

**Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi**

The Impact of Agricultural Sector on Environmental Pollution: A Cointegration and Causality Analysis for Turkish Economy

Murat ÇETİN<sup>1</sup>, Selin SAYGIN<sup>2</sup>, Harun DEMİR<sup>3\*</sup>


**Özet**

Son yıllarda çevre kirliliği ve onu etkileyen temel faktörlerin doğru tespit edilebilmesi, önemli bir inceleme konusudur. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de tarım sektörü ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi 1968-2016 dönemi için araştırmaktır. Literatürde tarım sektörü ve çevre kirliliği arasındaki ampirik ilişki hakkında bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışma hem literatüre katkı sağlamakta hem de gelecekteki çalışmalar için önemli bir kanıt sunmaktadır. Çalışmada tarımın belirleyicileri olarak tarımsal katma değer ve tarımsal arazi serileri tercih edilirken çevre kirliliğinin ölçütü olarak karbondioksit emisyonu kullanılmaktadır. Ayrıca, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi diğer bağımsız değişkenler olarak modellere dahil edilmektedir. Ampirik analizde tarım ve çevre kirliliği ilişkisi iki model kurularak tahmin edilmektedir. Yöntem, üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, serilerin durağanlık özellikleri DF-GLS ve Ng-Perron gibi geleneksel birim kök testleri ile test edilmektedir. Ek olarak, serilerin durağanlık seviyeleri Zivot-Andrews ve Lee-Strazicich yapısal kırılmalı birim kök testleri ile araştırılmaktadır. İkinci olarak, ARDL modeli ile seriler arasındaki eşbütünleşme ve uzun dönem katsayıları tahmin edilmektedir. Son olarak, seriler arasındaki nedenselliğin varlığı Toda-Yamamoto testi ile belirlenmektedir. Bulgular, çalışmada ele alınan seriler arasında bir eşbütünleşmeyi işaret etmektedir. Bulgular aynı zamanda uzun dönemde tarımsal katma değer ve tarımsal arazinin karbondioksit emisyonunu azalttığını ortaya koymaktadır. Çalışma, çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezinin Türkiye ekonomisi için geçerli olduğunu ispatlamaktadır. Tarımın karbondioksit emisyonuna neden olduğu tespit edilmektedir. Dahası tarımsal katma değer ve tarımsal arazinin yenilenebilir enerji tüketiminin nedeni olduğu saptanmaktadır. Sonuç olarak, politika yapıcılarını Türkiye’de sürdürülebilir bir ekonomik gelişme için tarım sektörüne daha fazla önem vermelidir. Ayrıca tarım arazileri korunmalı ve katma değerli üretim için teşvik edilmelidir. Böylece çevre kirliliği azalış eğiliminde olacaktır.


**Anahtar Kelimeler:** Tarım, Karbondioksit emisyonu, Yapısal kırılma, ARDL, Türkiye.

**Abstract**

In recent years, environmental pollution and the accurate determination of the main factors affecting it are an important subject of investigation. The aim of this study is to explore the relationship between agricultural sector and environmental pollution in Turkey for the period of 1968-2016. There is no consensus on the empirical relationship between agricultural sector and environmental pollution in the literature. For this reason, the study both contributes to the literature and provides an important evidence for future studies. Agricultural value added

<sup>3\*</sup> Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Harun Demir, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, S.B.E., İktisat A.B.D., Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [harun.demir@hotmail.com](mailto:harun.demir@hotmail.com)  OrcID: 0000-0001-7778-2897.

<sup>1</sup> Murat Çetin, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İ.İ.B.F., İktisat Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [meetin@nku.edu.tr](mailto:meetin@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-7886-4162.

<sup>2</sup> Selin Saygın, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, S.B.E., İktisat A.B.D., Tekirdağ, Türkiye. E-mail: [selinsaygin@hotmail.com](mailto:selinsaygin@hotmail.com)  OrcID: 0000-0003-4617-3882.

**Atıf/Citation:** Çetin, M., Saygın, S., Demir, H. Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 329-345.

and agricultural land are preferred as determinants of agriculture while carbon dioxide emission is used as a measure of environmental degradation. In addition, economic growth and renewable energy consumption are added to the models as other independent variables. In empirical analysis, the relationship between agriculture and environmental pollution is estimated by establishing two models. The methodology comprises of three stages. Firstly, the stationarity properties of the series are tested with conventional unit root tests such as DF-GLS and Ng-Perron. In addition, the stationarity levels of the series are investigated by Zivot-Andrews and Lee-Strazicich structural break unit root tests. Secondly, the cointegration between the series and long-run coefficients are estimated by the ARDL model. Lastly, the existence of causality between the series is determined by the Toda-Yamamoto test. The findings points out a cointegration between the underlying series. The findings also reveal that agricultural value added and agricultural land decrease carbon dioxide emission in the long run. The study supports that the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis is valid for the Turkish economy. It is found that agriculture causes carbon dioxide emission. Moreover, it is detected that agricultural value added and agricultural land are the causation of renewable energy consumption. Consequently, policy makers should attach more importance to the agricultural sector for sustainable economic development in Turkey. Additionally, the agricultural lands should be protected and encouraged for value added manufacturing. Thus, environmental pollution will tend to decrease.

**Keywords:** Agriculture, Carbon Dioxide emission, Structural break, ARDL, Turkey.

## 1. Giriş

İklim değişikliği bilim adamları, akademisyenler ve politika yapıcılarının en fazla ilgisini çeken konular arasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin küresel ısınma, ekolojik dengesizlik, teknolojik, ekonomik ve sosyal konular başta olmak üzere pek çok parametreye etkisi söz konusudur. Sera gazı salınımlarına olan yoğun ilgi bu gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda; Kyoto Protokolü'nde çevre kirliliğinin en önemli sebebinin seragazı salınımları olduğu, bu gazlar içerisinde etki derecesine göre karbondioksit, metan, nitrik asit, hidroflorür karbon, perflorür karbon ve sülfür hekzaflorürün yer aldığı ifade edilmektedir (Abeydeera ve ark., 2019).

Dünya genelinde iklim değişmelerinin azaltılmasına yönelik ilginin artması, ülkeler açısından çevre performansının belirlenmesine yönelik derin araştırmalara ve analizlere odaklanılmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, en önemli sorulardan birisi de karbondioksit salınımdır. Gerçekten de karbondioksit salınımı sera gazı salınımlarının en temel destekleyicisi olup bu salınımların %80'inden sorumludur (Li ve ark., 2016).

Sektörel bazda bakıldığında; her ne kadar endüstriyel sektör global karbondioksit salınımlarının temel kaynağı olarak gösterilse de tarım sektörünün de karbondioksit salınımlarını artıran önemli bir sektör olduğu vurgulanmaktadır (Xu ve Lin, 2017). Nitekim 2016 yılı verilerine göre; global karbondioksit salınımlarının sırasıyla endüstri, ulaştırma ve tarım sektörü kaynaklı olduğu ifade edilmektedir (United Nations, 2019). Tarım sektörü global ölçekte nitrojen asit salınımlarının %90'ı, metan salınımlarının %70'i ve karbondioksit salınımlarının ise %20'sini üretmektedir. Metan ve nitrojen asit miktarının ise karbondioksitten daha düşük seviyede kaldığı belirtilmektedir (Luo ve ark., 2017). Bir araştırmaya göre; global sera gazı salınımlarının %29'unun, karbondioksit salınımlarından dışındaki gaz salınımlarının ise %50'sinin gıda sektöründen kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Vermeulen ve ark., 2012). Bu gelişmeler tarım sektörü ile karbondioksit salınımları arasında önemli bir ilişkinin olabileceği sorusunu gündeme getirmektedir.

Türkiye ekonomisi bağlamında çevre kirliliği ve bunun altında yatan faktörlerin araştırılması, önemli bir inceleme konusudur. Çünkü Türkiye iklim değişikliği performans indeksi sıralamasında 60 ülke içerisinde 50. sırada yer almaktadır. Bu indeksin önemli belirleyicilerinden biri de kişi başına karbondioksit salınımları değerleridir (Burck ve ark., 2019). Karbondioksit salınımları değeri 1990 yılında 128.77 milyon ton iken 2016 yılında 338.76 milyon tona yükselmiştir. Türkiye ekonomisi iklim değişikliği performansında olduğu gibi karbondioksit salınımları performansında da giderek ciddi bir kötüleşme göstermektedir. Türkiye ekonomisi bağlamında karbondioksit salınımlarını azaltacak strateji ve politikalara önemli ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle karbondioksit salınımlarının temel belirleyicilerinin ampirik açıdan araştırılması, mevcut strateji ve politikaların yeniden ele alınmasına hizmet edebilecektir.

Türkiye'nin 2016 yılındaki sera gazı salınımları miktarı 1990 yılına göre %135.4'lük bir artış göstererek toplamda 496.1 milyon tona ulaşmıştır. Kişi başına düşen sera gazı salınımları ise 1990 yılında 3.8 ton iken 2016 yılında 6.3 tona yükselerek yaklaşık olarak %65'lik bir artış sergilemiştir. Sera gazı salınımlarının yaklaşık %75-80'inin karbondioksit salınımlarından oluştuğu düşünüldüğünde, Türkiye ekonomisinde karbondioksit salınımlarındaki ciddi artış kendisini hissettirmektedir. Nitekim, 1990 yılına göre karbondioksit salınımlarının %174.5 oranında arttığı belirtilmektedir. Bu durum Türkiye'de çevre kirliliğinin temel nedenleri arasında gösterilmektedir. 2016 yılı sektörel sera gazı salınımlarına göre %72'lik pay ile enerji sektörü ilk sırada yer alırken bunu endüstri (%12.6) ve tarım sektörü (%11.4) takip etmektedir (TÜİK, 2019).

Diğer taraftan tarım sektörünün büyüme ve kalkınma sürecindeki rolü uzun zamandır teorik olarak tartışılmaktadır (Johnston ve Mellor, 1961; Thirlwall, 1986; Matsuyama, 1992; Vogel, 1994). Tarım sektörü insanların temel gereksinimleri olan gıda, beslenme, kumaş ve biyoyakıt temininde önemli rol oynayarak ülkelerin ekonomik kalkınma sürecine katkı sunmaktadır. Tüketilebilir ürünlerin yanı sıra tarım sektörü pazarlanamayan ürünlerin de üretilmesi sürecine destek olmaktadır. Bunlar; gıda güvenliği, ekilebilir arazi çeşitliliği ve çevre kalitesinin iyileştirilmesini kapsamaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınma pek çok disiplinden araştırmacının ilgi alanı olmuştur (Grzelak ve ark., 2019).

