

Tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasındaki ilişki: Türk Cumhuriyetlerinden kanıtlar

Mehmet UÇAR

Orcid: 0000-0001-6078-7536

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Gülşehir SBYM, Finans-Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, 50900 Gülşehir, Nevşehir, Türkiye

Mücahit ÜLGER

Orcid: 0000-0003-0300-099X

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mucur Meslek Yüksekokulu, Finans-Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, 40500, Mucur, Kırşehir, Türkiye

Mert Anıl ATAMER

Orcid: 0000-0002-1238-9020

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Gülşehir SBYM, Finans-Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, 50900 Gülşehir, Nevşehir, Türkiye

Hakan ALPTÜRKER

Orcid: 0000-0002-4389-0715

Mersin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, 33343, Yenişehir, Mersin, Türkiye

Makale Künyesi

*Araştırma Makalesi /
Research Article*

*Sorumlu Yazar /
Corresponding Author*
Mehmet UÇAR
mehmet.ucar@nevsehir.edu.tr

Geliş Tarihi / Received:
29.04.2025

Kabul Tarihi / Accepted:
09.10.2025

Tarım Ekonomisi Dergisi
Cilt: 31 Sayı: 2 Sayfa: 389-404

*Turkish Journal of
Agricultural Economics*
Volume: 31 Issue: 2 Page: 389-404

DOI
10.24181/tarekoder.1686846

*JEL Classification: Q10, O40,
Q53*

Özet

Amaç: Bu çalışmada, Türk Cumhuriyetleri ülkelerinde (Azerbaycan, Kazakistan, Kırgızistan, Özbekistan, Tacikistan, Türkiye ve Türkmenistan) 1992–2022 dönemi yıllık verileri kullanılarak tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon (CO₂) emisyonu arasındaki nedensellik ilişkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Tasarım/Metodoloji/Yaklaşım: Analizde, CD ve homojenlik testlerinin ardından ikinci nesil birim kök testi olarak CADF yöntemi kullanılmıştır. Ardından eş bütünleşme testi yapılmıştır. Nedensellik ilişkileri ise Konya panel nedensellik testiyle analiz edilmiştir.

Bulgular: Bulgulara göre panel düzeyinde CO₂'den tarımsal verimliliğe doğru bir nedensellik tespit edilirken, tarımsal verimlilikten CO₂'ye doğru bir nedensellik ilişkisi gözlenmemiştir. Benzer şekilde tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye doğru nedensellik ilişkisi bulunurken, ekonomik büyümeden tarımsal verimliliğe doğru herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Ayrıca ekonomik büyüme ile CO₂ arasında panel düzeyinde çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Yatay kesit düzeyinde ülke bazlı sonuçlar ise ilişkilerin farklılaştığı ortaya koymuştur. Kazakistan'da CO₂ ile tarımsal verimlilik arasında çift yönlü nedensellik, Türkiye ve Türkmenistan'da CO₂'den tarımsal verimliliğe doğru nedensellik bulunmuştur. Kazakistan, Kırgızistan ve Türkiye'de ekonomik büyüme ve CO₂ arasında çift yönlü nedensellik, Özbekistan ve Türkmenistan'da CO₂'den ekonomik büyümeye doğru nedensellik tespit edilmiştir. Tacikistan ve Türkmenistan'da tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye bir nedensellik, Türkiye'de ekonomik büyümeden tarımsal verimliliğe doğru bir nedensellik bulunmuştur.

Özgünlük/Değer: Bu çalışma, karbon emisyonu, tarımsal verimlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Türk Cumhuriyetleri özelinde inceleyen nadir araştırmalardan biri olup, 1992-2022 dönemine ait uzun dönemli veriler ve ikinci nesil panel veri yöntemleri kullanarak literatüre metodolojik ve bölgesel açıdan özgün katkılar sunmaktadır. Elde edilen bulgular, bölgeye özgü dinamikler ışığında sürdürülebilir kalkınma politikalarına yön verecek niteliktedir.

