdir (Can, 2009;33). Değişken sayısına bağlı olarak seri tek değişkenin önceki gözlem değerlerini içeriyorsa tek değişkenli zaman serisi, birden fazla değişkenin önceki gözlem değerlerini içeriyorsa çok değişkenli zaman serisi olarak adlandırılmaktadır.

Ekonomide pek çok ekonomik değişken değeri düzenli aralıklarla toplanmaktadır. Bu değişkenler birbirleriyle çok yakın ilişkilidir. Örneğin; işsizlik oranı, enflasyon, büyüme, ihracat, ithalat, yatırımlar vb. Bu değişkenlerin her birini tek tek analiz ederek yapılarını ortaya çıkarmak ve gelecek değerlerini tahmin etmek mümkündür. Fakat bu değişkenlerin her

biri diğerleriyle olan sıkı ilişkisinden dolayı birlikte araştırılmakta ve aralarındaki ilişkinin durumu ortaya konmaktadır. Bu ilişkinin incelenmesi geleceğe yönelik tahmin ve politika belirleme açısından oldukça yararlıdır.

Çok değişkenli zaman serilerinde değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde sahte regresyon sorunu ile karşılaşılması için serilerin durağan olması yani zaman içerisinde sabit olması gerekmektedir. Bazı durumlarda, seriler durağan olmamasına rağmen, herhangi bir doğrusal bileşimi durağan olmaktadır (Can, 2009;43). Bir zaman serisini analiz etmek için kullanılan veri madenciliği yöntemleri olarak bilinen zaman serisi veri madenciliğinde, klasik zaman serilerinde gerekli olan durağanlık, lineerlik gibi kısıtlamalar kaldırılmıştır (Aydın vd., 2005:2). Burada, serinin amacına uygun olarak zamana bağlı bir model geliştirilir ve gelecekteki verilerin en uygun şekilde tahmini sağlanır (Erguvan Etkin, 2017:11).

3. UYGULAMA

Çalışmada sera gazı emisyonlarının gelecekteki değerlerini tahmin etmek için WEKA programı kullanılacaktır. WEKA veri madenciliği konusunda güçlü bir araç olup açık kaynak kodlu bir programdır. WEKA adını Waikato Environment for Knowledge Analysis cümlesindeki her bir kelimenin baş harflerinden almıştır [WEKA]. Çalışmada öncelikle WEKA, Zaman Serileri Öngörü (Time Series Forecasting) eklentisi kullanılarak, zaman serileri analizi yapılacak ve daha sonra elde edilen sonuçlar yorumlanacaktır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir kalkınmanın en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilen ekolojik ayak izi azaltma çalışmaları teknolojik yenilikler ve ar-ge planlamaları ile yıllar içerisinde farklı bir boyuta ulaşmıştır. Bu bağlamda günümüzde karbon ayak izinin azaltılması, tüm dünya ülkeleri için büyük bir hassasiyet oluşturmakta ve bu konuda uluslararası arenada anlaşmalar yapılmaktadır. Bu anlaşmalardan Türkiye'nin de taraf olduğu Paris İklim Sözleşmesi gereğince ülkeler sera gazı emisyon oranlarını belirlenen oranlarda azaltmayı taahhüt etmektedirler. Bu taahhüt gereğince gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ekonomik büyümeyi de göz önünde bulundurarak enerji politikaları belirlemektedirler.

Enerji politikalarının belirlenmesinde ülkeler bazı kriterlere göre karar vermektedir. Dünya ülkeleri açısından enerji kullanımını gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler boyutunda iki kategoriye ayırmak mümkündür. Ekonomik büyümesini gerçekleştirmeye çalışan her ülke ilk aşamada teknoloji sabitken üretimini arttırmaya çalışmakta, dolayısıyla üretim sürecinde daha fazla kaynak ve enerji kullanmaktadır. Fazla enerji ve kaynak kullanımı sebebiyle atmosfere salınan CO₂ miktarı artarak çevre kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Kısaca ölçek etkisi de denen bu durum büyümenin ilk aşamalarında gerçekleşmektedir. Büyüme devam ettikçe ekonomide yapısal bir dönüşüm meydana gelmekte, büyümenin etkisiyle emek yoğun üretimden teknoloji yoğun üretime geçiş yapılmakta, enerji sektöründe teknolojinin kullanılmaya başlanmasıyla beraber çevre tahribatı azalmaya başlamaktadır ki bu durum

yapısal etki olarak bilinmektedir. Son olarak gelişmiş ülkelerde ar-ge yatırımlarına ayrılan payla birlikte teknolojik bir dönüşüm yaşanmakta ve temiz teknoloji kullanımıyla karbon ayak izi azaltılarak, çevre kalitesi arttırılmaktadır. Teknolojik etki de denen bu dönüşüm kişi başı gelirin yüksek olduğu gelişmiş ülkelerde, son süreçte devam etmektedir (Koçak, 2014: 63).

Dünya ekonomisinin %85'ini oluşturan G20 ülkeleri teknolojik dönüşüm etkisiyle birçok sektörde enerji verimliliklerini arttırarak karbon ayak izlerini azaltmaya devam etmektedirler. Örneğin; ulaşım sektöründe yakıt tüketiminden kaynaklı emisyon oranını azaltmaya yönelik standartlar uygulanmakta ve bu sayede %20'ye varan verimlilik elde edilmektedir (Civelekoğlu ve Bıyık, 2018:162,164). Ulaşım sektörü dışında yenilenebilir enerjide de yine büyük dönüşümler yaşanmıştır. Örneğin; Tesla'nın kurucusu Elon Musk, dünya yüzeyine düşen bir dakikalık güneş enerjisinin soğurulup depolanmasıyla tüm dünyanın bir yıllık enerji ihtiyacının karşılanabileceğini savunarak Solarcity şirketini kurmuştur. Amaç; konutları güneş gözeleri ile donatarak evlerin enerji ihtiyacını çok ucuza karşılamaktır.2012 yılında halka açılan Solarcity güneş enerjisi kurulum maliyetini %50 azaltarak watt başına 2,50 dolar değerine düşürmüştür (Bilim ve Teknik Dergisi, 2016: 48,50).

24 Ocak 1980 kararlarından sonra dışa açık bir kalkınma modeli belirleyen ve global ekonomiyle bütünleşme çabasına giren Türkiye'de hızlı bir sanayileşme süreci başlamıştır. Bu süreç; ülkemizin artan nüfusu ile birlikte, üretimi arttırmak için gerekli enerji kullanımını da arttırmıştır. Artan enerji kullanımı ile enerji talebi de artmaya başlamış ve buna bağlı olarak çevreye verilen tahribat oranında artış meydana gelmiştir. Genel olarak ekonomik büyümenin çevresel bozulmayı arttırdığı düşünüldüğünde bu sonuç olağandır. Enerji tüketimi dışında, nüfus artışı, dışa açık ticaret, kişisel gelir gibi başka birçok değişkenin de CO₂ emisyonunun belirleyicileri arasında yer aldığını unutmamak gerekmektedir. Dolayısıyla çevre kalitesinin gelişmesinde ülke politikalarının yanında bireylere ve firmalara da görevler düşmektedir.

Türkiye'de sera gazı emisyon oranlarının %70'lik kısmını enerji kullanımının yüksek olduğu sanayi sektörü oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler kategorisindeki Türkiye, ekonomik kalkınmasını sürdürülebilir kalkınma politikaları eşliğinde tamamlamak istemektedir ve bunu başarabilmek için hidrolik, güneş, rüzgar, jeotermal gibi birçok yenilebilir enerji potansiyeline sahiptir. Fakat bu potansiyelin sadece çok küçük bir kısmını kullanabilmektedir. Türkiye etkin enerji kullanımı ile daha az karbon salınımı yaparak büyümesini tamamlayabilmek adına öncelikle sektöründeki enerji kullanımını azaltmaya gitmeli, yenilenebilir enerjiye yönelmelidir.

Yaşayan Gezegen Raporu'nun 2010 yılındaki sayısında belirtildiği gibi son yıllarda yapılan karbon ayak izi hesaplamalarına göre üretim ve tüketim alışkanlıklarımızı değiştirmedığımız sürece 2050 yılına kadar dünyanın, karbon tutma kapasitesinin çok çok üzerinde olacağı, varlığımızı sürdürebilmek için en az iki gezegene daha ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmektedir. Henüz bu gezegenler bulunamadığına göre yaşanan gezegeni korumak,

insanoğlunun tek çaresi görünmektedir. Bu sebeple, geleceğe yönelik tahminler yaparak duruma uygun stratejiler geliştirebilmek için yapılan çalışmalar önemlilik arz etmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin sera gazı emisyon oranlarının nüfus, GSYH, enerji üretimi ve enerji tüketimi gibi bağımsız değişkenlerin etkisi ile zaman içerisindeki değişimi incelenecek ve zaman serisi madenciliği kullanılarak gelecek dönem tahminleri elde edilecektir. Elde edilen tahmin sonuçları ile daha önce yapılan çalışmalardaki tahminler karşılaştırılacaktır.

KAYNAKÇA:

Alam, M. J., Begum, I. A., Buysse, J., Rahman, S., & Van Huylenbroeck, G. (2011). Dynamic modeling of causal relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3243-3251.

Arı, A. & Zeren, F. (2011). CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(2), 37-47.

Behrang, M. A., Assareh, E., Assari, M. R., & Ghanbarzadeh, A. (2011). Using bees algorithm and artificial neural network to forecast world carbon dioxide emission. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 33(19), 1747-1759.

Can, M. (2009). İşletmelerde Zaman Serisi Analizi ile Tahmin. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Carson, R., Jeon, Y., McCubbin, D. (1997). "The Relationship between Air Pollution Emissions and Income: USA data", *Environment and Development Economics*, 2, 433-50.

Civelekoğlu, G., & Bıyık, Y. (2018). Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 157-166.

Çam, S., Sigeze, Ç., & Ballı, E. (2018). Türkiye'nin Enerji Verimliliğinin Yapay Sinir Ağı ve ARDL Yaklaşımı ile Analizi. *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 18(4), 661-670.

Erden Özsoy, C. (2015). Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9), 198-215.

Erguvan Etkin, E. (2017). Zaman Serilerinde Veri Madenciliği Öngörü Algoritmalarının Etkinlik Ve Verimliliğinin Bıst100 Hisse Senetleri Üzerinde Gerçeklenmesi. Master's thesis, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Emeç H. (2020). Ekonometri Semineri: Durağan ve Durağan olmayan zaman serileri s:3 (http://kisi.deu.edu.tr/hamdi.emec/Ekonometri%20Semineri/Duragan_ve_Duragan_Olmayan_Zaman_Serileri.pdf)

Halıcıoğlu, F. (2009). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.

Hamzaçebi, C., & Karakurt, I. (2015). Forecasting the energy-related CO2 emissions of Turkey using a grey prediction model. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 37(9), 1023-1031.

Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental science & technology*, 43(16), 6414-6420.

<http://weka.sourceforge.net/doc.dev/overview-summary.html> (Erişim Tarihi: 07.01.2020).

- Jaforullah, M., & King, A. (2015). Does the use of renewable energy sources mitigate CO2 emissions? A reassessment of the US evidence. *Energy Economics*, 49, 711-717.
- Jones, C. M., & Kammen, D. M. (2011). Quantifying carbon footprint reduction opportunities for US households and communities. *Environmental science & technology*, 45(9), 4088-4095.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1), 1-28.
- Özdemir, V. (2011). Türkiye'nin Karbonizasyon İndeksinin Temel Enerji Göstergelerine Bağlı Olarak Yapay Sinir Ağları İle Tanımlanması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(1).
- Pabuçcu, H., & Bayramoğlu, T. (2017). Yapay Sinir Ağları İle CO2 Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 762-778.
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental monitoring and assessment*, 178(1-4), 135-160.
- Sezer, Ö. Küresel Konferanslar Ve Çevre Sorunları: Çevre Kalkınma Ve Etik Açısından Eleştirel Bir Değerlendirme. *Çevre, Kentleşme Sorunları Ve Çözümleri Konferansı'na sunulmuş tebliğ*, (2015) 761-780.
- Shaikh, M. A., Kucukvar, M., Onat, N. C., & Kirkil, G. (2017). A framework for water and carbon footprint analysis of national electricity production scenarios. *Energy*, 139, 406-421.
- WEKA, <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/index.html>, Erişim tarihi: 07.01.2020
- Yılmaz, İ. (2016, Temmuz). Elon Musk. *Bilim ve Teknik Dergisi* (ss. 48-50). Ankara: TÜBİTAK Yayınevi.
- Zhang, M., Mu, H., & Ning, Y. (2009). Accounting for energy-related CO2 emission in China, 1991–2006. *Energy policy*, 37(3), 767-773.



DOES ENVIRONMENTAL FOOTPRINT LEVELS CONVERGE BETWEEN EUROPEAN COUNTRIES?

Doç.Dr. Durmuş Çağrı Yıldırım

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İktisat Bölümü
cyildirim81@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Işıl Demirtaş

Giresun Üniversitesi, İktisat Bölümü
isil.demirtas80@gmail.com

Doç.Dr. Seda Yıldırım

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İşletme Bölümü
sedayil1@gmail.com

Abstract: This study utilizes the technique of rolling window nonlinear unit root test to obtain time-varying estimates of the convergence of ecological foot prints within the EU and candidate countries. In the study, 16 European countries (Albania, Austria, Belgium, Denmark, France, Germany, Greece, Italy, Luxembourg, Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Spain, Sweden and Turkey) were selected as a sample case based on data availability. Thus, it is analyzed whether the environmental burdens of European countries for the period 1961-2016. We developed a cross-sectional Panel KSS with fourier function to test the convergence of the ecological footprints. We combined this methodology with the rolling window method to take into account the time-varying stationarity of series. According to the results obtained, we determined that there were differences both according to footprint types and the periods.

Keywords: Panel KSS Unit Root Test, Rolling Window, Fourier Function, Convergence, Environmental Footprint.

Introduction

The reality of climate change has been accepted by all over the world since last decades. Then, both of developed and developing countries began to change their economic, social and environmental policies into more sustainable ones (Yıldırım and Yıldırım, 2020). As knew as, human activities cause some impacts on natural environment, these impacts unfortunately have permanent effects on natural capital because of consumption of natural resources and over-waste. Almost 26 % of the Earth (13.4 billion global hectares) (Amend et al., 2010: 19)

has been used for human needs that investigating the effect is an important topic for achieving sustainable future.

Ecological footprint is a variable to show the effects that occurred by human activities on resources usage (Costanza, 2000: 342). By ecological footprint, we can monitor human usage of current natural capital (Wackernagel, 2002: 1). In other words, ecological footprint represents a demand of natural resources. By calculating ecological footprint, policy makers can develop sustainable policies to use natural resources more efficiently (Solarin, 2019: 6168). On the other side, rising international trade causes the environmental effects of countries to be carried beyond their national borders. Thus, the relationship between environmental pressures and point of consumption has been declined. Ecological Footprint takes a role to reallocate environmental pressures to consumers (Barrett et al., 2005: s.305).

It is important to calculate the ecological effect of a country both on inland and the whole World. Especially, developed countries meet their needs from other countries and they have affected most of their natural environment (EEA, 2020: 29). That's why, ecological footprint is seen as an effective indicator when comparing other ones. Ecological footprint calculates all impacts caused by usage of goods and services but variables such as carbon emission only shows local or regional information (EEA, 2020: 29). Another strength of the ecological footprint indicator is that it addresses not only the environmental impact caused by the release, but also the human impact on all areas such as forest, farmland, fisheries.

Economies' approach to sustainability goals by reducing climate change causes them to focus less on other environmental effects (Galli et al., 2012: 101). However, the limited natural resources and the increasing need for these resources show that sustainability should be viewed from a wider perspective. On the other hand, resource consumption along with creating waste stocks also has negative effects on nature and sustainability. For this reason, it is thought that an analysis of the ecological footprint will be useful in creating and monitoring environmental policies.

In this study, it is aimed to analyze the convergence of the ecological footprint of EU countries and its components. Accordingly, this study selected 16 countries (14 EU and 2 candidate countries) as a sample because of some limitations. The EU has been working in the field of environmental policies since the 70's. The EU has an environmental acquis consisting of 500 directives, regulations and decisions (EEA, 2015: 21).

Since that date, environmental policies, strategies and plans are becoming increasingly widespread in the EU. Countries utilize their environmental policies together with common policies. However, despite all these positive developments, the EU is still behind achieving its 2030 climate and energy targets (EEA, 2019: 54). EEA (2019) points out that the EU should take action to reduce its ecological footprint. In the WWF (2009) reported that EU countries, which have 7% of the world's population, has used 20% of the world's biological capacity. On the other hand, it is emphasized that if everybody in the world lives like a European citizen,

we need 2.8 planets. For this reason, determining the convergence of the ecological footprint of EU countries will also reveal the necessity of EU countries to develop common policies regarding environmental problems.

The literature gives a few studies on ecological footprint via econometrics models. However, some studies guided us to use econometrics models to analyze ecological footprints. For example, Ulucak and Lin (2017) investigated ecological footprint for USA through econometrics model and determined that ecological footprint was non-stationary. Yilanci et al. (2019) used panel stationarity test to analyze ecological footprint and its basic components for 25 OECD countries. They revealed that ecological footprint, cropland footprint, grazing land footprint, forest land footprint, built-up land footprint, and carbon footprint were all stationary but fishing grounds footprint was non-stationary. Ozcan et al. (2019) found that ecological footprint was found stationary for all high-income countries and also half of mid- and low-income countries. Solarin (2019) determined that ecological footprint and carbon footprint were stationary in 25 OECD countries. Erdogan and Okumus (2020) tested ecological footprint through stochastic and club convergence. They determined that ecological footprint was stationary for 6 countries of 26 high income groups, 8 countries of 38 mid-income groups and 8 countries of 25 low-income groups. Bilgili et.al. (2019) tested stationary for selected 15 countries and they determined that sample of Asia was non-stationary and so the convergence was not valid. Also, they found that there was a stationarity in samples of Africa, America and Europe under structural break. There are also some studies that investigating ecological footprint through stochastic and club convergence (Bilgili and Ulucak, 2018; Solarin, 2019; Haider and Akram, 2019). In this context, this study aims to investigate ecological footprint through stochastic approach. The expected contributions of this study can be examined as below:

1. This study will test the convergence relationship between series. Thus, it will be determined whether the countries implement common environmental policies or not.
2. It will be tried to determine whether the shock policies create permanent or temporary effects on the series. Thus, it is aimed to have information about the effects of environmental policies applied.
3. The stationarity properties of the series also provide clues about the future of the series. Therefore, policy recommendations regarding the implementation of appropriate environmental policies will be presented.

Data and Methodology

We utilize the technique of rolling nonlinear unit root test with fourier function to obtain time-varying estimates of the convergence of ecological footprints within the EU and candidate countries. We selected 16 European countries (Albania, Austria, Belgium, Denmark, France,

Germany, Greece, Italy, Luxembourg, Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Spain, Sweden and Turkey) according to data availability. Thus, it is analyzed whether the environmental burdens of European countries aim similar environmental goals converge for the period 1961-2016. We use 5 different indicators of ecological footprints (Cropland, Grazing land, Fishing, Forest and Total Footprint).

Macroeconomic variables can have nonlinear properties by their natures. On the other hand, conventional tests such as ADF, PP or KPSS cannot capture the mean-reverting properties (Chang et.al., 2017). Therefore, in our study, the Panel KSS (Kapetanios et al., 2003) test proposed by Ucar and Omay (2009), which takes into account the nonlinear characteristics, is preferred. This test is very useful in capturing the mean reversion of series. The KSS test is based on the IPS test.

Kapetanios, et al. (2003) used a Taylor’s first-order approximation of the ESTAR process for solving this problem. Thus, we can obtain Eq.3.

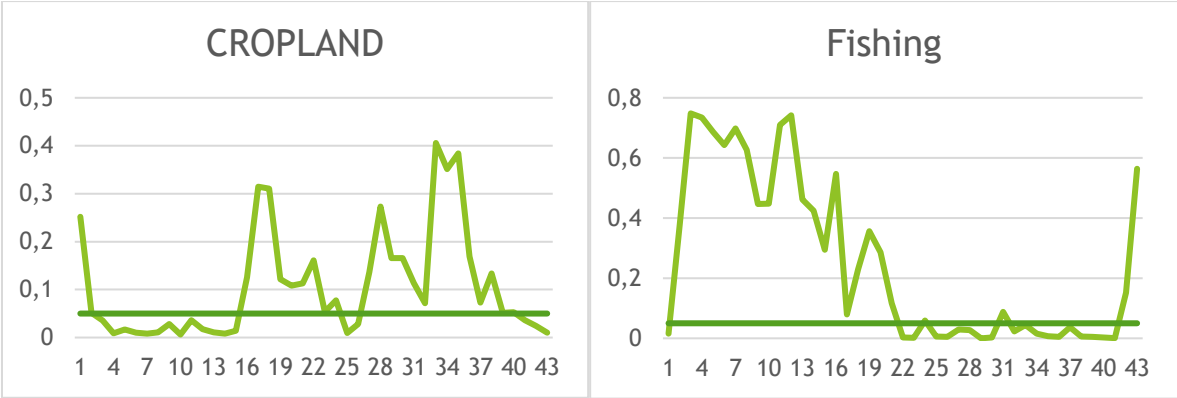
$$\Delta y_{i,t} = \mu_i + \alpha_i y_{i,t-1}^3 + \sum_{j=1}^k \beta_{i,j} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \tag{1}$$

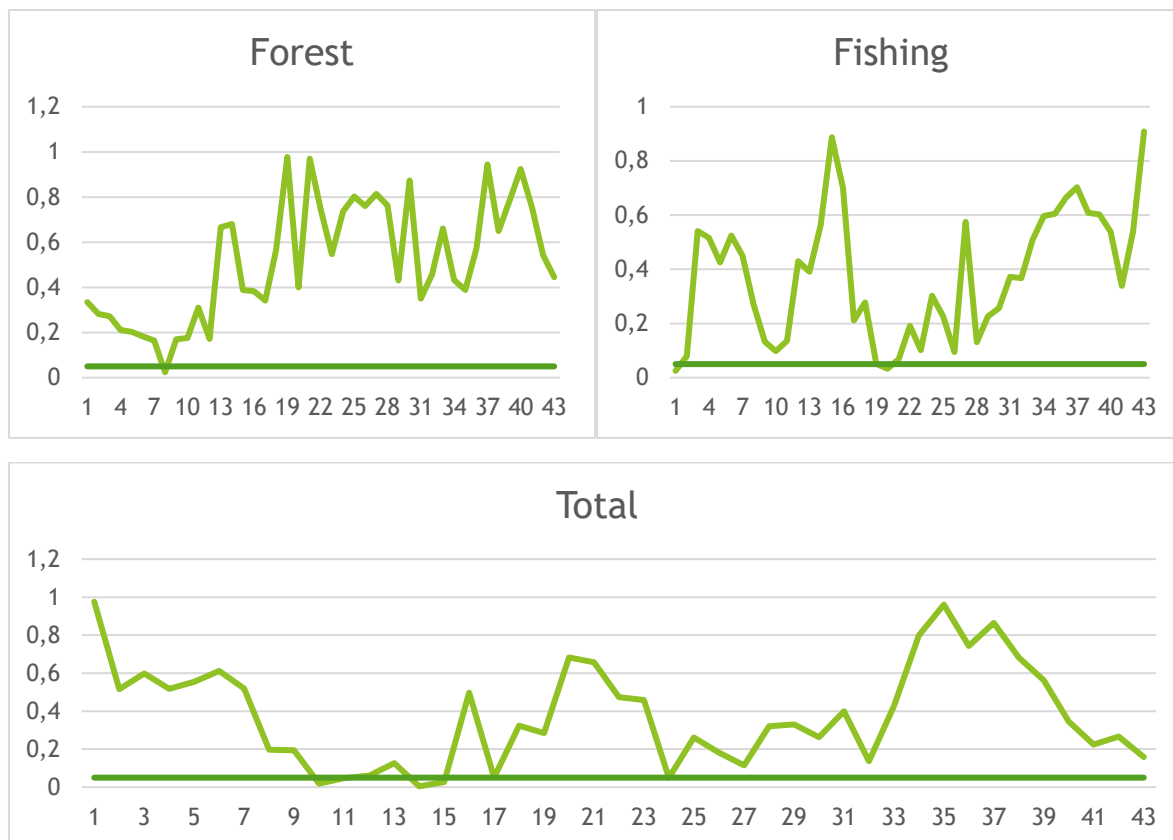
where: the null hypothesis is $\alpha_i = 0$ for all i with linear non-stationarity and alternative hypothesis is $\alpha_i \neq 0$ for some i with nonlinear stationarity.

Econometric Analysis

Graphic 1 shows the results of the intercept model.

Graph 1: Intercept Model Results





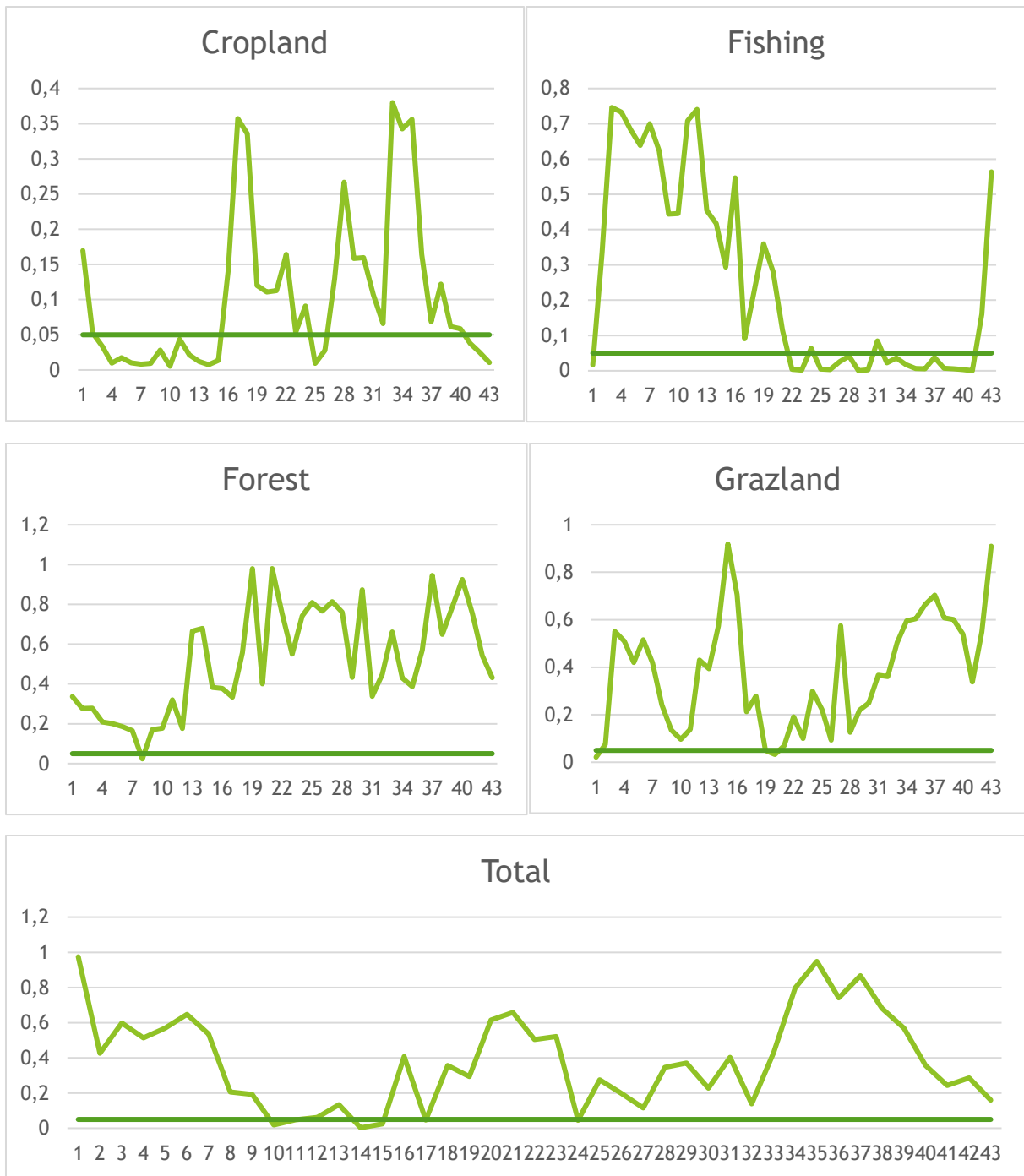
Horizontal lines in Graphics show the 5% significance level. Therefore, when the test statistics are below this value, it is decided that the series is stationary in the relevant sub-period. In this case, the policy strategies are ineffective and footprint values converge for the subperiod. On the other hand, statistical values above the horizontal line show that the series is nonstationary. In this case, the policy strategy becomes effective and footprint values diverge.

The Cropland series becomes stationary and converges after 1963, 1985 and 2001. Since these dates, policy strategies lose their effectiveness.

Fishing series becomes stationary and converges after 1961 and 1980. However, this series are nonstationary since 2002. Policies implemented after these dates become effective.

The Forest series are stationary after 1968 and the Grazland series are stationary after 1963, 1985 and 2001. Finally, the Total series are stationary after 1970, 1974 and 1984. After these dates, the series converges and policy strategies lose their effectiveness.

Graph 2: Intercept & Trend Model Results



The intercept model results and the intercept and trend model results are very similar. The Cropland series becomes stationary and converges after 1963, 1985 and 2001. Since these dates, policy strategies lose their effectiveness.

Fishing series becomes stationary and converges after 1961 and 1980. However, this series are nonstationary since 2002. Policies implemented after these dates become effective.

The Forest series are stationary after 1968 and the Grazland series are stationary after 1961 and 1980. Finally, the Total series are stationary after 1970, 1974, 1977 and 1984. After these dates, the series converges and policy strategies lose their effectiveness.

CONCLUSION

This study focuses on the convergence processes and the effects of shock policies by investigating whether ecological footprint and its components are stationary or not. According to empirical findings, it is seen that total ecological footprint changes for 1970, 1974 and 1984 by the intercept model. By the trend model, total ecological footprint changes for 1970, 1974, 1977 and 1984. In other words, series are stationary in these periods. Thus, shock policies are not effective during these periods. In general term, the series are non-stationary. On the other side, it can be said that common policies to reduce ecological footprint will be encouraged and these policies can provide effective results or outcomes at the future (Ulucak and Lin, 2017: 342). In this context, it can be suggested that common policies to reduce ecological footprint should be supported in the EU countries.

In the EU countries, stationary periods coincidence with the periods of implementing environment policies since 1970s. The European Union put into the first action plan between 1973-1977 and then set the second action plan between 1977-1984. Unfortunately, outcomes from these action plans were not appropriate and shock policies were found as not permanent. As a matter of fact, it is thought that the need for EU countries to constantly revise their environmental policies and to implement new programs, plans and strategies are all due to the ineffectiveness of the policies. It is clearly stated in the reports of WWF and EEA that the EU is insufficient in achieving its policy targets.

The fact that EU countries have different ecological characteristics causes the countries to diverge. Since the ecological footprint and its components are a very comprehensive indicator, they were also evaluated separately in this study. Considering the properties of the components, generally the presence of divergence draws attention. Each country has different characteristics in cropland, grazland, fishing and forest footprint. Therefore, it can be concluded that even though the common environmental policies implemented by the countries create permanent effects on the series, countries should also implement environmental policies according to their own conditions and ecological characteristics. Therefore, this study presents a discussion on whether international policies or national environmental policies should be implemented. The fact that international policies at the EU level are successful in reducing EF, but they are not sufficient, supports the necessity of national policies

Referances

Amend, T., Barbeau, B., Beyers, B., Burns, S., Eißing, S., Fleischhauer, A., Kus, B. & Pati P. (2010). A Big Foot on a Small Planet? Accounting with the Ecological Footprint. Succeeding in a world with growing resource constraints. Second, slightly revised edition. In: Sustainability has many faces, N° 10. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn.

- Avrupa Çevre Ajansı (2015). Avrupa'da Çevre Durum ve Genel Görünüm 2015 Sentez Raporu. AÇA: Kopenhag.
- Balcilar, M., Ozdemir, Z. A., & Arslanturk, Y. (2010). Economic growth and energy consumption causal nexus viewed through a bootstrap rolling window. *Energy Economics*, 32(6), 1398-1410.
- Barrett, J., Birch, R., Cherrett, N. & Wiedmann, T. (2005) Exploring the application of the Ecological Footprint to sustainable consumption policy, *Journal of Environmental Policy & Planning*, 7:4, 303-316, DOI: 10.1080/15239080500441095
- Becker, R., Enders, W., & Hurn, S. (2004). A general test for time dependence in parameters. *Journal of Applied Econometrics*, 19(7), 899-906.
- Becker, R., Endes, W. ve Lee, J. (2006). A Stationarity Test in the Presence of an Unknown Number of Smooth Breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 3(5): 381-409.
- Bilgili, F. & Ulucak, R. (2018). Is there deterministic, stochastic, and/or club convergence in ecological footprint indicator among G20 countries?. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 35404–35419.
- Bilgili, F., Ulucak, R. & E. Koçak, E. (2019). Implications of environmental convergence: continental evidence based on ecological footprint, in (Eds: D Balsalobre-Lorente, D. and Shahbaz, M.) *Energy and Environmental Strategies in Era of Globalization*, Springer Series.
- Caspi, I. (2017). Rtdaf: Testing for bubbles with EViews, *Journal of Statistical Software*, 81, 1-16.
- Chang, T., Yifei, C. A. I., & Wen-Yi, C. H. E. N. (2017). Are suicide rate fluctuations transitory or permanent? Panel KSS unit root test with a fourier function through the sequential panel selection method. *ESPERA*, 20(3).
- Christopoulos, D. K., & León-Ledesma, M. A. (2010). Smooth breaks and non-linear mean reversion: Post-Bretton Woods real exchange rates. *Journal of International Money and Finance*, 29(6), 1076-1093.
- Costanza, R. (2000). The dynamics of the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 32, 341–345.
- Enders, W., & Lee, J., (2012). The flexible form and Dickey-Fuller type unit root tests, *Economics Letters*, 117, 196-199.
- Erdogan, S. & Okumus, I., Stochastic and club convergence of ecological footprint: An empirical analysis for different income group of countries, *Ecological Indicators*, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107123>
- European Environment Agency (EEA) (2019). The European environment — state and outlook 2020 Knowledge for transition to a sustainable Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019.
- European Environment Agency (EEA) (2020). Is Europe living within the limits of our planet? An assessment of Europe's environmental footprints in relation to planetary boundaries. Joint EEA/FOEN Report EEA Report No 01/2020.
- Fraser, B. (2016). Agricultural land use policy in the European Union: A brief history and lessons learnt. In: *Learning from agri-environment schemes in Australia investing in biodiversity and other ecosystem services on farms*. Ed. Ansell, D., Gibson, F. and Salt, S., Australia: ANU Press.