Çiftçilik yaklaşımları modern ve geleneksel yöntemler olarak iki kısımda ele alınabilmektedir. Tünel çiftçiliği, organik tarım, sulama için güneş tüplerinin kullanılması bitki ve meyvecilik sektöründe uygulanan modern tarım metodlarından bazılarıdır. Büyük çiftlikler bu metodları uygulayarak hem işgücünü azaltmakta, hem üretimi

artırmakta hem de çevreyi kirletecek gaz salınımlarının azalmasına yardımcı olabilmektedir. Bununla birlikte tarımsal alanların ekseriyeti yani küçük çiftlikler ise geleneksel tarım metotlarını kullanmakta ve bu durum da sera gazı salınımlarının artmasına hizmet edebilmektedir (Waheed ve ark., 2018).

Tarım sektörü pek çok açıdan doğal çevre üzerinde etkili olabilmektedir. Bununla birlikte bu etki doğal koşullara bağlı olduğu gibi yoğunluğu da değişebilmektedir. Böylece topoğrafya, toprak, iklim ve jeoloji gibi doğal koşullar tarımsal alanların toprak erozyonu, hava ve su kirliliği gibi farklı çevre kirliliği türlerine olan duyarlılığını önemli ölçüde belirleyebilmektedir. Modern tarım gübre, tarım ilacı kullanımı, maksimum verim alacak şekilde sulama yöntemlerini kullanarak çevreyi ciddi ölçüde etkileyebilmektedir. Bu aktivitelerin temel sonuçları toprak erozyonu, besin kaybı, su ve hava kirliliği ile biyolojik çeşitlilik kaybı olarak ortaya çıkmaktadır. Sudaki azot miktarının artması, doğal yaşam alanlarının parçalanması, bitki ve hayvan neslinin tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalması da önemli sonuçlar arasında ifade edilmektedir (Nowak ve Schneider, 2017).

Endüstriyel devrimden itibaren çok çeşitli enerji kaynakları geliştirilmiş ve büyük ölçekte kullanıma dahil edilmiştir. Global ekonominin büyüme gösterdiği dönemlerde enerji tüketimindeki artışlar ciddi çevresel problemlere ve özellikle de karbondioksit salınımının hızlanmasına neden olmuştur. Global ısınma, deniz seviyesinin yükselmesi, ekstrem hava olaylarındaki artışlar bu çevresel dengesizliklere örnek olarak gösterilebilir (Xu ve Lin, 2017). Her ne kadar endüstriyel sektör global karbondioksit salınımının temel kaynağı olarak gösterilse de belirli zamanlarda tarım sektörünün de karbondioksit salınımını artıran temel bir sektör olduğu vurgulanmaktadır (Xu ve Lin, 2017). Nitekim 2016 yılı verilerine göre; global karbondioksit salınımının %22'si endüstri, %14'ü ulaştırma, %13'ü tarım sektörü kaynaklıdır (United Nations, 2019).

Bu çalışmanın odak noktasını oluşturan tarım ve çevre kirliliği arasındaki ilişki, genel literatürde ulaşılan sonuçlar açısından farklılaşmaktadır (bkz. Tablo 1). Bu araştırmalardan Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a), Waheed ve ark. (2018), Appiah ve ark. (2018), Rehman ve ark. (2019), Parajuli ve ark. (2019), Ngarava ve ark. (2019), Qiao ve ark. (2019) ve Olanipekun ve ark. (2019) uzun dönemde tarımın karbon salınımını arttırdığını tespit ederken, Rafiq ve ark. (2015), Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b), Liu ve ark. (2017), Khan ve ark. (2018) ve Ben Jebli ve Ben Youssef (2019) araştırmalarında karbon salınımının azaldığı sonucuna ulaşmıştır. Literatürde tam bir fikir birliğinin olmaması baz alınan ülkelerin ekonomik ve teknolojik gelişmişlik düzeylerinin aynı olmaması ile ilişkilendirilebilmektedir.

**Tablo 1. Tarım ve çevre kirliliği arasındaki ilişki üzerine seçilmiş bazı çalışmalar**

*Table 1. Some selected studies on the relationship between agriculture and environmental pollution*

Yazar	Periyod/Ülke	Metodoloji	Eşbütünlük	Uzun dönem etkisi	Nedensellik
<b>Panel A: Zaman Serisi Analizi</b>					
Ngarava ve ark. (2019)	1990-2013 Güney Afrika	ARDL, Granger nedensellik	Evet	Pozitif	AGR → CO <sub>2</sub>
Ben Jebli ve Ben Youssef (2019)	1980-2013 Brezilya	ARDL, VECM nedensellik	Evet	Negatif	AGR ↔ CO <sub>2</sub>
Rehman ve ark. (2019)	1987-2017 Pakistan	ARDL	Evet	Pozitif	Araştırılmadı
Waheed ve ark. (2018)	1990-2014 Pakistan	ARDL, FMOLS, DOLS, VECM nedensellik	Evet	Pozitif	AGR → CO <sub>2</sub>
Khan ve ark. (2018)	1981-2015 Pakistan	Johansen, Toda-Yamamoto nedensellik, FMOLS, CCR	Evet	Negatif	Yok
Zafeiriou ve Azam (2017)	1992-2014 Portrekiz, İspanya ve Fransa	ARDL, VECM nedensellik	Evet	Araştırılmadı	Araştırılmadı
Asumadu-Sarkodie ve Owusu (2017)	Gana 1961-2012	Johansen, Granger nedensellik	Evet	Araştırılmadı	CO <sub>2</sub> → AGR
Ben Jebli ve Ben Youssef (2017c)	1980-2013 Morokko	ARDL, VECM nedensellik	Evet	Araştırılmadı	CO <sub>2</sub> → AGR

Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a)	1980-2011 Tunus	Johansen, VECM nedensellik	Evet	Pozitif	AGR ↔ CO <sub>2</sub>
<b>Panel B: Panel Veri Analizi</b>					
Olanipekun ve ark. (2019)	1996-2015 Merkezi ve Batı Afrika Ülkeleri	Panel PMG, MG, AMG	Araştırılmadı	Pozitif	AGR ↔ CO <sub>2</sub>
Qiao ve ark. (2019)	1990-2014 G-20 Ülkeleri	Panel FMOLS, VECM nedensellik	Evet	Pozitif	AGR → CO <sub>2</sub>
Parajuli ve ark. (2019)	1990-2014 86 ülke	Panel GMM	Araştırılmadı	Pozitif	Araştırılmadı
Appiah ve ark. (2018)	1971-2013 Yükselen Ekonomiler	Pedroni eşbütünleşme, DOLS, FMOLS, PMG	Evet	Pozitif	AGR ↔ CO <sub>2</sub>
Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b)	1980-2011 Kuzey Afrika Ülkeleri	Pedroni eşbütünleşme, Panel DOLS, FMOLS	Evet	Negatif	AGR ↔ CO <sub>2</sub>
Liu ve ark. (2017)	1970-2013 ASEAN ülkeleri	Pedroni eşbütünleşme, FMOLS, DOLS, VECM nedensellik	Evet	Negatif	AGR → CO <sub>2</sub>
Rafiq ve ark. (2015)	1980-2010 53 ülke	Panel MG, CCEMG, AMG, VECM nedensellik	Araştırılmadı	Negatif	AGR → CO <sub>2</sub>

Yazarlar tarafından oluşturulmuştur. AGR, CO<sub>2</sub>, → ve ↔ sırasıyla tarım sektörünü, karbondioksit salınımını, tek yönlü ve çift yönlü nedenselliği ifade eder.

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye’de tarım sektörü ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Bu çalışma pek çok açıdan literatüre katkı sunabilecek niteliktedir. İlk olarak; Türkiye ekonomisi için tarım sektörünün karbondioksit salınımı üzerindeki etkisini araştırarak diğer ampirik çalışmalara öncülük edebilecektir. İkinci olarak; tarım sektörü ile yenilenebilir enerji sektörü arasındaki nedensellik ilişkilerini araştırarak dolaylı açıdan karbondioksit salınımına olan etki de incelenmektedir. Üçüncü olarak; ekonomik büyüme, tarım sektörü, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı gibi araştırmada kullanılan tüm değişkenlerin durağanlık analizi Ziwoot-Andrews (1992) ve Lee-Strazlicich (2004, 2013) tek yapısal kırılmalı birim kök testleri ile araştırılmaktadır. Değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olup olmadığı, Pesaran ve ark. (2001) ARDL sınır testi yaklaşımı ile test edilmektedir. Metodolojik açıdan son olarak; değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi ile tespit edilmektedir. Çalışmada ulaşılan ampirik bulgular, Türkiye ekonomisi için tarım sektörü ile ilintili önemli politika önerilerinin geliştirilmesine imkan sağlayacaktır. Nitekim 2009 yılında Kyoto Protokolüne taraf olan Türkiye’nin diğer gelişmekte olan ülkeler gibi sera gazı salınımını özellikle de karbondioksit salınımını düşüreceği taahhüdünde bulunmuş olması, bu tür politikaların ne derece önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki kısımları şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci kısım materyal ve metot hakkında bilgi vermektedir. Üçüncü kısımda elde edilen araştırma sonuçları sunulmakta ve tartışılmaktadır. Ayrıca araştırma bir sonuç ve politika önerileri kısmı ile son bulmaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada tarım sektörü ile çevre kirliliği arasındaki ilişki 1968-2016 dönemi itibariyle araştırılmaktadır. Çalışmada çevre kirliliğinin temel belirleyicilerine, literatüre uygun olacak şekilde, tarım sektörü katma değerinin yanısıra tarımsal arazi, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri de ilave edilmiştir. Bu doğrultuda ele alınan değişkenler ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi test edebilmek için logaritmik-doğrusal regresyon modelleri Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b; 2019), Qiao ve ark. (2019), Waheed ve ark. (2018) gibi çalışmalardan da esinlenerek aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

$$\ln CO_{2t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln GDP_t + \alpha_2 \ln GDP_t^2 + \alpha_3 \ln AGR_t + \alpha_4 \ln REN_t + u_t \quad (\text{Eş. 1})$$

$$\ln CO_{2t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln GDP_t + \alpha_2 \ln GDP_t^2 + \alpha_3 \ln AGR_t + \alpha_4 \ln REN_t + \alpha_5 \ln LAND_t + u_t \quad (\text{Eş. 2})$$

Yukarıdaki regresyon denklemlerinden anlaşılacağı üzere ampirik analizde çoklu regresyon modelleri tercih edilmiştir. Yani çevre kirliliği üzerinde etkili olabilecek pek çok değişken modellerde kullanılmıştır. Bunun en önemli nedeni tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki ampirik etkisini daha sağlıklı tespit edebilmek, tanısal testleri güçlü ve uygun modeller kurabilmektir. Modellerde tarım sektörünü temsilen tarımsal katma değer ve tarımsal arazi değişkenlerinin tercih edilmesinin temel nedeni literatüre uygunluğunun tesis edilmesidir. Ayrıca ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji değişkenleri de çevre kirliliğini belirleyen temel değişkenler olarak literatürde yerini almıştır.