Anahtar kelimeler: Ekonomik büyüme, karbon emisyonu, tarımsal verimlilik, Türk Cumhuriyetleri.

The relationship between agricultural productivity, economic growth and carbon emissions: Evidence from the Turkic Republics

Abstract

Purpose: This study aims to examine the causality relationships between agricultural productivity, economic growth and carbon (CO₂) emissions using annual data for the period 1992–2022 in the Turkic Republics (Azerbaijan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Uzbekistan, Tajikistan, Türkiye and Turkmenistan).

Design/Methodology/Approach: In the analysis, the CADF method was used as the second-generation unit root test after the CD and homogeneity tests. Then, the cointegration test was performed. The panel causality relationships were analyzed using the causality test by Konya.

Findings: According to the findings, while a causality from CO₂ to agricultural productivity was detected at the panel level, no causality was observed from agricultural productivity to CO₂. Similarly, while there was a causal relationship from agricultural productivity to economic growth, no causal relationship from economic growth to agricultural productivity could be detected. In addition, bidirectional causality was found between economic growth and CO₂ at the panel level. At the cross-sectional level, country-based results revealed that relations differed. A bidirectional causality was found between CO₂ and agricultural productivity in Kazakhstan, and a causality from CO₂ to agricultural productivity was found in Türkiye and Turkmenistan. Bidirectional causality between economic growth and CO₂ was found in Kazakhstan, Kyrgyzstan, and Türkiye, and causality from CO₂ to economic growth was found in Uzbekistan and Turkmenistan. A causality from agricultural productivity to economic growth was found in Tajikistan and Turkmenistan, and economic growth to agricultural productivity in Türkiye.

Originality/Value: This study is one of the rare studies examining the relationship between carbon emissions, agricultural productivity and economic growth in the Turkish Republics, and offers original methodological and regional contributions to the literature by using long-term data for the period 1992-2022 and second-generation panel data methods. The findings will guide sustainable development policies in the light of region-specific dynamics.

Keywords: Economic growth, carbon emissions, agricultural productivity, Turkic Republics.

GİRİŞ

Küresel ölçekte çevresel sorunlar giderek daha fazla dikkat çekmekte olup, bu sorunların başında karbon emisyonları yer almaktadır. Karbon emisyonu, iklim değişikliğiyle ve çevresel bozulmayla doğrudan ilişkili olup, zaman içinde dalgalanmalar göstererek çevresel istikrarsızlığa neden olmakta ve insan yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir (Zhang vd., 2019, Sirag vd., 2018). Bu durum, karbondioksit (CO₂) emisyonlarının azaltılması ve çevre kalitesinin iyileştirilmesini, sürdürülebilir kalkınma amaçlarının vazgeçilmez bir parçası hâline getirmiştir (Raihan ve Said, 2022). Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları kapsamında özellikle 7, 8, 9 ve 13 hedefler doğrultusunda bazı alanlara öncelik verilmiştir (Birleşmiş Milletler, 2025).

Fosil yakıtlara dayalı tarımsal üretim süreçleri, her yıl milyarlarca ton sera gazı salınımına neden olmakta; bu da küresel ısınmayı ve iklim değişikliğini daha da derinleştirmektedir (Raihan ve Tuspekova, 2022). Bu olumsuz etkilerden en fazla etkilenen sektörlerin başında ise tarım sektörü gelmektedir (Dağ ve Aktaş, 2024). İklim değişikliği, sıcaklık ve yağış düzenlerinde yarattığı olumsuz etkiler aracılığıyla tarım sektörünü önemli ölçüde sınırlamaktadır (Oğul, 2022). Tarım, bu yönüyle yalnızca çevresel bozulmanın temel etkenlerinden biri olarak değerlendirilmeyip, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum politikalarının odağında yer almaktadır. Tarımsal verimlilikteki artışa genellikle karbon emisyonlarında paralel bir yükselişin eşlik ettiği belirtilmektedir (Yang vd., 2024). Bu durum, enerji verimliliği artsa dahi artan nüfus ve tarımsal faaliyetlerin genişlemesi nedeniyle CO₂ emisyonlarının küresel ölçekte endişe verici düzeylere ulaşmasına neden olmaktadır (Chandio vd., 2021). Dolayısıyla, hızla büyüyen ekonomilerde ekonomik kalkınmayı sürdürürken sera gazı emisyon yoğunluğunu azaltmak, günümüzün en önemli küresel zorluklarından biri haline gelmiştir (Rehman vd., 2022).