Gallia, A., Wiedmann, T., Ercinc, E., Knoblauch, D., Ewing, B. & Giljum, S. (2012). Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 16, 100–112

Global Footprint Network, <https://www.footprintnetwork.org>.

Haider, S. & Akram, V. (2019). Club convergence analysis of ecological and carbon footprint: evidence from a cross-country analysis. *Carbon Management*, 10:5, 451-463.

Harvey, D.I., Leybourne, S.J. & Xiao, B. (2008). A powerful test for linearity when the order of integration is unknown. *Stud. Nonlinear Dyn. Econometrics* 12 (3).

Kapetanios, G., Shin, Y. & Snell, A. (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework, *Journal of Econometrics*, 112(2), 359-379.

Kapetanios, G., Shin, Y., & Snell, A. (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework. *Journal of econometrics*, 112(2), 359-379.

Kleijn, D. & Sutherland, W.J. (2003). How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity?. *Journal of Applied Ecology*, 40, 947-969.

Kruse, R. (2011). A new unit root test against ESTAR based on a class of modified statistics. *Stat Papers* 52, 71–85. <https://doi.org/10.1007/s00362-009-0204-1>

Lee, C., Wu, J. L., & Yang, L. (2016). A Simple Panel Unit-Root Test with Smooth Breaks in the Presence of a Multifactor Error Structure. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 78(3), 365-393.

Narayan, P.K. & Popp, S. (2010). A new unit root test with two structural breaks in level and slope at unknown time. *J. Appl. Stat.* 37 (9), 1425–1438.

Nazlioglu, S., & Karul, C. (2017). A panel stationarity test with gradual structural shifts: Re-investigate the international commodity price shocks. *Economic Modelling*, 61, 181-192.

Ozcan, B., Ulucak, R. & Dogan, E. (2019). Analyzing long lasting effects of environmental policies: Evidence from low, middle and high income economies, *Sustainable Cities and Society*, 44, 130-143.

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.

Pesaran, M.H., Timmermann, A., 2005. Small sample properties of forecasts from autoregressive models under structural breaks. *Journal of Econometrics*, 129, 183–217.

Phillips, P. C. & Sul, D. (2007). Transition modeling and econometric convergence tests. *Econometrica*, 75 (6), 1771-1855.

Pülzl, H., Wydra, D. & Hogl, K. (2018). Piecemeal Integration: Explaining and Understanding 60 Years of European Union Forest Policy-Making. *Forests*, 9, 719, 1-20.

Solarin S.A., Tiwari, A.K. & Bello, M.O. (2019). A multi-country convergence analysis of ecological footprint and its components. *Sustainable Cities and Society*, 46:101422, 1-10.

Solarin, S. A. (2019). Convergence in CO₂ emissions, carbon footprint and ecological footprint: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 6167–6181.

Solarin, S. A. (2019). Convergence in CO₂ emissions, carbon footprint and ecological footprint: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 6167–6181.

- Solarin, S.A. & Bello, M.O. (2018). Persistence of policy shocks to an environmental degradation index: The case of ecological footprint in 128 developed and developing countries. *Ecological Indicators*, 89, 35-44.
- Tang, C.F. and Lean, H. (2011) Revisit Feldstein-Horioka puzzle: Evidence from Malaysia, *Economics Bulletin*, 31(3): 2237-2249.
- Ucar, N., & Omay, T. (2009). Testing for unit root in nonlinear heterogeneous panels. *Economics Letters*, 104(1), 5-8.
- Ulucak, R. & Apergis, N. (2018). Does convergence really matter for the environment? An application based on club convergence and on the ecological footprint concept for the EU countries. *Environmental Science and Policy*, 80, 21–27.
- Ulucak, R. & Lin, D. (2017). Persistence of policy shocks to Ecological Footprint of the USA. *Ecological Indicators*, 80, 337-343.
- Wackernagel, M. (2002). *What We Use and What We Have: Ecological Footprint and Ecological Capacity*. Redifening Progress, 1904 Franklin Street, Oakland, CA94612 USA.
- Wackernagel, M., Larry Onisto, Patricia Bello, Alejandro Callejas Linares, Ina Susana Lo´pez Falf´an, Jesus Me ndez Garc´ia, Ana Isabel Sua´rez Guerrero, Ma. Guadalupe Sua´rez Guerrero (1999). National capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 29, 375–390.
- World Wildlife Fund WWF (2019). EU overshoot day living beyond nature’s limits 10 May 2019.
- Yilanci, V., Gorus, M.S. & Aydin, M. (2019). Are shocks to ecological footprint in OECD countries permanent or temporary?. *Journal of Cleaner Production*, 212, 270-301.
- Yıldırım, S. & Yıldırım, D.Ç.(2020). "Achieving Sustainable Development Through a Green Economy Approach." *Advanced Integrated Approaches to Environmental Economics and Policy: Emerging Research and Opportunities*, edited by Sebastiano Patti and Giampiero Trizzino, IGI Global, 2020, pp. 1-22.



VEGETATION MANAGEMENT STRATEGIES INTENDED FOR REDUCING ECONOMIC LOSSES IN ENERGY TRANSMISSION LINES AND PREVENTING THE FIRE RISK

Doç. Dr. Ersin Güngör

Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
ersingngr@yahoo.com

Hatice Kaya

Başkent EDAŞ, ARGE Müdürlüğü
hatice.kaya1@eedas.com.tr

Ali Fuat Aslan

Başkent EDAŞ, Bartın Dağıtım Operasyonları Müdürlüğü
alifuat.aslan@baskentedas.com.tr

ABSTRACT: Energy is an indispensable part of everyday life, and The Electric Transmission Lines (ETL) are integrated with the current geography, that is, an integrated structure. It is not easy to transmit energy, especially in lines that last for miles in the forest, and there are some negativity. The project, of which application area is Bartın, is intended to reduce the technical and economic losses caused by forest cover and especially trees under ETL through vegetation management strategies and to prevent the risk of possible fires. Strategies were evaluated on four criteria: "Burning Property of the Species", "Morphological Properties", "Edaphic-Climactic Properties" and "Socio-Economic Properties". Evaluations and calculations were carried out using Analytical Hierarchy Process (AHP) technique. As a result of the calculations, the most important criterion was "Combustion Property of the Species" with 0.276 and the second important criterion was "Socio-Economic Properties" with 0.258. In the second stage, 10 potential forest tree species (Daphne, Hazelnut, Silverberry, Cornus, Kiwi, Arbutas, Rhododendron, Sandalwood, Crap Apple and Olive) were listed with AHP. Daphne took the highest priority among the species with 0.116. In the third stage, ETL afforestation works were carried out in the project area, and at this stage, the Daphne species, which ranked first in the AHP, was used. In fact, different vegetation management strategies may need to be developed according to each region and climate conditions. By transferring the project gains to the practice, the losses in forest fires and electrical faults in intraforest ETLs will be reduced, resulting in energy supply continuity and contributing to the protection of the environment.

Key Words: Energy Efficiency, Fire, Vegetation Management, ETL Afforestation Strategies, Analytical Hierarchy Process (AHP).

ENERJİ NAKİL HATLARINDA EKONOMİK KAYIPLARI AZALTMAYA VE YANGIN RİSKİNİ ÖNLEMeye YÖNELİK VEJETASYON YÖNETİM STRATEJİLERİ

ÖZET: Enerji, günlük hayatın vazgeçilemez bir parçasıdır ve Enerji Nakil Hatları (ENH) mevcut coğrafya ile iç içe yani bütünleşik bir yapıdadır. Özellikle orman içinde kilometrelerce uzayan hatlarda enerjiyi iletmek kolay değildir ve birtakım olumsuzluklar söz konusudur. Projede, ilk olarak kayıpları ve riskleri azaltmaya yönelik ekolojik, edafik ve sosyo-kültürel koşulların dikkate alındığı ağaçlandırma stratejileri geliştirilmiştir. Stratejiler, “Türün Yanma Özelliği”, “Morfolojik Özellikler”, “Edafik-Klimatik Özellikler” ile “Sosyo-Ekonomik Özellikler” olmak üzere dört kriter üzerinden değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler ve hesaplamalar çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda en önemli kriter 0,276 ile “Türün Yanma Özelliği”, ikinci önemli kriter ise 0,258 ile “Sosyo-Ekonomik Özellikler” olmuştur. İkinci aşamada ise amaca uygun saptanmış 10 potansiyel orman ağacı türü (Defne, Fındık, İğde, Kızılcık, Kivi, Kocayemiş, Orman Güllü, Sandal Ağacı, Yabani Elma ve Zeytin) belirlenen kriter ağırlık puanlarına göre yine AHS ile sıralanmıştır. Kriter ağırlık puanlarına göre yapılan sıralamada türler arasında en yüksek önceliği 0,116 ile Defne almıştır. Üçüncü aşamada proje sahasında ENH altı ağaçlandırma çalışmaları yapılmış olup bu aşamada ise AHS’de ilk sırayı alan Defne türü kullanılmıştır. Her bir bölge ve iklim koşuluna göre projede geliştirilen vejetasyon yönetim metodolojisi kullanılabilir. Proje kazanımların uygulamaya aktarılması ile orman içi ENH’larda meydana gelen orman yangınları ve elektrik arızalarındaki kayıplar azaltılarak enerji arz sürekliliği sağlanacak ve çevrenin korunmasına katkı yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Yangın, Vejetasyon Yönetimi, ENH Ağaçlandırma Stratejileri, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS).

INTRODUCTION

Energy, an indispensable part of daily life, is transmitted through and distributed from the source to the user via Energy Transmission Lines (ETL). Transmission in ETLs takes place within the existing geography, in other words, in an integrated structure. Damage to the ETL line by forest trees growing on the kilometers-distance forest lines, forest fires by contact, and serious economic losses incurred in this way land energy distribution companies with trouble. On the other hand, the problems and outages that occurred in ETLs also affect user/customer satisfaction. To prevent such problems, an R&D project was submitted to EMRA in 2019 by Başkent EDAŞ and approved for implementation. It is aimed to reduce the technical and economic losses caused by forest cover and especially trees within the ETL and to prevent possible fire risk through vegetation management strategies in the project, of which the application area is Bartın.

When the energy transmission lines (ETL) in Turkey are examined, it is understood that it is located in every forest form, elevation, and climate type on the surface of the country. Since sub-ETL afforestation (s-ETL-A) areas will be made under the lines, different from the general afforestation logic, care should be taken in such afforestation practices. Likewise, the selection of a species not suitable for the region or intervention may cause unexpected problems afterward. Therefore, s-ETL-A areas should be planned very well. In this context, it is important to select or determine the species that are suitable for the trial area and the most problem-free species in the project work. Otherwise, the comparative cost of s-ETL-A investments may be greater than the benefits of the project.

In this study, the Analytical Hierarchy Process (AHP), which is one of the multi-criteria decision-making methods, was used for the priorities of the tree species for the s-ETL-A areas of Bartın province and the selection of the most appropriate tree species. It has been deemed appropriate to use 4 main factors in the AHP: "*combustion properties of the species*", "*morphological properties*", "*edaphic-climatic properties*" and "*socio-economic properties*". Literature and secondary data sources were used to determine these factors. When the literature review was made, it was understood that many factors (such as the leaf feature of the specie, branch form, top feature, spreading area, ability to spread, success for life, adaptability) beyond the factors taken into consideration in the study were effective in choosing the most suitable tree species. However, when the effect of other factors was calculated, it was deemed appropriate to consider the four factors mentioned in the project, as it was seen that they were at a statistically low level. Namely, the safety and sustainability of s-ETL-A areas are generally evaluated within the framework of these four factors.

On the other hand, there are studies in which multi-criteria decision systems such as AHP are used to solve various forestry problems, including afforestation studies in the literature (Pereira et al., 1993; Store and Kangas, 2001; Yılmaz et al., 2004; Yılmaz and Surat, 2015; Aguirre-Salado et al., 2015, Güngör and Şen, 2017; Şen and Güngör, 2018). However, no domestic or foreign study has been encountered in the selection of the species, especially for s-ETL-A areas.

1. DETERMINATION OF SUITABLE TREE SPECIES IN s-ETL-A AREAS

A tree-stage process was followed in this context.

In Stage-1 A preliminary research was made in the first stage of the study for Potential Tree Species (PTS) that may be suitable for the s-ETL-A field and nearly 30 species were identified. As a result of the literature review carried out in Stage-2 and expert meetings, it was deemed appropriate to prioritize 10 PTSs for the Bartın province project area. These species were determined as Daphne (*Laurus nobilis* L.), Hazelnut (*Corylus colurna.*), Silverberry (*Eleagnus angustifolia* L.), Cornus (*Cornus mas* L.), Kiwi (*Actinidia Lindl.*), Arbutas (*Arbutus unedo*), Rhododendron (*Rhododendron ponticum* L. subsp. *ponticum* L.), Sandalwood (*Arbutus andrachne* L.), Crap Apple (*Malus sylvestris*) and Olive (*Olea europaea* L.). 10 PTSs determined in Stage-3 were prioritized with AHP. Criteria and sub-criteria were revealed within this scope, species were prioritized by the participants in line with these criteria and sub-criteria, and the most suitable species was determined.

1.1 AHP Technique for Determining the Eligible Tree Specie

Developed by Saaty (1977; 1980), AHP (Analytical Hierarchy Process) is one of the most widely used techniques for prioritization. AHP has been used in many forestry researches due to its flexibility and high efficiency in analyzing complex decision problems (Wilkinson and Anderson, 1985; Mendoza et al., 1989; Kangas et al., 1993; Kangas, 1994; Diaz and Romero,

1998; Yılmaz, 1999; Kangas et al., 2001; Yılmaz, 2004; Mendoza et al., 2005; Yılmaz, 2007; Geray et al., 2007; Dhar et al., 2008; Anderson et al., 2010; Güngör, 2011; Güngör and Ayhan, 2016; Güngör and Şen, 2017; Şen and Güngör, 2018). This interactive method allows the decision-maker (or the group of decision-makers) to express their preferences and discuss the results (Saaty, 2008). In general, AHP is based on the principle of sortation, a set of "pair-comparison" (used to compare criteria and alternatives with each other), and the principle of synthesis and prioritization of preferences (Saaty, 1995). This method is also used to assign priorities to criteria and sub-criteria (indicators) (Mendoza et al., 1989; Mendoza and Prabhu, 2000a; 2000b).

1.2 Hierarchy, Determining the Criteria and Sub-Criteria

The establishment of the AHP decision hierarchy starts with placing the general purpose of the problem at the top level. Then, the criteria to be used in the evaluation of alternatives are determined and these criteria are lined up in a hierarchical structure. A level of criteria and the level or levels in which each criterion is divided into sub-criteria are available in this hierarchy. The criteria and sub-criteria to be used in determining the PTS priorities of each community of interest were determined by examining the scientific studies and documents regarding the research subject (Table 1).

Table 1 Criteria/sub-criteria in AHP for s-ETL-A.

Criteria	Combustion Property	Morphological Properties	Edaphic-Climatic Properties	Socio-Economic Properties
Sub Criteria	1 Flame Induced Combustion (°C)	Average Height (m)	Average Temperature Need (°C)	Afforestation and Maintenance Fee (TRY/ha)
	2 Spontaneous Combustion (°C)	Lifespan (Years)	Average Altitude It Can Live (m)	Socio-Economic Yield (TRY/ha)
	3 Glow Combustion (°C)	Defoliation Status (Non-evergreen/Evergreen)	Climate Type Need	Recognition of Specie and Demand
	4	Suitability of the Specie to the Natural Habitat in the Region	Soil Type	

1.3 Establishing the Theoretical Structure

To explain how sub-criteria, criteria, and communities of interest and therefore PTS priorities are calculated in AHP, the theoretical structure of the AHP calculation matrix was created (Table 4 and Figure 1) and the necessary calculations for each level were made based on this theoretical structure. For this purpose, AHP survey forms obtained from the communities of interest interviewed were input into the computer environment. Microsoft Excel worksheets for each community of interest were arranged and summary data sets used in the AHP analysis were created. So, starting from the lowest level of the AHP hierarchy (Level 5), the

significance (priority) level values obtained at each level were multiplied by the significance level values above it, and the purpose specified in Level 1 has been achieved.

Table 4 Theoretical Structure of Analytical Hierarchy Process (AHP) Calculation Matrix.

Species	COMBUSTION (V _{COM})				MORPHOLOGICAL (V _{MORPH})				EDAPHIC-CLIMATIC (V _{E-CLM})				SOCIO-ECONOMIC (V _{S-ECO})				PTS Field Priorities Compound Importance (General)						
	Flame Induced Combustion (°C)	Spontaneous Combustion (°C)	Glow Combustion (°C)	Compound Importance 1	Average Height (m)	Lifespan (Years)	Defoliation	Suitability to the Natural Habitat	Compound Importance 2	Average Summer Temperature Need (°C)	Average Altitude It Can Live (m)	Climate Type Need	Soil Type	Compound Importance 3	Afforestation and Maintenance Fee (T ha/TRY)	Socio-Economic Yield (TRY)		Recognition of Specie and Demand	Compound Importance 4	Total Compound Importance (Public)	Total Compound Importance (Private S.)	Total Compound Importance (Locals)	
	V ₁	V ₂	V ₃		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄		V ₁	V ₂	V ₃		V _K	V _Ö	V _Y		
(1)Daphne	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	A ₁₁	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	A ₁₂	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	A ₁₃	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	A ₁₄	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T _{DAPHNE}	
(2)Hazelnut	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	A ₂₁	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₂₄	A ₂₂	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₂₄	A ₂₃	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	A ₂₄	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T _{HAZELNUT}	
...
(10)Olive	a ₈₁	a ₈₂	a ₈₃	A ₈₁	a ₈₁	a ₈₂	a ₈₃	a ₈₄	A ₈₂	a ₈₁	a ₈₂	a ₈₃	a ₃₄	A ₈₃	a ₈₁	a ₈₂	a ₈₃	A ₈₄	T ₈₁	T ₈₂	T ₈₃	T _{OLIVE}	

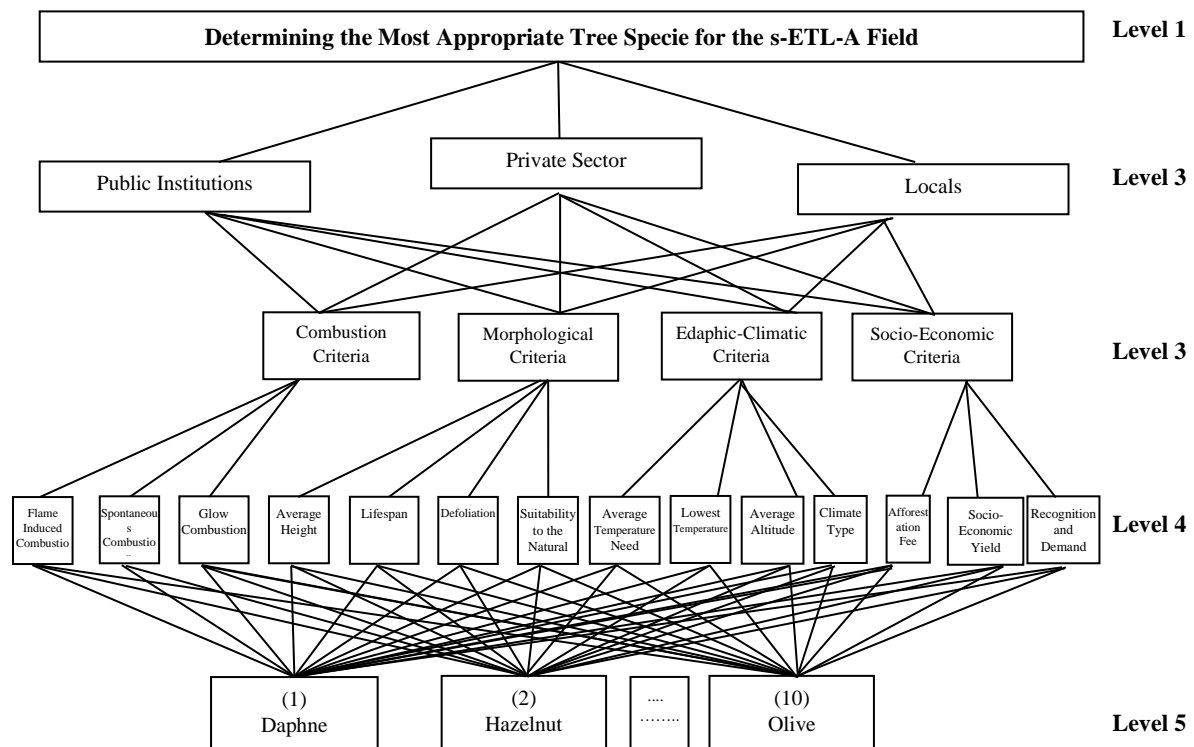


Figure 1 s-ETL-A Field AHP decision hierarchy.

2. RESULTS AND DISCUSSION

When the findings obtained as a result of the AHP analysis conducted within the scope of the study were compiled, important results were obtained for s-ETL-A. In the study carried out with the participation of public institutions, private sector, and locals, 4 different evaluation criteria (combustion properties, morphological, edaphic-climatic, socio-economic properties)

and 14 sub-criteria were determined for 10 PTSs (Daphne, Hazelnut, Silverberry, Cornus, Kiwi, Arbutas, Rhododendron, Sandalwood, Crap Apple and Olive) for Bartın Project Area in the s-ETL-A field classification. The data obtained were analyzed with the AHP and the type of prioritization for the s-ETL-A field was performed. Thereby, both 4 different criteria and sub-criteria were evaluated at the same time and a conclusion was reached by considering the priorities of all communities of interest, and the optimum solution was found.

The results of the AHP analysis made for the selection of the most suitable species among the species determined for the Bartın Project Area are shown in Table 5-6 and Figure 2.

Table 5 Priority values and ranking of communities of interest.

Communities of Interest	Priority Value	Ranking
Public Institutions	0.329	2
Private Sector	0.401	1
Locals	0.270	3
<i>Consistency Ratio</i>		0.092

As seen in Table 5, the group of which views were most influential in prioritizing PTSs was the private sector. The following are public institutions and locals, respectively.

Table 6 Priority values of criteria by communities of interest.

Criteria	Communities of Interest				Ranking
	Public Institutions	Private Sector	Locals	General	
Combustion	0.273	0.301	0.256	0.276	1
Morphological	0.232	0.213	0.232	0.225	4
Edaphic-Climatic	0.256	0.234	0.230	0.241	3
Socio-Economic	0.239	0.252	0.282	0.258	2
<i>Consistency Ratio</i>		0.091	0.089	0.089	0.090

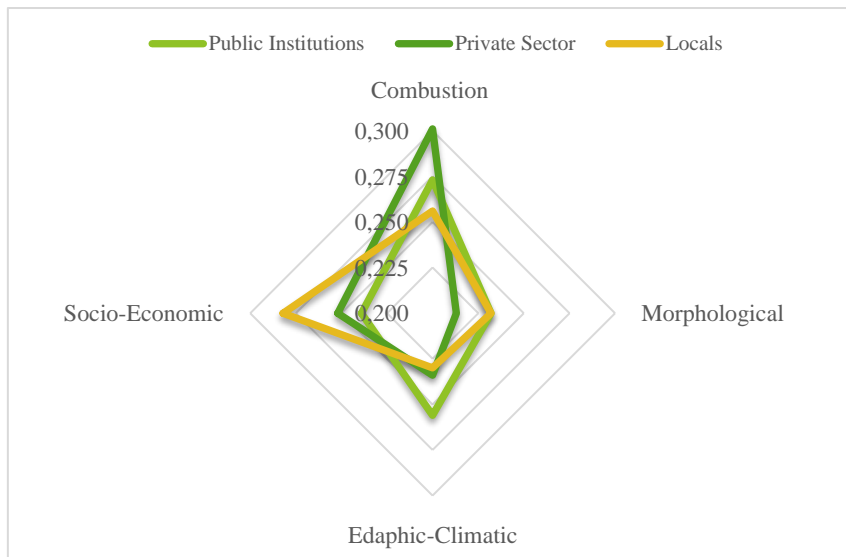


Figure 2 Levels of significance given to criteria by communities of interest in the AHP decision hierarchy.

As can be seen from Table 6 and Figure 2, the communities of interest preferences differ in the selection of PTS. While public institutions and the private sector mostly give priority to the combustion properties criterion, locals put the socio-economic criterion forward. All communities of interest gave the lowest priority value to the morphological criterion.

The evaluations regarding the criteria and sub-criteria have shown that the general priority values found for each criterion are different from each other. Also, each criterion prioritizes PTSs in line with its properties. Therefore, this picture should not be found odd.

The most suitable tree species for s-ETL-A fields (PTS priorities) are given in Table 7 and Figure 3. When Table 7 and Figure 3 are examined, it is seen that, in all of the communities of interest, the Daphne (*Laurus nobilis* L.) species has the priority of PTS with 0.116 as a result of the analysis made with AHP. Likewise, although the priority value changes in each interest group, the bay species was ranked in the top three in both criterion weights and communities of interest. Arbutus (*Arbutus unedo*) is in second place with 0.109. Similarly, Sandalwood (*Arbutus andrachne* L.) was in third place with 0.106. Kiwi (*Actinidia Lindl.*) and Olive (*Olea europaea* L.) are in the last place in the ranking. The reason why these two species score low is that the related species do not naturally spread in the area.

Table 7 The most suitable tree specie for s-ETL-A fields (PTS priorities)

PTS	General (All Communities of Interest)	
	Priority Value	Rank
Daphne	0.116	1
Hazelnut	0.097	7
Silverberry	0.098	6
Cornus	0.098	5
Kiwi	0.088	10
Arbutus	0.109	2
Rhododendron	0.097	8
Sandalwood	0.106	3
Crab Apple	0.102	4
Olive	0.090	9

Consistency Ratio 0.089

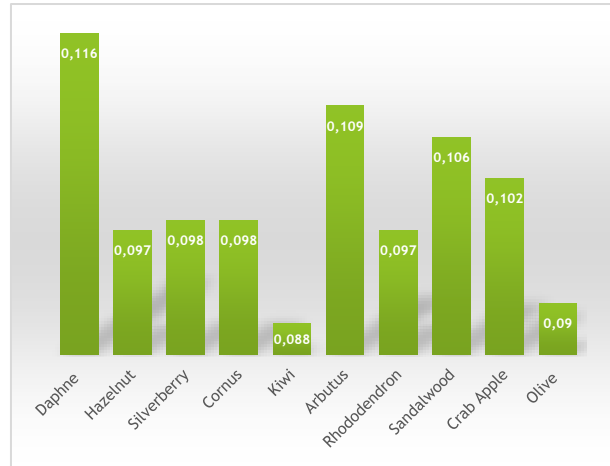


Figure 3 Graphical demonstration of the PTS in the first three priorities by communities of interest

3. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Examining, analyzing, and calculating the combustion properties, morphological properties, edaphic-climatic properties, and socio-economic properties of each species for each candidate for sub-ETL Afforestation (s-ETL-A-A) areas are important for the safety and success of these investments. Therefore, it is thought that the results of the study will guide and contribute to the s-ETL-A studies to be carried out both in Bartın province and other areas with similar characteristics.

The return rate of a project in s-ETL-A is very important. Activities performed and budgeting is also closely related to economic feasibility. For this reason, how soon the investments made will give a return yield is very important for both the private investor sector and the locals to be employed in these projects. The primary priority is social responsibilities instead of profit in the public approach. Also, the biological characteristics of the afforestation areas must be suitable for the investment for the success of the project. Hence, all communities of interest displayed sensitivity to s-ETL-A from different angles. The damages on the energy transmission line will be minimized, a planting approach will be adopted instead of tree pruning, and support will be provided to the employment of locals and rural development with an integrated management approach with external stakeholders with the afforestation of s-ETL-A areas with Bay species.

Dense population, increasing energy demand from year to year, and the need for forest areas in the energy transmission have revealed the necessity of evaluating the relevant transmission and distribution lines as a whole with the forest ecosystem. This project is the first sub-ETL afforestation project in our country, prepared with an ecosystem approach. For this reason, it contributes to science, knowledge, and practice in the relevant field.

ACKNOWLEDGMENT

This project study was supported within the scope of the Energy Market Regulatory Authority 2019 R&D Projects (19.0861.ARG11). This project study was supported within the scope of EMRA (Energy Market Regulatory Authority) 2019 R&D Projects (19.0861.ARG11) and the contractor firm Başkent EDAŞ and the implementing company Resif Arge Inovasyon Müh. San. Tic. A.Ş.

REFERENCES

- Aguirre-Salado, C. A., Valdéz-Lazalde, J. R., Sánchez-Díaz, G., Miranda-Aragón, L., Aguirre-Salado, A. I. (2015). Modelling Site Selection for Tree Plantation Establishment Under Different Decision Scenarios. *Journal of Tropical Forest Science*, 27(3): 298-313.
- Anderson, R.E., Babin, B.J., Black, W.C., Hair, J.F.Jr. (2010). *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. Pearson Education. New York.
- Diaz-Balteiro, L., Romero, C. (1998). Modeling Timber Harvest Scheduling Problems with Multiple Criteria: An Application to Spain. *Forest Science*, 44(1): 47-57.
- Dhar, A., Ruprecht, H., Vacik, H. (2008). Population Viability Risk Management (PVRM) for in Situ Management of Endangered Tree Species—A Case Study on a *Taxus baccata*. L population. *Forest Ecology and Management*, 255, 2835–2845.
- Geray, A.U., Şafak, İ., Yılmaz, E., Kiracıoğlu, Ö., Başar, H. (2007). İzmir İlinde Orman Kaynaklarına İlişkin İşlev Önceliklerinin Belirlenmesi. *Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No: 46, Teknik Bülten No:35: 137*.
- Güngör, E., 2011. Orman Kaynaklarının Bütünleşik İşlevsel Yönetim Planlaması, Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Güngör, E., Ayhan, A. B. (2016). Bartın Yöresi Orman Kaynaklarının Bal Üretim Potansiyeli Ve Ekonomik Değeri, *SDÜ, Turkish Journal of Forestry* , 17(1): 108-116.
- Güngör, E., Şen, G. (2017). Determination of Honey Production Forest Field Selection with Analytic Hierarchy Process (AHP), IV. International Multidisciplinary Congress of Euroasia (IMCOFE), 23-25 August, Rome, Italy. Available at: http://www.imcofe.org/2017/roma/Download/imcofe_V7.pdf
- Kangas, J., Kuusipalo, J. (1993). Integrating Biodiversity into Forest Management Planning and Decision-Making. *Forest Ecology and Management*, 61(1): 1-15.
- Kangas, J. (1994). An Approach to Public Participation in Strategic Forest Management Planning. *Forest Ecology and Management*, 70(1): 75-88.
- Kangas, J., Pesonen, M., Kurttila, M., Kajanus, M. (2001.) A'WOT: Integrating the AHP with SWOT Analysis, *ISAHP 2001*, Berne, Switzerland.
- Mendoza, G. A., Sprouse, W. (1989). Forest Planning and Decision Making Under Fuzzy Environments: An Overview and Illustration. *Forest Science*, 35(2): 481-502.
- Mendoza, G., Prabhu, R. (2000a). Multiple Criteria Decision Making Approaches to Assessing Forest Sustainability Using Criteria and Indicators: A Case Study. *Forest Ecology and Management* 131: 107–126.

- Mendoza, G., Prabhu, R. (2000b). Development of A Methodology for Selecting Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management: A Case Study on Participatory Assessment. *Environmental Management* 26–6, 659–673.
- Mendoza, G.A., Dalton, W.J. (2005). Multi-Stakeholder Assessment of Forest Sustainability: Multi-Criteria Analysis and The Case of The Ontario Forest Assessment System. *The Forestry Chronicle*, 81(2): 222-228.
- Pereira, J.M., Duckstein, L. (1993). A Multiple Criteria Decision-Making Approach to GIS-Based Land Suitability Evaluation. *International Journal of Geographical Information Science*, 7(5): 407-424.
- Saaty, T.L. (1977). A Scaling Method for Priorities in A Hierarchical Structure. *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 234–281.
- Saaty, T.L. (1995). *Decision Making for Leaders: the Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*, RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T.L. (2008). Decision Making with The Analytic Hierarchy Process. *International of Journal Services Sciences* 1: 83–98.
- Store, R., Kangas, J. (2001). Integrating Spatial Multi-Criteria Evaluation and Expert Knowledge for GIS-Based Habitat Suitability Modelling. *Landscape and urban planning*, 55(2): 79-93.
- Şen G., Güngör, E. (2018). Endüstriyel Ağaçlandırmalar İçin En Uygun Tür Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci Yönteminin Kullanılması: Kastamonu İli örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 2018, 19(1): 63-75.
- Wilkinson, C. F., Anderson, H. M. (1985). Land and Resource Planning in The National Forests. *Oregon Law Review*. 64(1/2): 1-363.
- Yılmaz, E. (1999). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 16(5): 95-122.
- Yılmaz, E. (2004). Orman kaynaklarının işlevsel bölümlenmesine ilişkin çözümler. *Doktora Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Yılmaz, E. (2007). A'WOT Tekniği Kullanarak Katılımcı Yaklaşımla Proje Değerlendirmesi, *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, DOA Dergisi*, Sayı: 132: 1-16.
- Yılmaz, H., Surat, H. (2015). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak En Uygun Ekoturizm Etkinliğinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 16(2): 164-176.