Yapılan araştırma neticesinde literatürde tarımsal katma değer ve tarımsal arazi değişkenleri sık kullanıldığı ve tarım sektörünü açıklayan iki temel ölçüt olduğu gibi, iki regresyon denklemi şeklinde kurgulayarak tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisini analiz eden bir çalışmaya neredeyse rastlanmamaktadır. Diğer pek çok araştırma konusunda ve zaman serisi çalışmalarında daha güçlü ve birbirini destekleyici ampirik bulgular elde etmek amacıyla bu tür bir kurguya başvurulduğu görülmektedir. Buradan bu çalışmanın ampirik kurgusunun tarım-çevre ilişkisini analiz eden diğer çalışmalardan farklı olduğu sonucuna varılabilir. Bu kurgunun temel nedeni; birinci regresyon denkleminde tek tarım değişkeni olan tarımsal katma değer (yani tarım sektörünün) çevre kirliliği üzerindeki etkisinin, ikinci regresyon denkleminde ele alınan tarımsal katma değer ve tarım arazisi değişkenlerinin (yani tarım sektörünün) etkisi ile uyuşup uyuşmadığını test etmektir. Ayrıca ampirik olarak tarım sektörü-çevre kirliliği ilişkisini daha güçlü kanıtlar ile ispatlayabilmektir. Çalışma bu nedenle literatüre önemli bir katkı sunabilmektedir. Diğer taraftan tarımsal katma değer tarım sektörü üretim ve verimliliği hakkında bir bilgi sunar iken, tarımsal arazi ölçütü de tarım sektörü üzerindeki ya da tarımın diğer değişkenler üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerinin açıklanmasında yardımcı olabilmektedir.

Eşitlik (1) ve (2)'de yer alan  $\alpha_0$ ,  $t$  ve  $u_t$  sırasıyla sabit terimi, zamanı ve hata terimini ifade etmektedir. Çevre kirliliğinin ölçütü olarak  $CO_{2t}$  kişi başına karbondioksit salınımını (ton) (Dong ve ark., 2018), ekonomik büyümenin ölçütü olarak  $GDP_t$  kişi başına reel geliri (2010 sabit \$ fiyatlarıyla) (Pata, 2018),  $GDP^2_t$  kişi başına reel gelirin karesini (Qiao ve ark., 2019) ifade etmektedir.  $REN_t$  yenilenebilir enerji tüketimini (petrol eşdeğeri metrik ton) (Ben Jebli ve Ben Youssef, 2019) ve tarım sektörünün ölçütü olarak  $AGR_t$  ise kişi başına tarımsal katma değeri (2010 sabit \$ fiyatlarıyla) (Ben Jebli ve Ben Youssef, 2017c) temsil etmektedir. Tarımın diğer bir göstergesi olarak  $LAND_t$  tarım arazisini (arazi alanının yüzdesi olarak) işaret etmektedir. Kişi başına reel gelir, tarım arazisi ve kişi başına tarımsal katma değer verileri World Bank (2019) Dünya Kalkınma Göstergeleri veri tabanından, kişi başına karbondioksit salınımı ve yenilenebilir enerji tüketimi verileri ise OECD (2019) veri tabanından temin edilmiştir.

$\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  ve  $\alpha_5$  parametreleri sırasıyla kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi, kişi başına tarımsal katma değer, yenilenebilir enerji tüketimi ve tarım arazisi uzun dönem elastikiyet tahminlerini göstermektedir. Çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi literatürü çerçevesinde tartışılan ölçek, kompozisyon ve yapısal etkilere bağlı olarak kişi başına reel gelir ve kişi başına reel gelirin karesi ile kişi başına karbondioksit salınımı arasında ters-U şeklinde teorik bir ilişki söz konusudur. Bu nedenle  $\alpha_1$  ve  $\alpha_2$  parametrelerinin beklenen değeri sırasıyla pozitif ve negatiftir (Grossman ve Krueger, 1995; Islam ve ark., 1999). Bir görüşe göre tarım sektörü ile karbondioksit salınımı arasında pozitif bir ilişki ifade edilirken, diğer görüş ise negatif bir ilişkinin varlığını savunmaktadır. Bu nedenle  $\alpha_3$  ve  $\alpha_5$  parametreleri pozitif ya da negatif bir değer alabilir (Qiao ve ark., 2019). Yenilenebilir enerji tüketimi ile karbondioksit salınımı arasında negatif bir ilişki söz konusudur. Bu nedenle  $\alpha_4$  parametresinin negatif bir değer alması beklenmektedir (Dong ve ark., 2018). Ayrıca değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de sunulmakta ve değişkenlerin 1968-2016 zaman dilimindeki genel eğilimleri ise Şekil 1'de gösterilmektedir.

**Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler (1968-2016)**

Table 2. Descriptive statistics (1968-2016)

İstatistikler	Değişkenler					
	$\ln CO_2$	$\ln GDP$	$\ln GDP^2$	$\ln AGR$	$\ln REN$	$\ln LAND$
Ortalama	0.831	8.864	78.696	6.852	9.160	3.926
Medyan	0.875	8.837	78.106	6.826	9.198	3.922
Maksimum	1.458	9.551	91.227	7.009	9.748	3.980
Minimum	0.000	8.323	69.282	6.696	8.709	3.865



Std. sapma	0.407	0.350	6.251	0.080	0.221	0.027
Çarpıklık	-0.289	0.314	0.370	0.272	-0.093	0.208
Basıklık	2.054	2.060	2.104	2.071	3.457	2.472
Jarque-Bera	2.507	2.610	2.757	2.364	0.499	0.921
Olasılık	0.285	0.271	0.251	0.306	0.778	0.630
Gözlem sayısı	49	49	49	49	49	49

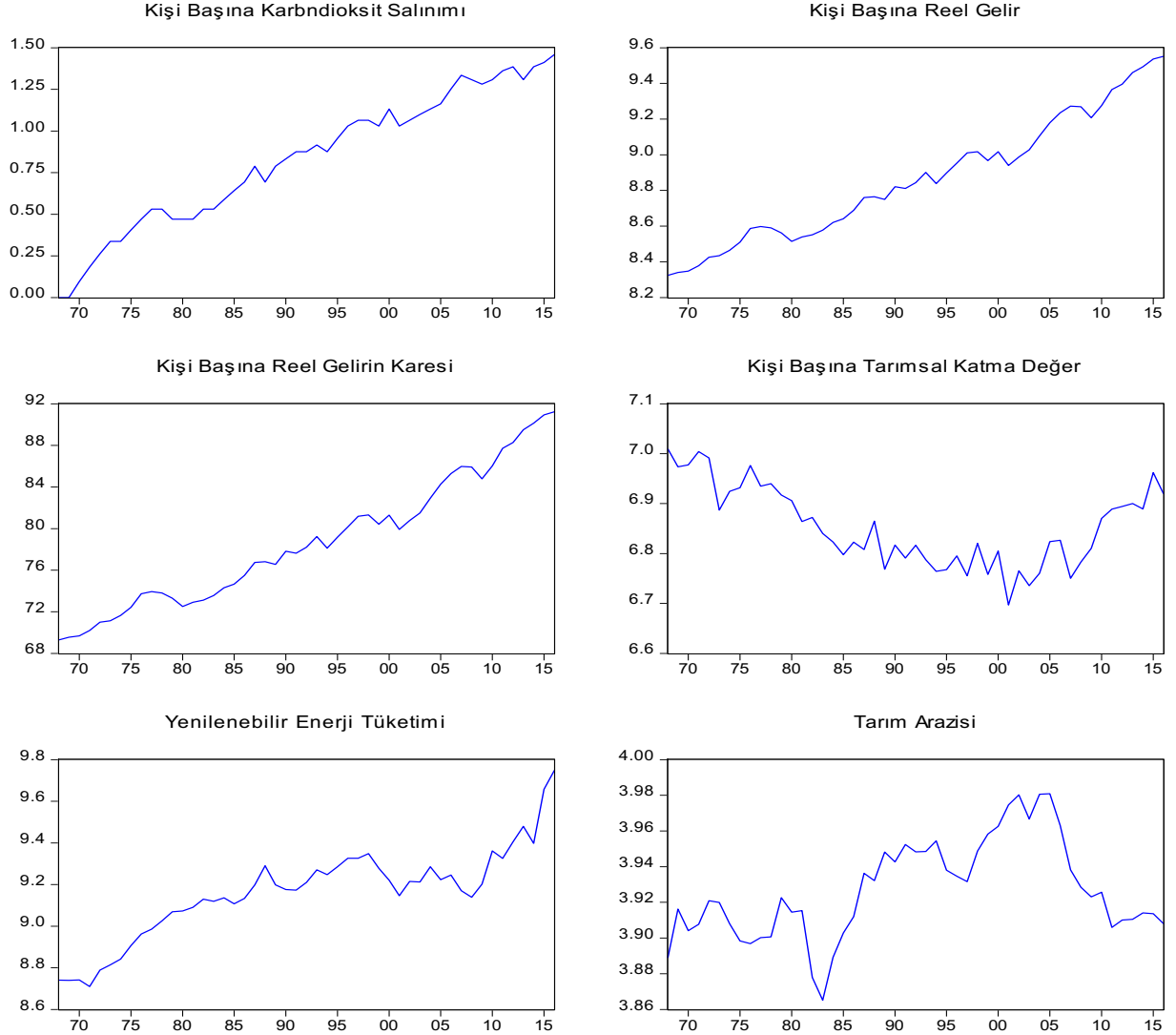


Figure 1. Trends of series over time (logarithmic) (1968-2016)

### Şekil 1. Serilerin zaman içindeki seyri (logaritmik) (1968-2016)

Çalışmada kullanılan yöntemin ilk adımını her bir değişkenin birim kök özelliklerinin analizi oluşturur. Bu bağlamda, DF-GLS ve Ng-Perron geleneksel birim kök testleri ile Zivot-Andrews ve Lee-Strazicich tek yapısal kırılmalı birim kök testlerinden istifade edilmiştir. Yöntemin ikinci adımında değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olup olmadığı ARDL sınır testi ile araştırılmaktadır. ARDL modeli çerçevesinde uzun dönem parametreleri tahmin edilmektedir. Yöntemin son aşamasında değişkenler arasında nedenselliğin varlığı Toda-Yamamoto nedensellik metodu ile ele alınmaktadır.