Öte yandan, tarımsal verimlilikteki artış, yoksulluğun azaltılmasına, gelir dağılımının iyileştirilmesine, gıda güvenliğinin sağlanmasına ve ekonomik kalkınmanın desteklenmesine katkı sunmaktadır (Alhassan, 2021). Ayrıca tarımsal üretim, ekonomik ve toplumsal kalkınmanın en temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir (Şengül, 2025). Bu bağlamda özellikle ülkelerin gıda ve tarımsal ürün taleplerini karşılamada kendi kendine yeterlilik düzeyleri, her zamankinden daha kritik bir önem taşımaktadır (Özbay, 2023). Tarımsal üretim verimliliğini artırmak amacıyla tarım makineleri ve teknolojik yeniliklerin kullanımı, özellikle gelişmiş ülkelerde yaygınlaşmış olsa da birçok gelişmekte olan ülkede tarımsal üretim yönetimi hâlâ geleneksel yöntemlere dayanmaktadır. Bu ülkelerde modern tarım teknolojilerinin benimsenme oranı oldukça düşüktür (Mwangi ve Kariuki, 2015). Gelişmiş tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, hem tarım arazilerinden kaynaklanan karbon emisyonlarının azaltılması hem de verimlilik artışıyla çevreye olan baskının azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır (Hu vd., 2016).

Bu çerçevede, tarımsal verimlilik ile karbon emisyonları ve çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, sürdürülebilir tarım politikalarının geliştirilmesinde temel bir rol oynamaktadır. Özellikle Azerbaycan, Kazakistan, Kırgızistan, Özbekistan, Tacikistan, Türkiye ve Türkmenistan'dan oluşan Türk Cumhuriyetleri büyük oranda tarıma dayalı ekonomilere sahiptir. Tarım sektörü bu ülkelerde hem istihdamın büyük bir bölümünü oluşturmakta hem de gıda güvenliği ve kırsal kalkınma açısından kritik rol oynamaktadır. Türk Cumhuriyetleri, iklim değişikliğine karşı hassas bölgelerde yer almakta olup, bu ilişkinin kapsamlı bir şekilde incelenmesi, iklim dostu tarım politikalarının ve akıllı tarım mevzuatlarının geliştirilmesi açısından hayati bir öneme sahiptir. Sonuç olarak, tarımsal verimlilik ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, etkili ve sürdürülebilir tarım politikalarının tasarlanması açısından önem arz etmektedir.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından sağlanan FAOSTAT veri tabanı, tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarını çeşitli alt başlıklar altında sınıflandırarak detaylı veriler sunmaktadır. FAOSTAT (2025) veri tabanına göre 2022 yılı verileri incelendiğinde Türk Cumhuriyetlerinde tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarının önemli bileşenlerini sırasıyla, enterik fermentasyon, merada bırakılan hayvan dışkısı ve kimyasal gübre tüketimi oluşturmaktadır. Enterik fermentasyon kaynaklı emisyonlarda 25.834 kt ile Türkiye başı çekerken, onu sırasıyla Özbekistan (24.091 kt), Kazakistan (18.152 kt) ve Türkmenistan (6.829 kt) izlemektedir. Kırgızistan ise 4.013 kt ile son sırada yer almaktadır. Merada bırakılan hayvan dışkısından kaynaklanan emisyonlarda ise Türkiye 14.154 kt ile açık ara lider konumda olup, Özbekistan (4.316 kt) ve Kazakistan (3.966 kt) önemli paylara sahiptir. Kırgızistan ise bu kategoride 829 kt ile en düşük salımı gerçekleştirmektedir. Kimyasal gübre tüketimine bağlı emisyonlarda Türkiye 8.714 kt ile birinci sırada yer almakta, Özbekistan (4.584 kt) ve Türkmenistan (2.817 kt) takip etmekte, Azerbaycan ise 90 kt ile belirgin şekilde düşük bir salım düzeyi sergilemektedir (FAOSTAT, 2025).