THE EFFECTS OF COMMODITY FINANCIALIZATION ON COMMODITY MARKET VOLATILITY

Dr. Shusheng Ding,

Ningbo University, Business School
dingshusheng@nbu.edu.cn

Mrs. Dandan Zheng,

Ningbo University, Business School
zhengdd@nbtvu.net.cn

Dr. Tianxiang Cui

University of Nottingham Ningbo China, School of Computer Science
tianxiang.cui@nottingham.edu.cn

Prof. Min Du

De Montfort University, Leicester Castle Business School
anna.du@dmu.ac.uk

ABSTRACT: Over the last two decades, it has been witnessed that massive capital flooded into commodity markets, provoking the commodity financialization episode, which turned into a major stimulus for the rapid development of commodity market studies. Moreover, large capital inflow produced substantial liquidity for those markets and liquidity is an influential factor of market volatility. In this paper, we demonstrate that commodity financialization has a vast impact on commodity markets' volatility as well as dynamic correlations with stock market. We employ the DCC-GARCH model to substantiate that commodity financialization increased the commodity market fluctuations and more importantly, it created a closer relation between commodity market and stock market. We further unveil the fact that there is an asymmetrical capital attracting mechanism across different commodity markets and thus different markets may exhibit different weights in affecting conditional volatilities and dynamic conditional correlations with stock market after commodity financialization. We show that gold, sugar and wheat markets play dominate roles in affecting market volatilities as well as correlations with stock market, where their liquidities have spillover effects on other commodity markets' conditional volatilities and dynamic conditional correlations with stock market. In addition, we use subsample analysis by dividing our sample according to the commodity financialization period. Then, we compare the commodity financialization effect measured by market liquidity regarding the pre-financialization and post-financialization period. Our results illustrate considerably liquidity impacts on market volatility and correlation with stock market after financialization, for gold, sugar and wheat markets, which largely differentiates from the pre-

financialization period. Therefore, we assert that policy makers can put heavy attentions on these markets and monetary policy effect can propagate through this spillover effect.

JEL Classification: G00 Q02

Key Words: Commodity Futures Markets; Financialization of Commodities; Conditional Volatility; Dynamic Conditional Correlation.

1. INTRODUCTION

Over the last two decades, it has been witnessed that heavy amount of funds, especially index funds, have surged into commodity markets. This phenomenon can be attributed to the collapse of the stock market in the early 2000s because of the market bubble. This bubble reminded investors the negative relation between commodity returns and stock returns and thus massive capital flowed into the commodity markets since they consider commodity as an asset that can reduce stock portfolio risk (Tang and Xiong, 2012). The fund companies, especially index funds, have a gigantic occupation in asset allocation for commodities, which is known as the financialization of commodities (Irwin and Sanders, 2011).

With such a large wave of commodity financialization, commodity markets have attracted tremendous capital. A typical example of the financialization is the Teucrium Corn Fund, which is an ETF that tracks corn futures prices and this fund had a total investment of \$107 million in corn futures contracts in 2011 (Irwin and Sanders, 2012). Therefore, the trading volume of commodity markets escalated sharply compared with previous market trading volume (Schulmeister, 2012). From the CME Group reports, it has been documented that the value of Chicago Mercantile Exchange's trading volume exceeded \$1,000 trillion by 2006 and the average daily volume was 19.2 million contracts during the year of 2019.

The commodity financialization has exceedingly enlarged the trading volume of commodity markets and more importantly, the close relation between trading volume and market liquidity have been well studied in existing literatures (see Pagano, 1989; Chordia et al., 2001; Breen et al., 2002). A plethora of scholars adopt trading volume as the proxy for measuring market liquidity (see Datar et al. 1998; Johnson, 2008; Guo et al., 2017; Rzayev and Ibikunle, 2019).

The market liquidity exhibits noticeable effect on market volatility and thus, there might be a vital impact on commodity market fluctuation resulting from the liquidity hike. Bessembinder and Seguin (1993) discover that trading volume has a strong

effect on price volatility, especially when there is a volume shock, price volatility will be significantly influenced. In fact, the relationship between liquidity and volatility has been scrutinized in the existing literatures. Feng et al. (2014) also deliver empirical evidence, showing the liquidity impact on the volatility, especially in the options market. More recently, Collin-Dufresne and Fos (2016) explore the relations between liquidity and noise trading volatility. They affirm the significant impact of liquidity on noise trading volatility. Supporting this, Będowska-Sójka and Kliber (2019) demonstrate the causality between liquidity and volatility in the Polish stock market.

Since the commodity financialization increased the market liquidity via the capital inflow and market liquidity plays a crucial role on market volatility, we intend to scrutinize the impact of market liquidity on commodity market liquidity in this study. On the other side, another effect of commodity financialization is the enhanced comovement of different commodities (Tang and Xiong, 2012; Adams and Glück, 2015; Hu et al., 2020). As a result, we aim to explore the comovement of commodity volatilities by examining the impact of market liquidity on dynamic correlation between commodity market and stock market. In a nutshell, this paper targets on two research questions: first, does commodity financialization increase the commodity market fluctuation? and more importantly, does commodity financialization increase the volatility comovement of financial markets in terms of dynamic correlation of volatilities?

Based on our full sample analysis, we reveal that commodity financialization increase the commodity market fluctuation as well as strengthen the dynamic conditional correlations with the stock market. We further unfold the fact that there is an asymmetrical capital attracting mechanism across different commodity markets and thus different markets may exhibit different weights in affecting conditional volatilities and dynamic conditional correlations after commodity financialization. Wheat and precious metal markets like gold and silver markets, might attract more capital after commodity financialization and they are the key players in affecting conditional volatilities and dynamic conditional correlations between commodity market and stock market. Those three markets thereby demonstrate their spillover effect via affecting other markets' volatilities and correlations.

Additionally, we also apply the subsample analysis by dividing our sample into pre-financialization period and post-financialization period. The results are quite

contrasting between those two periods. Before commodity financialization, commodity market liquidities occasionally influence the conditional volatilities and correlations. Nevertheless, after commodity financialization, the commodity market liquidities effects are mixed. Three markets, namely, gold, sugar and wheat markets, out of seven markets exhibit significant impacts on conditional volatilities and dynamic conditional correlations between commodity market and stock market. Compared with those three markets, other four markets' effects are limited. Therefore, those three markets have a strong spillover effect since their liquidities display significant impacts on other markets. The reason can be attributed to the capital inflow size and those three markets may attract more capital than other four markets.

Our research also yields notable policy implications because spillover effect is a salient market phenomenon. As we uncover that gold, sugar and wheat markets play dominate roles in affecting market volatilities as well as correlations with stock market, policy makers could put an emphasis on those three markets. Regarding their liquidity spillover effects, policy impacts can be effectively spread to all commodity markets through this spillover channel. The stabilization of commodity markets can be achieved by the market liquidity shrinking.

The paper is structured as follows. In section 2, we describe the data, variable measures as well as methodology we will adopt in this paper. In section 3, we investigate the *commodity financialization impact on commodity conditional volatility and dynamic conditional correlations based on DCC-GARCH model*. In section 4, we present our further analysis regarding the *commodity financialization impact* by undertaking the regressions based on subsamples. In section 5, we present our research conclusions and implications.

2. DATA AND METHODOLOGY

2.1 Data description and measurements

For the data analysis, we use seven commodity markets of the US and the US stock market, represented by S&P 500 index. For the data description, the superscript 'cor' represents corn commodity futures, 'gol' represents gold commodity futures, 'oil' represents oil commodity futures, 'sil' represents silver commodity futures, 'soy' represents soybean commodity futures, 'sug' represents sugar commodity futures, 'whe' represents wheat commodity futures, and 'sp' represents S&P 500 index, which we use to indicate the stock market. In addition, 'L' stands for the measure of

liquidity, ‘r’ stands for realized return of commodity futures and ‘h’ stands for the commodity market conditional volatility. The data provider is WIND and the data period is from 1st Jan, 1992 to 31st Aug, 2020, which is the common period for maximal available data and all data are collected on a daily basis.

We first define the realized returns of different commodity futures markets, denoted as r_t^i , which is defined as $r_t^i = \ln\left(\frac{P_t^i}{P_{t-1}^i}\right)$. Then, we determine the *commodity liquidity measure*. We adopt the liquidity measure, which is the relative open interest (OI_t^i). The open interest has been well linked with commodity market liquidity (see Milonas, 1986; Sari et al., 2012; Frino et al., 2014), and it takes the form as:

$$OI_t^i = \frac{Open_t^i}{Vol_t^i} \quad (1)$$

where $Open_t^i$ is the open interest for market i at time t and Vol_t^i is the asset trading volume for market i at time t .

For the robustness purpose, we thereby use another liquidity proxy mentioned in Amihud (2002) and it takes the form:

$$AL_t^i = \frac{|R_t^i|}{Vol_t^i} \quad (2)$$

where R_t^i is the asset return for market i at time t and Vol_t^i is the asset trading volume for market i at time t .

Intuitively, when trading volume is high, liquidity measure is small and the asset becomes more liquid. It is clear that both Amihud measure and relative open interest extract information from the trading volume. Therefore, those two measures are highly relevant with the *commodity financialization* which lifts the commodity market trading volumes. For empirical liquidity measures, the statistical summary for return and liquidity measures in both commodity futures markets and US stock market is presented in Table 1 and Table 2. This sample runs from January 1, 1992 to August 31, 2020. Table 1 delivers the descriptive statistics of commodity return with stock market. The oil market has the largest negative return and second largest positive return, which suggests that the oil market is a quite volatile market. Table 2 exhibits

the liquidity measures for commodity markets and we can observe that the silver market has the largest liquidity for both relative open interest and Amihud liquidity.

	Obs	Mean	Max	Min	Std. Dev.
Daily Return					
r_t^{cor}	7088	0.0001	0.1970	-0.2082	0.0176
r_t^{gol}	7088	0.0002	0.0883	-0.0981	0.0104
r_t^{oil}	7088	0.0000	0.2584	-0.5686	0.0253
r_t^{sil}	7088	0.0002	0.1247	-0.1479	0.0185
r_t^{soy}	7088	0.0001	0.2672	-0.2591	0.0160
r_t^{sug}	7088	0.0001	0.1678	-0.1537	0.0210
r_t^{whe}	7088	0.0000	0.1921	-0.1605	0.0190
r_t^{sp}	7088	0.0003	0.1096	-0.1277	0.0115

Table 1 Descriptive statistics of commodity return with stock market.

Note: This table reports summary statistics of daily returns for different commodity markets and the stock index.

	Obs	Mean	Max	Min	Std. Dev.
Panel A: Open Interest					
OI_t^{cor}	7088	0.0364	65.839	0.0000	0.8000
OI_t^{gol}	7088	0.0318	10.8775	0.0000	0.3321
OI_t^{oil}	7088	0.2029	268.92	0.0000	5.4652
OI_t^{sil}	7088	6.1129	10899.92	0.0000	181.68
OI_t^{soy}	7088	0.0493	169.57	0.0000	2.0193
OI_t^{sug}	7088	0.7523	427.24	0.0000	5.1304
OI_t^{whe}	7088	0.0324	10.24	0.0000	0.1853

Panel B: Amihud Liquidity

AL_t^{cor}	7088	2.2126e-08	9.9739e-05	0.0000	1.2152e-06
--------------	------	------------	------------	--------	------------

AL^{gol}_t	7088	6.7802e-08	7.1239e-05	0.0000	1.2593e-06
AL^{oil}_t	7088	2.2062e-07	5.7800e-04	0.0000	9.0712e-06
AL^{sil}_t	7088	8.0651e-06	3.0288e-03	0.0000	9.0235e-05
AL^{soy}_t	7088	5.2429e-09	1.5535e-05	0.0000	1.8804e-07
AL^{sug}_t	7088	1.1896e-07	1.7123e-05	0.0000	5.1011e-07
AL^{whe}_t	7088	2.5795e-08	2.9886e-05	0.0000	5.3513e-07

Table 2 Descriptive statistics of commodity liquidity measures.

Notes: Panel A presents the liquidity by using relative open interest measure and Panel B presents the liquidity by using the Amihud measure. Both measures take trading volume into account as the denominator.

2.2.GARCH model and DCC-GARCH model

For our volatility analysis, we employ GARCH model and DCC-GARCH (Dynamic Conditional Correlation) model. GARCH model is a prevailing model in measuring and forecasting commodity volatility (see Hung et al., 2008; Klein and Walther, 2016; Kang et al., 2017; Nonejad, 2020). Moreover, a burgeoning number of literatures have used DCC-GARCH model to investigate the dynamic correlations between different markets. This classical multivariate volatility and dynamic correlation model is also prevalent in commodity market studies (see Cabrera and Schulz, 2016; Jiang et al., 2019; Akkoc and Civcir, 2019). As a result, we also employ DCC-GARCH model to analyze the commodity data.

The standard GARCH (1,1) model has the following form:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \sigma_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-1}^2, \quad (3)$$

where σ_t is the volatility of the target time series (in our case, the return of 7 different commodity markets) and ε_t is the residual terms from the return prediction equation, which is:

$$r_t = \varnothing + \varepsilon_t,$$

where \varnothing is the conditional mean and $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$.

In order to further investigate the time-varying correlation structure among the commodity markets and the stock market, we frame this model as follows

$$r_t = L + \tau r_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (4)$$

$$\varepsilon_t = H_t^{1/2} \omega_t, \quad (5)$$

where r_t is a logarithmic difference matrix for return, L is a fixed parameter matrix, τ is a coefficient matrix of cross mean transmission and own-lagged, ω_t is an I.I.D. innovation matrix, ε_t is the error, and $H_t^{1/2}$ is the conditional volatility matrix. The covariance matrix is expressed as

$$H_t = D_t R_t D_t, \quad (6)$$

where $D_t = \text{diag}(\sqrt{h_t^X}, \sqrt{h_t^Y})$ is a diagonal matrix of time-varying standard deviations on the diagonal with h_t^X and h_t^Y being the conditional volatilities of asset X and asset Y.

In addition, R_t donates the conditional correlation matrix of the standardized returns ε_t , which is expressed as:

$$R_t = \text{diag}(Q_t)^{-1/2} Q_t \text{diag}(Q_t)^{-1/2}, \quad (7)$$

where Q_t is the time-varying conditional correlation of residuals.

3. BASELINE RESULTS

In this section, we use DCC-GARCH model to predict conditional volatility of commodity markets as well as conditional dynamic correlations between different commodity markets with the stock market. Fig. 1 presents the results of conditional volatility of commodity markets from DCC-GARCH model. We can see that the volatility clustering phenomena was quite distinguished across different commodity markets. In particular, the soybean and oil market have experienced a severe turmoil period, which resulted in a number of gigantic volatilities (the huge oil market fluctuations resulted from the negative oil price in April because of the COVID-19) and thus the volatility clustering phenomena was slightly difficult to observe from this figure. Given the noticeable volatility clustering periods, it is thereby arguable that the

conditional heteroskedasticity exist in different commodity markets. Fig. 2 presents the results of conditional correlation of commodity market with the stock market. Generally, conditional correlations heightened after the period of year 2004, which suggests the financialization of commodities increased the correlation between commodity markets and stock market, especially for the soybean and oil markets.

Then, we undertake the full sample regression to analyze the effect of commodity financialization proxied by market liquidity on conditional volatilities and correlations. Table 3 presents the results of market liquidity effect on conditional volatilities based on regression equation (8). Table 4 presents the results of market liquidity effect on conditional correlations based on regression equation (9).

From those two tables, it is observable that gold market and wheat market are two important markets where their liquidities have strong effect on other commodity market volatilities as well as the dynamic correlations between commodity markets and stock market. Gold market tends to play a safe-haven role in the asset allocation context (see Reboredo, 2013; Beckmann et al., 2019). It is thereby arguable that after the commodity financialization capital has surged into gold market where gold market liquidity has rocketed since investors consider gold as a safe-haven against negative stock market returns in Germany, the UK and the US (Baur and Lucey, 2010). Therefore, gold market liquidity becomes influential on the dynamic conditional correlations between stock market and commodity market since it can hedge against the negative stock market returns.

On the other hand, the wheat market also plays a crucial role in affecting other commodity market volatilities as well as the dynamic conditional correlations between commodity markets and stock market, which stems from the disproportionate degree of financialization in the wheat market. This disproportion creates a much larger dollar-weighting in commodity index for wheat contracts than other agricultural contracts, like corn and soybean contracts, which can attract more funds (Baines, 2017). It therefore can explain why wheat market liquidity is so influential whereas the corn and soybean liquidities have trivial effect on both commodity market volatilities as well as the dynamic conditional correlations.

In particular, it is notable that although sugar market has little effect on commodity market volatilities, it plays an important role in affecting the dynamic conditional correlations between commodity markets and stock market. It has been documented that sugar price has a close relation with the stock market (Covindassamy et al.,

2017; Ouyang and Zhang, 2020). From the results above, we unveil the asymmetrical commodity financialization fact, which suggests that the capital flowed into commodity markets may not evenly distributed into different commodity markets. A number of commodity markets like gold, sugar and wheat markets might attract more capital than other markets like corn and soybean markets. As a result, those markets are more influential and can spillover to other markets regarding both market volatilities as well as the dynamic conditional correlations between commodity market and stock markets.

$$h_t^i = \beta + \alpha_{i,1}OI_{t-1}^{cor} + \alpha_{i,2}OI_{t-1}^{gol} + \alpha_{i,3}OI_{t-1}^{oil} + \alpha_{i,4}OI_{t-1}^{sil} + \alpha_{i,5}OI_{t-1}^{soy} + \alpha_{i,6}OI_{t-1}^{sug} + \alpha_{i,7}OI_{t-1}^{whe} + \alpha_{i,8}IR_t + \alpha_{i,9}DI_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (8)$$

where $i = cor, gol, oil, sil, soy, sug, whe$ and h is the conditional variance commodity market i , predicted by DCC-GARCH model.

	h^{cor}_t	h^{gol}_t	h^{oil}_t	h^{sil}_t	h^{soy}_t	h^{sug}_t	h^{whe}_t
OI^{cor}_{t-1}	2.74e-6 (3.30e-6)	6.69e-77 (1.57e-6)	4.61e-606 (2.34e-5)	2.57e-06 (4.51e-6)	-1.89e-71 (7.64e-6)	7.89e-72 (3.42e-6)	9.16e-06 (3.43e-6)
OI^{gol}_{t-1}	4.80e-5*** (7.91e-6)	1.54e-6*** (3.76e-6)	-1.08e-4* (5.60e-5)	-8.90e-5*** (1.08e-6)	-2.42e-5* (1.83e-5)	3.89e-5*** (8.20e-6)	2.35e-5*** (8.23e-6)
OI^{oil}_{t-1}	9.90e-7** (4.79e-7)	1.50e-7 (2.28e-7)	-1.26e-6 (3.39e-6)	4.65e-7 (6.54e-7)	-3.43e-7 (1.11e-6)	-2.86e-8 (4.97e-7)	2.10e-7 (4.98e-7)
OI^{sil}_{t-1}	1.5e-8 (1.43e-8)	-3.95e-10 (6.81e-9)	-2.40e-8 (1.01e-7)	-1.29e-8 (1.96e-8)	2.14e-8 (3.32e-8)	-3.65e-9 (1.48e-8)	-1.45e-8 (1.49e-8)
OI^{soy}_{t-1}	-7.73e-7 (1.29e-6)	-3.53e-7 (6.13e-7)	1.21e-6 (9.13e-6)	-2.22e-6 (1.76e-6)	-6.38e-7 (2.98e-6)	5.49e-7 (1.34e-6)	-7.72e-7 (1.34e-6)
OI^{sug}_{t-1}	-6.32e-7 (5.10e-7)	-1.40e-7 (2.43e-7)	-4.29e-7 (3.61e-6)	-7.97e-7 (6.97e-7)	5.94e-7 (1.18e-6)	-6.29e-7 (5.29e-7)	-6.31e-7 (5.31e-7)
OI^{whe}_{t-1}	-3.55e-5** (1.43e-5)	-1.44e-5** (6.79e-6)	-1.17e-4** (1.01e-4)	-6.11e-5*** (1.95e-5)	-3.71e-5*** (3.31e-6)	4.66e-5*** (1.48e-5)	-5.71e-5*** (1.49e-5)
IR_t	-1.99e-5*** (1.39e-6)	-1.6e-5*** (6.64e-7)	-1.15e-4*** (9.88e-6)	-3.13e-5*** (1.91e-6)	-1.54e-5*** (3.23e-6)	-2.10e-5*** (1.45e-6)	-1.55e-5*** (1.45e-6)
DI_t	4.64e-5 (5.17e-4)	-1.02e-4 (2.46e-4)	1.20e-3 (3.67e-3)	-4.6e-4 (7.7e-4)	-7.54e-4 (1.20e-3)	-6.83e-4 (5.37e-4)	-1.52e-3*** (5.38e-4)

Table 3 Data analysis for liquidity impact on the conditional volatilities.

Notes: This table presents the results of liquidity impact on the conditional volatility of different commodity markets. From this table, we can see that liquidities from gold and wheat markets exhibit significant impacts on most commodity conditional volatilities after controlling interest rate and dollar index. The robust standard errors are in parenthesis with ***, ** and * denoting significance at 1%, 5% and 10% respectively. $en=10^n$, e.g. $e-6=10^{-6}$ and $e+3=10^3$.

$$\eta_t^i = \beta + \alpha_{i,1}OI_{t-1}^{cor} + \alpha_{i,2}OI_{t-1}^{gol} + \alpha_{i,3}OI_{t-1}^{oil} + \alpha_{i,4}OI_{t-1}^{sil} + \alpha_{i,5}OI_{t-1}^{soy} + \alpha_{i,6}OI_{t-1}^{sug} + \alpha_{i,7}OI_{t-1}^{whe} + \alpha_{i,8}IR_t + \alpha_{i,9}DI_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (9)$$

where $i = cor, gol, oil, sil, soy, sug, whe$ and η is the dynamic conditional correlations between commodity market i and the stock market, predicted by DCC-GARCH model.

	η^{cor}_t	η^{gol}_t	η^{oil}_t	η^{sil}_t	η^{soy}_t	η^{sug}_t	η^{whe}_t
OI^{cor}_{t-1}	3.49e-5 (5.44e-4)	-1.72e-3 (2.23e-3)	9.66e-4 (2.32e-3)	-1.41e-3 (1.96e-3)	1.36e-3 (1.14e-3)	1.63e-3 (1.01e-3)	9.64e-4 (8.50e-4)
OI^{gol}_{t-1}	7.43e-3*** (1.30e-3)	6.08e-2*** (5.36e-3)	2.00e-2*** (5.55e-3)	5.94e-2*** (4.69e-3)	1.62e-2*** (2.72e-3)	4.72e-3* (2.42e-3)	1.36e-2*** (2.4e-3)
OI^{oil}_{t-1}	1.23e-4 (7.90e-5)	1.13e-3*** (3.24e-4)	-5.33e-5 (3.36e-4)	1.09e-3*** (2.84e-4)	2.57e-4 (1.65e-4)	6.09e-5 (1.47e-4)	2.42e-4** (1.24e-4)
OI^{sil}_{t-1}	2.14e-6 (2.36e-6)	-8.83e-7 (9.70e-6)	-1.78e-5* (1.01e-5)	1.29e-6 (8.49e-6)	-5.79e-6 (4.93e-6)	-1.28e-6 (4.38e-6)	3.68e-6 (3.69e-6)
OI^{soy}_{t-1}	1.55e-5 (2.12e-4)	-9.78e-4 (8.72e-4)	-3.76e-4 (9.04e-4)	-3.09e-4 (7.64e-4)	-5.09e-4 (4.43e-4)	-1.69e-5 (3.94e-4)	-2.44e-4 (3.32e-4)
OI^{sug}_{t-1}	-4.07e-4*** (8.41e-5)	-4.90e-4*** (3.45e-6)	-1.43e-3*** (3.58e-4)	-7.26e-4** (3.3e-4)	-6.27e-4*** (1.76e-4)	-1.76e-4 (1.56e-4)	-3.66e-5 (1.31e-4)
OI^{whe}_{t-1}	-8.65e-3*** (2.35e-3)	-3.38e-2*** (9.67e-3)	-4.18e-2*** (1.00e-2)	-5.19e-2*** (8.47e-3)	-4.20e-2*** (4.91e-3)	-2.68e-2*** (4.36e-3)	-7.76e-3** (3.68e-3)
IR_t	-5.75e-3*** (2.30e-4)	-1.77e-3* (9.45e-4)	-5.92e-2*** (9.79e-4)	-1.35e-2*** (8.28e-4)	-1.92e-2*** (4.80e-4)	-1.47e-2*** (4.27e-4)	-1.45e-2*** (3.60e-4)
DI_t	-2.38e-3 (8.53e-2)	-9.96e-3 (3.50e-1)	7.68e-1** (3.63e-1)	2.27e-1 (3.07e-1)	1.05e-1 (1.78e-1)	2.69e-1 (1.58e-1)	3.61e-4 (1.33e-1)

Table 4 Data analysis for liquidity impact on the dynamic conditional correlations.

Notes: This table presents the results of liquidity impact on the dynamic conditional correlations of different commodity markets with the stock market. From this table, we can see that liquidities from gold, sugar and wheat markets exhibit significant impacts on dynamic conditional correlations after controlling interest rate and dollar index. The robust standard errors are in parenthesis with ***, ** and * denoting significance at 1%, 5% and 10% respectively. e.g. $e-6=10^{-6}$ and $e+3=10^3$.

3.1. Robustness Check

For the robustness purpose, we take an alternative measure of liquidity, namely, the Amihud liquidity measure (AL) to ensure the robustness of our results.

The two main robust regressions are the same as equations (8) and (9), where liquidity measure has been replaced by the Amihud liquidity measure, showing as equations (10) and (11). Table 5 gives the results of the liquidity impact on market conditional volatilities, where silver and wheat markets are quite active. Because of measure changing, the silver market replaces gold market as the key player, but both markets represent the precious metal market. Table 6 delivers the results of the liquidity impact on dynamic conditional correlations, where gold, silver and wheat markets are quite active. Because of measure changing, the sugar market becomes inactive, which suggests the sugar market effect might be sensitive to liquidity measure but not for wheat and precious metal markets.

$$h_t^i = \beta + \alpha_{i,1}AL_{t-1}^{cor} + \alpha_{i,2}AL_{t-1}^{gol} + \alpha_{i,3}AL_{t-1}^{oil} + \alpha_{i,4}AL_{t-1}^{sil} + \alpha_{i,5}AL_{t-1}^{soy} + \alpha_{i,6}AL_{t-1}^{sug} + \alpha_{i,7}AL_{t-1}^{whe} + \alpha_{i,8}IR_t + \alpha_{i,9}DI_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (10)$$

where $i = cor, gol, oil, sil, soy, sug, whe$ and h is the conditional variance commodity market i , predicted by DCC-GARCH model.

	h_t^{cor}	h_t^{gol}	h_t^{oil}	h_t^{sil}	h_t^{soy}	h_t^{sug}	h_t^{whe}
AL_{t-1}^{cor}	5.27** (2.15)	0.45 (1.02)	-2.05 (15.19)	-0.19 (2.93)	-1.46 (4.96)	1.33 (2.21)	1.50 (2.22)
AL_{t-1}^{gol}	1.60 (2.07)	0.75 (0.98)	-3.56 (14.65)	-0.91 (2.82)	0.76 (4.79)	3.02 (2.13)	-1.31 (2.14)
AL_{t-1}^{oil}	0.48* (0.29)	0.02 (0.14)	-0.96 (2.04)	-2.79e-3 (0.39)	-0.25 (0.67)	0.47 (0.30)	0.13 (0.30)

AL_{t-1}^{sil}	0.08*** (0.03)	-0.03** (0.01)	-0.15** (0.20)	-0.04*** (0.004)	-0.02 (0.07)	0.13** (0.03)	0.05 (0.03)
AL_{t-1}^{soy}	-8.07 (13.84)	-3.93 (6.58)	7.68 (98.01)	-26.28 (18.88)	-5.86 (32.03)	7.49 (14.24)	-6.89 (14.35)
AL_{t-1}^{sug}	-4.89 (4.88)	-0.17 (2.32)	-4.18 (34.58)	8.63 (6.66)	-7.93 (11.30)	-5.06 (5.02)	31.16*** (5.06)
AL_{t-1}^{whe}	-23.22*** (5.14)	-8.2*** (2.44)	-34.08 (36.39)	-29.91*** (7.01)	-9.58*** (0.89)	56.83*** (5.29)	-24.02*** (5.33)
IR_t	-2.02e-5*** (1.39e-6)	-1.07e-5*** (6.61e-7)	-1.15e-4*** (9.86e-6)	-3.13e-5*** (1.90e-6)	-1.52e-5*** (3.22e-6)	-2.17e-5*** (1.43e-6)	-1.58e-5*** (1.44e-6)
DI_t	-1.80e-4 (5.17e-4)	-1.25e-4 (2.46e-4)	1.44e-3 (3.66e-3)	-4.39e-4 (7.06e-4)	-7.22e-4 (1.20e-3)	-7.00e-4 (5.32e-4)	-1.58e-3*** (5.37e-4)

Table 5 Robustness check for impact on the conditional volatilities.

Notes: This table presents the results of liquidity impact on the conditional volatility of different commodity markets, where the liquidity is measured by Amihud illiquidity estimation. From this table, we can see that liquidities from silver and wheat markets exhibit significant impacts on most commodity conditional volatilities after controlling interest rate and dollar index. The robust standard errors are in parenthesis with ***, ** and * denoting significance at 1%, 5% and 10% respectively. e.g. $e-6=10^{-6}$ and $e+3=10^3$.

$$\eta_t^i = \beta + \alpha_{i,1}AL_{t-1}^{cor} + \alpha_{i,2}AL_{t-1}^{gol} + \alpha_{i,3}AL_{t-1}^{oil} + \alpha_{i,4}AL_{t-1}^{sil} + \alpha_{i,5}AL_{t-1}^{soy} + \alpha_{i,6}AL_{t-1}^{sug} + \alpha_{i,7}AL_{t-1}^{whe} + \alpha_{i,8}IR_t + \alpha_{i,9}DI_t + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

where $i = cor, gol, oil, sil, soy, sug, whe$ and η is the dynamic conditional correlations between commodity market i and the stock market, predicted by DCC-GARCH model.

	η_t^{cor}	η_t^{gol}	η_t^{oil}	η_t^{sil}	η_t^{soy}	η_t^{sug}	η_t^{whe}
AL_{t-1}^{cor}	4.08e+2 (3.53e+2)	2.86e+3*** (1.46e+3)	3.19e+1 (1.50e+3)	3.08e+3*** (1.28e+3)	1.09e+3 (7.35e+2)	5.36e+2 (6.55e+2)	1.13e+3** (5.53e+2)
AL_{t-1}^{gol}	9.00e+2*** (3.40e+2)	4.02e+3*** (1.41e+3)	-4.16e+3*** (1.45e+4)	1.84e+3* (1.23e+3)	-1.69e+3*** (7.09e+2)	-1.03e+3 (6.32e+2)	9.31e+2* (5.33e+2)
AL_{t-1}^{oil}	88.07* (47.49)	907.51*** (196.52)	156.11 (201.91)	907.25*** (171.98)	218.59*** (98.84)	22.60 (88.15)	168.60** (74.41)
AL_{t-1}^{sil}	13.15***	93.47***	97.50***	110.22***	43.17***	15.58*	27.70***

	(4.75)	(19.66)	(20.20)	(17.21)	(9.89)	(8.82)	(7.44)
AL^{soy}_{t-1}	1.72e+2 (2.28e+3)	-1.15e+4 (9.43e+3)	-5.65e+3 (9.69e+3)	-5.53e+3 (8.25e+3)	-6.68e+3 (4.74e+3)	-7.57e+2 (4.23e+3)	-2.33e+3 (3.57e+3)
AL^{sug}_{t-1}	1.03e+3 (8.04e+2)	-2.66e+3 (3.33e+3)	-4.00e+3 (3.42e+3)	-3.20e+3 (2.91e+3)	-1.61e+3 (1.67e+3)	5.50e+1 (1.49e+3)	-2.59e+2 (1.26e+3)
AL^{whe}_{t-1}	-5.67e+3*** (8.46e+2)	-1.39e+4*** (3.50e+3)	-2.78e+4*** (3.60e+3)	-2.71e+4*** (3.06e+3)	-2.23e+4*** (1.76e+3)	-9.23e+3*** (1.57e+3)	-3.91e+3*** (1.33e+3)
IR_t	-5.80e-3*** (2.29e-4)	-2.42e-3** (9.48e-4)	-5.92e-2*** (9.74e-4)	-1.41e-2*** (8.30e-4)	-1.93e-2*** (4.77e-4)	-1.47e-2*** (4.25e-4)	-1.46e-2*** (3.59e-4)
DI_t	-3.31e-2 (0.09)	-2.34e-1 (0.35)	0.66** (0.36)	-2.82e-2 (0.31)	3.78e-3 (0.18)	2.27e-1 (0.16)	-5.40e-2 (0.13)

Table 6 Robustness check for *impact on the dynamic conditional correlations*.

Notes: This table presents the results of liquidity impact on the dynamic conditional correlations of different commodity markets with the stock market, where the liquidity is measured by Amihud illiquidity estimation. From this table, we can see that liquidities from gold, silver and wheat markets exhibit significant impacts on dynamic conditional correlations after controlling interest rate and dollar index. The robust standard errors are in parenthesis with ***, ** and * denoting significance at 1%, 5% and 10% respectively. $en=10^n$, e.g. $e-6=10^{-6}$ and $e+3=10^3$.

To sum up, this section reveals the fact that there is an asymmetrical capital attracting mechanism across different commodity markets and thus different markets may exhibit different weights in affecting conditional volatilities and dynamic conditional correlations after commodity financialization. Wheat and precious metal markets like gold and silver markets, might attract more capital after commodity financialization and they are the key players in affecting conditional volatilities and dynamic conditional correlations. Sugar and oil markets may not be as influential as they are expected, and corn and soybean markets have trivial effect on both commodity market volatilities as well as the dynamic conditional correlations between commodity market and stock market. Therefore, we can maintain that those three markets show a strong spillover effect since their liquidities display significant impacts on other markets.

4. FURTHER DATA ANALYSIS

In this section, we further analyze the impact of divide our sample into two subsamples, namely, 1992-2003 and 2004-2020. It is because that the commodity

financialization began from 2004, which has been documented in the literatures (see Irwin and Sanders, 2011; Tang and Xiong, 2012).

Table 7 presents the mean of dynamic conditional correlations for two different subsample periods, namely, 1992-2003, 2004-2020. We also perform t-test to investigate whether the mean of two samples are significantly different and the p-value of t-test has been presented in the last column. It can be observed that all dynamic conditional correlations of commodity market with stock market have been significantly enlarged after the commodity financialization.