#### 2.1. Birim kök testleri

Çalışmada DF-GLS ve Ng-Perron birim kök testleri öncelikle kullanılmaktadır. Elliott ve ark. (1996) tarafından ortaya atılan DF-GLS testinde, genelleştirilmiş en küçük kareler (GLS) regresyonu yöntemiyle veriler tahmin

edilmektedir. Sonraki aşamada tahmin edilen veriler Dickey-Fuller tipi testler aracılığıyla değerlendirilmektedir. Kullanılan diğer geleneksel birim kök testi ise Ng ve Perron (2001) tarafından önerilen Ng-Perron birim kök testidir. Ng-Perron (2001) ADF ve PP testlerinin hata terimlerinin negatif hareketli ortalamaya sahip olduğunda ağır ölçek bozulmaları sergilediğini ortaya koymuştur. Ng-Perron testinin diğer geleneksel birim kök testlerinden en üstün yönleri daha uyumlu ve güvenilir ampirik sonuçlar vermesidir. Ng ve Perron (2001) aslında Phillips ve Perron (1988), Bhargava (1986) ve Elliott ve ark. (1996) tarafından literatüre kazandırılan testleri geliştirerek MZa, MZt, MSB ve MPT test istatistikleri olarak bilinen dört test istatistiğini sunmuştur.

MZa ve MZt testlerinde sıfır hipotezi durağan değildir şeklinde iken MSB ve MPT testlerinde seri durağandır şeklinde kurulmaktadır. MZa ve MZt testleri için hesaplanan  $t$  istatistiği kritik değerlerden küçük, MSB ve MPT testleri için büyük olduğunda serinin düzeyde durağan olmadığına tersi durumda ise durağan olduğuna hükmedilir (Seker ve ark., 2015). ADF, PP, DF-GLS ve Ng-Perron gibi klasik birim testlerinin en önemli dezavantajı, serilerdeki yapısal kırılmayı dikkate almamaları için sapmalı ve sahte regresyon sonuçlarına neden olabilmeleridir (Ertugrul ve ark., 2016). Bu nedenle çalışmada, içsel olarak belirlenmiş yapısal kırılmalı birim kök testi olan Zivot-Andrews birim kök testine de yer verilmektedir. Bu test seriler bir potansiyel yapısal kırılmaya sahip olduğunda uygun bir metot olarak kabul edilmektedir (Shahbaz ve ark., 2013). Çalışmada, hem düzey hem de eğimde yapısal değişmeyi içeren Zivot ve Andrews (1992)'in en gelişmiş regresyon modeli dikkate alınmaktadır:

$$\Delta y_t = c + \alpha y_{t-1} + \beta t + dDU_t + dDT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitlik (3)'teki  $t = 1, 2, 3, \dots, T$  zamanı,  $TB$  kırılma tarihini,  $\lambda = TB/T$  ise kırılma noktasını vermektedir. Burada  $DU_t$  sabit terimdeki yapısal değişimi ifade eden kukla değişkeni gösterir ve  $t > TB$  olduğunda 1 değerini, diğer durumlarda ise 0 değerini almaktadır. Diğer taraftan,  $DT_t$  trenddeki yapısal değişimi gösteren kukla değişken olup  $t > TB$  durumunda  $t - TB$  değerini, diğer durumlarda ise sıfır değerini almaktadır. Bu testte hesaplanan  $t$ -istatistiğinin Zivot ve Andrews (1992)'in belirlediği kritik değerden küçük olması durumunda birim kökün varlığını ifade eden sıfır hipotez kabul edilmekte, aksi durumda reddedilmektedir.

Çalışmada yapısal kırılmanın varlığını tespit etmek için kullanılan bir diğer test ise Lee-Strazicich (2004, 2013) birim kök testidir. Yapısal kırılmalı modelin oluşturulmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$\gamma_t = \delta Z_t + X_t, \quad X_t = \beta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{Eş. 4})$$

Eşitlik (4)'te  $Z_t$  dışsal değişkenleri ifade etmektedir. Testin boş hipotezi,  $\beta = 1$  olarak tanımlanmaktadır. Yapısal kırılmanın tespiti için iki model geliştirilmiştir. Sabitte kırılmanın test edilmesi için kullanılan Model A,  $Z_t = [1, t, D_t]'$  olarak tanımlanmakta ve  $t \geq T_B + 1$  ve diğer durumlarda sıfır olması halinde  $D_t = 1$  değerini almaktadır.  $T_B$  kırılma zamanını göstermektedir ve  $\delta' = (\delta_1, \delta_2, \delta_3)$ . Sabitte ve trendde kırılmanın test edilmesinde kullanılan Model C ise,  $Z_t = [1, t, D_t, DT_t]'$  olarak tanımlanmakta ve  $t \geq T_B + 1$  ve diğer durumlarda sıfır olması halinde  $DT_t = t - T_B$  değerini almaktadır.

LM prensibine göre, birim kök test istatistikleri Eşitlik (5)'teki regresyondan elde edilmektedir:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1} + \mu_t \quad (\text{Eş. 5})$$

Burada  $\tilde{S}_t = y_t - \tilde{\psi}_x - Z_t \tilde{\delta}$ ,  $t = 2, \dots, T$ ;  $\tilde{\delta}$  olmak üzere  $\Delta Z_t$ 'de  $\Delta y_t$ 'nin katsayılarıdır ve  $\tilde{\psi}_x$ ,  $y_1 - Z_1 \tilde{\delta}$  şeklinde elde edilmektedir. LM birim kök testinin yokluk hipotezi,  $\phi = 0$  ile ifade edilmektedir. LM test istatistiği,  $\tilde{\tau}$ :  $\phi = 0$  temel hipotezini test eden  $t$ -istatistiği şeklinde tanımlanmaktadır. Birim kök testinde  $T_B$  kırılma zamanını göstermek üzere, kırılma zamanı minimum birim kök test istatistiğini bulmak için tüm olası kırılma noktaları araştırılarak aşağıdaki gibi belirlenmektedir:

$$\text{Inf} \tilde{\tau}(\tilde{\lambda}) = \text{Inf} \tilde{\tau}(\lambda) \quad (\text{Eş. 6})$$

Eşitlik (6)'da  $\lambda = T_B/T$  ve  $\lambda \in [0, 1]$  şeklinde hesaplanmaktadır.



## 2.2. Eşbütünleşme testi

Bu çalışmada klasik eşbütünleşme testlerine göre daha üstün özelliklere sahip olan ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmaktadır. Pesaran ve ark. (2001)'na göre bu testin özellikleri şu şekilde sıralanabilir. Birincisi; burada seriler düzeyde durağan, birinci farkında durağan ya da karışık bütünleşme özelliklerine sahip olabilirler. İkincisi; küçük örneklerde daha sağlıklı ampirik sonuçlar vermektedir. Üçüncüsü; ARDL modeli yardımıyla kurulan kısıtsız hata düzeltme modeli uzun ve kısa dönem dinamiklerini birlikte analiz etme imkanı sunabilmektedir. ARDL modelinden elde edilen kısıtsız hata düzeltme modeli yardımıyla hem kısa hem de uzun dönem parametreleri aynı anda belirlenmektedir. Kısıtsız hata düzeltme modelleri, aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta \ln GDP^2_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \Delta \ln AGR_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^m \beta_{5i} \Delta \ln REN_{t-i} + \gamma DUM_{1978} + \theta_1 \ln CO_{2t-1} + \theta_2 \ln GDP_{t-1} + \theta_3 \ln GDP^2_{t-1} \\ & + \theta_4 \ln AGR_{t-1} + \theta_5 \ln REN_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (\text{Eş. 7})$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta \ln GDP^2_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \Delta \ln AGR_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^m \beta_{5i} \Delta \ln REN_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{6i} \Delta \ln LAND_{t-i} + \gamma DUM_{1978} + \theta_1 \ln CO_{2t-1} + \theta_2 \ln GDP_{t-1} \\ & + \theta_3 \ln GDP^2_{t-1} + \theta_4 \ln AGR_{t-1} + \theta_5 \ln REN_{t-1} + \theta_6 \ln LAND_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (\text{Eş. 8})$$

Eşitlik (7) ve (8)'de  $\beta_0$ ,  $\Delta$ ,  $\mu_t$  ve  $DUM$  sırasıyla; sabit parametreyi, birinci fark operatörünü, hata terimini ve yapısal kırılma için kukla değişkeni göstermektedir. AIC ve SIC gibi kriterler kullanılarak ARDL modelinde optimal gecikme uzunluğu tespit edilebilmektedir. Hesaplanan  $F$ -istatistiği değeri ile Pesaran ve ark. (2001) ve Narayan (2005)'in kritik değerlerinin karşılaştırılması neticesinde eşbütünleşmenin varlığı belirlenebilmektedir. Modelimizde  $H_0: \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = 0$  sıfır hipotezini temsil ederken  $H_0: \theta_1 \neq \theta_2 \neq \theta_3 \neq \theta_4 \neq \theta_5 \neq 0$  ise alternatif hipotezi göstermektedir. Hesaplanan  $F$ -istatistiği Pesaran ve ark. (2001) tarafından belirlenmiş üst kritik değerden yüksek ise değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin varlığına, alt kritik değerden düşük ise değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olmadığına hükmedilir. Şayet  $F$ -istatistiği değeri alt ve üst kritik değerler arasında yer alıyorsa bu durumda uzun dönem ilişkisinin varlığı konusunda bir hükme varılamamaktadır.