Türk Cumhuriyetlerin tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarının toplamı zaman içindeki gelişimi incelendiğinde, enterik fermentasyondan kaynaklanan emisyonların 2000 yılında 51.070 kt, 2010 yılında 60.364 kt ve 2022 yılında

ise 87.879 kt seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Merada bırakılan hayvan dışkısına bağlı emisyonlar ise sırasıyla 2000 yılında 15.902 kt, 2010 yılında 18.396 kt ve 2022 yılında 28.013 kt olarak kaydedilmiştir. Kimyasal gübre kullanımına bağlı sera gazı emisyonları ise aynı dönemler için sırasıyla 11.810 kt, 13.246 kt ve 17.143 kt düzeyindedir (FAOSTAT, 2025). Bu veriler, Türk Cumhuriyetlerinde tarımsal faaliyetlerin sera gazı emisyonları üzerindeki etkisinin zamanla belirgin biçimde arttığını ortaya koymaktadır.

Dünya Bankası'nın (2025) Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI-World Development Indicators) veri tabanına göre, Türk Cumhuriyetlerinde tarımsal verimlilik zaman içinde dalgalı bir seyir izlemiştir. Azerbaycan'da tarımsal verimlilik 2000 yılında 26.08 seviyesindeyken, 2010 yılında keskin bir düşüşle 5.52'ye gerilemiş, 2020 itibarıyla sınırlı bir toparlanmayla 6.73 seviyesine yükselmiştir. Benzer şekilde, Kazakistan'da 2000 yılında 8.11 olan tarımsal verimlilik, 2010'da 4.51'e düşmüş, 2020'de ise 5.39'a çıkmıştır. Kırgızistan'da ise 2000 yılında 34.18 ile yüksek olan tarımsal verimlilik, 2010'da 17.44'e, 2020'de ise 12.16'ya gerileyerek bir düşüş sergilemiştir. Özbekistan, 2000 yılında 30.05 olan tarımsal verimlilik düzeyinden, 2010 yılında 26.93'e oradan da 2020 yılında 22.52'ye düşmüştür. Tacikistan'da ise 2000'de 25.12 olan tarımsal verimlilik, 2010 yılında 19.58'e düşmüş, ancak 2020'de 22.69 ile yeniden artış göstermiştir. Türkiye, 2000-2020 döneminde sürekli bir azalma eğilimi göstermiş; 2000 yılında 10.03 olan tarımsal verimlilik, 2010'da 8.96'ya, 2020 yılında ise 6.66'ya gerilemiştir. Son olarak Türkmenistan'da da benzer şekilde, 2000 yılında 22.53 olan tarımsal verimlilik 2010'da 11.34'e, 2020'de ise 11.49'a düşerek durağan bir seyir izlemiştir.