	1992-2003	2004-2020	P-value
Dynamic Conditional Correlation			of t-test
η^{cor}_t	0.0627	0.0893	0.0000
η^{gol}_t	-0.0943	-0.0137	0.0000
η^{oil}_t	0.0298	0.2233	0.0000
η^{sil}_t	-0.0276	0.0956	0.0000
η^{soy}_t	0.0233	0.1182	0.0000
η^{sug}_t	0.0269	0.0782	0.0000
η^{whe}_t	0.0426	0.0821	0.0000

Table 7 Mean comparison of conditional correlations for two different subsample periods.

Notes: This table presents the mean of dynamic conditional correlations for two different subsample periods, namely, 1992-2003, 2004-2020. We also perform t-test to investigate whether the mean of two samples are significantly different and the p-value of t-test has been presented in the last column. It can be observed that all dynamic conditional correlations of commodity market with stock market have been significantly enlarged after the *commodity financialization*.

Table 8 presents the results of market liquidity effect on conditional volatilities based on regression equation (5) over the subsample period 1992-2003. Table 9 presents the results of market liquidity effect on conditional volatilities based on regression equation (5) over the subsample period 2004-2020. From Table 8, it is clear that before commodity financialization, market liquidity effects on commodity market volatilities would be neglectable. From Table 9, after commodity financialization, a number of commodity markets, including gold, sugar and wheat markets, become influential on most commodity market volatilities. It is thereby arguable that

commodity financialization occupied some commodity markets with abundant capital, resulting in heavy influential power over different commodity market volatilities.

$$h_t^i = \beta + \alpha_{i,1}OI_{t-1}^{cor} + \alpha_{i,2}OI_{t-1}^{gol} + \alpha_{i,3}OI_{t-1}^{oil} + \alpha_{i,4}OI_{t-1}^{sil} + \alpha_{i,5}OI_{t-1}^{soy} + \alpha_{i,6}OI_{t-1}^{sug} + \alpha_{i,7}OI_{t-1}^{whe} + \alpha_{i,8}IR_t + \alpha_{i,9}DI_t + \varepsilon_{i,t} , \quad (12)$$

where i = cor, gol, oil, sil, soy, sug, whe and h is the conditional variance commodity market i predicted, by DCC-GARCH model.

	h_t^{cor}	h_t^{gol}	h_t^{oil}	h_t^{sil}	h_t^{soy}	h_t^{sug}	h_t^{whe}
OI_{t-1}^{cor}	-2.38e-5** (1.06e-5)	7.43e-6 (4.89e-6)	4.62e-5 (3.32e-5)	-1.18e-5 (9.79e-6)	2.71e-7 (2.08e-5)	5.84e-5*** (1.82e-5)	8.97e-6 (1.25e-5)
OI_{t-1}^{gol}	3.26e-5 (5.24e-5)	3.60e-5 (2.41e-5)	1.47e-4 (1.63e-4)	-1.82e-4*** (4.82e-5)	6.00e-5 (1.02e-4)	-3.31e-4 (8.96e-5)	2.12e-4*** (6.17e-5)
OI_{t-1}^{oil}	-6.66e-6 (6.86e-6)	-5.52e-6 (3.15e-6)	4.03e-7 (2.14e-5)	6.44e-6 (6.30e-6)	-4.52e-6 (1.34e-5)	8.87e-6 (1.17e-5)	3.06e-8 (8.06e-6)
OI_{t-1}^{sil}	-7.59e-9 (3.73e-8)	9.64e-9 (1.71e-8)	-1.11e-7 (1.16e-7)	-7.39e-8** (3.43e-8)	-1.73e-8 (7.28e-8)	1.61e-7 (6.37e-8)	9.49e-9 (4.38e-8)
OI_{t-1}^{soy}	-1.29e-7 (8.03e-7)	-5.41e-8 (3.69e-7)	1.96e-6 (2.50e-6)	-1.05e-6 (7.38e-7)	-2.48e-7 (1.57e-6)	-5.10e-9 (1.37e-6)	-2.83e-7 (9.44e-7)
OI_{t-1}^{sug}	-1.01e-7 (3.19e-7)	9.16e-8 (1.46e-7)	-7.15e-9 (9.93e-7)	1.56e-8 (2.93e-7)	-2.81e-8 (6.22e-7)	-7.53e-7 (5.44e-7)	-2.13e-7 (3.75e-7)
OI_{t-1}^{whe}	1.03e-5 (9.77e-6)	1.72e-6 (4.48e-6)	-8.96e-5*** (3.04e-5)	3.52e-6 (8.98e-6)	-1.74e-5 (1.91e-5)	-7.32e-6 (1.67e-5)	-2.51e-5 (1.15e-5)
IR_t	1.18e-6 (1.82e-6)	-5.01e-6*** (8.36e-7)	1.30e-6 (5.67e-6)	9.44e-6*** (1.67e-6)	-6.33e-6* (3.56e-6)	-6.03e-5*** (3.11e-6)	3.66e-6* (2.14e-6)
DI_t	-4.09e-5 (4.89e-4)	-8.24e-6 (2.25e-4)	-5.99e-4 (1.53e-3)	1.92e-4 (4.50e-4)	-5.77e-5 (9.56e-4)	-6.51e-4 (8.36e-4)	-6.78e-5 (5.75e-4)

Table 8 Subsample analysis for liquidity impact on the conditional volatilities.

Notes: This table presents the results of liquidity impact on the conditional volatility of different commodity markets. From this table, we can see that liquidities from commodity markets barely exhibit significant impacts on most commodity conditional volatilities after controlling interest rate and dollar index. The sample runs from 1992 to 2003, which is the pre-financialization period. The robust

standard errors are in parenthesis with ***, ** and * denoting significance at 1%, 5% and 10% respectively. $en=10^n$, e.g. $e-6=10^{-6}$ and $e+3=10^3$.

	h^{cor}_t	h^{gol}_t	h^{oil}_t	h^{sil}_t	h^{soy}_t	h^{sug}_t	h^{whe}_t
OI^{cor}_{t-1}	2.90e-5*** (1.10e-5)	1.53e-5*** (5.21e-6)	8.64e-5 (8.57e-5)	-1.35e-5 (1.56e-5)	-3.06e-5 (2.64e-5)	2.04e-5 (9.01e-6)	6.85e-5*** (1.11e-5)
OI^{gol}_{t-1}	4.42e-5*** (9.28e-6)	4.07e-6*** (4.41e-8)	-1.12e-4* (7.25e-5)	-9.02e-6 (1.32e-5)	-1.65e-5 (2.23e-5)	4.08e-5*** (7.63e-6)	1.71e-5* (9.43e-6)
OI^{oil}_{t-1}	8.90e-7 (5.59e-7)	1.19e-7 (2.65e-7)	-1.24e-6 (4.37e-6)	2.84e-7 (7.93e-7)	-8.32e-8 (1.34e-6)	-8.96e-8 (4.59e-7)	1.16e-7 (5.68e-7)
OI^{sil}_{t-1}	1.18e-8 (1.72e-8)	-1.61e-9 (8.16e-9)	-5.34e-9 (1.34e-7)	-1.08e-8 (2.44e-8)	1.64e-8 (4.14e-8)	-1.30e-8 (1.41e-8)	-1.46e-8 (1.75e-8)
OI^{soy}_{t-1}	-1.04e-3 (7.48e-4)	2.55e-4 (3.55e-4)	1.03e-2 (5.85e-3)	1.44e-3 (1.06e-3)	-3.80e-3** (1.80e-3)	1.27e-3** (6.15e-4)	1.39e-3* (7.60e-4)
OI^{sug}_{t-1}	-4.57e-5*** (1.16e-5)	-1.68e-5*** (5.53e-6)	1.70e-4* (9.10e-5)	-3.65e-5** (1.65e-5)	3.16e-4*** (2.80e-5)	-1.15e-4*** (9.57e-6)	-1.99e-5* (1.18e-5)
OI^{whe}_{t-1}	-1.37e-3*** (5.20e-4)	-8.16e-4*** (2.47e-4)	-4.04e-3 (4.07e-3)	7.06e-4*** (7.38e-5)	1.57e-3*** (1.25e-4)	-1.01e-3** (4.27e-4)	-3.39e-3*** (5.29e-4)
IR_t	-2.08e-6 (2.69e-6)	1.11e-6 (1.28e-6)	-1.76e-4*** (2.11e-5)	-1.70e-5*** (3.82e-6)	-3.10e-5*** (6.48e-6)	-8.04e-6*** (2.21e-6)	1.59e-6 (2.74e-6)
DI_t	5.20e-5 (8.02e-4)	-1.30e-4 (3.81e-4)	1.65e-3 (6.27e-3)	-1.07e-3 (1.14e-3)	-1.11e-3 (1.93e-3)	-5.24e-4 (6.59e-4)	-2.64e-3*** (8.16e-4)

Table 9 Subsample analysis for liquidity impact on the conditional volatilities.

Notes: This table presents the results of liquidity impact on the conditional volatility of different commodity markets. From this table, we can see that liquidities from gold, sugar and wheat markets exhibit significant impacts on most commodity conditional volatilities after controlling interest rate and dollar index. The sample runs from 2004 to 2020, which is the post-financialization period. The robust standard errors are in parenthesis with ***, ** and * denoting significance at 1%, 5% and 10% respectively. $en=10^n$, e.g. $e-6=10^{-6}$ and $e+3=10^3$.

Table 10 presents the results of market liquidity effect on conditional correlations based on regression equation (6) over the subsample period 1992-2003. Table 11 presents the results of market liquidity effect on conditional correlations based on regression equation (6) over the subsample period 2004-2020. From Table 10, it is

observable that before commodity financialization, market liquidity effects on the dynamic conditional correlations between commodity market and stock market would be neglectable. From Table 11, after commodity financialization, however, a number of commodity markets, including gold, sugar and wheat markets, become influential on most dynamic conditional correlations between commodity market and stock market. It is thereby arguable that commodity financialization occupied some commodity markets with abundant capital, resulting in heavy influential power over the dynamic conditional correlations between different commodity markets with the stock market. Therefore, we can argue that those three markets have a strong spillover effect since their liquidities display significant impacts on other markets.

$$\eta_t^i = \beta + \alpha_{i,1}OI_{t-1}^{cor} + \alpha_{i,2}OI_{t-1}^{gol} + \alpha_{i,3}OI_{t-1}^{oil} + \alpha_{i,4}OI_{t-1}^{sil} + \alpha_{i,5}OI_{t-1}^{soy} + \alpha_{i,6}OI_{t-1}^{sug} + \alpha_{i,7}OI_{t-1}^{whe} + \alpha_{i,8}IR_t + \alpha_{i,9}DI_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (13)$$

where $i = cor, gol, oil, sil, soy, sug, whe$ and η is the dynamic conditional correlations between commodity market i and the stock market, predicted by DCC-GARCH model.

	η_t^{cor}	η_t^{gol}	η_t^{oil}	η_t^{sil}	η_t^{soy}	η_t^{sug}	η_t^{whe}
OI_{t-1}^{cor}	1.40e-3 (2.56e-3)	-1.71e-2 (8.17e-3)	-6.56e-3 (9.22e-3)	-2.63e-2*** (7.06e-3)	1.04e-2*** (3.64e-3)	1.21e-2*** (4.68e-3)	5.64e-3 (4.24e-3)
OI_{t-1}^{gol}	5.46e-2*** (1.26e-2)	-1.19e-1*** (4.03e-2)	-4.66e-2 (4.54e-2)	-9.26e-2*** (3.48e-2)	1.09e-1*** (1.79e-2)	9.54e-3 (2.30e-2)	4.49e-2** (2.09e-2)
OI_{t-1}^{oil}	1.87e-3 (1.65e-3)	9.24e-3* (5.27e-3)	2.91e-3 (5.94e-3)	1.27e-3 (4.55e-3)	4.62e-3 (2.34e-3)	-2.98e-3 (3.01e-3)	6.72e-3** (2.73e-3)
OI_{t-1}^{sil}	-6.52e-6 (8.96e+6)	6.35e-5** (2.86e-5)	4.31e-5 (3.23e-5)	6.30e-5** (2.47e-5)	-5.64e-6 (1.27e-5)	-5.13e-5 (1.64e-5)	1.33e-5 (1.48e-5)
OI_{t-1}^{soy}	1.34e-4 (1.93e-4)	-2.27e-4 (6.16e-4)	4.74e-4 (6.95e-4)	5.94e-4 (5.33e-4)	-2.83e-5 (2.74e-4)	2.26e-4 (3.53e-4)	-1.41e-4 (3.20e-4)
OI_{t-1}^{sug}	5.00e-5 (7.66e-5)	5.20e-5 (2.45e-4)	-4.21e-4 (2.76e-4)	1.40e-5 (2.11e-4)	-1.08e-4 (1.09e-4)	1.28e-4 (1.40e-4)	9.63e-5 (1.27e-4)
OI_{t-1}^{whe}	-1.67e-3 (2.35e-3)	8.07e-3 (7.50e-3)	6.61e-3 (8.45e-3)	2.57e-3 (6.48e-3)	-1.60e-2*** (3.34e-3)	-1.73e-2 (4.29e-3)	-3.50e-3 (3.89e-3)
IR_t	2.19e-3*** (4.38e-4)	3.35e-2*** (1.40e-3)	-8.37e-3*** (1.58e-3)	2.70e-2*** (1.21e-3)	4.75e-3*** (6.22e-4)	4.16e-3*** (8.00e-4)	-9.21e-3*** (7.25e-4)

DI _t	-0.15	-0.03	0.46	0.44	-0.28*	0.37*	-0.11
	(0.12)	(0.38)	(0.42)	(0.32)	(0.17)	(0.21)	(0.19)

Table 10 subsample analysis for liquidity impact on the dynamic conditional correlations.

Notes: This table presents the results of liquidity impact on the dynamic conditional correlations of different commodity markets with the stock market. From this table, we can see that only gold market liquidity exhibits significant impacts on dynamic conditional correlations after controlling interest rate and dollar index. The sample runs from 1992 to 2003, which is the pre-financialization period. The robust standard errors are in parenthesis with ***, ** and * denoting significance at 1%, 5% and 10% respectively. $en=10^n$, e.g. $e-6=10^{-6}$ and $e+3=10^3$.

	η^{cor}_t	η^{gol}_t	η^{oil}_t	η^{sil}_t	η^{soy}_t	η^{sug}_t	η^{whe}_t
OI ^{cor} _{t-1}	7.39e-3***	1.42e-2**	4.68e-2***	1.46e-2***	2.75e-2***	-6.87e-3**	-9.77e-3***
	(1.55e-3)	(6.86e-3)	(6.25e-3)	(5.49e-3)	(3.15e-3)	(2.77e-3)	(2.43e-4)
OI ^{gol} _{t-1}	6.32e-3***	5.87e-2***	1.14e-2**	5.56e-2***	1.15e-2***	2.79e-3	1.24e-2***
	(1.31e-3)	(5.81e-3)	(5.29e-3)	(4.65e-3)	(2.67e-3)	(2.35e-3)	(2.05e-3)
OI ^{oil} _{t-1}	1.08e-4	9.95e-4	-3.17e-4	9.18e-4***	1.38e-4	-1.36e-5	1.96e-4
	(7.92e-5)	(3.50e-4)	(3.19e-4)	(2.80e-4)	(1.61e-4)	(1.41e-4)	(1.24e-4)
OI ^{sil} _{t-1}	3.26e-6	-3.61e-6	-1.59e-5	-1.13e-6	-3.69e-6	3.29e-6	3.50e-6
	(2.43e-6)	(1.08e-5)	(9.79e-6)	(8.60e-6)	(4.94e-6)	(4.35e-6)	(3.80e-6)
OI ^{soy} _{t-1}	1.06e-1	-9.04e-1	3.81e-1	-1.06***	7.71e-1***	2.89e-1**	-2.72e-1
	(1.06e-1)	(4.68e-1)	(4.26e-1)	(3.75e-1)	(2.15e-1)	(1.89e-2)	(1.66e-1)
OI ^{sug} _{t-1}	1.54e-3	-1.72e-2**	-1.42e-1***	-5.39e-2***	-6.37e-2***	-4.17e-2***	-2.36e-2***
	(1.65e-3)	(7.29e-3)	(6.63e-3)	(5.83e-3)	(3.35e-3)	(2.95e-3)	(2.58e-3)
OI ^{whe} _{t-1}	-3.79e-1***	-8.11e-1**	-2.36***	-8.36e-1***	-1.42***	3.91e-1***	7.44e-1**
	(7.37e-2)	(3.26e-1)	(2.96e-1)	(2.60e-1)	(1.49e-1)	(1.32e-1)	(1.15e-2)
IR _t	-5.37e-3***	4.48e-3***	-4.54e-2***	-1.56e-3	-7.88e-3***	-1.56e-2***	-1.19e-2***
	(3.82e-4)	(1.69e-3)	(1.54e-3)	(1.35e-3)	(7.74e-4)	(6.82e-4)	(5.97e-4)
DI _t	6.06e-2	-2.34e-1	5.82e-1	-1.94e-1	2.42e-1	7.16e-4	2.58e-2
	(1.14e-1)	(5.02e-1)	(4.57e-1)	(4.02e-1)	(2.31e-1)	(2.03e-1)	(1.78e-1)

Table 11 subsample analysis for liquidity impact on the dynamic conditional correlations.

Notes: This table presents the results of liquidity impact on the dynamic conditional correlations of different commodity markets with the stock market. From this table, we can see that corn, gold, sugar and wheat liquidities exhibit significant impacts on dynamic conditional correlations after controlling interest rate and dollar index. The sample runs from 2004 to 2020, which is the post-

*financialization period. The robust standard errors are in parenthesis with ***, ** and * denoting significance at 1%, 5% and 10% respectively. $e_n=10^n$, e.g. $e_{-6}=10^{-6}$ and $e_{+3}=10^3$.*

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

In conclusion, this paper intends to explore the effect of commodity financialization on commodity market volatilities as well as their dynamic correlations with the stock market. Since the commodity financialization stems from large capital inflow, we use market liquidity as a proxy of commodity financialization. Then, we employ the DCC-GARCH model to estimate conditional volatilities of different commodity markets as well as their dynamic conditional correlations with the stock market. Then, we unfold the fact that there is an asymmetrical capital attracting mechanism across different commodity markets and thus different markets may exhibit different weights in affecting conditional volatilities and dynamic conditional correlations after commodity financialization. Wheat and precious metal markets like gold and silver markets, might attract more capital after commodity financialization and they are the key players in affecting conditional volatilities and dynamic conditional correlations between commodity market and stock market. The rest of other market liquidities have trivial effects.

Furthermore, we also apply the subsample analysis by dividing our sample into pre-financialization period and post-financialization period. The results are quite distinguishing between those two periods. Before commodity financialization, commodity market liquidities scarcely influence the conditional volatilities and correlations. However, after commodity financialization, the commodity market liquidities effects are diverse. Three markets, namely, gold, sugar and wheat markets, out of seven markets exhibit significant impacts on conditional volatilities and dynamic conditional correlations between commodity market and stock market. Compared with those three markets, other four markets' effects are small. Therefore, those three markets have a strong spillover effect since their liquidities display significant impacts on other markets.

The reason can be attributed to the capital inflow size and those three markets may attract more capital than other four markets. Precious metal markets, especially gold market, plays a safe-haven role in the asset allocation, and thus plenty of capital surged into gold market. The wheat market has a disproportion effect, which creates a much larger dollar-weighting in commodity index for wheat contracts than other agricultural contracts, like corn and soybean contracts. The sugar market may have a

closer relation with the stock market than other agricultural markets, which may be favored by a number of fund managers. Those reasons may lead to a larger capital inflow to the three markets and thus they have a more considerable influential power across different commodity markets.

Regarding the policy implications, market liquidity is a reflection of capital surge by trading activities. Trading activities in commodity markets can be the manifestation of market conditions and the market liquidity can deliver fruitful information to the policymakers, such as monetary policy implementation effect. As we discover that gold, sugar and wheat markets play dominate roles in affecting market volatilities as well as correlations with stock market, policy makers can put an emphasis on those three markets. Regarding their liquidity spillover effects, policy impacts can be effectively spread to all commodity markets through this spillover channel.

FIGURES

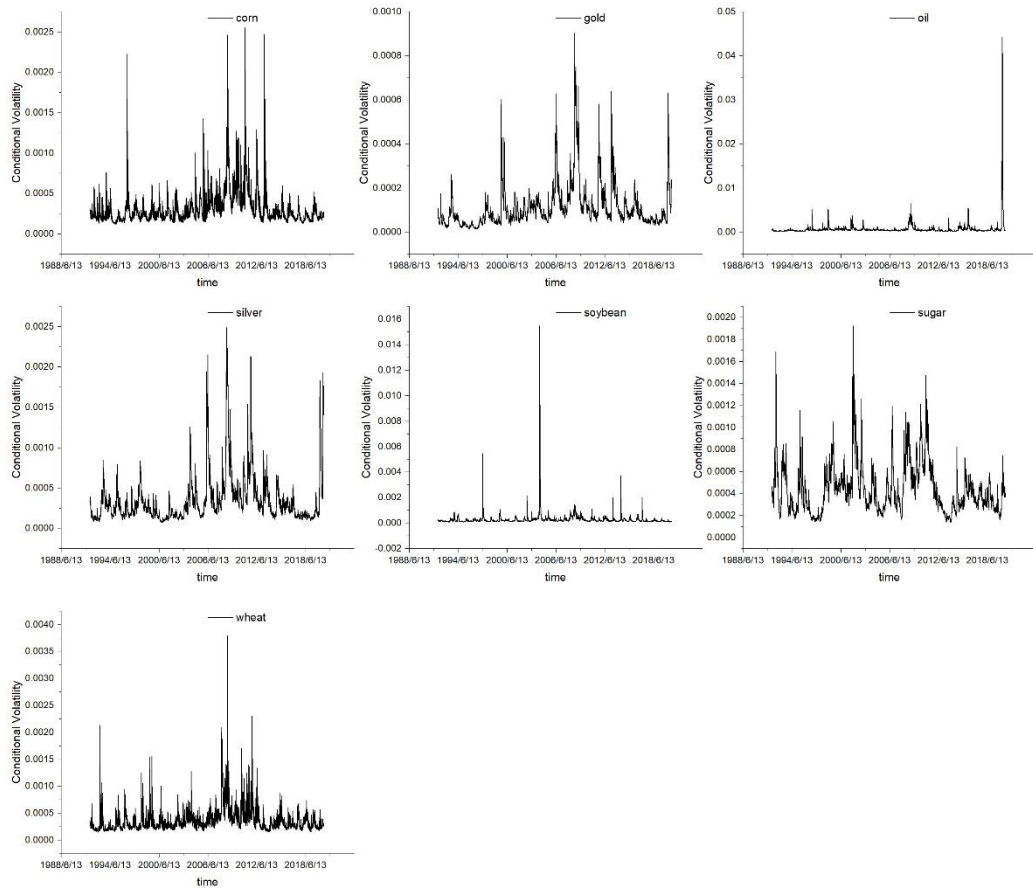


Fig. 1. Conditional volatility of 7 commodity markets predicted by DCC-GARCH model.

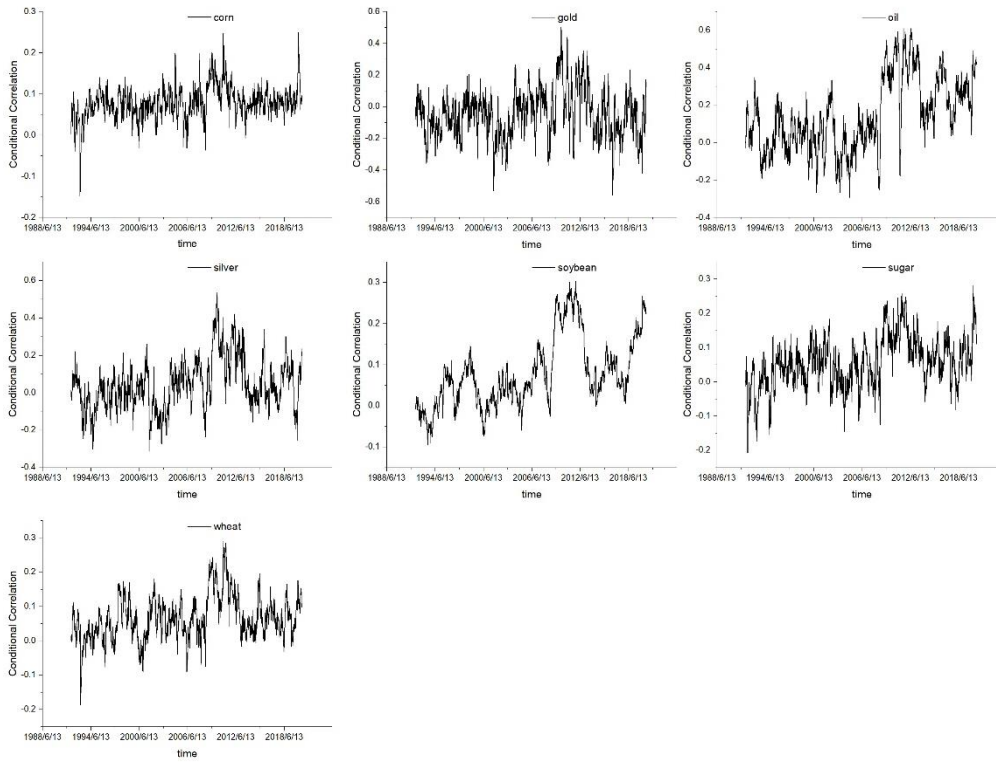


Fig. 2. Dynamic conditional correlations between 7 commodity markets and the stock market, predicted by DCC-GARCH model.

REFERENCE

- Adams, Z. and Glück, T., (2015). Financialization in commodity markets: A passing trend or the new normal?. *Journal of Banking and Finance*, 60, 93-111.
- Akkoc, U. and Civcir, I., (2019). Dynamic linkages between strategic commodities and stock market in Turkey: Evidence from SVAR-DCC-GARCH model. *Resources Policy*, 62, 231-239.
- Akram, Q. F., (2009). Commodity prices, interest rates and the dollar, *Energy Economics*, 31, 838-851.
- Amihud, Y., (2002). Illiquidity and stock returns: Cross-section and time-series effects. *Journal of Financial Markets*, 5, 31–56.
- Baines, J., (2017). Accumulating through food crisis? Farmers, commodity traders and the distributional politics of financialization. *Review of International Political Economy*, 24 (3), 497-537.
- Bakas, D. and Triantafyllou, A., (2018). The impact of uncertainty shocks on the volatility of commodity prices, *Journal of International Money and Finance*, 87, 96-111.
- Baur, D. G. and Lucey, B. M., (2010). Is gold a hedge or a safe haven? An analysis of stocks, bonds and gold. *Financial Review*, 45(2), 217-229.
- Beckmann, J., Berger, T., and Czudaj, R., (2019). Gold price dynamics and the role of uncertainty. *Quantitative Finance*, 19(4), 663-681.
- Belasen, A. R., and Demirel, R., (2019). Commodity-currencies or currency-commodities: Evidence from causality tests, *Resources Policy*, 60, 16168.
- Bessembinder, H. and Seguin, P. J., (1993). Price volatility, trading volume, and market depth: Evidence from futures markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 28, 21–39.
- Breen, W. J., Hodrick, L.S. and Korajczyk, R.A., (2002). Predicting equity liquidity. *Management Science*, 48(4), 470-483.
- Cabrera, B.L. and Schulz, F., (2016). Volatility linkages between energy and agricultural commodity prices. *Energy Economics*, 54, 190-203.
- Chordia, T., Roll, R. and Subrahmanyam, A., (2001). Market liquidity and trading activity. *The Journal of Finance* 56(2), 501-530.
- Collin-Dufresne, P., and Fos. V., (2016). Insider trading, stochastic liquidity, and equilibrium prices, *Econometrica*, 84 (4), 1441–1475.

- Covindassamy, G., Robe, M.A., and Wallen, J., (2017). Sugar with your coffee? Fundamentals, financials, and softs price uncertainty. *Journal of Financial Markets*, 37 (8), 744–765.
- Datar, V. T., Naik, N. Y. and Radcliffe, R., (1998). Liquidity and stock returns: An alternative test. *Journal of Financial Markets*, 1(2), 203-219.
- Feng, P. Hung, M.-W., and Wang. Y.-H., (2014). Option pricing with stochastic liquidity risk: Theory and evidence, *Journal of Financial Markets*, 18, 77–95.
- Frino, A., Mollica, V. and Webb, R.I., (2014). The impact of co-location of securities exchanges' and traders' computer servers on market liquidity. *Journal of Futures Markets*, 34(1), 20-33.
- Guo, L., Lien, D., Hao, M. and Zhang, H., (2017). Uncertainty and liquidity in corporate bond market. *Applied Economics*, 49(47), 4760-4781.
- Hu, C., Li, Z. and Liu, X., (2020). Liquidity shocks, commodity financialization, and market comovements. *Journal of Futures Markets*, 40(9), 1315-1336.
- Hung, J. C., Lee, M.C. and Liu, H.C., (2008). Estimation of value-at-risk for energy commodities via fat-tailed GARCH models. *Energy Economics*, 30(3), 1173-1191.
- Irwin, S. H. and Sanders, D. R., (2011). Index funds, financialization, and commodity futures markets. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 33(1), 1-31.
- Irwin, S.H. and Sanders, D.R., (2012). Financialization and structural change in commodity futures markets. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 44, 371-396.
- Jiang, Y., Jiang, C., Nie, H. and Mo, B., (2019). The time-varying linkages between global oil market and China's commodity sectors: Evidence from DCC-GJR-GARCH analyses. *Energy*, 166, 577-586.
- Johnson, T. C., (2008). Volume, liquidity, and liquidity risk. *Journal of Financial Economics*, 87(2), 388-417.
- Kang, S.H., McIver, R. and Yoon, S.M., (2017). Dynamic spillover effects among crude oil, precious metal, and agricultural commodity futures markets. *Energy Economics*, 62, 19-32.
- Klein, T. and Walther, T., (2016). Oil price volatility forecast with mixture memory GARCH. *Energy Economics*, 58, 46-58.
- Milonas, N. T., (1986). Liquidity and price variability in futures markets. *Financial Review*, 21(2), 211-238.
- Nonejad, N., (2020). Crude oil price volatility and equity return predictability: A comparative out-of-sample study. *International Review of Financial Analysis*, 101521.

Ordu-Akkaya, B. M., Ugurlu-Yildirim, E., and Soytaş, U., (2019). The role of trading volume, open interest and trader positions on volatility transmission between spot and futures markets. *Resources Policy* 61, 410-422.

Ouyang, R. and Zhang, X., (2020). Financialization of agricultural commodities: Evidence from China. *Economic Modelling*, 85, 381-389.

Pagano, M., (1989). Trading volume and asset liquidity. *The Quarterly Journal of Economics*, 104(2), 255-274.

Reboredo, J. C., (2013). Is gold a hedge or safe haven against oil price movements?. *Resources Policy*, 38(2), 130-137.

Rzayev, K. and Ibikunle, G., (2019). A state-space modeling of the information content of trading volume. *Journal of Financial Markets*, 46, 100507.

Sari, R., Hammoudeh, S., Chang, C.L. and McAleer, M., (2012). Causality between market liquidity and depth for energy and grains. *Energy Economics*, 34(5), 1683-1692.

Schulmeister, S. 2012. Technical trading and commodity price fluctuations. *WIFO Studies*.

Tang, K., and Xiong, W., (2012). Index investment and the financialization of commodities. *Financial Analysts Journal*, 68(6), 54-74.



ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNDE DEĞİŞİMİN YÖNÜ

Prof. Dr. Erdal Tanas Karagöl
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Siyasal Bilgiler Fakültesi, Çubuk , Ankara
erdalkaragol@hotmail.com

ÖZET: Enerji arz güvenliği, ülkelerin ekonomik büyümelerinin sürdürülebilirliği için çok önemlidir. Enerji kaynaklarına ulaşmak ve bu kaynakların sürdürülebilir olması enerji arz güvenliğinin önemli boyutlarını teşkil etmektedir. Enerji arz güvenliğinde yıllara göre farklı kaynaklar öne çıksa da son yıllarda doğal gaz ve yenilenebilir enerjinin gittikçe artan önemini görüyoruz. Bu nedenle, bir yandan dışa bağımlılığı çok yüksek olan doğal gazın arz güvenliği sağlanırken diğer yandan yerli kaynak olarak adlandırılan hidro, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir kaynaklarından yararlanmak enerji arz güvenliği açısından önemlidir. Dolayısıyla, enerji kaynaklarının herhangi bir sıkıntı yaşanmadan sağlanması ve bu kaynakların ekonomik olması enerji arz güvenliğinin olmazsa olmaz koşuludur. Bu nedenle, enerji arz güvenliğinde özellikle yenilenebilir kaynakların toplam enerji arz güvenliğinde payını artırmak stratejik öneme sahiptir.

JEL: Q40 , Q41, Q42, Q43

DIRECTION OF CHANGE IN ENERGY SUPPLY SECURITY

ABSTRACT: Energy supply security is very important for the sustainability of countries' economic growth. Access to energy resources and the sustainability of these resources constitute important dimensions of energy supply security. Although different sources stand out in energy supply security over the years, we see the increasing importance of natural gas and renewable energy in recent years. For this reason, it is important for energy supply security to benefit from renewable resources such as hydro, solar and wind, which are called as domestic resources, while ensuring the supply security of natural gas, which is very dependent on foreign sources. Therefore, providing energy resources without any difficulties and being economical of these resources are indispensable conditions for energy supply security. Therefore, it is strategically important to increase the share of renewable resources in energy supply security, especially in total energy supply security.