Seçilen ARDL modelinin geçerli bir model olup olmadığı normal dağılım, otokorelasyon, değişen varyans ve fonksiyonel form testleri yardımıyla belirlenebilmektedir. Ayrıca, Brown ve ark. (1975) tarafından geliştirilmiş olan  $CUSUM$  ve  $CUSUM^2$  testleri yardımıyla da ARDL modeli uzun dönem parametrelerinin istikrarlılığı tespit edilmektedir. ARDL modelinin uzun dönem parametreleri genelde OLS tahmin tekniği ile tahmin edilmekte ve kısa dönem parametreleri de Hata Düzeltme Modeli kullanılarak analiz edilmektedir. Burada Hata Düzeltme Modeli aşağıdaki gibi belirlenmektedir:

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \delta_0 + \sum_{i=1}^k \delta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_{3i} \Delta \ln GDP^2_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_{4i} \Delta \ln AGR_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^p \delta_{5i} \Delta \ln REN_{t-i} + \gamma ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (\text{Eş. 9})$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \delta_0 + \sum_{i=1}^k \delta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_{3i} \Delta \ln GDP^2_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_{4i} \Delta \ln AGR_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^p \delta_{5i} \Delta \ln REN_{t-i} + \sum_{i=0}^p \delta_{6i} \Delta \ln LAND_{t-i} + \gamma ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (\text{Eş. 10})$$

Eşitlik (9) ve (10)'da ARDL modelinden elde edilen hata düzeltme terimi ( $ECT_{t-1}$ ) uyarlama hızını yani uzun dönem dengesinden bir sapma olması durumunda ne kadar hızla tekrar dengeye ulaşabileceğini ifade etmektedir. Bu terimin parametresi olan  $\gamma$ 'nin negatif ve istatistiki olarak anlamlı olması istenir. Böyle bir sonuç, aynı zamanda değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olduğuna ilave bir kanıt olarak değerlendirilmektedir.

### 2.3. Nedensellik testi

Çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto nedensellik testi yardımıyla araştırılmaktadır. Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testini klasik nedensellik testlerinden ayıran temel özellikler şunlardır. Birincisi; değişkenlerin birinci farkında durağan olma ön şartı aranmamaktadır. Düzeyde, birinci farkında hatta ikinci farkında durağan olabilecekleri gibi değişkenlerin eşbütünleşik olup olmamaları da önemsenmemektedir. İkincisi; bu nedensellik testinde değişkenlerin düzey değerlerinin kullanımı söz konusudur. Dolayısıyla serilere ilişkin bilgi kaybı olmamaktadır. Üçüncüsü; bu nedensellik testi için  $(k+d_{max})$  gecikmeli geliştirilmiş bir VAR modeli kurulmaktadır. Burada  $k$  klasik VAR modelinin gecikme uzunluğunu,  $d_{max}$  ise değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesini ifade etmektedir. Daha sonra Toda ve Yamamoto (1995) tarafından geliştirilmiş ileri bir Wald (MWALD) test istatistiği  $k$  gecikmeli VAR modeli parametrelerine uygulanarak nedenselliğin varlığı tespit edilmektedir. MWALD test istatistiği  $\chi^2$  dağılım sergiler. Test istatistiğinin anlamlı olması durumunda değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisinin varlığı sonucuna ulaşılmaktadır. Yani seriler arasında nedenselliğin olmadığını işaret eden boş hipotez reddedilmektedir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tablo 3, DF-GLS ve Ng-Perron geleneksel birim kök testlerinden elde edilen sonuçları göstermektedir. Sonuçlara göre her bir değişkenin düzey değerlerinde durağan olmadığı görülmektedir. Söz konusu serilerin birinci farkları alındığında durağan oldukları saptanmaktadır. Dolayısıyla serilerin bütünleşme düzeyi  $I(1)$  olarak tespit edilmektedir. Geleneksel birim kök testleri ekonomilerdeki dalgalanmalardan kaynaklanan yapısal kırılmaları, kriz ve şokları dikkate almamaktadır. Bu nedenle analizde kullanılan serilerin durağanlıkları yapısal kırılmaları da içeren testlerle de incelenmektedir.

**Tablo 3. Geleneksel birim kök test sonuçları**

Table 3. Conventional unit root test results

Panel A: Düzey						
Değişkenler	DF-GLS	NG-Perron			Sonuç	
	<i>t</i> -istatistiği	<i>MZa</i>	<i>MZt</i>	<i>MSB</i>		<i>MPT</i>
<i>lnCO<sub>2</sub></i>	-2.575(0)	-9.344(0)	-2.113(0)	0.226(0)	9.947(0)	-
<i>lnGDP</i>	-2.071(0)	-8.090(0)	-1.869(0)	0.231(0)	11.661(0)	-
<i>lnGDP<sup>2</sup></i>	-1.850(0)	-6.899(0)	-1.682(0)	0.243(0)	13.385(0)	-
<i>lnAGR</i>	-0.636(1)	-1.947(1)	-0.730(1)	0.374(1)	32.039(1)	-
<i>lnREN</i>	-1.628(0)	-5.922(0)	-1.519(0)	0.256(0)	15.125(0)	-
<i>lnLAND</i>	-1.596(0)	-5.251(0)	-1.480(0)	0.281(0)	16.830(0)	-
Panel B: Birinci Fark						
$\Delta \ln CO_2$	-7.840(0)***	-22.916(0)**	-3.380(0)**	0.147(0)**	4.001(0)**	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln GDP$	-6.752(0)***	-23.499(0)**	-3.421(0)***	0.145(0)**	3.915(0)***	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln GDP^2$	-6.751(0)***	-23.499(0)**	-3.421(0)***	0.145(0)**	3.917(0)***	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln AGR$	-11.745(0)***	-17.285(0)*	-2.888(0)*	0.167(0)**	5.583(0)*	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln REN$	-7.056(0)***	-23.450(0)**	-3.404(0)**	0.145(0)**	4.006(0)***	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln LAND$	-5.504(0)***	-21.940(0)**	-3.311(0)**	0.150(0)**	4.158(0)**	<i>I</i> (1)

Sonuçlar sabitli-trendli model sonuçlarını içermekte olup, sıfır hipotezi "sabitte ve trendde yapısal bir kırılma altında birim kök vardır" şeklindedir. Parantez içindeki değerler, optimal gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. \*\*\*, \*\* ve \* sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesindeki anlamlılığı işaret etmektedir.

Yapısal kırılmaları dikkate alan Zivot-Andrews ve Lee-Strazicich birim kök testlerine ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 4'te sunulmaktadır. Zivot-Andrews testine göre bütün seriler farkında durağan olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sonuçlar çalışmada ele alınan modellerde bağımlı değişken olarak kullanılan karbondioksit emisyonu için 1978 yılında yapısal bir kırılma olduğunu işaret etmektedir. Lee-Strazicich testinden elde edilen

sonuçlar ise; kişi başına tarımsal katma değer, kişi başına reel gelir ve kişi başına reel gelirin karesi değişkenlerinin düzeyde, diğer değişkenlerin ise birinci farklarında durağan olduğunu göstermektedir. Karbondioksit emisyonuna ilişkin 1978 yılında yapısal kırılmanın tespit edilmesi, Zivot-Andrews testi ile aynı doğrultuda bir sonuçtur. 1978 yılı ikinci petrol krizini içerdiğinden dolayı tespit edilen bu sonuç tutarlıdır. Diğer serilere ilişkin elde edilen kırılma tarihleri ise, Türkiye ekonomisinde yaşanan kriz ve şokların dönemine denk geldiği için tutarlı gözükmemektedir. Ayrıca bu sonuçlar seriler arasındaki uzun dönem ilişkisinin araştırılması aşamasında ARDL sınır testinin kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

**Tablo 4. Yapısal kırılmalı birim kök test sonuçları**

Table 4. Unit root test results with structural break

<b>Panel A: Zivot-Andrews Birim Kök Testi</b>					
Değişkenler	Düzye Test istatistiği	Kırılma tarihi	Birinci fark Test istatistiği	Kırılma tarihi	Sonuç
<i>lnCO<sub>2</sub></i>	-4.129(0)	1978	-9.206(0)*	1982	I(1)
<i>lnGDP</i>	-3.710(0)	2001	-5.275(3)*	2004	I(1)
<i>lnGDP<sup>2</sup></i>	-3.756(0)	2001	-5.338(3)*	2004	I(1)
<i>lnAGR</i>	-3.187(3)	2001	-5.235(4)*	2005	I(1)
<i>lnREN</i>	-2.363(0)	2007	-8.812(0)*	1999	I(1)
<i>lnLAND</i>	-3.205(0)	1998	-7.500(0)*	1984	I(1)
<b>Panel B: Lee-Strazicich Birim Kök Testi</b>					
Değişkenler	Düzye Test istatistiği	Kırılma tarihi	Birinci fark Test istatistiği	Kırılma tarihi	Sonuç
<i>lnCO<sub>2</sub></i>	-4.048(0)	1978	-6.141(2)*	1998	I(1)
<i>lnGDP</i>	-5.203(3)*	1999	-	-	I(0)
<i>lnGDP<sup>2</sup></i>	-5.167(3)*	1999	-	-	I(0)
<i>lnAGR</i>	-4.335(2)*	2002	-	-	I(0)
<i>lnREN</i>	-3.206(0)	1998	-7.663(0)*	1980	I(1)
<i>lnLAND</i>	-3.597(2)	2000	-4.794(1)*	1983	I(1)

LM testinde maksimum gecikme, VAR'dan elde edilen optimal gecikme uzunluğu dikkate alınarak belirlenmiştir. Serilerin durağanlıkları %5 anlamlılık seviyesine göre değerlendirilmiştir. \* serilerin %5 seviyesindeki durağanlığını ifade etmektedir. Parantez içindeki değerler optimal gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Ampirik analiz diğer aşamasında yapısal kırılmaları da dikkate alarak ARDL sınır testi ile seriler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisi belirlenmektedir. Model (1) ve (2) için eşbütünlüşme sonuçları Tablo 5'te sunulmaktadır. Modellere ilişkin hesaplanan *F*-istatistiği değeri Pesaran ve ark. (2001) ve Narayan (2005) kritik tablo değerlerinin %1'de üst sınırını aşmaktadır. Bu durum modellerde yer verilen değişkenler arasında uzun dönemde bir ilişkinin varlığını, yani seriler arasında bir eşbütünlüşme ilişkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, Model (1) ve (2) için elde edilen hata düzeltme terimi (*ECT<sub>t-1</sub>*) katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı tespit edilmesi, seriler arasındaki uzun dönem ilişkisine ilave bir kanıt sağlamaktadır.