2022 yılı verileri incelendiğinde, tarımsal verimlilik açısından Tacikistan 22.93 ile en yüksek değere sahip ülke olarak öne çıkmaktadır. Onu 20.97 ile Özbekistan takip etmektedir. Bu durum, bu ülkelerde küçük ölçekli tarımsal üretimin yaygınlığı, işgücüne dayalı üretim yapısı ve tarımın hâlâ önemli bir ekonomik faaliyet olmasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca tarımın devlet destekli stratejik bir sektör olarak ele alınması bu yüksek verimlilik seviyesinde etkili olmaktadır. Buna karşılık, Azerbaycan 4.61 ile en düşük tarımsal verimliliğe sahip ülke konumundadır. Bu durum, tarım sektörüne yönelik yatırımların yetersizliği, petrol ve gaz gibi doğal kaynaklara dayalı ekonomik yapının ve modern tarım teknolojilerinin sınırlı düzeyde benimsenmesinin, tarımı görece geri planda bırakmasıyla açıklanabilir. Bu veriler, bölge ülkelerinin tarımsal üretkenlik açısından önemli yapısal farklılıklar taşıdığını ve bazı ülkelerde ciddi verimlilik kayıplarının yaşandığını ortaya koymaktadır.

Tarım, ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik arasında karmaşık ilişkiler bulunmaktadır. Karbon emisyonlarının artışıyla birlikte, tarımsal faaliyetlerin çevresel etkileri gelişmekte olan ülkeler için önemli bir sorun hâline gelmiştir. 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, özellikle sürdürülebilir tarım, iklim değişikliğiyle mücadele ve ekonomik kalkınma konularını küresel öncelikler arasına taşımıştır. Bu bağlamda çalışmanın temel amacı, Türk Cumhuriyetlerinde tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisini 1992-2022 dönemi yıllık verileriyle analiz etmektir. Bu çalışma, karbon emisyonu, tarımsal verimlilik ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyerek, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları doğrultusunda iklim dostu politika geliştirme sürecine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın hipotezleri, ekonomik büyüme, tarımsal verimlilik ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki etkileşimlere dayanmaktadır. Bu doğrultuda, araştırmada şu sorulara yanıt aranacaktır:

- H₁: Tarımsal verimlilik ile CO₂ arasında nedensellik ilişkisi var mıdır?
- H₂: Tarımsal verimlilik ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi var mıdır?
- H₃: Ekonomik büyüme ile CO₂ arasında nedensellik ilişkisi var mıdır?

Resmi literatürde Tacikistan, Türk Cumhuriyetleri arasında yer almamakla birlikte, son dönemde gerçekleştirilen birçok çalışmada Tacikistan'ın Türk Cumhuriyetleri kapsamında analize dahil edildiği görülmektedir (Ceylan ve Şahbaz, 2024, Durgun ve Bülbül, 2024, Köstekçi vd., 2023, Konya vd., 2023). Ayrıca Tacikistan'ın Türk Cumhuriyetleri ile değerlendirilmesinin gerekçesi, bölgesel entegrasyon süreçleri, tarihsel ve sosyo-kültürel etkileşimler ile ekonomik iş birliği dinamiklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca Tacikistan, ekonomik kalkınma stratejileri, enerji güvenliği, çevresel sürdürülebilirlik ve bölgesel ulaşım koridorları gibi konularda Türk Cumhuriyetleri ile benzer yapısal özellikler göstermekte ve ortak politikalar geliştirme eğilimindedir. Bu nedenle çalışmada, coğrafi yakınlık, bölgesel bütünlük ve karşılıklı bağımlılık ilişkileri dikkate alınarak Tacikistan da analiz kapsamına dahil edilmiştir.

Bu çalışma, Türk Cumhuriyetlerini kapsayan panel veri seti aracılığıyla karbon emisyonu, tarımsal verimlilik ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyerek literatüre önemli katkılar sunmaktadır. Öncelikle,