JEL: Q40 , Q41, Q42, Q43

1. GİRİŞ

Enerji arz güvenliği ekonomiler için çok önemlidir. Çünkü ekonomilerin temel girdisi olan enerjinin uygun fiyatlarla karşılanması ve enerji tüketiminde sürekliliğin sağlanması dolayısıyla yüksek ekonomik büyüme, yüksek GSYH ve kişi başı gelir için çok kritik olduğu açıktır. Enerji ekonomisi literatüründe enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştıran bir çok çalışma vardır. Bazı çalışmalarda yüksek GSYH enerji tüketimini arttırırken (Savaş ve Durğun, 2016) bazı çalışmalarda da yüksek GSYH' yi arttırmak için yüksek miktarda enerji tüketimi ihtiyacı doğmaktadır (Çağıl vd. , 2013). Bazen de GSYH ve enerji tüketimi arasında çift yönlü ilişki ortaya çıkmaktadır (Altınay ve Karagöl, 2004). Dolayısıyla, ülkelere ve ülke gruplarına göre farklı nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Dönemler itibariyle enerji arz güvenliğini sağlayan enerji kaynakları değişse de ekonomiler arz güvenliklerini farklı kaynaklarla sürdürmüşlerdir. Enerji arz güvenliğinde 19. yy'da kömür öne çıkarken 20.yy'da petrol ve 21. yy'da ise doğal gazın öne çıktığını ama yenilenebilir enerjinin de hızlı bir şekilde enerji arz güvenliğinde önemli yer aldığını görüyoruz.

Bu nedenle dünyadaki enerji arz güvenliğinde var olan genel trende uygun olarak, Türkiye geleneksel olarak kullanılan fosil kaynakları kullanımının yanında son yıllarda artan önemi dolayısıyla doğal gaz boru hatlarıyla hem kendi enerji arz güvenliğini sağlamak hem de coğrafi konumunun sağladığı avantajı kullanarak enerjinin transferini sağlayarak özellikle AB ülkelerinin de enerji arz güvenliğini sağlamaktadır. Buna ek olarak da yenilenebilir kaynakların enerji arz güvenliğinde katkısını artırmak amacıyla da ve yerli kaynakların kullanımını artırmak için güneş ve rüzgarın payını da artırmaktadır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde enerji arz güvenliğinden, üçüncü bölümde son yıllarda enerji arz güvenliğinde önemli paya sahip olan doğal gaz ve yenilenebilir enerjiden bahsedilecek ve son bölümde ise sonuç ve önerilere yer verilecektir.

2. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ

Enerji arz güvenliği, enerjinin uygun fiyatlarla ve kullanılan enerjinin sürekliliğinin olması yani kesintisiz kullanılmasını ifade etmektedir. Ancak enerji arz güvenliği ile ilgili olarak farklı tanımlamalar ve göstergeler de kullanılmaktadır. Hughes ve Shupe (2010) enerji arz güvenliğini bir endeks ile açıklamakta ve bu endeksi oluşturan

dört faktörden bahsetmektedir. Söz konusu endekste kullanılan faktörler ise kullanılabilirlik, erişilebilirlik, satın alınabilirlik ve kabul edilebilirlik olarak tanımlanmaktadır.

Kullanılabilirlik, enerji kaynaklarının bilinen rezervlerden elde edilebilirliğini ifade ederken, erişilebilirlik ise enerji kaynaklarının arz açısından güvenilirliğini ve enerji arzının kesintisiz bir şekilde kullanımını ve devamlılığını ifade etmektedir. Diğer faktörlerde olan satın alınabilirlik, enerji kaynaklarının fiyatlarını ve altyapı maliyetlerini yani enerjinin uygun fiyatlarla temin edilmesini, kabul edilebilirlik ise kullanılacak enerji kaynaklarının çevre-kalkınma hassas dengesinin korunmasını dolayısıyla kaynak kullanımlarının da toplum tarafından benimsenmesinin onaylanmasını ifade etmektedir (Peker, 2015).

3. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DOĞAL GAZ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ

Türkiye bir yandan dünya enerji arz güvenliğinde önemli bir yeri olan doğal gaz ile enerji arz güvenliğini sağlarken diğer yandan yenilenebilir enerjinin de enerji arz güvenliğinde yer alması için başta güneş ve rüzgar enerjisi yatırımlarını hızlandırmaktadır. Özellikle doğal gazın kullanımının artması nedeniyle, Türkiye son yıllarda hayata geçirdiği büyük doğal gaz projeleriyle enerji arz güvenliğini güvence altına almaktadır. Başta da Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi, (TANAP), TurkAkım ve Sıvılaştırılmış Doğalgaz Depolama ve Yeniden Gazlaştırma Terminalleri ile doğal gaz arz güvenliğini sağlamaktadır.

Türkiye'nin doğal gazda yüzde 98 oranında dışarıya bağımlı olması nedeniyle her ne kadar hayata geçen doğal gaz boru hatlarıyla doğal gaz arzı sağlanıyorsa da esas olarak sahip olduğu güneş ve rüzgar gücünden yararlanması enerjide dışarıya bağımlılığı azaltan önemli bir adım olarak görülmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2019-2023 Stratejik Planında (2019) yer alan "Sürdürülebilir Enerji Arz Güvenliği" için 5 temel hedef açıklanmıştır. Bu hedefler ise; yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %59'dan %65 seviyesine yükseltileceği öngörülmüştür. Geçmiş yıllarda hayata geçen hidroelektrik santrallerin yanında yeni dönemde yenilenebilir olarak adlandırılan güneş ve rüzgar ile beraber yerli kaynakların payı gittikçe artmaktadır. Yerli enerji kullanımının artması için YEKA, AR-GE ve yerli üretim sayesinde yenilenebilir enerji alanında ilerleme sağlamak, nükleer teknoloji

kullanarak elektrik, üretimine katkıda bulunmak, maden teknolojisini yerlileştirmek Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından açıklanan “Milli Enerji ve Maden Politikası” metninde öne çıkan hususlar olmaktadır (Karagöl vd., 2017).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) (2020) Dünya Enerji Görünümü raporunda belirtildiği üzere yenilenebilir enerjide başta güneş ve rüzgâr çok önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca yeni kaynakların keşfi ve ülke ekonomisine entegrasyonu, enerji verimliliği ve nükleer enerjinin kullanımı enerji arz güvenliği için önem kazanmaktadır. Diğer yandan halen yapım aşamasında olan ilk nükleer santral ile nükleer enerji, arz kaynakları arasına dâhil edilecek ve enerji arzındaki payının artırılmasına yönelik çalışmalar sürdürülecektir.

Doğal gaz ve elektrik altyapısının güçlendirilmesi sağlanacak ve petrol, doğal gaz arama ve üretim faaliyetlerinin başta denizlerde olmak üzere hızlandırılarak sürdürülmesi sağlanacaktır. 2019 yılında Karadeniz’de Sakarya havzasında keşfedilen 400 milyar metreküp doğal gaz bu anlamda enerji arz güvenliğine katkı yapacak önemli bir kaynak olduğu açıktır. Bu kapsamda Doğu Akdeniz’deki doğal gaz keşifleri hem enerji arz güvenliğini sağlayacak hem de Türkiye’nin doğal gaz alanında tüketici konumundan üretici konumuna geçmesine ve stratejik bir aktör olmasını sağlayacaktır. Enerji arz güvenliğinin sağlanması için elektrik sektöründe teknolojik dönüşüm uygulamaları yapılacağı ifade edilmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji arz güvenliği üretim dolayısıyla ekonomik büyüme ve yüksek GSYH için vazgeçilmezdir. Türkiye hem enerji arz güvenliğini sağlamak ve enerji arz güvenliğini çeşitlendirmek için farklı enerji kaynaklarını kullanma konusunda önemli adımlar attı. Türkiye, bir yandan fosil kaynakları kullanırken diğer yandan da yenilenebilir kaynaklar olan hidro, güneş ve rüzgarında payı giderek artmaktadır. Önümüzdeki yıllarda nükleer enerjinin de kullanıma gireceği göz önünde bulundurulduğunda kaynak çeşitliliğinin önemli ölçüde sağlanacağını göstermektedir.

Türkiye için kendi enerji arz güvenliğini sağlamak ne kadar önemliyse, enerji arz güvenliğini Türkiye üzerinden uluslararası doğal gaz projeleri üzerinden sağlayacak olan AB ülkeleri açısından da Türkiye’nin önemi gittikçe artmaktadır.

KAYNAKLAR

Altınay, G. & Karagöl, E. (2004) Structural Break, Unit Root, and The Causality between Energy Consumption and GDP in Turkey, *Energy Economics*, 26 (6), 985– 994.

Çağlı, G., Türkmen, S.Y., & Çakır, Ö. (2013) Enerji ve Makroekonomik Değişkenler Arasındaki İlişki: Türkiye Açısından Bir Uygulama, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 4 161-174.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2019) 2019-2023 Stratejik Planı, https://sp.enerji.gov.tr/bakan_sunumu.html

Hughes, L. ve Shupe, D. (2010) Creating Energy Security Indexes With Decision Matrices and Qantitive Criteria, WEC Congress, Montreal.

Karagöl, ET İ. Kavaz, B. Z. Özdemir ve S. Kaya (2017) Türkiye'nin Milli Enerji ve Maden Politikası, *SETA Analiz*, Sayı; 203.

Peker, Hasan Sencer (2015) Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği ve Ölçülmesi: Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Endeksine Yönelik Bir Uygulama*Çankırı Karatekin Üniversitesi ,İktisadi ve İdari Bilimler, Fakültesi Dergisi , Cilt 5, Sayı 2, ss.763-783.

Savaş, B. & Durğun, B. (2016), Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği, *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (11), 213-244

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) (2020) Dünya Enerji Görünümü Raporu.



EĞİTİM SEVİYESİ İLE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON EMİSYONU İLİŞKİSİ

Doç. Dr. Seda Yıldırım

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü
sedayildirim@nku.edu.tr

Doç. Dr. Durmuş Çağrı Yıldırım

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
dcyildirim@nku.edu.tr

Özet: Bu çalışmada eğitim, enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiler OECD ülkeleri için incelenmektedir. Bu kapsamda 32 OECD ülkesine ilişkin 1995-2014 yıllarını kapsayan veriler ile eğitim seviyesinin, enerji talebi, enerji yoğunluğu ile karbon emisyonu ve karbon yoğunluğu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, eğitim seviyesi ile enerji talebi, enerji yoğunluğu ve karbon emisyonu ve karbon yoğunluğu serileri arasında uzun dönemli bir koentegrasyon ilişkisinin mevcut olduğu görülmüştür. Ayrıca eğitim seviyesinin uzun dönemde ilgili değişkenler üzerinde negatif ve anlamlı bir etkisinin olduğuna karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Eğitim Seviyesi, Enerji Tüketimi, Karbon Emisyonu, Panel Veri Metodolojisi

Giriş

Sürdürülebilir kalkınmaya giden yolda dünya ülkelerine yöne gösteren ve sürdürülebilirlik derecesinin belirlenmesi açısından önemli bir gösterge olan 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin üzerinde yoğunlaştığı önemli bir konudur. 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri içerisinde barındırdığı 17 temel hedef çerçevesinde dünya ülkelerini çalışmaya davet etmiştir. Bu 17 temel hedef, sürdürülebilir kalkınma için düzeltilmesi ve iyileştirilmesi gereken temel alanları temsil etmektedir (Yıldırım ve Yıldırım, 2020; Yıldırım, 2020). Eğitim konusu da özellikle ayrı bir başlık altında 2030 SKH

içerisinde yer almaktadır. Dolayısıyla, eğitim ve sürdürülebilirlik ilişkisi ne kadar birbirine yakın ise; eğitim ve çevre ilişkisi de o kadar birbirine yakın temalar olarak düşünülebilir. Bu noktada, literatürde eğitim ve çevre ilişkisine değinen çalışmalar bu araştırma için rehberlik görevi üstlenmiştir. Literatürde eğitim ve çevre arasındaki ilişkiye yönelik bulgular için farklı yaklaşımlar ve farklı araştırma yöntemler bulunmaktadır. Örneğin; Short (2010), çevre sorunlarının karmaşıklığını anlayabilen ve kararlarına aktif olarak katılabilen bir vatandaşlık modelinin hayati önem taşıdığını belirtmektedir. Dolayısıyla, çevre üzerine eğitimlerin önemini vurgulamaktadır. Çevre eğitimcilerinin nihai amacı, bu aktif vatandaşlığın yaratılmasını kolaylaştırmak şeklinde ele alınmaktadır. Bugüne kadar, çevre eğitiminin (EE) neredeyse tüm değerlendirmeleri eğitimsel sonuçlara odaklanmıştır. Enerji Verimliliği çabalarından kaynaklanan eylemlerle bağlantılı çevresel kaliteye olan etkilerin değerlendirilmesi, bu disiplinin de daha güncel hale gelmesini sağlamıştır. Küresel ısınma, geçtiğimiz yıllarda uluslararası toplum düzeyinde ilgi uyandırdı. Çevre sorunlarının eğitimi, insanların çevre okuryazarlığını geliştirmek ve sorunları çözmek için önemli bir yoldur. İnsanlar çevre eğitimine daha fazla önem vermeye başlamışlardır. Liu ve Gua, (2018) da yaptıkları çalışma çevre eğitiminin ileride çevre kalitesinin iyileştirilmesi açısından önemine vurgu yapmaktadırlar. Küreselleşmenin hem çevresel kalite hem de sürdürülebilirlik üzerinde kötüleştirici bir etkiye sahip olduğu ve olumsuz etkisinin, çevresel kalite ve sürdürülebilirlik üzerindeki olumlu gelir etkilerinden daha ağır bastığı literatürde birçok çalışmada kanıtlanmıştır (Twerefou vd., 2017). Diğer bir deyişle, çalışmalarda ekonomik büyüme, küreselleşme ve çevresel etkiler arası ilişkiler incelenirken, eğitimin de önemli bir değişken olduğu görülmektedir. Bu noktada, Kwabena vd., (2017) yaptıkları çalışmada Sahra Altı Afrika ülkelerine, daha temiz teknolojiler ve ürünler kullanarak büyümeyi artırma ve küreselleşmeye katılma çabalarında çevre normlarını güçlendirmelerini ve yeşil altyapı ve doğa temelli yatırımlarla doğal ve sabit sermayenin değer kaybını azaltmalarını önermektedirler. Eğitim harcamalarını artırırken ve çevresel kalite bozulmasından kaynaklanan ekolojik krizlerle mücadele ederken projeler geliştirilmesi önemlidir. (Kwabena vd., 2017). Salahuddin vd., (2020) da çevre kalitesi ve tarımsal teknolojiler arası ilişkileri incelerken eğitimin önemine vurgu yapmaktadırlar. Eğitimle ilgili olarak, Sahra Altı Afrika'da (SSA) okuryazarlık oranları çok düşük olan birçok ülkeye sahiptir. Son zamanlarda birçok ampirik çalışmada kanıtlandığı gibi, eğitim seviyeleri ile tarımsal üretkenlik arasında pozitif bir ilişki olduğu için, bölgede eğitimi teşvik etmek için sadece daha fazla yatırım değil, aynı zamanda daha iyi yönetilen iyi yönetime dayalı tahsislere ihtiyaç duyulmaktadır. Salahuddin vd., (2020) de tarımsal verimlilik üzerine pozitif eğitim katsayısı bu ilişkiyi bir kez daha güçlendirmektedir. Sonuçlar, karbon

emisyollarının ve dzeltimi ulusal tasarrufların beklenen işaretleri gösterdiğini göstermektedir. Daha yüksek kişi başına CO2 emisyonları, Sahra altı Afrika bölgesinde tarımsal verimlilik üzerinde küçük ama olumsuz bir etkiye sahiptir. Ekonomik büyüme ve ekilebilir alanların tarımsal verimlilik ile önemli bir ilişkisi yoktur, eğitim istatistiksel olarak önemlidir. (Salahuddin vd., 2020). Narayan ve Narayan, (2008), kişi başına sağlık harcamalarını belirlemede çevresel kalitenin rolünü aratırmılardır. evre kalitesinin hem kısa hem de uzun vadeli etkilerini tahmin etme olasılığını keşfetmek için bir panel ebtnleme yaklaşımı uygulamışlardır Ampirik analiz, 1980-1999 dönemi için sekiz OECD ülkesine, yani Avusturya, Danimarka, İzlanda, İrlanda, Norveç, İspanya, İsviçre ve Birleşik Krallık'a dayanmaktadır. Sonuçlar, sağlık politikasının çevresel kalite konularını içermesi gerektiğini, aksi takdirde sağlık harcamalarında bir artış görülebileceğini göstermektedir. Daha önce belirtildiği gibi, OECD lkelerindeki sağlık hizmetleri harcamaları halihazırda yüksektir (GSYİH'nın yaklaşık% 10'u), bu potansiyel olarak (1) evresel kaliteyi belirli bir standartta koruma harcamaları ve (2) diğer harcamalar eğitim gibi sektörler. Bu, sağlık harcamalarının oranının çevresel kalitedeki bozulmadan etkilenenleri önemsemeye gitmesi durumunda, çevresel kaliteyi yükseltmek için daha az fon bulunacağı ve bu süreç devam ederse muhtemelen hükümet üzerinde daha fazla baskıya yol açacağı anlamına gelir.(Narayan ve Narayan, 2008). Khalid vd.(2020) de yaptıkları çalışma sonucunda Güney Asya Bölgesel İşbirliği (SAARC) bölgesinin çevresel kalitesini kourması ve sürdürülebilir enerjiye geii açısından eğitimin önemini vurgulamaktadırlar. Khalid vd. (2020)'ye göre, SAARC bölgesinin enerji taleplerini karşılamada savunmasız olduğu ve ayrıca çevresel kaliteye ulaşmak için zararlı olan daha yüksek nüfus artıı eğilimleri olduğu grlmektedir. Ek olarak, SAARC lkelerinin kirli endüstrilere kirlilik vergisi koymasđ ve sonuç olarak çevresel zararları azaltan enerji verimliliğine ulaşmak için araştırma ve geliştirme projeleri için bazı fonlar ayırması gerekiyor. SAARC bölgesinin daha yüksek kaliteli kömür ve doğal gaz gibi verimli ve daha geleneksel enerji kaynaklarını kullanması da zorunludur. Bu temiz enerji kaynakları, ekonomik gelişme ve büyüme sürecine zarar vermeden çevresel bozulmayı azaltabilir. Daha yeşil büyümenin teşvik edilmesi için, bu ülkelerin hkmeti, çevreyi korumak için endüstrinin temiz üretimi, temiz ve yeşil ulaşım ve binalar ve farklı atıklardan kaynaklanan kirliliği kontrol eden teknolojiler gibi alanları kapsayan bazı araştırma ve geliştirme programları ilan etmelidir. Son olarak, politika yapıcılar, evre bilincine, eğitime, alıtaylara, seminerlere, güvenliğe, teknolojilere ve daha fazlasına dayanan doğal kaynakların seviyesini koruyarak temiz enerji kaynakları için verimli bir talep tedarik mekanizması geliştirmelidir (Khalid vd., 2020). Eğitim çoğu ülke ve Şehir için

bölgesel kalkınma açısından da önemli bir değişkendir. Çoğu ülkedeki bazı şehirlerin ulusal ortalamadan daha hızlı büyümesi nedeniyle kentsel nüfusun payı da regresyonda kontrol edilebilir, bu da kentsel kaynaklar ve çevre üzerinde bir miktar baskı oluşturur. Özellikle, gelişmekte olan ve geçiş ülkelerinde işçiler daha iyi iş, yaşam, eğitim ve tedavi için kırsal alanlardan kentsel alanlara göç ediyor. Artan kentsel nüfus başka bir kirlilik kaynağı olarak düşünülebilir (Kasman ve Duman,2015). Wang vd. (2018) yaptıkları çalışmada sosyal kentleşmenin kişisel tüketim yoluyla CO₂ emisyonlarını yalnızca hafifçe etkilediği, ancak üniversite eğitimindeki gelişmeler yoluyla belirgin ve olumsuz bir etki yarattığını tespit etmişlerdir. Sosyal kentleşme, CO₂ emisyonları üzerinde çift etki yapmaktadır. Sosyal kentleşme süreci, şehir sakinlerinin daha yüksek düşük karbon bilincine sahip olmasının bir sonucu olarak, CO₂ emisyonları üzerinde belirgin olumsuz etkilere yol açan sivil farkındalığı eğiten iyileştirilmiş eğitim koşullarına da tanıklık ediyor. Ayrıca, eğitim ve hükümet bilgilendirme programları aracılığıyla enerji tasarrufu ve çevre dostu uygulamalar konusunda halkın bilinçlendirilmesine daha fazla önem verilmesi önerilmektedir. (Wang vd., 2018). Eğitim ve çevre kalitesini ilgilendiren çalışmalarda ekonometrik olarak panel veri analizleri çoğalmaktadır. Panel veri analizi, basit regresyon analizine göre birçok avantajı olan, hem uzamsal hem de zamansal boyutlarda regresyon analizine olanak tanıyan bir yöntemdir. Örneğin, panel birim kök testi, sahte regresyondan kaçınmak için değişkenlerin durağan yapısını inceleyebilir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli bir denge ilişkisi, bir panel eş-bütünleşme testi ile belirlenebilir. Panel veri modelleri aynı zamanda daha fazla örnek değişkenliği ve daha fazla serbestlik derecesi sağlar, bu da tahmin verimliliğini artırabilir. Bu nedenle, panel veri analizi, araştırmacıların ekonomi, coğrafya, politika ve eğitim gibi çok çeşitli alanlarda boylemsal ve yatay analizler yapmasını sağlamıştır. (Shi vd., 2016). Meangbua vd., (2019), çalışmalarında hanehalkının enerji gereksinimleri ve karbon emisyonlarını Tayland için ele almışlardır. Panel veri analizinin sonuçlarına göre hanehalkı özelliklerinin hem doğrudan enerji gereksinimlerini hem de hane başına doğrudan CO₂ emisyonlarını etkilemede önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Ayrıca, eğitim ve hane reisinin yaşı gelir düzeyini etkilediği ve gelir, hem enerji hem de enerji dışı mal ve hizmetler için harcamaları etkileyen en önemli doğrudan faktör olduğu tespit edilmiştir. Yaşlıların genç hanehalkı üyelerine göre evde daha fazla zaman geçirmesi nedeniyle Tayland'daki hanehalkı üyelerinin yaşı arttıkça, klimada enerji tüketim oranının da o kadar yüksek olduğuna inanılmaktadır. Ayrıca, lisans veya daha yüksek bir eğitim seviyesi ile mezun olan hanehalkı reisleri, doğrudan enerji gereksinimleri ve doğrudan CO₂ emisyonları için sırasıyla yaklaşık % 181 ve % 50 oranında daha fazla enerji

tüketmekte ve daha fazla doğrudan CO2 emisyonu (enerji ürünlerinden) üretmektedir (Meangbua vd., 2019). Charfeddine ve Mrabet, (2017) yaptıkları çalışmada kentleşme, çevresel kaliteye ilişkin bulgular elde etmişlerdir. Kentleşme, daha fazla insanın çevre dostu tesislere ve hizmetlere uygun fiyatlarla erişmesini sağlar. Uzun vadede çevre dostu ekipmanlar, makineler, araçlar ve tesisler yeşil ekonominin geleceğini belirleyecektir. Kentleşmeyle ilişkili daha yüksek yaşam standardı insanlara daha iyi yiyecek, eğitim, barınma ve sağlık hizmetleri sağlar. Kentsel büyüme, altyapı projelerini finanse eden, tıkanıklığı azaltan ve halk sağlığını iyileştiren gelirler üretir. Bu sonuçlar, özellikle doğurganlık hızı değişkeni açısından beklendiği gibi olmamasına rağmen, bu ülkelerde sağlık kalitesini ve eğitim düzeyini iyileştirmeye yönelik politikalar tavsiye edilmektedir. (Charfeddine ve Mrabet, 2017). Bir ülkenin tüm CO2 emisyonları, doğrudan toplam enerji tüketimi ve enerji yapısı tarafından belirlenir. Kentleşme her ikisini de çok boyutlu bir şekilde etkileyebilir. Bir yandan kentleşme, kişi başına düşen gelir ve toplam enerji tüketimini artıracak olan peyzaj dönüşümü ile pozitif yönde ilişkilidir. Öte yandan, kentleşme aynı zamanda ekonomik faaliyetlerde ölçek etkisini gösterecek ve dolayısıyla CO2 emisyonlarını azaltacak bir nüfus toplanma sürecidir. Ayrıca, kentleşme genellikle insan sermayesinin derecesi ile olumlu bir şekilde ilişkilidir. Daha yüksek eğitilmiş insanlar temiz enerji ister ve bu nedenle şehrin enerji tüketimi yapısını değiştirebilir ve CO2 emisyonlarını sınırlayabilir (Chen vd., 2019).

Amaç ve Yöntem

Bu çalışma kapsamında eğitim seviyesinin enerji tüketimi, enerji yoğunluğu ile karbon emisyonu ve karbon yoğunluğu ilişkisi ele alınmaktadır. Bu kapsamda 32 OECD ülkesi için 1995-2014 yıllarına ilişkin veriler panel veri yöntemleri ile ele alınmıştır.

Ampirik Analiz Sonuçları

Seriler arasındaki ilişkilerin araştırılmasında durağanlık durumu önem arz etmektedir. Diğer taraftan panel veri analizi için serilerin durağanlığının araştırılmasında yatay kesit bağımlılığı önem arz etmektedir. Tablo 1’de yatay kesit bağımlılığına ilişkin sonuçlar görülmektedir.

Tablo 1: Yatay Kesit Bağımlılığı Testi (Pesaran (2004) CD)

<i>Variable</i>	<i>CD-test</i>	<i>p-value</i>
lnenergyuse	17.440	0.000
lnurbanpop	35.290	0.000
lngdpconpc	92.320	0.000
lnco2pc	22.25	0.000
energyinte~y	61.31	0.000
co2inten	38.98	0.000
Intertiary	76.4	0.000

Elde edilen sonuçlara göre temel hipotez reddedilememekte ve yatay kesit bağımlılığının var olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Serilerin yatay kesit bağımlılığının araştırılmasının ardından serilerin durağanlık durumları araştırılacaktır. Tablo 2’de yatay kesit bağımlılığı göz önüne alan Pesaran 2007 panel birim kök test sonuçları görülmektedir.

Tablo 2: Pesaran 2007 Panel Birim Kök Test Sonuçları

<i>Specification without trend model</i>							
<i>Variable</i>	<i>lags</i>	<i>Zt-bar</i>	<i>P-value</i>	<i>Variable</i>	<i>lags</i>	<i>Zt-bar</i>	<i>P-value</i>
lnco2pc	0	-1.550	0.061	lnenergyuse	0	1.528	0.937
	1	-0.412	0.340		1	2.354	0.991
	2	2.112	0.983		2	2.923	0.998
	3	1.657	0.951		3	1.058	0.855
	4	5.563	1.000		4	1.597	0.945
	5	24.069	1.000		5	24.069	1.000
energyintensity	0	-1.038	0.150	lnurbanpop	0	5.588	1.000
	1	-0.421	0.337		1	2.985	0.999
	2	1.951	0.974		2	4.751	1.000
	3	2.013	0.978		3	5.328	1.000
	4	1.146	0.874		4	5.056	1.000
	5	24.069	1.000		5	24.069	1.000
co2inten	0	-3.438	0.000	lngdpconpc	0	-1.369	0.085
	1	-2.511	0.006		1	-4.172	0.000
	2	-1.049	0.147		2	-1.332	0.091
	3	1.157	0.876		3	0.071	0.528
	4	2.173	0.985		4	-0.410	0.341
	5	24.069	1.000		5	24.069	1.000
Intertiary	0	4.049	1.000				
	1	1.602	0.945				

Specification	with trend	t-bar					
Variable	lags	Zt-bar	p-value	Variable	lags	Zt-bar	p-value
	2	2.539	0.994				
	3	1.813	0.965				
	4	4.841	1.000				
	5	23.493	1.000				
Specification with trend model							
	0	-2.656	0.004		0	-0.719	0.236
	1	-1.767	0.039		1	-0.181	0.428
lnco2pc	2	1.562	0.941	lnenergyuse	2	2.732	0.997
	3	0.655	0.744		3	2.336	0.990
	4	2.672	0.996		4	1.696	0.955
	5	22.347	1.000		5	22.347	1.000
	0	-0.065	0.474		0	5.856	1.000
	1	0.831	0.797		1	4.451	1.000
energyintensity	2	2.478	0.993	lnurbanpop	2	6.159	1.000
	3	0.862	0.806		3	5.430	1.000
	4	4.296	1.000		4	2.442	0.993
	5	22.347	1.000		5	22.347	1.000
	0	-2.843	0.002		0	1.194	0.884
	1	-1.866	0.031		1	-1.680	0.047
co2inten	2	-0.129	0.449	lngdpconpc	2	-0.107	0.457
	3	2.025	0.979		3	2.954	0.998
	4	1.975	0.976		4	-0.687	0.246
	5	22.347	1.000		5	22.347	1.000
	0	2.054	0.980				
	1	0.369	0.644				
Intertiary	2	0.441	0.670				
	3	2.709	0.997				
	4	7.367	1.000				
	5	22.347	1.000				

Tablo 2'deki sonuçlar incelendiğinde serilerin düzeyde durağan olmadıklarını öne süren temel hipotez reddedilemediği görülmektedir. Serilerin fark durağan olduğuna karar verilmiştir. Serilerin birinci farkı için analiz tekrar edildiğinde serilerin durağanlıklarının sağlandığı görülmüştür.

Analiz sonucunda serilerin aynı derecede durağan oldukları diğer bir ifade ile uzun dönemde koentegre olabilecekleri görülmektedir. Seriler arasındaki koentegrasyon ilişkisinin araştırılması için öncelikle Pedroni koentegrasyon testine başvurulmuştur. Tablo 3'de Pedroni Panel Koentegrasyon Test Sonuçları görülmektedir.

Table 3: Pedroni Panel Koentegrasyon Test Sonuçları

Ho: No cointegration Number of panels = 32		
Ha: All panels are cointegrated Number of periods = 19		
Cointegrating vector: Panel specific		
Panel means: Included Kernel: Bartlett		
Time trend: Included Lags: 0.00 (Newey-West)		
AR parameter: Same Augmented lags: 1 (AIC)		
Cross-sectional means removed		
Independent Variables: LNTERTIARY LNGDPCONPC LNURBANPOP		
Dependent Variable: LNCO2	Statistic	p-value
Modified variance ratio	2.319	0.010
Modified Phillips-Perron t	0.651	0.258
Phillips-Perron t	-6.934	0.000
Augmented Dickey-Fuller t	-6.642	0.000
Dependent Variable: CO2INTEN	Statistic	p-value
Modified variance ratio	-0.423	0.336
Modified Phillips-Perron t	-0.371	0.355
Phillips-Perron t	-9.012	0.000
Augmented Dickey-Fuller t	-9.135	0.000
Dependent Variable: ENERGYINTEN	Statistic	p-value
Modified	-3.686	0.000
Modified	1.525	0.064
Phillips-Perron	-5.631	0.000
Augmented	-6.369	0.000
Dependent Variable: LNENERGYUSE	Statistic	p-value
Modified	0.210	0.417
Modified	2.228	0.013
Phillips-Perron	-3.385	0.000
Augmented	-3.317	0.001

Tablo 2'deki sonuçlar incelendiğinde seriler arasında uzun dönemde bir ilişkinin mevcut olduğu söylenebilir. Elde edile sonuçların güvenilirliğinin sağlanması için literatürde yaygın şekilde kullanılan Westerlund (2007) Panel Koentegrasyon testine başvurulmuştur. Test sonuçları Tablo 4'de görülmektedir.

Table 4: Westerlund (2007) Panel Koentegrasyon Test Sonuçları

Dependent Variable: LNCO2PC

Statistic	Statistic	p-value
Variance ratio	-3.754	0.000

Dependent Variable: CO2INTEN

Statistic	Statistic	p-value
Variance ratio	-4.575	0.000

Dependent Variable: ENERGYINTEN

Statistic	Statistic	p-value
Variance ratio	-1.751	0.040

Dependent Variable: LNENERGYUSE

Statistic	Statistic	p-value
Variance ratio	-1.889	0.029

Tablo 4’deki sonuçlar incelendiğinde seriler arasında bir uzun dönemli ilişkinin var olduğu görülmektedir. Seriler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin mevcut olduğunun görülmesinin ardından kısa ve uzun dönem katsayılar elde edilmiştir. Tablo 5 ve Tablo 6’da PMG ve MG modelleri ile elde edilen uzun dönemli katsayılar görülmektedir.

Tablo 5: Eğitimin, Enerji Tüketimi Ve Enerji Yoğunluğu Üzerine Kısa Ve Uzun Dönem Etkileri (PMG & MG Test Sonuçları)

PMG				MG			
<i>Dependent Variable:</i>				<i>Dependent Variable:</i>			
<i>lnenergyuse</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std.Err.</i>	<i>Prob</i>	<i>lnenergyuse</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std.Err.</i>	<i>Prob</i>
Long Run Coefficients				Long Run Coefficients			
lngdpconpc	0.092	0.018	0.000	lngdpconpc	0.125	0.036	0.001
<i>Intertary</i>	-0.175	0.032	0.000	<i>Intertary</i>	0.131	0.139	0.346
lnurbanpop	-7.508	0.307	0.000	lnurbanpop	-4.789	4.065	0.239
SR				SR			
ec	-0.297	0.052	0.000	ec	-0.808	0.066	0.000
Dlngdpconpc	0.120	0.026	0.000	lngdpconpc	0.077	0.030	0.011
<i>DIntertary</i>	-0.118	0.168	0.484	<i>Intertary</i>	-0.421	0.358	0.239
Dlnurbanpop	1.383	12.222	0.910	lnurbanpop	8.261	10.036	0.410
constant	12.082	2.147	0.000	constant	29.152	15.577	0.061
<i>Dependent Variable:</i>				<i>Dependent Variable:</i>			
<i>energyintensity</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std.Err.</i>	<i>Prob</i>	<i>energyintensity</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std.Err.</i>	<i>Prob</i>
Long Run Coefficients				Long Run Coefficients			
lngdpconpc	-0.291	0.098	0.003	lngdpconpc	-0.942	0.673	0.161
<i>Intertary</i>	-1.739	0.204	0.000	<i>Intertary</i>	-0.735	1.487	0.621
lnurbanpop	7.013	2.030	0.001	lnurbanpop	-27.941	49.323	0.571
SR				SR			

ec	-0.298	0.052	0.000	ec	-0.791	0.066	0.000
Dlngdpconpc	-0.344	0.169	0.042	lngdpconpc	0.135	0.164	0.410
DIntertiary	0.527	0.956	0.581	Intertiary	-0.506	1.712	0.767
Dlnurbanpop	40.074	157.313	0.799	lnurbanpop	89.171	69.426	0.199
constant	-4.625	0.885	0.000	constant	103.252	96.586	0.285

Tablo 5'deki sonuçlar incelendiğinde PMG modelinden elde edilen sonuçlara göre eğitim, uzun dönemde hem enerji tüketimi hem de enerji yoğunluğu üzerinde negatif bir etkiye sahipken kısa dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip değildir.