**Tablo 5. Eşbütünlüşme sonuçları**

Table 5. Cointegration results

<b>Panel A: Sınır Testi Sonuçları</b>				
Model (1)	Gecikme Uzunluğu	TB	<i>F</i> -istatistiği	<i>ECT<sub>t-1</sub></i>
<i>F(lnCO<sub>2</sub>/lnGDP,lnGDP<sup>2</sup>,lnAGR,lnREN)</i>	3, 0, 4, 0, 0	1978	11.505***	-1.475***
<i>F(lnGDP/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP<sup>2</sup>,lnAGR,lnREN)</i>	4, 1, 1, 2, 0	1999	9.720***	-0.436***
<i>F(lnGDP<sup>2</sup>/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP,lnAGR,lnREN)</i>	1, 1, 4, 2, 0	1999	9.362***	-0.408***
<i>F(lnAGR/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP,lnGDP<sup>2</sup>,lnREN)</i>	4, 0, 0, 0, 4	2002	5.952***	-0.301***
<i>F(lnREN/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP,lnGDP<sup>2</sup>,lnAGR)</i>	4, 2, 4, 4, 2	1998	5.350***	0.113***
<b>Model (2)</b>				
<i>F(lnCO<sub>2</sub>/lnGDP,lnGDP<sup>2</sup>,lnAGR,lnREN,lnLAND)</i>	4, 4, 4, 3, 3, 4	1978	8.292***	-1.952***
<i>F(lnGDP/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP<sup>2</sup>,lnAGR,lnREN,lnLAND)</i>	4, 1, 1, 2, 0, 0	1999	8.319***	-0.476***
<i>F(lnGDP<sup>2</sup>/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP,lnAGR,lnREN,lnLAND)</i>	1, 1, 4, 2, 0, 0	1999	7.991***	-0.444***
<i>F(lnAGR/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP,lnGDP<sup>2</sup>,lnREN,lnLAND)</i>	4, 0, 0, 0, 4, 2	2002	5.734***	-0.260***
<i>F(lnREN/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP,lnGDP<sup>2</sup>,lnAGR,lnLAND)</i>	4, 2, 4, 4, 2, 4	1998	4.720**	0.167***
<i>F(lnLAND/lnCO<sub>2</sub>,lnGDP,lnGDP<sup>2</sup>,lnAGR,lnREN)</i>	3, 4, 4, 4, 0, 0	2000	4.025**	-0.683***

<b>Panel B: Kritik Tablo Değerleri</b>				
Pesaran ve ark. (2001) kritik değerler: Sabitli model				
Önemlilik düzeyi	Model (1)		Model (2)	
	Alt Sınır, $I(0)$	Üst Sınır, $I(1)$	Alt Sınır, $I(0)$	Üst Sınır, $I(1)$
%1	3.29	4.37	3.06	4.15
%5	2.56	3.49	2.39	3.38
%10	2.20	3.09	2.08	3.00
Narayan (2005) kritik değerler: Sabitli model				
Önemlilik düzeyi	Model (1)		Model (2)	
	Alt Sınır, $I(0)$	Üst Sınır, $I(1)$	Alt Sınır, $I(0)$	Üst Sınır, $I(1)$
%1	3.84	5.15	3.59	4.98
%5	2.82	3.87	2.67	3.78
%10	2.37	3.32	2.25	3.26

Optimal gecikme uzunluğu, AIC kriteri baz alınarak belirlenmiştir. TB serilere ilişkin kırılma tarihlerini göstermektedir. \*\*\* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 seviyesindeki anlamlılığı işaret etmektedir.

Değişkenler arasında bir eşbütünlük ilişkisinin tespit edilmesinin ardından, ampirik analizin bu aşamasında her bir değişkenin uzun dönem katsayısının tahminine geçilmektedir. ARDL uzun dönem katsayı tahmin sonuçlarına göre; kişi başına reel gelirin katsayısı pozitif, kişi başına reel gelirin karesinin katsayısı ise negatif ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı bulunduğu Tablo 6'da görülmektedir. Bu sonuç ÇKE hipotezinin uzun dönemde geçerli olduğunu, yani başlangıçta kişi başına reel gelirdeki artışların karbondioksit emisyonunu artırdığını ve belirli bir eşik değerden sonra ise bir azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla modellerde yer verilen iki değişken arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığı ortaya konulmaktadır. Bu sonuç; Jalil ve Mahmud (2009), Ozturk ve Acaravci (2010), Shahbaz ve ark. (2012), Bölük ve Mert (2015), Dong ve ark. (2018) gibi çalışmaların ampirik bulgularıyla örtüşmektedir.

Diğer taraftan kişi başına tarımsal katma değer katsayısı Model (1)'de -0.210 ve Model (2)'de -0.468 olarak belirlenmekte ve istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca Model (2)'de tarımın bir diğer göstergesi olarak kullanılan tarımsal arazi değişkeninin katsayısı -0.458 olarak anlamlı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tarım sektörünün uzun dönemde karbondioksit emisyonunu azalttığı anlamına gelmektedir. Bu sonuç; Rafiq ve ark. (2015), Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b), Liu ve ark. (2017), Khan ve ark. (2018), Ben Jebli ve Ben Youssef (2019)'un çalışmalarıyla uyumludur. Diğer taraftan; Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a), Waheed ve ark. (2018), Ngarava ve ark. (2019), Rehman ve ark. (2019)'nın ampirik bulgularıyla da benzerlik arz etmemektedir.

Son olarak, yenilenebilir enerji tüketimi katsayısının Model (1)'de -0.060 olarak %10 önemlilik seviyesinde anlamlı bulunması uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile karbondioksit emisyonu arasında negatif bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu; Bölük ve Mert (2015), Al-Mulali ve ark. (2016), Danish ve ark. (2017) gibi çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir. Fakat Model (2)'de de yer verilen yenilenebilir enerji tüketiminin katsayısı anlamlı olarak bulunamamıştır. Bu sonuç Pata (2018)'nin bulgularıyla benzerlik teşkil etmektedir.

**Tablo 6. Uzun dönem katsayı tahminleri**

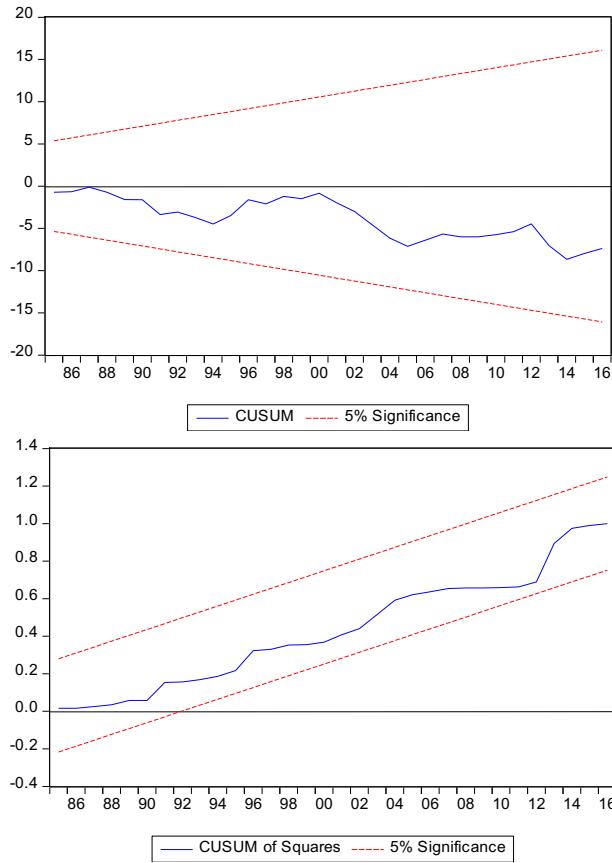
Table 6. Long-run coefficient estimates

<b>Panel A: Uzun Dönem Katsayılar</b>				
Değişkenler	Model (1)		Model (2)	
$C$	-43.655***		-32.150***	
$\ln GDP$	9.301***		7.379***	
$\ln GDP^2$	-0.456***		-0.351***	
$\ln AGR$	-0.210**		-0.468***	
$\ln REN$	-0.060*		0.028	
$\ln LAND$	-		-0.458*	
$D_{1978}$	0.020		-0.005	
<b>Panel B: Tanısal Testler</b>				
	Model (1)		Model (2)	
$R^2$	0.995	Prob.	0.998	Prob.
adj- $R^2$	0.994	-	0.996	-

<i>F</i> -istatistiği	655.190	0.000	407.411	0.000
Breusch-Godfrey LM Test	0.394	0.677	1.191	0.332
Heteroskedasticity Test: ARCH	0.154	0.696	1.983	0.150
Jarque-Bera Normallik Testi	1.026	0.598	1.931	0.380
Ramsey RESET testi	0.828	0.369	0.738	0.403
Durbin-Watson istatistiği	2.148	-	2.399	-

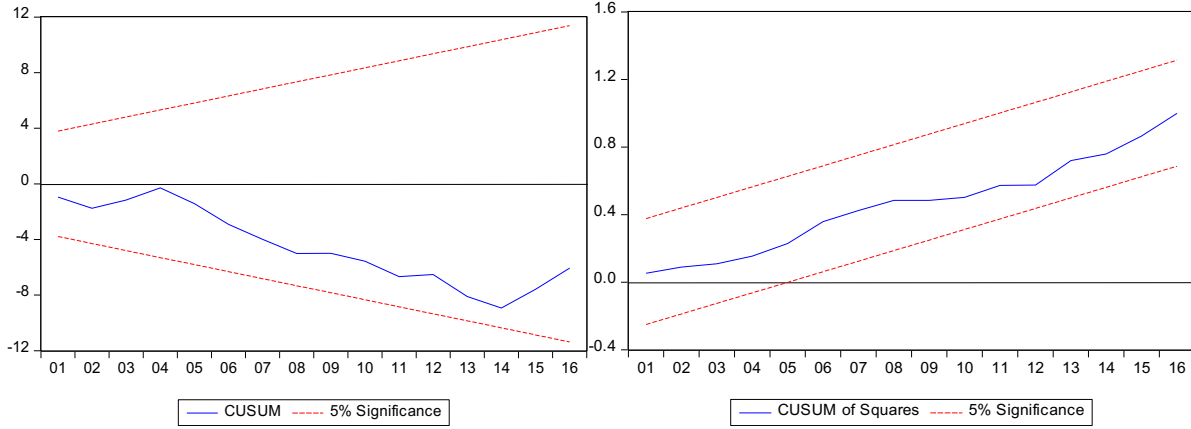
\*\*\*, \*\* ve \* sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesindeki anlamlılığı işaret etmektedir.