Diğer yandan MG modelinden elde edilen sonuçlara göre eğitim, kısa ve uzun dönemde hem enerji tüketimi hem de enerji yoğunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip değildir. Tablo 6'da eğitimin karbon emisyonu ve karbon yoğunluğu üzerindeki etkilerine ilişkin PMG ve MG modeline ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 6: Eğitimin, Karbon Emisyonu Ve Karbon Yoğunluğu Üzerine Kısa Ve Uzun Dönem Etkileri (PMG & MG Test Sonuçları)

PMG				MG			
<i>Dependent Variable: Inco2pc</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std.Err.</i>	<i>Prob</i>	<i>Dependent Variable: Inco2pc</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std.Err.</i>	<i>Prob</i>
Long Run Coefficients				Long Run Coefficients			
lngdpconpc	0.058	0.022	0.008	lngdpconpc	0.183	0.055	0.001
Intertiary	-0.155	0.032	0.000	Intertiary	0.303	0.189	0.109
lnurbanpop	2.686	0.233	0.000	lnurbanpop	-12.049	4.448	0.007
SR				SR			
ec	-0.324	0.063	0.000	ec	-0.891	0.065	0.000
Dlngdpconpc	0.186	0.036	0.000	lngdpconpc	0.746	0.0489	0.127
DIntertiary	0.375	0.222	0.092	Intertiary	-0.232	0.173	0.179
Dlnurbanpop	6.746	20.002	0.736	lnurbanpop	18.571	12.704	0.144
constant	-0.864	0.159	0.000	constant	58.761	22.556	0.009
<i>Dependent Variable: co2inten</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std.Err.</i>	<i>Prob</i>	<i>Dependent Variable: co2inten</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std.Err.</i>	<i>Prob</i>
Long Run Coefficients				Long Run Coefficients			
lngdpconpc	0.017	0.012	0.153	lngdpconpc	0.191	0.060	0.001
Intertiary	-0.357	0.034	0.000	Intertiary	0.051	0.258	0.844
lnurbanpop	-3.891	0.334	0.000	lnurbanpop	-11.420	4.995	0.022
SR				SR			
ec	-0.453	0.056	0.000	ec	-0.974	0.065	0.000
Dlngdpconpc	0.087	0.067	0.197	lngdpconpc	-0.052	0.087	0.548
DIntertiary	0.153	0.484	0.752	Intertiary	0.365	0.858	0.671
Dlnurbanpop	10.863	13.416	0.418	lnurbanpop	5.121	16.252	0.753

constant	9.144	1.132	0.000	constant	43.384	24.411	0.076
----------	-------	-------	-------	----------	--------	--------	-------

Tablo 6'daki sonuçlar incelendiğinde PMG modelinden elde edilen sonuçlara göre eğitim, uzun dönemde hem karbon emisyonu hem de karbon yoğunluğu üzerinde negatif bir etkiye sahipken kısa dönemde %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip değildir. Kısa dönem etki için %10 anlamlılık düzeyinde eğitimin, karbon emisyonunu pozitif etkilediği görülmektedir. Ancak bu etki istatistiksel olarak güçlü bir etki değildir.

Diğer yandan MG modelinden elde edilen sonuçlara göre eğitim, kısa ve uzun dönemde hem karbon emisyonu hem de karbon yoğunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip değildir.

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında eğitim seviyesinin enerji tüketimi, enerji yoğunluğu ile karbon emisyonu ve karbon yoğunluğu ilişkisi ele alınmaktadır. Bu kapsamda 32 OECD ülkesi için 1995-2014 yıllarına ilişkin veriler panel veri yöntemleri ile ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında Pedroni ve Westerlund panel koentegrasyon testleri sonucunda seriler arasında uzun dönemli ilişkilerin mevcut olduğu görülmüştür. çalışmanın odak noktasını oluşturan eğitimin, enerji tüketimi, enerji yoğunluğu, karbon emisyonu ve karbon yoğunluğu üzerindeki etkilerinin incelenmesi için PMG ve MG metodolojileri kullanılarak kısa ve uzun dönemli katsayılar elde edilmiştir.

PMG yönteminden elde edilen sonuçlar eğitim seviyesinin enerji talebi, enerji yoğunluğu, karbon emisyonu ve karbon yoğunluğu serileri üzerinde uzun dönemde negatif bir etkiye sahip olduğunu kısa dönemde ise %5 anlamlılık düzeyinde bir etkinin mevcut olmadığı görülmüştür. Diğer yandan MG modelinden elde edilen sonuçlara göre eğitim, kısa ve uzun dönemde ilgili değişkenler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip değildir.

Sonuç olarak, eğitim seviyesi ile enerji talebi ve karbon emisyonu arasında uzun dönemli bir ilişkinin mevcut olduğu görülmüştür. Eğitim seviyesinin uzun dönemde enerji talebi ve yoğunluğu ile karbon emisyonu ve yoğunluğunu negatif şekilde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynakça

- Charfeddine, L ve Mrabet, Z. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 76, 2017, Pages 138-154,
- Chen, S., Jin, H. Ve Lu, Y. (2019). Impact of urbanization on CO2 emissions and energy consumption structure: A panel data analysis for Chinese prefecture-level cities, *Structural Change and Economic Dynamics*, Volume 49, 2019, Pages 107-119,
- Short, P.C. (2009) Responsible Environmental Action: Its Role and Status In Environmental Education and Environmental Quality, *The Journal of Environmental Education*, 41:1, 7-21, DOI: 10.1080/00958960903206781
- Liu, S. Ve Gua, L. (2018). Based on Environmental Education to Study the Correlation between Environmental Knowledge and Environmental Value *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2018, 14(7), 3311-3319
- Twerefou, D.K. , Danso-Mensah, K. ve Bokpin, G.A. (2017) The environmental effects of economic growth and globalization in Sub-Saharan Africa: A panel general method of moments approach, *Research in International Business and Finance*, Volume 42, 2017, Pages 939-949,
- Wang, S., Zeng, J., Huang, Y., Shi, C. Ve Zhan, P. (2018). The effects of urbanization on CO2 emissions in the Pearl River Delta: A comprehensive assessment and panel data analysis, *Applied Energy*, Volume 228, 2018, Pages 1693-1706,
- Salahuddin, M. , Gow, J., ve Vink, N. (2020) Effects of environmental quality on agricultural productivity in sub Saharan African countries: A second generation panel based empirical assessment, *Science of The Total Environment*, Volume 741, 2020, 140520,
- Narayan, P.K. ve Narayan, S. (2008). Does environmental quality influence health expenditures? Empirical evidence from a panel of selected OECD countries, *Ecological Economics*, Volume 65, Issue 2, 2008, Pages 367-374,
- Khalid, K., Usman, M. & Mehdi, M.A. The determinants of environmental quality in the SAARC region: a spatial heterogeneous panel data approach. *Environ Sci Pollut Res* (2020). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10896-9>
- Kasman, A. ve Duman, Y.S. (2015). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis, *Economic Modelling*, Volume 44, 2015, Pages 97-103,
- Shi, K., Chen, Y., Yu, B., Xu, T., Chen, Z., Liu, R., Li, L., ve Wu, J. (2016). Modeling spatiotemporal CO2 (carbon dioxide) emission dynamics in China from DMSP-OLS

nighttime stable light data using panel data analysis, *Applied Energy*, Volume 168, 2016, Pages 523-533,

Meangbua, O., Shobhakar Dhakal, S. Ve Kuwornu, J.K.M. Factors influencing energy requirements and CO2 emissions of households in Thailand: A panel data analysis, *Energy Policy*, Volume 129, 2019, Pages 521-531

Yıldırım, S., & Yıldırım, D. Ç. (2020). Achieving Sustainable Development Through a Green Economy Approach. In Patti, S., & Trizzino, G. (Ed.), *Advanced Integrated Approaches to Environmental Economics and Policy: Emerging Research and Opportunities* (pp. 1-22). IGI Global. <http://doi:10.4018/978-1-5225-9562-5.ch001>

Yildirim, S. (2020). The Consumer Role for Sustainable Development: How Consumers Contribute Sustainable Development Goals. In Chkoniya, V., Madsen, A. O., & Bukhrashvili, P. (Eds.), *Anthropological Approaches to Understanding Consumption Patterns and Consumer Behavior* (pp. 325-341). IGI Global. <http://doi:10.4018/978-1-7998-3115-0.ch018>



INFORMATION SECURITY WITH INTERNET OF THINGS ARRIVAL IN HOSPITAL ENVIRONMENT: A BIBLIOGRAPHIC APPROACH

Wellington Ferreira Cipriano

Student of Unis Group.
ciprijones@hotmail.com.

Viviel Rodrigo José de Carvalho

Professor of Unis Group.
viviel@unis.edu.br.

Fabricio Pelloso Piurcosky

Head of Research Department of Unis Group.
fabricio@unis.edu.br

Rodrigo Franklin Frogeri

Researcher and Professor of Unis Group

ABSTRACT: This research approaches information security taking under consideration the internet of things arrival in hospital environments. Such approach is required due to the frequent cases of breaches in protection of hospital information. This study has the purpose to accomplish a bibliographic research, with the purpose of updating the information concerning the mechanisms that can contribute to information security in hospital environments, all of this has the goal to improve security procedures, contributing with the development of a hospital safety culture. This attempt will be achieved from a qualitative bibliographic research, developed from material already elaborated, consisting on books and scientific articles. The study showed that, in what concerns information security in hospital management, there's only real success when everyone involved realize the importance of taking the security measures that are able to protect the information against real threats, besides the need of investment in information technology area and capable professionals with constant training.

Keywords: Information Security. Internet of Things. Hospital Safety.

1 INTRODUCTION

The great amount of information that circulates in the organizations' networks, the information security incidents have had a significant increase in the last years, assuming the most varied forms, such as theft and unauthorized access to information, attacks via unprotected wireless networks, the weak protection implemented in the systems, denial of service attacks, infection by viruses and malware, among thousands of other reasons. One of the factors that drive this

scenario is the spread of the Internet and the ease of carrying out attacks through it. At the same time that it helped with the democratization of information and became essential to boost business, the Internet also made it possible for thieves in the digital world to act and spread threats that put the security of an organization at risk (ZAPATER E SUZUKI, 2005).

As the number of connected devices that collect personal information grows, so does the need to worry about the security of information on the Internet of things.

Information security is a current topic in constant discussion in the most diverse organizations, be it government, education, industry, commerce or services; since organizations use Information Technology (IT) to support and generate business, allied to the benefits of the Internet. Thus, regardless of market segment, all organizations will always enjoy the information, aiming at better productivity, cost reduction, gain in market share, increased agility, competitiveness and support to decision making. (SEMOLINA, 2003).

With the advent of the Internet of Things, a great challenge for security is perceived, since many of the access devices have limited security resources, since they were idealized to only add functionality at a low cost.

This work describes aspects related to information security in hospital environments, since with the increase in the number of recent episodes of breaches in the security of confidential information of patients, there is the perception that there are aspects to be improved in hospital management, such as the restriction of access to the database, the use of word encryption in the means of information technology, the use of automatic backups and the construction of a scale of permissions, where each user has a distinct limit of access to information.

Such an approach is necessary since from the moment that security mechanisms are created, other invasive mechanisms are also created. This is a challenge for hospital managers and for those responsible for the hospital security culture, because it is necessary to perform actions that map and identify the situation of the hospital, its threats, vulnerabilities and risks, to allow a diagnosis and the future solution.

It is also important to emphasize the importance of the work for hospital managers, because it helps to understand the mechanisms that can contribute to information security in the hospital environment

The purpose of this research is to perform a bibliographic review to update the information regarding the understanding of the mechanisms that can contribute to information security in the hospital environment, all with the purpose of improving safety procedures, contributing to the development of a culture of hospital safety, showing concepts of information security and the

Internet of things and taking into account the constant search to ensure that the information generated in hospital environments are protected from improper access or loss. In this sense, the research will identify the concepts related to information security, know the current risks that involve the information generated in hospital environments, know concepts about the Internet of things and establish policies that develop the culture of information security in hospitals.

This purpose will be achieved through descriptive, exploratory and qualitative bibliographic research, because the objective is to describe the information security process with the advent of the Internet of things in hospital environments. The source of consultation will be, fundamentally, bibliographic, besides databases of academic content and published articles, in a more specific way, books of current reading.

2 INFORMATION SECURITY IN HOSPITAL MANAGEMENT

Despite being such an old precept in the health area, the duty of secrecy is, even today, one of the most disrespected ethical commitments in the day-to-day of hospital and health units. See, for example, how common are the conversations in corridors and elevators about the diseases of the patients attended, or even the frequency with which they are found on counters with the names and diagnoses on display, or even the physical arrangement of stretchers and beds, allowing unnecessary exposure of the patient. In a way, computerization has reduced this risk, but it is still difficult to determine who should be granted access to such data, also protecting them from external interference (VILLAS BOAS, 2015).

With the constant advance of technologies, the importance of information security increases significantly. It is increasingly difficult to keep information about companies or people secure. An oversight in this area can bring significant losses, the challenge is to achieve balance (PWC, 2013).

Information security is a game of advanced techniques and strategies that changes quickly. As a consequence, the models of the past decade are no longer adequate. Leaders recognize that in order to have effective security it is necessary to transform and adopt a new way of thinking. They are aware that the very survival of the business requires the understanding of security threats, the preparation to face them and quick responses (PWC, 2013).

Information security, according to Beal (2005), is the process of protecting information from threats to its integrity, availability and confidentiality. Semola (2003) defines information security as "an area of knowledge dedicated to the protection of information assets against unauthorized access, undue alteration or unavailability".

Decree No. 3,505 of June 13, 2000, which instituted the Information Security Policy in Federal Public Administration bodies and entities, defines Information Security as:

"protection of information systems against denial of service to authorized users, as well as against intrusion, and unauthorized modification of data or information, stored, in processing or in transit, including the security of human resources, documentation and material, communications and computing areas and facilities, as well as those intended to prevent, detect, deter and document possible threats to their development".(BRASIL, 2000, s/p).

According to (ABNT NBR ISO/IEC 27002, 2018), effective information security reduces risks, protecting the organization from threats and vulnerabilities and thus reducing the impact to its assets.

Araújo, Bezerra and Coelho (2014) define information security as a determining factor for conducting successful business, both in the public and private sectors, and it is also a component that makes business viable, such as eGov (e-government) or e-commerce (e-commerce).

Araújo, Bezerra and Coelho (2014), also completes that information security covers all information assets, preserving them against disasters and errors (intentional or not), trying to reduce the probability or impacts caused by security incidents.

For the construction of a more refined knowledge on the subject it is interesting to know the basic principles of the subject.

2.1 BASIC PRINCIPLES OF INFORMATION SECURITY

The concept of "information" is used in almost all fields of scientific knowledge, therefore it presents a variety of definitions, depending on the focus (observer's gaze) that one wishes to assign to it. It has different explanatory and conceptual dimensions. This is justified mainly because of the use of the word "information" in different areas of knowledge. Even in close areas, the word refers to concepts with some variations. We can say that "information" today has an interdisciplinary concept (MARTINS, 2009).

In the last decades, information has increasingly assumed an important role becoming common sense in contemporary society, mainly leveraged by the new "Information and Communication Technologies" (MARTINS, 2009).

With the constant advance of IT (Information Technology), companies have become increasingly dependent on information and computer systems. More than ever, information means power and

its proper use can establish the competitive differential and a better service to customers, optimizing the chain of services, products and research (PEREIRA, 2012).

In the current context of development, in which technological innovations and knowledge production are outstanding characteristics, information assumes a role of great importance, being vital for the company that wants to succeed in the current market in formatting an information system that meets the needs of the organization in developing its activities (CONCEIÇÃO, 2012).

The basic principles governing information security are seen by the CIA triangle, consisting of confidentiality, integrity and availability.

These information security concepts guide the analysis, planning and implementation of security for the information you want to protect, and are defined as such:

- The confidentiality of data means that it is available only to the appropriate parties, which may be parties that require access to data or parties that are reliable. Data that has been kept confidential is data that has not been compromised by other parties; confidential data is not disclosed to people who do not need or should not have access to it. Ensuring confidentiality means that the information is organized in terms of who should have access to it, as well as its sensitivity. However, the breach of confidentiality can occur through different means, such as social engineering (BROOK, 2010).
- Data integrity refers to the certainty that data is not tampered with, destroyed or corrupted. It is the certainty that the data will not be modified by unauthorized persons. There are basically two points during the transmission process where integrity may be compromised: during data loading and/or during database storage or collection (BROOK, 2010).
- The availability of data and information means that it is available when needed. For a system to demonstrate availability, it must have a well-functioning computer system, security controls and communication channels. Most available systems are accessible at all times and are guaranteed against power failures, natural disasters, hardware failures and system upgrades. Availability is a major challenge in collaborative environments such as these must be stable and continuously maintained. Such systems should also allow users to access the necessary information with minimal downtime. Redundant systems can be put in place to provide a high level of fail-over. The concept of availability can also refer to the usability of a system. Information security refers to the preservation of integrity and confidentiality when information is stored or transmitted. Information security breaches occur when information is accessed by unauthorized persons or parties. Violations can be the result of the actions of hackers, intelligence agencies, criminals, competitors, employees or others. In addition, people who value and wish to preserve their privacy are interested in information security (BROOK, 2010).

According to Campos:

Knowing the concepts about information security does not necessarily mean knowing how to guarantee this security. Many have experienced this sensation

when they draw up their security plans and end up not achieving the desired results (CAMPOS, 2007, p. 29).

Information security refers to the preservation of integrity and confidentiality when information is stored or transmitted. Information security breaches occur when information is accessed by unauthorized persons or parties. Violations can be the result of the actions of hackers, intelligence agencies, criminals, competitors, employees or others. In addition, people who value and wish to preserve their privacy are interested in information security (BROOK, 2010).

According to the Global Information Security Survey (PWC, 2013), there has been a drop in the use of security tools and a relaxation of policies that set standards in organizations.

Organizations need to adopt security controls - protection measures that cover a wide range of initiatives - that are capable of adequately protecting data, information and knowledge, chosen taking into account the real risks to which these assets are subject (BEAL, 2005).

2.2 SAFETY AND CONTROL MECHANISMS

One way to apply and support the basic principles of information security is to establish security and control mechanisms, which can be physical or logical.

Applying controls is one of the aspects to achieve information security, so says ABNT (2013): "information security is achieved by implementing an adequate set of controls, including policies, processes, procedures, organizational culture and software and hardware functions". The standard also highlights in this same item the importance of maintaining, monitoring and improving controls. "These controls need to be established, monitored, critically analyzed and improved when necessary to ensure that business objectives and information security are met" (ABNT NBR ISO/IEC:27002, 2013, item 0.1).

According to Abreu (2015), physical controls are the barriers that make it difficult to contact or directly access the information or infrastructure that guarantees its existence, such as doors, locks, walls and armor.

Logical controls can be defined as barriers that prevent or limit access to information in electronic media, such as encryption, digital signature and authentication.

Logical controllers are supported by security mechanisms such as encryption and digital signature, but it is more common to find on the Internet, limiters and access controllers for user authentication, through a password system (ABREU, 2015).

Da Silva and Stein (2007) discuss, however, that the requirements for the elaboration of a secure password run into the cognitive capacity of its users, giving rise to numerous problems.

2.2.1 Passwords

A password is an authentication mechanism used in the identity verification process, ensuring that the person accessing the information is who they really say they are.

An easy password to decipher can be obtained by malicious people and once authenticated as another person, it provides information and denies attacks without being identified.

The Centro de Estudos, Resposta e Tratamento de Incidentes de Segurança no Brasil - Cert.br (2006), advises that names, surnames, document numbers, car plates and phone numbers are out of passwords, in addition to pointing out rules for the elaboration of insurance.

According to ANAHP (2015), the good practices recommended for password policy are:

- 1) Set expiry dates, which obliges the user to change the password periodically.
- 2) Prevent the new password from being repeated.
- 3) Make the conciliation of numbers, letters and even special characters mandatory so that the complexity is greater and the password is less susceptible to attacks based on dictionaries of passwords.
- 4) Make it compulsory to use upper and lower case characters.
- 5) Establish a minimum password size of at least 8 characters.
- 6) In cases of advanced security, use of complementary authentication systems, such as biometrics.

Hospitals that make services and information available over the Internet, referring to personal data of patients or health professionals, must request the supply of these data by means of free and express consent of the user, especially before making any personal data collected available to third parties.

2.2.2 Identity management and access profiles

Identity Management has emerged as an essential foundation for cost reduction, management control, operational efficiency and business growth. Hospitals need to manage access to information and applications spread across multiple locations. In addition, they must provide access to an increasing number of identities without compromising the security or exposure of sensitive information. Identity management is defined as "business and IT processes of organizations, applied to ensure identity integrity and privacy, allowing access, being crucial to information security.

Access control is the way in which an institution will control the use of resources in general. Access control models are divided into three basic types:

1) The MAC (Mandatory Access Control) type is a model in which the system administrator is responsible for assigning the appropriate permissions to users. This model uses the concept of "Label" to identify the level of sensitivity to a given object (ANAHP, 2015).

2) The DAC (Discretionary Access Control) model is a more flexible model from the point of view of the user who wants to share resources with other users. In this model, the user has the control to guarantee access privileges to the resources that are under his responsibility. The system administrator needs to take additional care when adopting this model is employed because users can give more permissions than they should and thus open a gap that can be explored (ANAHP, 2015).

3) In the role-based control (RBAC - Role -Based Access Control), the system administrator guarantees privileges according to the function exercised by the user. This model is totally focused on the role that the user plays within the institution (ANAHP, 2015).

According to ANAHP (2015), the best practices for administrative access control are:

1) The Policy of Minor Privilege, where access is denied to all. The user who does not have permission to access certain information must request access. The request will be evaluated and, if access is allowed, it will also be necessary to define to what extent the user may have access to the information in question.

2) The policy of task separation is based on the premise that a single user cannot be responsible for tasks that are interspersed, for example, the user who issues an invoice cannot be the same as the one who makes the approval of the purchase of a material asset.

These good information security practices also help prevent fraud in a work environment or even a conspiracy where more than one user in the environment tries to fraud data for personal or third party benefit.

2.2.3 Cryptography

The cryptography is essential to guarantee the security in all the computational environment that needs secrecy in relation to the information. Malicious people count on sophisticated mechanisms that manipulate security systems and are able to intercept the communication of a network. If there is not a good encryption system implemented in the sending and receiving of information from this network, the data will be vulnerable (ANAHP, 2015).

With an implemented cryptographic system, the information stored or sent from a system is encrypted. When arriving at its point of destination, it is decoded using a cryptographic key. Only the real recipient will have this key, so that if the message is intercepted, it cannot be read correctly (ANAHP, 2015).

There are two main types of encryption: symmetric and asymmetric. In symmetric cryptography, the algorithm and the key are the same. This means that the sender and recipient use the same key. Asymmetric cryptography uses one (public) key to encrypt and another (private) key to decrypt. We can say that instead of sharing a secret key, two mathematically related keys are used. One of the keys is opened for everyone to see (public key) and the other is kept secret (private key). Thus, an encrypted message with a public key can only be decrypted with the corresponding private key of the recipient (ANAHP, 2015).

Asymmetric cryptography is used more frequently on the Internet, as it is more technically feasible, since it is not known in advance where the data will be sent. If symmetric cryptography were used, we could have big problems, because to distribute the key to all authorized users, we would have a time delay problem, and also allow the key to reach unauthorized people (ANAHP, 2015).

3 THE INTERNET OF THING'S (IoT)

The Internet of Things can be defined as a new world in which objects will be connected and perform tasks without human interference (ASHTON, 2015).

IoT can be contemplated as a comprehensive network structure, consisting of various types of objects, which depend on sensor, communication, networking and information processing technologies. The basic technology for IoT is radio frequency identification (RFID), which allows microchips to transfer identification data to the reader wirelessly. Through this technology, it is possible to analyze, track and monitor the objects connected with their tags. Another key technology is Wireless Sensor Networks (WSNs), which works mainly on intelligent sensors for detection and monitoring. RFID finds its application in the transportation of goods to

consumers, production of pharmaceutical products and retail since 1980 and WSN applies to traffic, health and monitoring. The advance in both technologies accelerates the growth of IoT. Many other technologies and devices, including barcoding, location-based services, near-field communication and cloud computing are already beginning to make a comprehensive network to strengthen IoT (MEHTA, 2018).

According to Peter Waher (2015) the Internet of Things is something we get when we connect things, not operated by humans, to the Internet. Currently the main form of communication of the Internet is human and according to the author IoT can be considered as the future evaluation of the Internet that realizes machine-to-machine learning (M2M) providing connectivity for all and everything (PETER WAHER, 2015).

The basic idea of IoT will be to enable autonomous and secure connection and data exchange between devices and real world applications (FAN and CHEN, 2010).

Let's imagine a hospital capable of maintaining continuous attention on every vital sign of patients in wards and automatically adjust the parameters without human intervention. Or an elderly person who has sensors that alert emergency teams about a potential heart attack. With IoT-enabled devices, hospitals will be able to monitor patients more efficiently, no matter where they are, and have the information collected, stored and sent anywhere and everywhere.

3.1 IoT Origins

According to Ashton (2015), the term IoT originated in 1999, when he wrote an article called "The Things of the Internet of Things. According to him, people's lack of time opens doors for tools to be created to do things that, in fact, need not be done by people. They can be replaced by devices. These devices, which talking through different protocols within the same network, are able to accompany people, read their activities, generate information and from there help them in their daily lives.

The universal digital access devices are also a powerful trend, of great influence for the future of health informatics. This term means that several digital devices that previously had specific and separate functions, such as access and navigation on the Internet, fixed and mobile telephony, TV, radio, video games, cameras and video, etc., are quickly adding functions that make them universal machines. For example, MP3 players can surf the Internet and send e-mails, as well as play music. TV sets surf the Internet and can videoconference, cell phones allow voice and video communication, and also access e-mail and the Web, provide maps and route guidance via GPS, and play videos and audios, some video game devices are already powerful computers capable of many functions that are only found on more complex desktops, and so progressively. Smartphones in particular are having a major impact in the US and Europe on the development of

an entirely new and fast growing area called mHealth (mobile e-health, see Anta et al. 2009, and the extensive article in Wikipedia, 2010a). In the US, about 94 percent of physicians already use smartphones in their profession, with 75 percent of them Apple iPhones, a big watershed in mHealth (SPYGLASS, 2010).

3.2 APPLICATIONS OF IoT

Many application domains will be impacted by IoT. They can be classified based on network availability, coverage, heterogeneity, scale and user involvement. There is almost no application area where IoT cannot find a function and mainly there is no application area where IoT does not bring some economic advantage over time (SILVA, 2017).

IoT is the basis of the economy digitalization process, which has transformed traditional production methods, the use of information and communication technologies and the interconnection of devices. The connection between IT systems, subsystems, processes, objects and applications that communicate with each other and with humans is the key vector of this transformation, and it is expected that IoT applications and digital technologies will promote gains in productivity and competitiveness of nations (BRAZIL, 2018).

In the field of human health, IoT applications are concentrated, the main objective of which is to improve health and well-being through devices that are within the context of the human body, not necessarily related to devices connected in hospitals or other medical facilities. Unlike other IoT applications, where a sensor reading can initiate a specific action such as turning off a switch, the sensor data focused on the human body provides information that people will use in their actions and decisions, either to convince them to migrate to healthier living habits, to help them correctly follow medical prescriptions, or to keep a doctor informed with access to real-time data on their patients (TECHNOLOGY ADVICE COMPANY, 2017).

Three technologies divide the devices used in human health, portable technology found under the term "Wearables", which in its literal translation means "wearable", non-portable technology found under the term "Non-Wearable" and injectable technology found under the term "Implantables" (MCKINSEY AND COMPANY, 2015).

The emergence of the Internet of Things has made possible a series of technological advances in health. By means of remotely connected devices it is possible to automatically gather a series of information about the patient's health status, which helps in the work of diagnosis and subsequent treatment or prevention (MASSOLA and PINTO, 2018).

According to the consulting company Tractica (2016), with the help of IoT it is possible to measure indicators such as blood pressure, heart rate and body temperature at a distance. These

data are sent to applications and analyzed by health professionals. With this, it is possible to avoid a series of complications due to lack of care, taking the necessary measures as soon as possible and considerably reducing unnecessary hospitalization rates.

There are also the so-called wearables, which are devices used as clothing, connected to the Internet, which transmit real-time updates on the patient's health status. Today there are bracelets, necklaces or watches that automatically send a signal to the health care team in case any indicator escapes the control parameters. According to a report by the consultancy Tractica (2016), worldwide shipments of health products will increase from 2.5 million in 2016 to 97.6 million units annually by 2021. At the end of this period, the market intelligence firm predicts that the global health product market will account for \$17.8 billion in annual revenues.

The possibilities are truly unlimited and IoT has the potential to affect healthcare in several ways.

In a Boston hospital, sensors are used for security purposes. Newborns receive bracelets, allowing a wireless network to locate them at any time. If a newborn is taken too close to an exit door without being disconnected, the elevators will stop and the exit doors will be locked. And in the neonatal intensive care unit, nurses receive alerts on hospital cell phones about their patients' medical conditions, including heart rate and oxygen changes that the sensors have detected, allowing them to reach the patients' beds more quickly. In addition, the use of IoT in healthcare allowed the hospital to update electronic records more quickly. The hospital also installed wireless sensors in refrigerators, freezers and laboratories to ensure that blood samples, medications and other materials are kept at the proper temperatures (TECHTARGET ESSENTIAL GUIDE, 2016).

According to Jim Piepenbrink, director of clinical engineering at the Boston hospital, temperatures were recorded and documented manually. But now, with the installation of wireless sensors, it has generated great time savings for the site's healthcare team.

According to Ganguly (2016), hospitals are not using IoT to track stock as widely as they would like. He added that health could learn some lessons from retail.

For hospitals, the big advantage they can get from inventory management with IoT will be in areas like pharmacy and general warehouse inventory control.

The greatest benefit and economic impact of applications in this area focuses on the use of IoT devices to monitor the treatment of patients with chronic diseases, decreasing the incidence of severe crises generated by diseases such as diabetes for example. The lack of correct treatment, the lack of adherence to the change in healthy habits and the carelessness in taking the medication properly can triple the costs of a treatment for a patient who has a chronic disease,

especially when he has his clinical condition worsened where he ends up debilitated and with low immunity having to return to emergency rooms being subject to new complications and even vulnerable to other diseases (MARIBEL SALAS, 2009).

The benefits include better patient acceptance, early detection of changing conditions and real-time treatment management, alerting patients to check with doctors if the readings indicate any potential danger. In developing economies, home health monitors can be prohibitively expensive, but these devices can be used to assess patients remotely in rural health clinics, which adds potential value in remote locations (MCKINSEY AND COMPANY, 2015).

Without access to continuous time series data, clinicians often cannot detect critical changes in patient conditions early enough to prevent emergencies (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2015).

Estimates from McKinsey Global Institute (2015) show that IoT applications can reduce the cost of chronic patient care by 10 to 15% based on recent clinical data experience. Some remote monitoring tests have indicated potential cost reductions of more than 50% in the treatment of acute populations, but it is expected that this large cost reduction will not be sustainable in larger patient populations. However, if health technology is able to achieve its full potential to improve adherence to prescribed therapies, IoT could reduce the cost of treating a patient with disease by 50 percent. Additional benefits can be obtained if IoT-based systems can generate substantial changes in diet and exercise. Currently, the ability to encourage these lifestyle changes is limited. With IoT-based monitoring data, there are more opportunities for feedback and reinforcement from health care providers, other patients, and family members.

4 METHODOLOGY

The work developed followed the precepts of the exploratory study, through a qualitative bibliographic research, which, according to GIL (2017) "is developed from material already prepared, consisting of books and scientific articles.

The bibliographic research seeks to explain and discuss a theme based on theoretical references published in books, magazines, journals and others. It also seeks to know and analyze scientific content on a given theme (MARTINS, 2001).

The data collection followed the following premise:

a) Exploratory Reading of all selected material (quick reading to check if the work is of interest to the work);

b) Selective Reading deepening the knowledge on the most important issues; and

c) Record of information extracted from sources in a specific instrument (authors, year of publication, method used and conclusions).

An analytical reading was also performed in order to order the sequence of the information obtained, in order to enable the response to the research problem.

5 POLICIES TO DEVELOP THE CULTURE OF INFORMATION SECURITY WITH THE ADVENT OF THE INTERNET OF THINGS

One of the greatest enemies of security is overconfidence, so IoT devices are an attractive target for criminals, since they collect private information about user behavior in several areas, including health.

Protecting the Internet from Things will be a complex and difficult task, its estimated population of billions of objects, which will interact with each other and with other entities, such as human beings or virtual entities, create many possibilities of attacks available to malicious people attacking various communication channels, physical threats, denial of service, identity manufacturing among others (BABAR AND MAHALLE, 2010).

There are many security breaches involving IoT, among the examples of these possible breaches is the scheduling of cell phone consultations. If the cell phone is capable of making an appointment, personal data with restricted access or even bank information may be available. This aspect is further aggravated when data from a hospital system is saved in a cloud.

The ABNT NBR ISO/IEC 27002 standard, which has the controls for implementing an information security management system based on ABNT NBR ISO/IEC 27001, recommends the existence of information security policies, because "it is convenient that a set of information security policies be defined, approved by the management, published and communicated to all employees and external stakeholders" (ABNT NBR ISO/IEC 27002, 2013).

The Security Policy assigns rights and responsibilities to the people who deal with the computing resources of an institution and the information stored in them. It also defines the attributions of each one in relation to the security of the resources with which they work. A Security Policy must also foresee what can be done on the institution's network and what will be considered unacceptable. Anything that does not comply with the Security Policy can be considered a security incident. The Security Policy also defines the penalties to which those who do not comply with the policy are subject (CERT.BR, 2005).

According to Monteiro (2009), for an information security policy to be efficient, the availability, integrity, confidentiality, legality and authenticity of the information must be guaranteed, making explicit the commitment of the top management. Also according to Monteiro (2009, p. 21) "It is recommended to have professionals from various departments or sectors of the organization, forming an Information Security Committee [...] with the purpose of composing the policy document".

The information security policy may be composed of one or several documents, there is no definition of the quantity or structure of the set of these documents, the important thing is that they are linked, so says the Manual of Good Practices in Information Security of the Court of Auditors of the Union, which is expressed as follows: "The Information Security Policy may be composed of several interrelated policies. Furthermore, when the institution deems it convenient and necessary, it is suggested that other documents be created that specify practices and procedures and that describe in more detail the rules for the use of information technology" (TCU, 2012, p. 12).

For Ferreira and Araújo (2008), the Security Policy defines the set of norms, methods and procedures used to maintain information security, and should be formalized and disclosed to all users who make use of information assets.

The analysis of the bibliography and the previously mentioned norms allowed the listing of actions aimed at information security as follows:

1. Analyze the risks;
2. Define the controls;
3. Create the Information Security Plan;
4. Apply the Information Security Plan; and
5. Train the users.

5 CONCLUSIONS

It is appropriate to state that information circulates in hospital environments sometimes without adequate security. As has been seen at work, information security lacks technology, but also trained personnel. It needs planning, but also effective actions. It requires that threats and risks be known, but also the hospital itself. If such measures are ignored, there may be serious consequences and, therefore, investments in this area are essential. The conclusion is that there is only concrete success when everyone involved, from the user to the hospital director, becomes

aware of the importance of adopting some security measures (use of passwords for access, identity and access profile management, encryption system) capable of protecting the information from its real threats. The information contained herein is sufficient to at least have an overview of the threats and solutions associated with information security, allowing even the elaboration of an information security policy or its improvement, if it already exists.

It is clear that in this new scenario, with the advent of IoT, the information technology professional in a hospital must have a new profile, focused on the constant concern with technological updating and the search for self-improvement. What we see in practice is that the IT professional must be a multidisciplinary agent, capable of carrying a baggage of all desirable knowledge, such as skills in auditing and computer forensics.

In spite of being very important to invest in technology, nowadays it is not enough to invest only in technical knowledge. It is necessary to develop human capabilities. One of the great trends in information security is in personnel development. It is necessary to invest in awareness programs, because most of the time the weakest link in the security chain is the human being.

For future work, I think it is interesting to analyze the new profile of the information technology professional and the improvement of protection mechanisms against new threats.

REFERENCES

ABREU, LEANDRO FARIAS DOS SANTOS. A Segurança da Informação nas Redes Sociais. São Paulo, 2011.

ANAHP. Segurança da Informação para Hospitais. Recomendações e melhores práticas para proteger a privacidade do paciente e confidencialidade das informações do hospital. 2015. Online. Disponível em: <<http://anahp.com.br>>. Acesso em 20 maio. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/IEC 27002: Tecnologia da Informação: Técnicas de Segurança: Código de prática para controles de segurança de informação. 2018.

ARAÚJO, L. G. S; BEZERRA, E. K; COELHO, F. E. S. Gestão da Segurança da Informação. Rio de Janeiro: RNP/ESR, 2014.

BEAL, Adriana. Segurança da Informação: princípios e melhores práticas para a proteção dos ativos de informação nas organizações – São Paulo: Atlas, 2005.

BRASIL. Decreto Nr 3.505. Política de Segurança da Informação. Brasília, 2000.

BRASIL. Estratégia brasileira para a transformação digital. Brasília, 2018. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/publicacao/publicacoes.html-estrategia_digital.pdf.

BRASIL. TCU. Manual de Boas Práticas em Segurança da Informação. 4. ed. Brasília. 2012.

BROOK, Jon-Michael C. CIA Triad. CIPP Guide, Estados Unidos da América, ago. 2010.

- CAMPOS, André. Sistema de Segurança da Informação. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2007.
- CERT.br. Cartilha de Segurança para Internet. Comitê Gestor da Internet no Brasil, São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://cartilha.cert.br>>. Acesso em 20 maio. 2018.
- CONCEIÇÃO, V.M.. A gestão da qualidade e a sistematização da assistência de enfermagem: uma revisão sobre sistemas de informações. Revista de Enfermagem do Centro Oeste Mineiro, 2012.
- FAN, T CHEN, Y A SCHEME. Of Data Management in the Internet of Things 2nd IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content. 2010.
- FERREIRA, Fernando Nicolau Freitas; ARAÚJO, Marcio Tadeu. Política de Segurança da Informação: guia prático para embalagem e implementação. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- GIL, Antonio Carlos, Como Elaborar Projetos de Pesquisa, São Paulo, Atlas (2017).
- MARIBEL SALAS. Costs of medication nonadherence in patients with diabetes mellitus: A systematic review and critical analysis of the literature. Value in Health. volume 12. 2009.
- MARTINS, A. P. Saúde em rede. Rev. Saúde Business. Ano 2, n.8.2009.
- MARTINS, G. A. & PINTO, R. L. Manual para elaboração de Trabalhos Acadêmicos. São Paulo: Atlas. 2001.
- MCKINSEY & COMPANY. Industry 4.0 how to navigate digitization of the manufacturing sector. 2015.
- MEHTAA RIDHIKA, SAHNIB JYOTI, KHANNAC KAVITA. International Conference on Computational Intelligence and Data Science.Internet of Things: Vision, Applications and Challenges. 2018.
- MONTEIRO, I. L. C. O. (2009). Proposta de um Guia para elaboração de políticas de segurança da informação e comunicação em órgãos da APF. (Dissertação de mestrado em Ciência da Computação. Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil).
- PEREIRA, S.R. et al. Sistemas de Informação para Gestão Hospitalar. J. Health Inform, 2012.
- PWC. Pesquisa Global de Segurança da Informação 2013. Disponível em: <<http://www.pwc.com.br>>. Acesso em 20 maio. 2018.
- SÊMOLA, Marcos. Gestão da segurança da informação: uma visão executiva. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2003.
- S. BABAR, P. MAHALLE, A. STANGO, N. PRASAD, R. PRASAD. Proposed Security Model and Threat Taxonomy for the Internet of Things (IoT). 3rd International Conference on Recent Trends in Network Security and Applications, Chennai, India, 2010.
- SILVA, Denise R. P.; STEIN, Lilian M. Segurança da informação: uma reflexão sobre o componente humano. Ciências & Cognição, Porto Alegre, 2007.
- SILVA, LEANDRO JAMIR. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso. Internet Das Coisas. 2017.
- SILZE CRISTINAMASSOLA, GIULIANO SCOMBATTI PINTO. O uso da internet das coisas (IoT) a favor da saúde. 2018.

SPYGLASS CONSULTING GROUP. Healthcare Without Bounds: Point of Care Communication for Physicians. Market Analysis Report. 2010. Disponível na Internet. URL: http://www.spyglassconsulting.com/Abstracts/Spyglass_PCOM_Physician_abstract.pdf

TECHNOLOGY ADVICE COMPANY. <http://technologyadvice.com/blog/healthcare/study-wearabletechnology-preventative-healthcare/>. 2017.

TECHTARGET. Essential Guide. IOT for healthcare: Three use cases. 2016. Disponível em: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/feature/IoT-for-healthcare-Three-use-cases>.

VILLAS BOAS, MARIA ELISA. O direito-dever de sigilo na proteção ao paciente. Revista Bioética. 2015.

WAHER, PETER. Learning Internet of Things Paperback. Packt Publishing Ltd. Birmingham Mumbai, 2015.

ZAPATER, M.; SUZUKI, R. Segurança da Informação: um diferencial determinante na competitividade das organizações. Rio de Janeiro: Promon, 2005.



ENERJİ YOKSULLUĞU ÜZERİNE BİR İNCELEME

Prof. Dr. Seyfettin Erdoğan
İstanbul Medeniyet Üniversitesi
seyfettin.erdogan@medeniyet.edu.tr

Doç. Dr. Ayfer Gedikli
İstanbul Medeniyet Üniversitesi
ayfergedikli@yahoo.com

ÖZET: Enerji ekonomisi literatürünün iktisat biliminin farklı dalları ile ilintili çok sayıda alt kolları vardır. Literatüre katkı yapmayı amaçlayan çalışmalar teorik bilgilerden yararlanmakta, araştırma kapsamı, dönem ve veri kısıtı gibi değişkenlere bağlı olarak farklı ekonometrik yöntemler kullanmaktadır.

Enerji yoksulluğu, enerji ekonomisinin önemli alt alanlarından birisidir. Son yıllarda bu alanda kayda değer bir literatür oluşmuştur. Enerji yoksulluğu konusunu araştıran çalışmalardan bazıları daha önce bu konuda kullanılan kavramları kullanırken, bazıları da yeni kavramlar geliştirme çabasına girmektedirler. Bu çalışmanın amacı enerji literatürü üzerine bir değerlendirme yapmaktır. Enerji yoksulluğu konusunu ele alan çalışmalarda kullanılan ya da geliştirilmeye çalışılan kavramlar üzerinde durulacak, elde edilen bulgular ve analizler ele alınacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji ekonomisi, enerji yoksulluğu, yakıt yoksulluğu, enerji politikaları.

AN INVESTIGATION OF ENERGY POVERTY

ABSTRACT: Energy economics literature has many sub-branches related to different fields of economics. Studies aiming to contribute to the literature benefit from theoretical framework and use different econometric methods depending on the variables such as research scope, period and data constraint.

Energy poverty is one of the important fields of study in energy economics. In the recent years, there is a growing literature on this subject. While some of the studies investigating energy poverty use the concepts on this subject, some others try to develop new concepts. The aim of this study is to make a literature survey on energy literature. The concepts used or tried to be developed in studies dealing with energy poverty will be emphasized and the findings and analyzes will be discussed.

Key words: Energy economics, energy poverty, fuel poverty, energy policies.

GİRİŞ

Modern insanın hayat kalitesini belirleyen en temel değişkenlerin başında enerji kullanımı gelmektedir. Sıradan bir insanın gündelik hayatının her aşamasında enerji kullanımı olmaksızın alışılabilir hayat standardını sürdürmesi mümkün değildir. Yeme-içme, barınma (ısınma ve aydınlatma) ve teknolojik cihazlardan yararlanma enerji kullanımı ile mümkündür. Birey

açısından geçerli olan bu durum, firma, sektör ve makro düzeyde ekonominin tamamı içinde geçerlidir. Üreticiler cari üretim düzeylerini sürdürmek ve/veya üretim hacimlerini genişletme kararını gerçekleştirmeleri enerji kaynaklarına bağlıdır.

Enerji kaynakları bütün ülkeler arasında eşit dağılmadığından, doğal kaynak açısından en zengin ekonomiden en fakir ekonomiye enerji tasarrufu ve enerji verimliliği politika yapımcıların en temel öncelikleri arasındadır. Doğal kaynak arzı sınırsız olmadığından dolayı bütün ülkeler ellerindeki kaynakları en etkin şekilde kullanmaya çalışmakta; alternatif enerji kaynakları geliştirmektedir. En etkin enerji politikaları konusunda bütün ülkeler çaba sarf etmesine karşın, özellikle az gelişmiş ülkeler, içinde bulunduğu fakirliğin kısır döngüsü nedeniyle başarılı olamamaktadırlar. Az gelişmiş ülkelerde nüfusun büyük bölümü yoksulluk ve sefalet içerisinde yaşadığından dolayı enerji kaynaklarına yeterli ölçüde ulaşmamaktadırlar. Benzer şekilde gelişmekte olan ülkelerde de enerji kullanımı konusunda arzulanan insani standartların yakalandığını söylemek güçtür.

Bireylerin enerji kullanımı konusunda ihtiyaçlarını karşılayamaması enerji yoksulluğu kavramı ile ifade edilmektedir. Enerji yoksulluğu kavramı konusunda farklı tanımlama girişimleri vardır. Bunlar arasında yakıt yoksulluğu en sık kullanılan kavramlardan biridir. Çoğu zaman enerji yoksulluğu ile yakıt yoksulluğu aynı anlamda kullanılmaktadır Enerji kullanımı, sanayileşme ve kentleşme süreçleri ile birlikte arttığı için yakıt yoksulluğu en genel anlamda “sanayileşen dünyada, hane halkının ısınma, enerji gücünden yararlanma ve aydınlanma konusunda temel standartları yakalayamama” şeklinde tanımlanmaktadır (Liddell, vd., 2012:27). Enerji yoksulluğu enerji ekonomisinin önemli alt kollarından birisidir. Konunun niteliği esas alındığında kalkınma iktisadı ile de ilişkilendirmek mümkündür.

Enerji yoksulluğu konusunda (Liddell, vd., 2012:27)'in tanımına benzer çok sayıda tanımlama girişimi vardır. Bu konuda yayınlanmış çalışmalarda yer alan tanımlamalardan bazıları aşağıdadır:

- Enerji yoksulluğu, temel ihtiyaçların karşılanması için temiz ve güvenilir enerjiye erişimin olmaması, söz konusu ihtiyaçların katı yakıtlarla karşılanmasıdır (Day, Walke ve Simcock, 2016: 257). Bu çalışmada şu tanımlama önerilmiştir: “Uygun fiyatlı ve güvenilir enerji hizmetlerine erişim konusundaki yetersizliğin doğrudan ya da dolaylı sonucu olarak temel becerilerin gerçekleştirilememesidir”. Yazarlar bireylerin yetersizliklere maruz kalmaları durumunda ulaşabilecekleri araçlar ile becerilerini hayata geçirebileceklerini ifade etmişlerdir. Becerilerden söz edilirken, temel beceriler ve ikincil beceriler şeklinde bir tasnif yapılmıştır. Temel beceriler için, sağlığı korumak, sosyal saygı edinmek ve iyi eğitim; ikincil beceriler için ise, çamaşır yıkama, yiyecek hazırlama ve depolama (saklama), bilgiye erişim ve araç-gereç kullanma örnek olarak gösterilmiştir. (Day, Walke ve Simcock, 2016: 260-62).

- “Hanehalkının, soğutma, ısıtma, pişirme, araç gereç kullanımı ve bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanma ihtiyaçlarını karşılayacak ulusal enerji hizmetlerinin kalite ve seviyenin güvenli hale getirilememesi halinde enerji yoksulluğu sorunundan söz edilir” (Bouzarovski, 2018:1). Enerji hizmetlerinin kapsamı kabaca üç başlık altında toplanabilir: Birincisi, temel insan ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Aydınlatma, sağlık, eğitim ve iletişim bu kapsamda değerlendirilmelidir. İkincisi, üretimde verimlilik artışına yönelik hizmetlerdir. Tarımsal üretim, sulama, gübreleme ve mekanize işleme gibi faaliyetlerin gerçekleştirilmesi verimlilik artışı amacıyla. Üçüncüsü, modern toplumsal ihtiyaçların karşılanmasıdır: Teknolojik araç-gereçlerin kullanılması, soğutma ve ısıtma kentleşme ve modernleşme ile birlikte ortaya çıkan ve enerji kullanımı ile karşılanabilen ihtiyaçlardır (Sovacool ve Drupa, 2012:8). Bütün ülkelerin kentleşme ve modernleşme düzeyleri aynı değildir. Hatta aynı ülke içerisinde bölge hatta il düzeyinde ciddi farklılıklar bulunmaktadır. Bazı insanlar oldukça ilkel koşullarda yaşarken, bazıları kısmen modern bazıları da oldukça ileri derece modern koşullarda yaşamaktadır. Dolayısıyla enerji yoksulluğu kavramının çerçevesini çizerken bu gerçekliği göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Enerji kullanımı ihtiyaç haline gelmeye başladığında enerjiye erişim noktasında aksaklıkların olması durumunda enerji yoksulluğunu tespit etmek mümkün olmaktadır.

- “Enerji yoksulluğu, yiyeceklerin pişirilmesi ve ısınma konusunda elektriğe erişim eksikliği ve katı yakıtlara bağımlılık şeklinde tezahür eden kalıcı küresel bir sorundur” (Sovacool ve Drupa, 2012:1). Yazarlar, dünya nüfusunun önemli bir bölümünün halen kısmen ya da tamamen katı yakıtlara bağımlı olduğunu ifade etmişlerdir

Enerji yoksulluğunun kavramsal çerçevesi ortaya konduktan sonra, üzerinde durulması gereken nokta, enerji yoksulluğunun boyutlarıdır. Che, Zhu ve Wang, enerji yoksulluğunun boyutlarını, enerji kullanılabilirliği (energy availability), enerji satın alınabilirliği (energy affordability) ve enerji temizlenebilirliği (energy cleanability) şeklinde üç başlık altında toplamışlardır. Söz konusu değişkenlere ilişkin bilgiler özetle aşağıdadır (Che, Zhu ve Wang, 2020:3):

- **Enerji kullanılabilirliği:** Enerji kullanılabilirliği yüksek kaliteli enerjiye ulaşmak anlamına gelmektedir. Yüksek kalite standartlarına sahip enerji kaynaklarına ulaşamaması enerji yoksulluğunun birinci boyutunu ifade etmektedir. Gelişmiş ülkelerde yüksek kaliteli enerji kullanım imkanlarından nüfusun kayda değer bir yüzdesi yararlanabilirken gelişmekte olan ülkeler ve özellikle az gelişmiş ülkelerde aynı orandaki bir imkandan söz etmek mümkün değildir.

- **Enerji satın alınabilirliği:** Hanehalkının enerjiye erişimi açısından en temel belirleyici faktörlerin başında enerji fiyatları gelmektedir. Yüksek enerji fiyatları enerji erişimini imkansız yada kesintili hale getirmektedir. Hanehalkının katlanmak zorunda olduğu enerji maliyetlerinin çok yüksek olması, enerji satın alınabilirliği kavramı ile ifade edilmektedir. Hayat pahalılığının

olduğu ülkelerde dar gelirli ya da ücretli kesim temel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik harcama kalemlerine daha fazla kaynak aktarma zorunda kalmaktadır. Enerji fiyatlarının görece düşük olması halinde diğer harcama kalemlerinden kısıntı yaparak enerji tüketimi finanse edilebilir. Ancak diğer harcama kalemlerinden kesinti yapmanın çok güç olması ya da eş anlamlı olarak enerji maliyetlerinin de artması enerji satın alınabilirliği gücünün erimesi sonucunu doğurur.

- **Enerji temizlenebilirliği:** Enerji temizlenebilirliği, temiz su kaynaklarına erişim kadar değerli bir refah göstergesidir. Modern teknolojik yeniliklerden yararlanamayan düşük katma değerli ve çevre dostu olmayan sektörlerin yoğunlukta olduğu ülkelerde sürdürülebilir kalkınma açısından başarılı bir performans ortaya koymak mümkün değildir. Buna karşın çevre dostu teknolojik alt yapı ile üretim yapan, enerji etkin akıllı binalar inşa eden, ulaşım sektörü başta olmak üzere evsel araç gereçler dahil gündelik hayatın bütün alanlarında zararlı gaz salınımını minimal düzeylere çeken ülkeler kişi başına refah düzeylerini artırabilmektedir. Hanehalkının düşük karbon emisyonuna yol açan kaliteli enerji tüketiminin artması, temiz yakıt (yenilebilir enerji kaynakları dahil) ve enerji tasarrufu sağlayan teknolojik gelişmelere erişimi enerji temizlenebilirliği kavramı ile açıklanmaktadır.

Enerji yoksulluğu ile ilgili araştırmalarda kavramsal çerçeve ve sorunun boyutları konusunda enerji güvensizliği (energy precariousness) ve enerji yoksunluğu (energy deprivation) gibi ifadeler de kullanılmaktadır. Son zamanlarda küresel ölçekte 1.1 milyar insanın enerji güvensizliği problemine maruz kaldığı vurgulanmaktadır (Abbas, 2020).

Enerji yoksulluğunun boyutlarını ortaya koymak amacıyla yeni değişkenler geliştirilebileceği gibi söz konusu boyutlarla ilgili literatürde yer alan göstergeler de tercih edilebilir. Her iki girişimde literatüre katkı yapabilecek araştırmaların kurgulanmasına katkı yapacaktır. Bu tür yeniliklerin yanısıra enerji yoksulluğunun ekonomi politik analizi, uluslararası boyutları, sosyo ekonomik etkileri, beşeri sermaye gücü üzerindeki etkileri, toplumsal yapıya yansımaları gibi konular üzerinde derinlemesine araştırmalar yapılabilir.

Bu çalışmanın amacı, enerji yoksulluğu literatürüne katkı yapmayı hedefleyen ya da ilgili literatürdeki çalışmaları değerlendiren araştırmaların elde ettikleri bulguları inceleyerek, enerji yoksulluğu üzerine araştırma yapacaklara yol gösterici olmak ve bu konuda planladığımız derinlemesine araştırmalara temel oluşturmaktır.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Enerji yoksulluğu konusunda geniş bir literatür bulunmaktadır. Literatürde öne çıkan bazı çalışmaların bu konuda kullandığı kavramlara, değerlendirmeleri ve bulgulara ilişkin özet bilgiler aşağıdadır:

Moore (2012)'un çalışmasında, politika belirleme süreçleri üzerinde durulmaktadır. Politika yapıcılar açısından yakıt yoksulluğu kavramının tanımlanmasının neden dikkate değer bir husus olduğu konusu tartışılmaktadır.

Bouzarovski, Petrova ve Sarlamanov (2012). Enerji yoksulluğu ya da yakıt yoksulluğu kavramının Avrupa Birliği'nin gündemine girişinin tedrici bir özellik gösterdiğini vurgulamaktadır. Politik arenada ve politika belirleme süreçlerinde bu kavramın yer alması ani bir gelişme değildir. Yazarlar değerlendirmelerde bulunmak için, uluslararası bilimsel etkinlikler gerçekleştirilmesinin yanısıra politika yapıcılar, konunun uzmanı ve ilgili toplumsal kesimler ile görüşmeler yapmak suretiyle bilgi toplamaya çalışmışlardır.

Walker vd. (2014), yakıt yoksulluğu konusunda hane halkı merkezli (hane halkı düzeyinde) bir bakış açısını esas almışlardır. Yakıt yoksulluğunu “hane halkının konutlarını makul bir maliyet ile ısıtamamaları” şeklinde tanımlamışlardır. Yazarlara göre yakıt yoksulluğu sorununun ayrıntılı olarak ortaya konması ve anlaşılması, sorunun doğru teşhis edilmesi disiplinler arası araştırmalara bağlıdır. Sorunun dar bir çerçevede ele alınması doğru bir bakış açısı değildir. Disiplinler arası bakış açısı ile sorunu çözmeye yönelik girişimlerin daha başarılı olacağını belirtmek gerekir.

Liddell ve Guiney (2014), bazı çalışmalarda dikkat çekilen “zihinsel sağlık – soğuk ve nemli konutlarda yaşama ilişkisi” konusu üzerinde durmuşlardır. İncelenen araştırmaların bulgularına göre, soğuk ve nemli konutlarda yaşamak mental sağlığa ilişkin stres faktörlerini etkilemektedir. Enerji etkinliğindeki iyileşmelerin mental sağlığı pozitif yönde etkilediği vurgulanmıştır. Thomson ve Thomas (2015), enerji etkinliğindeki iyileşmelerin insanların mental sağlığının yanısıra fiziksel sağlığındaki iyileşme üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların bulgularına ele almıştır.

Lacroix ve Chaton (2015), Fransa özelinde yakıt yoksulluğu ile sağlık arasındaki ilişkinin ekonometrik analizini yapmışlardır. Bu araştırmada kullanılan sağlık ve enerji yoksulluğu değişkenleri bireysel düzeydeki beyanlara dayandırılmıştır. Bulgular yakıt yoksulluğunun sağlık üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Yakıt yoksulluğu sorunu olan bir bireyin, bu tür sorunu olmayana göre kötü sağlık koşullarını bildirme olasılığı %2.36 oranında daha yüksektir.

Kose (2019), enerji yoksulluğu ile sağlık çıktıları arasındaki ilişkiyi Türkiye özelinde araştırmıştır. Çalışmada 26 bölgeye ilişkin mikro veriler, diğer bir ifade ile, hanehalkı araştırmaları ve bölgesel düzeydeki veriler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, enerji yoksulluğu göstergeleri ile sağlık indeksleri arasında negatif ilişki bulunmaktadır.

Thomson, Snell ve Liddell (2016)'in çalışmasında yakıt yoksulu hane halkının iki seçeneği olduğuna vurgu yapılmaktadır:

- Sınırlı gelir kaynaklarına sahip bireyler ihtiyaç duydukları mal ve hizmetlere istedikleri kadar harcama yapma şansına sahip değillerdir. Dar gelirlili bireyler, elde ettikleri gelirlerinin ortalama miktarı üzerindeki bölümünü ısınma, soğutma, yemek pişirme ve araç – gereç kullanımı için harcamak zorundadırlar. Sınırlı bütçenin kayda değer bölümü bu şekilde eridikten sonra yiyecek ve ulaşım gibi alanlara aktarılacak gelir miktarı azalmaktadır. Kısacası, yakıt giderleri asli ihtiyaçlara ayrılacak kaynak miktarını belirlemektedir. Asli ihtiyaçlara yönelik harcama miktarını yakıt maliyetleri tayin etmektedir.

- Bireylerin yakıt yoksulluğu ile ilgili olanların yanısıra ilgili ilgili olmayan mal ve hizmetlere erişimde sıkıntı yaşaması, soğuk ve kalite standartları düşük konutlarda barınma zorunda kalması ve hayat standartlarını aşağı doğru çekmesi anlamına gelmektedir. Her iki durumda da refah kaybından söz etmek mümkündür.

Thomson, Snell ve Liddell (2016), bireylerin hayat standartlarının gerilemesinde asıl tetikleyici faktörün yakıt harcamalarının tüketici bütçesi içerisindeki ağırlığının artması olduğunu vurgulamaktadır. Yakıt harcamalarına daha fazla gelir tahsisinin doğal sonucu olarak diğer asgari zaruri mal ve hizmetlere erişimde sıkıntılar ortaya çıkmaktadır.

Acharyaa ve Sadath (2019), Hindistan'da 2004 – 2011 dönemi için enerji yoksulluğu ile iktisadi gelişme arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, iktisadi gelişme ile enerji yoksulluğu arasında negatif ilişki bulunmaktadır. Yoksul bölgelerdeki insanların enerji hizmetlerine erişimde sıkıntı yaşadığı vurgulanmıştır.

Che, Zhu ve Wang (2020), 2001 – 2016 döneminde 125 ülke özelinde küresel enerji yoksulluğu özelinde kapsamlı bir değerlendirme yapmıştır. Elde edilen bulgulara göre, bölgesel ve zamansal farklılıklar olmasına karşın küresel enerji yoksulluğu zaman içerisinde iyileşme eğilimi göstermektedir. Enerji kullanılabilirliği ve satın alınabilirliği, enerji yoksulluğundaki iyileşme eğilimlerini negatif yönde etkileyen değişkenlerdir. Ülkesel bazda mukayese yapıldığında gelişmiş ülkelerin daha iyi durumda olduğunu söylemek gerekmektedir. Yazarlar, enerji yoksulluğu üzerinde ayrıntılı değerlendirmelerde bulunmak amacıyla 11 göstergeden yararlanıp enerji yoksulluğu gösterge sistemi oluşturmuşlardır. Söz konusu göstergeler enerji yoksulluğunun boyutlarını gösteren, enerji kullanılabilirliği, enerji satın alınabilirliği ve enerji temizlenebilirliği değişkenlerine aittir. Enerji yoksulluğu gösterge sistemi Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1: Enerji Yoksulluğu Çoklu Boyutlu Gösterge Sistemi

BOYUTLAR	GÖSTERGELER
1.Enerji Kullanılabilirliği	Kişi Başı Hanehalkı Enerji Tüketimi Kişi Başı Hanehalkı Elektrik Tüketimi Elektriğe Erişim (Nüfusun % Olarak)

2.Enerji Satın Alınabilirliği	Kişi Başına Düşen GSYİH Kişi Başına Hanehalkı Nihai Tüketim Harcamaları 100 Kişi Başına Cep Telefonu Sahipliği
3.Enerji Temizlenebilirliği	Temiz Yakıt ve Pişirme Teknolojilerine Erişim (Nüfusun % Olarak) Hanehalkı Biyo Yakıt ve Atık Tüketimi (Toplam Nihai Enerji Tüketimi % Olarak) Kişi Başına Düşen CO2 Emisyonu Hanehalkı Katı Olmayan Ticari Enerji Miktarı (Ticari Enerjinin % Olarak) Termal Olmayan Enerji Üretimi

Kaynak: Che, Zhu ve Wang (2020:3).

Abbas vd. (2020), altı Güney Asya ülkesi özelinde hane halkı ile ilgili farklı göstergelere ilişkin veri setini kullanarak enerji yoksulluğunun sosyo ekonomik değişkenlerini incelemiştir. Enerji yoksulluğu ile ilgili analizlerde bulunmak amacıyla çok boyutlu enerji yoksulluğu endeksi (MEPI) kullanılmıştır. Elde Edilen bulgulara göre, hane halkı enerji yoksulluğu açısından konut büyüklüğü, servet, cinsiyet, eğitim, meslek gibi değişkenler, negatif belirleyiciler; İkamet yeri, ev sahipliği durumu, aile büyüklüğü gibi değişkenler de pozitif belirleyicilerdir.

Amin (2020), yedi Güney Asya ülkesinin 1995 – 2017 dönemine ilişkin verilerini kullanarak Enerji yoksulluğu, istihdam, eğitim, kişi başı gelir, enflasyon ve iktisadi gelişme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Elde Edilen sonuçlara göre, enerji yoksulluğu, istihdam, eğitim, kişi başı gelir, enflasyon ve iktisadi gelişme arasında uzun dönemli ilişki bulunmaktadır. Öte yandan enerji yoksulluğu iktisadi gelişmeyi hem uzun hem de kısa dönemde negatif yönde etkilemektedir.

SONUÇ

Enerji yoksulluğu/yakıt yoksulluğu üzerine yapılan araştırmalarda sadece kavramsal analizler ve politika süreçleri üzerinde durulmamaktadır. Yakıt yoksulluğunun bireysel ve toplumsal maliyetlerine de vurgu yapılmaktadır. Yakıt yoksulluğu sorunu yaşayan ülkelerde gelişmiş ülke standartları ile bağdaşmayan ve düşük refah göstergesi olarak kabul edilen çok ciddi bireysel ve toplumsal sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Enerji etkinliğine uymayan ve yeterince ısınmayan konutlarda yaşayan bireyler fiziksel hastalıkların yanı sıra ciddi mental hastalıklara da maruz kalmaktadır. Bireyler hastalık dönemlerinde iş hayatından veya eğitim - öğretim faaliyetlerinden geri kalmaktadır. Bu durum hem yetenek körelmesini tetiklemekte hem de bireysel eğitim düzeyinin zayıf kalmasına ve doğal olarak beşeri sermaye gücünün gerilemesine neden olmaktadır.

Enerji yoksulluğu/yakıt yoksulluğunun sağlık, eğitim ve sosyo ekonomik değişkenler gibi göstergeler üzerindeki etkilerinin ortaya konması, farklı dönemler, farklı örneklem ve yeni modeller ile araştırılabilecek zenginlikte bir konudur. Bu konudaki araştırmaların inter disiplinler nitelikte olması da

tavsiye edilebilir. Araştırmalardan elde edilecek bulgular hem yeni çalışmalar için esin kaynağı olacak hem de politika belirleme süreçlerinde kullanılabilir.

Enerji yoksulluğu/yakıt yoksulluğu ile ilgili politikalardan söz ederken, yoksullukla mücadele ve yoksulluğun etkileri ile mücadele şeklinde bir sınıflandırma söz konusudur. Enerji yoksulluğu ile mücadeleden kast edilen enerji etkinliğini artıracak politikaların öne çıkarılmasıdır. Yoksulluğun etkileri eğitim, sağlık, ve kamu destekleri gibi alanlarda yapılacak düzenlemeler ile en aza indirilebilir.

KAYNAKÇA

- Acharyaa, R.H. ve Sadath, A.C. (2019). Energy poverty and economic development: Household-level evidence from India. *Energy & Building*, 183, 785 – 791.
- Amin, A., Liu, Y., Yu, J., Chandio, A. A., Rasool, S. F., Luo, J. ve Zaman, S. (2020). How does energy poverty affect economic development? A panel data analysis of South Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 31623 - 31635.
- Abbas, K., Li, S., Xu, D., Baz, K., Rakhmetova, A. (2020). Do socioeconomic factors determine household multidimensional energy poverty? Empirical evidence from South Asia. *Energy Policy*, 146, 111754, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111754>.
- Bouzarovski, S. (2018). *Energy Poverty*. Palgrave Macmillan.
- Bouzarovski, S., Petrova, S. ve Sarlamanov, R. (2012). Energy poverty policies in the EU: A critical perspective. *Energy Policy*, 49, 76–82.
- Che, X., Zhu, B. ve Wang, P. (2020). Assessing global energy poverty: An integrated approach. *Energy Policy*, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112099>
- Day, R., Walke, G. ve Simcock, N. (2016). Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. *Energy Policy*, 93, 255–264.
- Kose, T. (2019). Energy poverty and health: the Turkish case, *Energy Sources. Part B: Economics, Planning and Policy*, 14 (5), 201-213.
- Liddell, C. ve Guiney, C. (2014). Living in a cold and damp home: frameworks for understanding impacts on mental well-being. *Public Health*, 129, 191 – 199.
- Lacroix, E. ve Chaton, C. (2015). Fuel poverty as a major determinant of perceived health: The case of France. *Energy Policy*, 115, 98 - 108.
- Liddell, C., Morris, C., McKenzie, S.J.P. ve Rae, G. (2012). Measuring and monitoring fuel poverty in the UK: National and regional perspectives. *Energy Policy*, 49, 27–32.
- Moore, R. (2012). Definitions of fuel poverty: Implications for policy. *Energy Policy*, 49, 19 – 26.
- Sovacool, B.K. ve Drupa, I. M. (2012). *Energy Access, Poverty, and Development (The Governance of Small-Scale Renewable Energy in Developing Asia)*. Ashgate Pub.
- Thomson, H., Snell, C. ve Liddell, C. (2016). Fuel poverty in the European Union: a concept in need of definition? *People, Place and Policy*, 10/1, 5-24.
- Thomson, H. ve Thomas, S. (2015). Developing empirically supported theories of change for housing investment and health. *Social Science & Medicine*, 124, 205- 214.
- Walker, R., Liddell, C., McKenzie, P., Morris, C. ve Lagdon, S. (2014). Fuel poverty in Northern Ireland: Humanizing the plight of vulnerable households. *Energy Research & Social Science*, 4, 89 - 99.