Tablo 6'nın alt kısmında yer alan tanısıl testler incelendiğinde;  $R^2$ 'nin yüksek bir değer alması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki değişmeleri açıklama gücünün yüksek olduğunu, *F* test istatistiğinin de anlamlı olması tüm bağımsız değişkenlerin birlikte anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer tanısıl testler ise; modelde değişen varyans ve otokorelasyon problemlerinin olmadığını, hata terimlerinin normal dağılım sergilediğini ve model kurulumunda herhangi bir hatanın söz konusu olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen bu sonuçlar modelin uygun bir model olduğunu ispatlamaktadır. Ayrıca Şekil 2 ve 3'te yer alan *CUSUM* ve *CUSUM*<sup>2</sup> test sonuçları ise, ilgili değerlerin %5 bandı içinde kaldığını ve dolayısıyla uzun dönem katsayılarının istikrarlı olduğunu göstermektedir.



**Figure 2.** *CUSUM* and *CUSUMsq* results (Model 1)

**Şekil 2.** *CUSUM* ve *CUSUM*<sup>2</sup> sonuçları (Model 1)



**Figure 3. CUSUM and CUSUMsq results (Model 2)**

**Şekil 3. CUSUM ve CUSUM<sup>2</sup> sonuçları (Model 2)**

Ampirik analiz son aşamasında değişkenler arasındaki nedensellik analizi test edilmekte ve sonuçları Tablo 7'de sunulmaktadır. Ele alınan modellerin ikisinde de kişi başına tarımsal katma değerden karbondioksit emisyonu, kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi ve yenilenebilir enerji tüketimine doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik söz konusudur. Ulaşılan bu nedensellik bulguları tarım sektörünün karbondioksit emisyonunun bir nedeni olduğunu göstermekte ve tarım sektöründen karbondioksit emisyonuna doğru işleyen tek yönlü bir nedenselliğe işaret etmektedir. Bu sonuç Rafiq ve ark. (2015), Liu ve ark. (2017), Waheed ve ark. (2018), Ngarava ve ark. (2019) ve Qiao ve ark. (2019) gibi çalışmaların nedensellik bulgularıyla örtüşmektedir. Diğer taraftan iki eğişken arasında çift yönlü nedensellik tespit eden Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a; 2017b), Appiah ve ark. (2018) ve Olanipekun ve ark. (2019)'nın bulgularıyla benzerlik arz etmemektedir.

Model (1) ve (2)'de tarımsal arazi ve kişi başına tarımsal katma değerden yenilenebilir enerji tüketimine doğru nedensellik saptanması, Türkiye açısından önem arz eden bir sonuçtur. Çünkü enerjide dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye'de tarım vasıtasıyla yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesi sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilir. Yenilenebilir enerji göstergelerinden biri olan biyoyakıt ekonomik büyüme ve çevre kirliliği açısından son derece önemlidir. Örneğin, Atay ve ark. (2016) tarımsal atıklardan elde edilen peletin çevre kalitesi açısından olumlu sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

**Tablo 7. Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları**

*Table 7. Toda-Yamamoto causality test results*

<b>Panel A: Model (1)</b>						
Bağımsız Değişkenler	$\ln CO_{2t}$	Bağımlı Değişkenler ( $\chi^2$ istatistiği)				
		$\ln GDP_t$	$\ln GDP_t^2$	$\ln AGR_t$	$\ln REN_t$	
$\ln CO_{2t}$	-	2.396 (0.663)	2.443 (0.654)	0.971 (0.914)	9.767** (0.044)	
$\ln GDP_t$	0.606 (0.962)	-	1.564 (0.815)	2.814 (0.589)	17.885*** (0.001)	
$\ln GDP_t^2$	0.514 (0.972)	1.597 (0.809)	-	2.917 (0.571)	18.310*** (0.001)	
$\ln AGR_t$	25.159*** (0.000)	18.205*** (0.001)	17.363*** (0.001)	-	15.482*** (0.003)	
$\ln REN_t$	2.467 (0.650)	2.438 (0.655)	2.366 (0.668)	3.984 (0.408)	-	
<b>Panel B: Model (2)</b>						
Bağımsız Değişkenler	$\ln CO_{2t}$	Bağımlı Değişkenler ( $\chi^2$ istatistiği)				
		$\ln GDP_t$	$\ln GDP_t^2$	$\ln AGR_t$	$\ln REN_t$	$\ln LAND_t$
$\ln CO_{2t}$	-	1.094 (0.895)	1.126 (0.890)	1.939 (0.746)	29.639*** (0.000)	1.147 (0.886)
$\ln GDP_t$	2.151 (0.707)	-	0.711 (0.949)	2.177 (0.703)	37.294*** (0.000)	1.301 (0.861)



$\ln GDP^2_t$	1.914 (0.751)	0.708 (0.950)	-	2.237 (0.692)	37.598*** (0.000)	1.402 (0.843)
$\ln AGR_t$	27.870*** (0.000)	12.036** (0.017)	11.572** (0.020)	-	44.499*** (0.000)	0.394 (0.983)
$\ln REN_t$	5.885 (0.207)	1.220 (0.874)	1.154 (0.885)	3.721 (0.445)	-	0.984 (0.912)
$\ln LAND_t$	6.193 (0.185)	0.337 (0.987)	0.313 (0.988)	4.710 (0.318)	13.879*** (0.007)	-

Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. \*\*\* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 seviyesindeki anlamlılığı işaret etmektedir.

#### 4. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışmada tarım sektörü ile çevre kirliliği arasındaki ilişki Türkiye ekonomisi bağlamında analiz edilmiştir. Ampirik analiz bu ilişkiyi araştırabilmek için iki regresyon denklemi şeklinde kurgulanmış ve bu denklemlerdeki değişkenler arasındaki ilişkiyi test eden zaman serisi yöntemlerine yer vermiştir. Çalışmada elde edilen ampirik bulgular şu şekilde sıralanmaktadır: i) Test edilen iki modelde yer verilen değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin varlığı belirlenmiştir. ii) Uzun dönem katsayı tahmini sonuçlarında ise, Türkiye’de ÇKE hipotezinin geçerliliği kanıtlanmıştır. Ayrıca tarım sektörü ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonunu azalttığı bulgusuna ulaşılmıştır. iii) Son olarak tarım sektöründen karbondioksit emisyonuna doğru işleyen bir nedensellik belirlenmiştir. Ek olarak tarım sektöründen yenilenebilir enerji tüketimine doğru da bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ulaşılan bu sonuçlar Türkiye’de tarım sektörünün yenilenebilir enerji tüketimi ve çevre kirliliği ile etkileşiminin olduğunu kanıtlamaktadır.

Uzun dönemde tarım sektörü ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonunu negatif yönde etkilemesi (yani azaltması), politika yapıcılara önemli ipuçları verebilmektedir. Şöyle ki; çevre kirliliğinin azaltılması için tarım sektörünün gelişimi ve katma değerinin yükseltilmesinin yanı sıra tarımsal arazilerin etkin kullanımı ve bunu etkileyecek olumsuz faktörlerin ortadan kaldırılmasına yönelik önemli adımlar atılması gerekmektedir. Modern ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına yönelik farkındalığın artırılması, küçük çiftçilere sulama için solaryum tüplerinin temin edilmesi ve organik çiftçiliğin teşvik edilmesi tarım sektörünün çevre kirliliğini azaltıcı yönlerini daha da geliştirecektir. Ayrıca gelişigüzel çalılık yakma ve ağaç budaması, zayıf sulama, zararlı hayvan otlatmaları, enterik fermentasyon, özensiz gübre ve kimyasal kullanımı gibi sürdürülebilir olmayan tarım uygulamalarının terk edilmesi tarım sektörünün çevre kalitesini geliştirmesinde faydalı olacaktır. Tarımsal arazi ölçütü dikkate alınarak çevre kalitesinin iyileştirilmesi bağlamında Konukcu ve ark. (2020)’nin ifade ettiği gibi sanayileşme ve konutlaşma ile tarımsal arazilerin azalmasının veya diğer sektörlere kaymasının önüne geçmek gerekmektedir. Diğer taraftan; tarımsal arazilerin kuraklaşmasıyla iklim değişikliğinin gündeme geldiği düşünüldüğünde Yılmaz (2009)’ın belirttiği gibi kişilerin çevre bilinçlerinin geliştirilmesine yönelik uygulamalara yer verilmelidir. Bu konuda son olarak; Topçu (2012)’nin belirttiği gibi Türkiye’de giderek daralan tarım arazilerinde tarımsal üretimde bulunabilmek ve arazilerin etkin kullanımını sağlayabilmek için tarım arazilerinin amacına uygun kullanımını sağlayacak yaklaşımlar geliştirilmelidir. Tarım arazilerinde tarım dışı sektörlere yönelik uygulamalarda nitelikli tarım topraklarının korunması, bu konuda yürürlükte olan yasal düzenlemelerin yeniden ele alınması ve daha işler hale getirilmesi gerekmektedir.

Diğer taraftan çevre kirliliğini azaltmada yenilenemeyen enerji kaynakları yerine ekonomide rüzgar, su ve güneş enerjisi kaynaklarından istifade edilmelidir. Bunun için hükümet özel sektör kurumlarının yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, üretimi ve yeniliklerine yönelik proje ve yatırımlarını teşvik etmelidir.

Son olarak, bu çalışma ileriki çalışmalara da öncülük edebilecektir. Şöyle ki; karbondioksit salınımı yanı sıra azot salınımı da tarım sektörü için önemli olup bir sonraki çalışmada çok çeşitli çevre kirliliği göstergeleri dikkate alınarak araştırma genişletilebilir. Dahası tarım sektörüne ek olarak sanayi ve hizmetler sektörü de ilave edilerek sektörler arası bir karşılaştırma yapılabilir. Ayrıca farklı ülke ekonomileri de ampirik analize dahil edilerek ülkelerarası karşılaştırmalı sonuçlar elde edilebilir.

## Kaynakça

- Abeydeera, L.H.U.W., Mesthrige, J.W., Samarasinghalage, T.I. (2019). Global research on carbon emissions: a scientometric review. *Sustainability* 11: 1-25.
- Al-Mulali, U., Solarin, S.A., Ozturk, I. (2016). Investigating the presence of the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in Kenya: an autoregressive distributed lag (ARDL) approach. *Natural Hazards* 80: 1729-1747.
- Appiah, K., Du, J., Poku, J. (2018). Causal relationship between agricultural production and carbon dioxide emissions in selected emerging economies. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 24764-24777.
- Asumadu-Sarkodie, S., Owusu, P.A. (2017). The causal nexus between carbon dioxide emissions and agricultural ecosystem-an econometric approach. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 1608-1618.
- Atay, O.A., Ekinci, K., Umucu, Y. (2016). Yağ gülü damıtma atıkları, kızılçam kabuğu ve linyit kömür tozundan elde edilen peletlerin baca gazı emisyonlarının belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 13 (2): 1-9.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. (2017a). Renewable energy consumption and agriculture: evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 24 (2): 149-158.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. (2017b). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO<sub>2</sub> emissions: Evidence for North Africa countries. *Ecological Indicators* 74: 295-301.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. (2017c). Renewable energy, arable land, agriculture, CO<sub>2</sub> emissions, and economic growth in Morocco. *MPRA Paper*, No. 76798.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. (2019). Combustible renewables and waste consumption, agriculture, CO<sub>2</sub> emissions and economic growth in Brazil. *Carbon Management* 10 (3): 309-321.
- Bhargava, A. (1986). On the theory of testing for unit roots in observed time series. *The Review of Economic Studies* 53 (3): 369-384.
- Bölük, G., Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Review* 52: 587-595.
- Brown, R.L., Durbin, J., Evans, J.M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relations over time. *Journal of the Royal Statistical Society Series B* 37: 149-163.
- Burck, J., Hagen, U., Marten, F., Höhne, N., Bals, C. (2019). Climate Change Performance Index, Results-2019.
- Danish, Z.B., Wang, B., Wang, Z. (2017). Role of renewable energy and non-renewable energy consumption on EKC: Evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production* 156: 855-864.
- Dong, K., Sun, R., Jiang, H., Zeng, X. (2018). CO<sub>2</sub> emissions, economic growth, and the environmental Kuznets curve in China: What roles can nuclear energy and renewable energy play? *Journal of Cleaner Production* 196: 51-63.
- Elliott, G., Rothenberg, T.J., Stock, J.H. (1996). Efficient tests for an autoregressive unit root. *Econometrica* 64 (4): 813-836.
- Ertugrul, H.M., Cetin, M., Seker, F., Dogan, E. (2016). The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions: Evidence from the top ten emitters among developing countries. *Ecological Indicators* 67: 543-555.
- Grossman, G.M., Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics* 110 (2): 353-377.
- Grzelak, A., Guth, M., Matuszczak, A., Czyzewski, B., Brelik, A. (2019). Approaching the environmental sustainable value in agriculture: How factor endowments foster the eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production* 241: 1-9.
- Islam, N., Vincent J., Panayotou, T. (1999). Unveiling the income-environment relationship: an exploration into the determinants of environmental quality. *Harvard Institute for International Development, Development Discussion Paper*, No. 701.
- Jalil, A., Mahmud, S.F. (2009). Environment Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions: A cointegration analysis for China. *Energy Policy* 37: 5167-5172.
- Johnston, B.F., Mellor, J.W. (1961). The role of agriculture in economic development. *American Economic Review* 51 (4): 566-593.
- Khan, M.T.I., Ali, Q., Ashfaq, M. (2018). The nexus between greenhouse gas emission, electricity production, renewable energy and agriculture in Pakistan. *Renewable Energy* 118: 437-451.
- Konukcu, F., Deveci, H., Altürk, B. (2020). Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisinin AquaCrop ve WOFOST modeller ile tahmin edilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 17 (1): 77-96.
- Lee, J., Strazicich, M.C. (2004). Minimum LM unit root test with one structural break. *Working paper*, Erişim: <http://econ.appstate.edu/RePEc/pdf/wp0417.pdf>.
- Lee, J., Strazicich, M.C. (2013). Minimum LM Unit Root Test With One Structural Break. *Economic Bulletin* 33 (4): 2483-2492.
- Li, T., Balezentis, T., Makuteniene, D., Streimikiene, D., Krisciukaitiene, I. (2016). Energy-related CO<sub>2</sub> emission in European Union agriculture: Driving forces and possibilities for reduction. *Applied Energy* 180: 682-694.
- Liu, X., Zhang, S., Bae, J. (2017). The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: Investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. *Journal of Cleaner Production* 164: 1239-1247.
- Luo, Y., Long, X., Wu, C., Zhang, J. (2017). Decoupling CO<sub>2</sub> emissions from economic growth in agricultural sector across 30 Chinese provinces from 1997 to 2014. *Journal of Cleaner Production* 159: 220-228.
- Matsuyama, K. (1992). Agricultural productivity, comparative advantage, and economic growth. *Journal of Economic Theory* 58: 317-334.

- Narayan, P.K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics* 37 (17): 1979-1990.
- Ng, S., Perron, P. (2001). Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power. *Econometrica* 69 (6): 1519-1554.
- Ngarava, S., Zhou, L., Ayuk, J., Tatsvarei, S. (2019). Achieving food security in a climate change environment: Considerations for environmental Kuznets curve use in the South African agricultural sector. *Climate* 7 (108): 1-17.
- Nowak, A., Schneider, C. (2017). Environmental characteristics, agricultural land use, and vulnerability to degradation in Malopolska Province (Poland). *Science of the Total Environment* 590-591: 620-632.
- OECD (2019). OECD database. Erişim: <https://data.oecd.org> (20 Aralık 2019).
- Olanipekun, I.O., Olasehinde-Williams, G.O., Alao, R.O. (2019). Agriculture and environmental degradation in Africa: The role of income. *Science of the Total Environment* 692: 60-67.
- Ozturk, I., A. Acaravci (2010). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Review* 14: 3220-3225.
- Parajuli, R., Joshi, O., Maraseni, T. (2019). Incorporating forests, agriculture, and energy consumption in the framework of the environmental Kuznets curve: A dynamic panel data approach. *Sustainability* 11 (2688): 1-11.
- Pata, U.K. (2018). Renewable energy consumption, urbanization, financial development, income and CO<sub>2</sub> emissions in Turkey: Testing EKC hypothesis with structural breaks. *Journal of Cleaner Production* 187: 770-779.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics* 16: 289-326.
- Phillips, P.C.B., Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika* 75 (2): 335-346.
- Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H., Dong, K. (2019). The greenhouse effect of the agriculture-economic growth-renewable energy nexus: Evidence from G20 countries. *Science of the Total Environment* 671: 722-731.
- Rafiq, S., Salim, R., Apergis, N. (2015). Agriculture, trade openness and emissions: an empirical analysis and policy options. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 60: 348-365.
- Rehman, A., Ozturk, I., Zhang, D. (2019). The causal connection between CO<sub>2</sub> emissions and agricultural productivity in Pakistan: Empirical evidence from an autoregressive distributed lag bounds testing approach. *Applied Sciences* 9 (1692): 1-16.
- Seker, F., Ertugrul, H.M., Cetin, M. (2015). The impact of foreign direct investment on environmental quality: A bounds testing and causality analysis for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52: 347-356.
- Shahbaz, M., Lean H.H., Shabbir, M.S. (2012). Environmental Kuznets curve hypothesis in Pakistan: Cointegration and granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Review* 16: 2947-2953.
- Shahbaz, M., Ozturk, I., Afza, T., Ali, A. (2013). Revisiting the environmental Kuznets curve in a global economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25: 494-502.
- Thirlwall, A.P. (1986). A General model of growth and development along Kaldorian lines. *Oxford Economic Papers* 38: 199-219.
- Toda, H.Y., Yamamoto, T. (1995). Statistical inferences in vector autoregression with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics* 66 (1): 225-250.
- Topçu, P. (2012). Tarım arazilerinin korunması ve etkin kullanılmasına yönelik politikalar. Kalkınma Bakanlığı, yayın No:2836.
- TÜİK (2019). TÜİK Çevre İstatistikleri, Erişim: <http://tüik.gov.tr> (20 Aralık 2019).
- United Nations (2019). Climate action and support trends. United Nations Climate Change Secretariat, Germany.
- Vermeulen, S.J., Campbell, B.M., Ingram, J.S.I. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* 37: 195-222.
- Vogel, S.J. (1994). Structural changes in agriculture: Production linkages and agricultural demand-led industrialization, *Oxford Economic Papers* 46: 136-156.
- Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO<sub>2</sub> emission. *Journal of Cleaner Production* 172: 4231-4238.
- World Bank (2019). World development indicators database. Erişim: <https://data.worldbank.org> (20 Aralık 2019).
- Xu, B., Lin, B. (2017). Factors affecting CO<sub>2</sub> emissions in China's agriculture sector: Evidence from geographically weighted regression model. *Energy Policy* 104: 404-414.
- Yılmaz, R. (2009). Edirne'de çevre bilincinin belirlenmesi ve sosyo-ekonomik özelliklerin çevresel bilinç üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 6 (1): 79-92.
- Zafeirioua, E., Azam, M. (2017). CO<sub>2</sub> emissions and economic performance in EU agriculture: Some evidence from Mediterranean countries. *Ecological Indicators* 81: 104-114.
- Zivot, E., Andrews, D.W.K. (1992). Further evidence on the great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics* 10 (3): 251-70.