INFORMATION SECURITY WITH THE INTERNET OF THINGS ADVENT IN HOSPITAL ENVIRONMENTS: A BIBLIOGRAPHIC APPROACH

Wellington Ferreira Cipriano

Graduated in Military Sciences at the Military Academy of Agulhas Negras. E-mail: ciprijones@hotmail.com, Postgraduate in Hospital Administration at Centro Universitário do Sul de Minas

Viviel Rodrigo José de Carvalho

Master's in Health Sciences at Universidade São Francisco.
viviel@unis.edu.br

Fabricio Pelloso Piurcosky

PhD in Administration at Universidade Federal de Lavras and Researcher at Centro Universitário do Sul de Minas.
fabricio@unis.edu.br

Rodrigo Franklin Frogeri

PhD in Information Systems and Knowledge Management at FUMEC.
Researcher at Centro Universitário do Sul de Minas

ABSTRACT: This research addresses information security with the advent of the internet of things in hospital environments. Such an approach is necessary due to the frequent cases of failures in the protection of hospital information. This work aims to carry out a bibliographic review, to update the information related to the understanding of the mechanisms that can contribute to the information security in the hospital environment, all with the purpose of improving the security procedures, contributing to the development of a culture of hospital security. This intention will be achieved from the qualitative bibliographic review, developed from material already prepared, consisting of books and scientific articles. The study showed that, when it comes to information security in hospital management, there is only concrete success when everyone involved is aware of the importance of adopting security measures capable of protecting information from its real threats, in addition to the need to have investment in the area of information technology, trained and constantly trained professionals.

Keywords: Information Security. Internet of Things. Hospital Security.

1 INTRODUCTION

With the large amount of information circulating on organizations' networks, information security incidents have increased significantly in recent years, taking on the most varied forms, such as theft and unauthorized access to information, attacks via networks unprotected wireless, the weak protection implemented in the systems, denial of service attacks, virus and malware infection, among other thousands of reasons. One of the factors driving this scenario is the spread of the internet and the ease of carrying out attacks through it. At the same time that it helped with the democratization of information and became essential to boost business, the internet also made it possible for thieves from the digital world and the spread of threats that endanger the security of an organization (ZAPATER E SUZUKI, 2005).

As the number of connected devices that collect personal information grows, so does the need to worry about the security of information on the Internet of Things.

Information security is a current topic under constant discussion in the most diverse organizations, be it government, education, industry, commerce or services; since organizations use Information Technology (IT) to support and generate business, combined with the benefits of the Internet. In this way, regardless of the market segment, all organizations will always benefit from information, aiming at better productivity, cost reduction, gain in market share, increased agility, competitiveness and support to decision-making. (SÊMOLA, 2003).

With the advent of the internet of things, a major challenge for security is perceived, since many access devices have limited security features, since they were designed to only add functionality at a low cost.

This work describes aspects related to information security in hospital environments, because with the increase in the number of recent episodes of failures in the security of patients' confidential information, it started to have the perception that there are aspects to be improved in hospital management, such as restricting access to the database, using word encryption in the information technology media, using automatic backups and building a permission scale, where each user has a different limit on access to information.

Such an approach is necessary since, from the moment security mechanisms are created, other invasive mechanisms are also created. This is a challenge for hospital managers and those responsible for the hospital safety culture, as it is necessary to carry out actions that map and identify the situation of the hospital, its threats, vulnerabilities and risks, to allow a diagnosis and the future solution.

It is also important to emphasize the importance of work for hospital managers, as it helps to understand the mechanisms that can contribute to information security in the hospital environment.

The purpose of this research is to carry out a bibliographic review, to update the information related to the understanding of the mechanisms that can contribute to information security in the hospital environment, all with the purpose of improving security procedures, contributing to the development of a culture of hospital security, showing concepts of information security and the internet of things and taking into account the constant search to ensure that the information generated in hospital environments is protected from undue access or loss. In this sense, the research will identify the concepts related to information security, know the current risks that involve the information generated in hospital environments, be aware of concepts about the internet of things and establish policies that develop the culture of information security in hospitals.

This purpose will be achieved through descriptive, exploratory and qualitative bibliographic research, as the objective is to describe the information security process with the advent of the internet of things in hospital environments. The source of consultation will be, fundamentally, bibliographic, in addition to databases of academic content and published articles, in a more specific way, current reading books and periodical publications.

2 INFORMATION SECURITY IN HOSPITAL MANAGEMENT

In spite of being such an old precept in the health area, the duty of secrecy is, even today, one of the most disrespected ethical commitments in the daily routine of hospital and health units. See, for example, how common are the conversations of corridors and elevators about the illnesses of the patients seen, or even the frequency with which medical records are found on counters with the names and diagnoses on display, or even the physical disposition of the patients. Stretchers and beds, allowing unnecessary exposure of the patient. In a way, computerization has reduced this risk, but it is still difficult to determine who should be given access to such data, also protecting them from external interference (VILLAS BOAS, 2015).

With the constant advancement of technologies, the importance of information security increases significantly. It is increasingly difficult to keep information about companies or people safe. Carelessness in this area can bring significant losses, the challenge is to achieve balance (PWC, 2013).

Information security is a game of advanced techniques and strategies that changes quickly. As a consequence, the models of the past decade are no longer adequate. Leaders recognize that in order to have effective security, it is necessary to transform and adopt a new

way of thinking. They are aware that the very survival of the business requires an understanding of security threats, the preparation to face them and quick responses (PWC, 2013).

Information security, according to Beal (2005), is the process of protecting information from threats to its integrity, availability and confidentiality. Sêmola (2003) defines information security as "an area of knowledge dedicated to the protection of information assets against unauthorized access, undue alterations or their unavailability".

Decree Nr 3.505 of June 13, 2000, which instituted the Information Security Policy in the bodies and entities of the Federal Public Administration, defines Information Security as:

“protection of information systems against denial of service to authorized users, as well as as against intrusion, and unauthorized modification of data or information, stored, in process or in transit, including the security of human resources, documentation and material, areas and installations of communications and computing, as well as aimed at preventing, detecting, detaining and documenting possible threats to its development” (BRASIL, 2000, s / p).

According to (ABNT NBR ISO / IEC 27002, 2018), effective information security reduces risks, protecting the organization from threats and vulnerabilities and thus reducing the impact on its assets.

Araújo, Bezerra and Coelho (2014) define information security as a determining factor for conducting successful business, both in the public and private sectors, in addition it is a component that enables businesses, such as eGov (e-government) or e-commerce (electronic commerce).

Araújo, Bezerra and Coelho (2014), further, adds that information security covers all information assets, preserving them against disasters and errors (intentional or not), trying to reduce the probability or impacts caused by security incidents.

For the construction of more accurate knowledge on the subject, it is interesting to know the basic principles of the subject.

2.1 INFORMATION SECURITY BASIC PRINCIPLES

The concept of “information” is used in almost all fields of scientific knowledge, consequently it presents a variety of definitions, depending on the focus (observer's view) that you want to assign to it. It has different explanatory and conceptual dimensions. This is justified, mainly, because of the use of the word "information" in different areas of knowledge. Even in

nearby areas, the word refers to concepts with some variations. We can say that “information” today has an interdisciplinary concept (MARTINS, 2009).

In the last decades, information has increasingly taken on an important role, becoming common sense in contemporary society, mainly leveraged by the new “Information and Communication Technologies” (MARTINS, 2009).

With the constant advance of IT (Information Technology), companies started to depend more and more on information and computer systems. More than ever, information means power and its appropriate use can establish the competitive differential and better service to customers, optimizing the chain of services, products and research (PEREIRA, 2012).

In the current context of development, in which technological innovations and knowledge production are striking characteristics, information takes on a very important role, being vital for the company that wishes to be successful in the current market in the formatting of an information system that meets the needs of organization in the development of its activities (CONCEIÇÃO, 2012).

The basic principles governing information security are seen by the CIA triangle, composed of confidentiality, integrity and availability, as shown below (Fig. 1):

Figure 1 - CIA triangle



Source: (BROOK, 2010)

These security concepts Information guides the analysis, planning and implementation of security for the information you want to protect, and as follows are defined as:

- Data confidentiality data means that is only available to the appropriate parties, who may be parties that require access to data or parts that are reliable. The data that has been kept confidential is that which has not been compromised by other parties; confidential data is not disclosed to people who do not need or should not have access to it. Ensuring confidentiality means that information is organized in terms of who should have access, as well as their sensitivity. However, the breach of confidentiality can occur through different means, such as social engineering (BROOK, 2010).
- Data integrity refers to the certainty that data is not tampered with, destroyed or corrupted. It is the certainty that the data will not be modified by unauthorized persons. There are basically two points during the transmission process in which integrity can be compromised: during data loading and / or during storage or collection of the database (BROOK, 2010).

The availability of data and information means that it is available when needed. For a system to demonstrate availability, it must have a well-functioning computer system, security controls and communication channels. Most of the available systems are accessible at all times and are guaranteed against power outages, natural disasters, hardware failures and system upgrades. Availability is a major challenge in collaborative environments as such environments must be stable and continuously maintained. Such systems should also allow users to access the necessary information with a short wait time. Redundant systems can be put in place to offer a high level of fail-over. The concept of availability can also refer to the usability of a system. Information security refers to the preservation of integrity and confidentiality, when information is stored or transmitted. Information security breaches occur when information is accessed by unauthorized persons or parties. Violations can be the result of actions by hackers, intelligence agencies, criminals, competitors, employees or others. In addition, people who value and want to preserve their privacy are interested in information security (BROOK, 2010).

According to Campos:

Knowing the concepts of information security does not necessarily mean knowing how to guarantee this security. Many have experienced this sensation when they elaborate their security plans and end up not achieving the desired results (CAMPOS, 2007, p. 29).

Information security refers to the preservation of integrity and confidentiality, when information is stored or transmitted. Information security breaches occur when information is accessed by unauthorized persons or parties. Violations can be the result of actions by hackers,

intelligence agencies, criminals, competitors, employees or others. In addition, people who value and want to preserve their privacy are interested in information security (BROOK, 2010).

According to the Global Information Security Survey (PWC, 2013), there was a drop in the use of security tools, with a relaxation of policies that set standards in organizations.

Organizations need to adopt security controls - protection measures that cover a wide range of initiatives - that are capable of adequately protecting data, information and knowledge, chosen taking into account the real risks to which these assets are subject (BEAL, 2005).

2.2 SECURITY AND CONTROL MECHANISMS

One way to apply and support the basic principles of information security is to establish security and control mechanisms, which can be physical or logical.

Applying controls is one of the aspects to achieve information security, as ABNT (2013) says: "information security is achieved by implementing an adequate set of controls, including policies, processes, procedures, organizational culture and functions of software and hardware ". The standard also highlights in this same item the importance of maintaining, monitoring and improving controls. "These controls need to be established, monitored, critically analyzed and improved, when necessary, to ensure that business objectives and information security are met" (ABNT NBR ISO / IEC: 27002, 2013, item 0.1).

According to Abreu (2015), physical controls are the barriers that hinder direct contact or access to information or infrastructure which guarantees its existence, such as doors, locks, walls and shields.

Logical controls can be defined as barriers that prevent or limit access to information electronically, such as cryptography, digital signature and authentication.

Logical controllers are supported by security mechanisms such as cryptography and digital signature, but it is more common to find on the Internet, limiters and access controllers for user authentication, through a password system (ABREU, 2015).

Da Silva and Stein (2007) argue, however, that the requirements for the elaboration of a secure password come up against the cognitive capacity of its users, giving rise to numerous problems.

2.2.1 Passwords

A password is an authentication mechanism, used in the identity verification process, ensuring that the person who accesses the information is who he / she really claims to be.

A password that is easy to crack can be obtained by malicious people and once authenticated as someone else, it will obtain information and launch attacks without being identified.

The Center for the Study, Response and Treatment of Security Incidents in Brazil - Cert.br (2006), advises that names, surnames, document numbers, license plates and telephone numbers be out of passwords, in addition to pointing out rules for the insurance design.

According to ANAHP (2015), the best practices recommended for password policy are:

- 1) Set expiration dates, which requires the user to change the password periodically.
- 2) Prevent the new password from being repeated.
- 3) Force the reconciliation of numbers, letters and even special characters so that the complexity is greater and thus the password is less susceptible to attacks based on password dictionaries.
- 4) Mandate the use of upper and lower case characters.
- 5) Establish a minimum password length of at least 8 characters.
- 6) In cases of advanced security, use of complementary authentication systems, such as biometrics.

Hospitals that provide services and information over the internet, relating to the personal data of patients or health professionals, must request the provision of this data through the user's free and express consent, especially before making any personal data collected available to third parties.

2.2.2 Identity management and access profiles

Identity Management has emerged as an essential foundation for cost reduction, management control, operational efficiency and business growth. Hospitals need to manage access to information and applications spread across multiple locations. In addition, they must provide access to an increasing number of identities, without compromising the security or exposure of sensitive information. Identity Management is defined as “business and IT processes of organizations, applied to guarantee the integrity and privacy of identity, allowing access, being crucial for the security of information.

Access control is the way in which an institution will control the use of resources in general. Access control models are divided into three basic types:

1) The MAC (Mandatory Access Control) type is a model in which the system administrator is responsible for assigning the appropriate permissions to users. This model uses the concept of "Label" to identify the level of sensitivity to a given object (ANAHP, 2015).

2) The Discretionary Access Control (DAC) model is a more flexible model from the point of view of the user who wants to share resources with other users. In this model, the user has the control to guarantee access privileges to the resources that are under his responsibility. The system administrator needs to be extra careful when adopting this model, and it is employed because users can give more permissions than they should and thereby open a gap that can be exploited (ANAHP, 2015).

3) In role-based control (RBAC - Role-Basic Access Control), the system administrator guarantees privileges according to the role performed by the user. This model is totally focused on the role that the user plays within the institution (ANAHP, 2015).

According to ANAHP (2015), the best practices for administrative access control are:

1) The Least Privilege Policy, where access is denied for everyone. The user who is not allowed to access certain information must request access. The request will be evaluated and, if access is allowed, it will also be necessary to define the extent to which the user can have access to the information in question.

2) The separation of duties policy is based on the premise that a single user cannot be responsible for tasks that intersect, for example, the user who issues an invoice cannot be the same user who approves the purchase of a good stuff.

These good information security practices also help prevent fraud in a work environment or even a conspiracy where more than one user in the environment tries to defraud data for the purposes of personal or third party benefits.

2.2.3 Cryptography

Cryptography is essential to ensure security in any computing environment that requires confidentiality in relation to information. Malicious people have sophisticated mechanisms that circumvent security systems and are able to intercept the communication of a network. If there is no good encryption system implemented in the sending and receiving of information from this network, the data will be vulnerable (ANAHP, 2015).

With an encryption system in place, information stored or sent from a system is encrypted. Upon reaching its destination point, it is decrypted using an encryption key. Only the real recipient will have possession of this key, so that, if the message is intercepted, it cannot be read correctly (ANAHP, 2015).

There are two main types of encryption: symmetric and asymmetric. In symmetric encryption, the algorithm and the key are the same. This means that the sender and recipient use the same key. Asymmetric encryption uses one (public) key to encrypt and another (private) key to decrypt. We can say that, instead of sharing a secret key, two mathematically related keys are used. One of the keys is open for everyone to see (public key) and the other is kept private (private key). In this way, a message encrypted with a public key, can only be decrypted with the corresponding private key of the recipient (ANAHP, 2015).

Asymmetric cryptography is used more frequently on the Internet, as it is more technically feasible, since it is not previously known where the data will be sent. If symmetric encryption were used, we could have big problems, because to distribute the key to all authorized users, we would have a time delay problem, and also allow the key to reach unauthorized people (ANAHP, 2015).

3 THE INTERNET OF THINGS (IoT)

The Internet of Things can be defined as a new world in which objects will be connected and will perform tasks without human interference (ASHTON, 2015).

The IOT can be considered as a comprehensive network structure, consisting of several types of objects, which depend on sensor, communication, network and information processing technologies. The basic technology for IOT is radio frequency identifiers (RFID), which allows microchips to transfer identification data to the reader wirelessly. Through this technology, it is possible to analyze, track and monitor the objects connected with their tags. Another key technology is Wireless Sensor Networks (WSNs), which work mainly on intelligent sensors for detection and monitoring. RFID finds its application in the transportation of goods to consumers, production of pharmaceutical products and retail since the year 1980 and the WSN applies to

traffic, health and monitoring. Advances in both technologies accelerate the growth of IoT. Many other technologies and devices, including bar codes, location-based services, near-field communication and cloud computing are already beginning to form a comprehensive network to strengthen IoT (MEHTA, 2018).

According to Peter Waher (2015) the Internet of Things is something we get when we connect things, not operated by human beings, to the Internet. Currently, the main form of Internet communication is human and according to the author, IoT can be considered as the future evolution of the Internet that performs machine to machine learning (M2M, from Machine to Machine) providing connectivity for everyone and everything (PETER WAHER, 2015).

The basic idea of the IoT will be to allow an autonomous and secure connection and exchange of data between real-world devices and applications (FAN and CHEN, 2010).

Imagine a hospital capable of maintaining continuous attention to each vital sign of patients admitted to wards and automatically adjusting the parameters, without human intervention. Or an elderly person who has sensors that alert emergency teams to a potential heart attack. With IoT-enabled devices, hospitals will be able to monitor patients more efficiently, no matter where they are, and have information collected, stored and sent anywhere and anywhere.

3.1 THE SURGE OF IoT

According to Ashton (2015), the term IoT originated in 1999, when he wrote an article called “The things of the Internet of Things”. According to him, people's lack of time opens doors for tools to be created to do things that, in fact, do not need to be done by people. They can be replaced by devices. These devices, which talking through different protocols within the same network, are able to follow people, read their activities, generate information and, from there, assist them in their daily lives.

Universal devices of digital access are also a powerful trend, of great influence for the future of health informatics. This term means that several digital devices that previously had specific and separate functions, such as Internet access and navigation, fixed and mobile telephony, TV, radio, video games, cameras and video, etc., are rapidly adding functions that make them universal machines. For example, MP3 players can surf the Internet and send e-mails, in addition to playing music. TV sets surf the Internet and can videoconference, cell phones allow voice and video communication, and also access e-mail and the Web, provide maps and GPS directions and play videos and audios, some video game devices are already powerful computers, capable of many functions that can only be found on more complex desktops, and so on. *Smartphones, especially*, are having a major impact in the US and Europe for the development of

an entirely new area and accelerated growth, called **mHealth** (mobile e-health, see Anta *et al.* 2009 and the extensive article on Wikipedia, 2010a). In the USA, about 94% of doctors already use *smartphones* in their profession, which 75% of them being Apple iPhones, a major turning point in mHealth (SPYGLASS, 2010).

3.2 IoT APPLICATIONS

There are many application domains that will be impacted by the IoT. They can be classified based on the type of network availability, coverage, heterogeneity, scale and user involvement. There is almost no application area where the IoT cannot find a function and, above all, there is no application area where the IoT does not bring any economic advantage over time (SILVA, 2017).

IoT is the basis of the digitalization process of the economy, which has transformed traditional methods of production, the use of information and communication technologies and the interconnection of devices. The connection between IT systems, subsystems, processes, objects and applications, which communicate with each other and with humans, is the key vector of this transformation, and IoT applications and digital technologies are expected to promote gains in productivity and competitiveness of nations (BRASIL, 2018).

In the field of human health, IoT applications are concentrated, whose main objective is to improve health and well-being through devices that are within the context of the human body, not necessarily related to devices connected in hospitals or other medical facilities. Unlike other IoT applications, where a sensor reading can initiate a specific action such as turning off a switch, the sensor data aimed at the human body provides information (Fig. 2) that people will use in their actions and decisions, whether to convince them to migrate to healthier lifestyle habits, to help them follow medical prescriptions correctly, or to keep a doctor informed with access to real-time data on their patients (TECHNOLOGY ADVICE COMPANY, 2017).

Figure 2 - IoT in Health



Source: TechnologyAdvice - healthcare, 2017.

Three technologies divide the devices used in human health, the portable technology found under the term “Wearables”, from the English language “dressing” which means “wearable”, the non-portable technology found under the term “Non-Wearable” and the injectable technology found under the term “Implantables” (MCKINSEY E COMPANY, 2015).

3.2.1 IoT and remote monitoring

The emergence of the Internet of Things has enabled a series of technological advances in health. Through remotely connected devices, it is possible to automatically gather a series of information about the patient's health status, which helps in the work of diagnosis and subsequent treatment or prevention (MASSOLA and PINTO, 2018).

According to the consulting company Tractica (2016), with the help of IoT it is possible to measure indicators such as blood pressure, heart rate and body temperature at a distance. This data is sent to applications and analyzed by healthcare professionals. With this, it is possible to avoid a series of complications resulting from the lack of care, taking the necessary measures as soon as possible and considerably reducing unnecessary hospitalization rates.

There are also the so-called wearables, which are devices used as garments, connected to the internet, which transmit real-time updates on the patient's health status. Today, there are bracelets, necklaces or watches that automatically send a signal to the health team if any indicator deviates from the control parameters. According to a report by consultancy Tractica (2016), worldwide shipments of health products will increase from 2.5 million in 2016 to 97.6 million units annually by 2021. At the end of that period, the market intelligence firm predicts that the global health products market will account for \$17.8 billion in annual revenue.

The possibilities are truly limitless and IoT has the potential to affect the health area in several ways.

3.2.2 Use of IoT to monitor newborns

In a Boston hospital, sensors are used for safety purposes. Newborn babies receive bracelets, allowing a wireless network to locate them at any time. If a newborn is taken too close to an exit door without being disconnected, the elevators will stop and the exit doors will be locked. And in the neonatal intensive care unit, nurses receive alerts on hospital cell phones about their patients' medical conditions, including the heart rate and oxygen changes that the sensors have detected, allowing them to reach the patients' bed more quickly. In addition, the use of IoT in healthcare services has enabled the hospital to update electronic medical records more quickly. The hospital also installed wireless sensors in refrigerators, freezers and laboratories to ensure that blood samples, medicines and other materials are kept at the appropriate temperatures (GUIA ESSENCIAL TECHTARGET, 2016).

According to Jim Piepenbrink, director of clinical engineering at Boston hospital, temperatures were recorded and documented manually. But now, with the installation of wireless sensors, it has saved a lot of time for the local health team.

3.2.3 IoT in hospital inventory management

According to Ganguly (2016), hospitals are not using IoT to track inventory in the broadest way that would be desirable. He added that healthcare could learn some lessons from retail.

For hospitals, the big advantage they can gain from inventory management with IoT will be in areas such as pharmacy and general warehouse stock control.

3.2.4 IoT in monitoring patients with chronic diseases

The greatest benefit and economic impact of applications in this area is the use of IoT devices to monitor the treatment of patients with chronic diseases, reducing the incidence of serious crises caused by diseases like diabetes for example. The lack of correct treatment, non-adherence to changing healthy habits and carelessness in taking medication properly can triple the costs of treating a patient who has a chronic disease, especially when it has a worse clinical picture where the debilitated patient ends up and with low immunity having to return to emergency rooms, being subject to new complications and even vulnerable to other diseases (MARIBEL SALAS, 2009).

The benefits include better patient acceptance, early detection of changes in their conditions and real-time treatment management, alerting patients to check with doctors if readings indicate any potential danger. In developing economies, home health monitors can be prohibitively expensive, but these devices can be used to remotely assess patients in rural health clinics which ends up adding potential value in remote locations (MCKINSEY E COMPANY, 2015).

Without access to continuous time series of data, physicians are often unable to detect critical changes in patient conditions well in advance to prevent emergencies (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2015).

Estimates from the Mckinsey Global Institute (2015) show that IoT applications can reduce the cost of chronic disease care to patients by 10 to 15%, based on experience from recent clinical data. Some remote monitoring tests have indicated potential cost reductions of more than 50% in the treatment of acute populations, but it is expected that this large cost reduction will not be sustainable in larger patient populations. However, if healthcare technology is able to reach its full potential to improve adherence to prescribed therapies, IoT could reduce the cost of treating a patient with illness by 50%. Additional benefits can be obtained if IoT-based systems can generate substantial changes in diet and exercise. Currently, the ability to encourage these lifestyle changes is limited. With IoT-based monitoring data, there is more opportunity for feedback and reinforcement from healthcare providers, other patients and family members.

4 MATERIAL AND METHOD

The work developed followed the precepts of the exploratory study, through a qualitative bibliographic research, which, according to GIL (2017) "is developed from material already prepared, consisting on books and scientific articles".

Bibliographic research seeks to explain and discuss a topic based on theoretical references published in books, magazines, periodicals and others. It also seeks to know and analyze scientific content on a given theme (MARTINS, 2001).

The data collection followed the following premise:

- a) Exploratory Reading of all the selected material (quick reading to check if the work is of interest to the work);
- b) Selective Reading, deepening the knowledge in the most important questions; and

c) Registration of information extracted from sources in a specific instrument (authors, year of publication, method used and conclusions).

An analytical reading was also carried out in order to order the sequence of the information obtained, in order to facilitate the answer to the research problem.

5 POLICIES TO DEVELOP THE INFORMATION SECURITY CULTURE WITH THE ADVENT OF THINGS INTERNET

One of the biggest enemies of security is overconfidence, with this, IoT devices are an attractive target for criminals, as they collect private information about user behavior in several areas, including health.

Protecting the Internet of Things will be a complex and difficult task, its population estimated at billions of objects, which will interact with each other and with other entities, such as human beings or virtual entities, create many possibilities of attacks available to malicious people attack on various communication channels, physical threats, denial of service, identity fabrication, among others (BABAR AND MAHALLE, 2010).

There are many security loopholes involving the IoT, among the examples of these possible loopholes are scheduling appointments by cell phone. If the cell phone is able to make an appointment, personal data with restricted access may be available, or even bank information. This aspect gets even worse when data from a hospital system is saved in a cloud.

The ABNT NBR ISO / IEC 27002 standard, which has the controls for implementing an information security management system based on ABNT NBR ISO / IEC 27001, recommends the existence of information security policies, as "a set of information security policies is defined, approved by management, published and communicated to all employees and interested external parties "(ABNT NBR ISO / IEC 27002, 2013).

The Security Policy assigns rights and responsibilities to people who deal with the computational resources of an institution and the information stored in them. It also defines the roles of each in relation to the security of the resources with which they work. A Security Policy must also provide for what can be done on the institution's network and what will be considered unacceptable. Anything that does not comply with the Security Policy can be considered a security incident. The Security Policy also defines the penalties that are subject to those who do not comply with the policy (CERT.BR, 2005).

According to Monteiro (2009), for an information security policy to be efficient, the availability, integrity, confidentiality, legality and authenticity of information must be guaranteed, making the commitment of top management explicit. Still according to Monteiro (2009, p. 21) "It is recommended for its elaboration, to have professionals from different departments or sectors of the organization, forming an Information Security Committee with the purpose of composing the policy document. "

The information security policy can be composed of one or several documents, there is no definition of quantity or structure of the set of these documents, the important thing is that they are linked, as stated in the Court's Information Security Best Practices Manual Federal Accounts, which is expressed as follows: "The Information Security Policy can be composed of several interrelated policies. Furthermore, when the institution deems it convenient and necessary, it is suggested to create other documents that specify practices and procedures and that describe in more detail the rules for the use of information technology "(TCU, 2012, p. 12).

For Ferreira and Araújo (2008), the security Policy defines the set of standards, methods and procedures used to maintain information security, should be formalized and made public to all users who make use of information assets.

The analysis of the literature and the aforementioned standards allowed listing actions aimed at information security as follows:

1. Analyze risks;
2. Define controls;
3. Create the Information Security Plan;
4. Apply the Information Security Plan; and
- 5 Training of users

5 FINAL CONSIDERATIONS

It is appropriate to state that information circulates in hospital environments, sometimes without adequate security, as was seen at work, information security lacks technology, but also trained personnel. It needs planning, but it also needs effective actions. It demands to know the threats and risks, but also the hospital itself. If such measures are ignored, there could be serious consequences and, therefore, investments in this area are essential. The conclusion is that there is only concrete success when everyone involved, from the user himself to the hospital director, becomes aware of the importance of adopting some security measures (use of passwords for

access, identity management and access profiles, security system encryption) capable of protecting information from its real threats. The information contained here is sufficient to, at a minimum, have an overview of the threats and solutions associated with information security, even allowing the elaboration of an information security policy or the improvement of it, if it already exists.

It is evident that in this new scenario, with the advent of IoT, the information technology professional of a hospital must have a new profile, focused on the constant concern with technological updating and the search for self-improvement. What we see in practice is that the IT professional must be a multidisciplinary agent, capable of carrying baggage of all desirable knowledge, such as skills in auditing and computer forensics.

Although investing in technology is very important today, it is not enough to invest only in technical knowledge. Human capacities must be developed. One of the major trends in information security is in the development of personnel. It is necessary to invest in awareness programs, as most of the time the weakest link in the security chain is the human being.

For future work, I think it is interesting to analyze the new profile of the information technology professional and the improvement of the protection mechanisms against the new threats.

REFERENCES

- ABREU, LEANDRO FARIAS DOS SANTOS. **A Segurança da Informação nas Redes Sociais**. São Paulo, 2011.
- ANAHP. **Segurança da Informação para Hospitais. Recomendações e melhores práticas para proteger a privacidade do paciente e confidencialidade das informações do hospital**. 2015. Online. Disponível em: <<http://anahp.com.br>>. Acesso em 20 maio. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 27002: Tecnologia da Informação: Técnicas de Segurança: Código de prática para controles de segurança de informação**. 2018.
- ARAÚJO, L. G. S; BEZERRA, E. K; COELHO, F. E. S. **Gestão da Segurança da Informação**. Rio de Janeiro: RNP/ESR, 2014.
- BEAL, Adriana. **Segurança da Informação: princípios e melhores práticas para a proteção dos ativos de informação nas organizações** – São Paulo: Atlas, 2005.
- BRASIL. Decreto Nr 3.505. **Política de Segurança da Informação**. Brasília, 2000.
- BRASIL. **Estratégia brasileira para a transformação digital**. Brasília, 2018. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/publicacao/publicacoes.html-estrategia_digital.pdf.
- BRASIL. TCU. **Manual de Boas Práticas em Segurança da Informação**. 4. ed. Brasília. 2012.

- BROOK, Jon-Michael C. CIA Triad. **CIPP Guide**, Estados Unidos da América, ago. 2010.
- CAMPOS, André. **Sistema de Segurança da Informação**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2007.
- CERT.br. **Cartilha de Segurança para Internet**. Comitê Gestor da Internet no Brasil, São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://cartilha.cert.br>>. Acesso em 20 maio. 2018.
- CONCEIÇÃO, V.M.. **A gestão da qualidade e a sistematização da assistência de enfermagem: uma revisão sobre sistemas de informações**. Revista de Enfermagem do Centro Oeste Mineiro, 2012.
- FAN, T CHEN, Y A SCHEME. **Of Data Management in the Internet of Things 2nd IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content**. 2010.
- FERREIRA, Fernando Nicolau Freitas; ARAÚJO, Marcio Tadeu. **Política de Segurança da Informação: guia prático para embalagem e implementação**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- GIL, Antonio Carlos, **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, São Paulo, Atlas (2017).
- MARIBEL SALAS. **Costs of medication nonadherence in patients with diabetes mellitus: A systematic review and critical analysis of the literature**. *Value in Health*. volume 12. 2009.
- MARTINS, A. P. **Saúde em rede**. Rev. Saúde Business. Ano 2, n.8.2009.
- MARTINS, G. A. & PINTO, R. L. **Manual para elaboração de Trabalhos Acadêmicos**. São Paulo: Atlas. 2001.
- MCKINSEY & COMPANY. **Industry 4.0 how to navigate digitization of the manufacturing sector**. 2015.
- MEHTAA RIDHIKA, SAHNIB JYOTI, KHANNAC KAVITA. **International Conference on Computational Intelligence and Data Science. Internet of Things: Vision, Applications and Challenges**. 2018.
- MONTEIRO, I. L. C. O. (2009). **Proposta de um Guia para elaboração de políticas de segurança da informação e comunicação em órgãos da APF**. (Dissertação de mestrado em Ciência da Computação. Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil).
- PEREIRA, S.R. et al. **Sistemas de Informação para Gestão Hospitalar**. J. Health Inform, 2012.
- PWC. **Pesquisa Global de Segurança da Informação 2013**. Disponível em: <<http://www.pwc.com.br>>. Acesso em 20 maio. 2018.
- SÊMOLA, Marcos. **Gestão da segurança da informação: uma visão executiva**. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2003.
- S. BABAR, P. MAHALLE, A. STANGO, N. PRASAD, R. PRASAD. **Proposed Security Model and Threat Taxonomy for the Internet of Things (IoT)**. 3rd International Conference on Recent Trends in Network Security and Applications, Chennai, India, 2010.
- SILVA, Denise R. P.; STEIN, Lilian M. **Segurança da informação: uma reflexão sobre o componente humano**. Ciências & Cognição, Porto Alegre, 2007.
- SILVA, LEANDRO JAMIR. **Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso. Internet Das Coisas**. 2017.

SILZE CRISTINAMASSOLA, GIULIANO SCOMBATTI PINTO. **O uso da internet das coisas (IoT) a favor da saúde.** 2018.

SPYGLASS CONSULTING GROUP. **Healthcare Without Bounds: Point of Care Communication for Physicians. Market Analysis Report.** 2010. Disponível na Internet. URL: http://www.spyglassconsulting.com/Abstracts/Spyglass_PCOM_Physician_abstract.pdf

TECHNOLOGY ADVICE COMPANY. <http://technologyadvice.com/blog/healthcare/study-wearabletechnology-preventative-healthcare/>. 2017.

TECHTARGET. **Essential Guide. IOT for healthcare: Three use cases.** 2016. Disponível em: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/feature/IoT-for-healthcare-Three-use-cases>.

VILLAS BOAS, MARIA ELISA. **O direito-dever de sigilo na proteção ao paciente.** Revista Bioética. 2015.

WAHER, PETER. **Learning Internet of Things Paperback.** Packt Publishing Ltd. Birmingham Mumbai, 2015.

ZAPATER, M.; SUZUKI, R. **Segurança da Informação: um diferencial determinante na competitividade das organizações.** Rio de Janeiro: Promon, 2005.