1992–2022 dönemine ait uzun dönemli yıllık verilerin kullanılması, bu değişkenler arasındaki ilişkilerin zaman içindeki dinamiklerini analiz etme imkânı sağlamaktadır. İkinci nesil panel veri yöntemlerinin sistematik biçimde uygulanması, bulguların güvenilirliğini artırmakta ve ampirik literatürdeki metodolojik çeşitliliğe katkı sunmaktadır. Ayrıca, bu çalışma, literatürde sıklıkla göz ardı edilen Türk Cumhuriyetleri özelinde gerçekleştirilen nadir araştırmalardan biri olma özelliği taşımaktadır. Bölgeye özgü ekonomik, çevresel ve tarımsal dinamiklerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması, sürdürülebilir kalkınma amaçları bağlamında politika yapıcılara ve uygulayıcılara yol gösterici niteliktedir. Bu doğrultuda çalışma, ekonometrik yöntemler aracılığıyla Türk Cumhuriyetlerinde ekonomik büyüme ve tarımsal verimliliğin karbon emisyonları üzerindeki dinamik etkilerini analiz ederek, literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Çalışma, şu şekilde devam etmektedir: İkinci bölümde konuya ilişkin kapsamlı bir literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise veri seti, model tanımı, yöntem ve bulgular detaylı biçimde sunulmaktadır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilerek genel bir sonuç ve politika önerileri ortaya konulmaktadır.

LİTERATÜR

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda, konunun mevcut literatürdeki konumunun daha net bir şekilde anlaşılabilmesi ve literatürdeki boşlukların belirlenebilmesi için ilgili çalışmalar üç temel başlık altında incelenmiştir. Söz konusu başlıklar, çalışmanın teorik çerçevesini oluşturan değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini çok boyutlu bir şekilde değerlendirme imkânı sunmaktadır. Bu doğrultuda literatür, i) Tarımsal verimlilik ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel etkileşim, ii) Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasındaki nedensel etkileşim ve iii) Tarımsal verimlilik ile karbon emisyonu arasındaki nedensel etkileşim başlıkları altında sistematik bir biçimde ele alınmıştır. Bu üçlü ayırım sayesinde, hem tarımsal üretkenliğin ekonomik büyüme üzerindeki rolü hem de tarımsal faaliyetlerin çevresel etkileri ile ekonomik büyüme arasındaki etkileşimler çok yönlü bir bakış açısıyla değerlendirilebilmiştir. Ayrıca bu yaklaşım, sürdürülebilir kalkınma bağlamında ekonomik ve çevresel hedeflerin bir arada nasıl değerlendirilebileceğine ilişkin literatürdeki metodolojik ve içeriksel boşlukların daha belirgin hale gelmesine olanak sağlamaktadır.

Tarımsal verimlilik ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel etkileşim

Literatürün ilk bölümünde tarımsal verimliliğin ekonomik büyüme üzerinde etkisini nedensellik yönünden analiz eden çalışmalara yer verilmiştir. Yapılan nedensellik analizlerinde, bazı çalışmalarda tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye (Dinç, 2022), bazılarında ise tersi yönde tek yönlü nedensellik tespit edilmiş (Mohammed, 2020); bazı araştırmalarda ise çift yönlü nedensellik ilişkisi belirlenmiştir (Ergül ve Karataş, 2024). Öte yandan, iki değişken arasında herhangi bir nedensellik bulgusuna ulaşamayan çalışmalar da bulunmaktadır (Atchadé ve Nougboché, 2024). Yakın dönemde gerçekleştirilen araştırmaların ortaya çıkardığı çeşitli sonuçlar, literatürde bu ilişkiye dair ortak bir görüş birliğinin oluşmadığını göstermektedir. Söz konusu farklılıkların, incelenen dönem aralıklarının, ülke gruplarının yapısal özelliklerinin, kullanılan metodolojik yaklaşımların ve değişkenlerin tanımlanma biçimlerinin çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır.

Literatürde, tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koyan çeşitli ampirik çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Oyinbo ve Rekwot (2014) tarafından Nijerya ekonomisi için 1970–2011 dönemine yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmada, Granger nedensellik analizi kullanılmış ve tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Diğer çalışmalarda Honrao (2016) Hindistan ekonomisini 1980–2014 dönemi için, Urriola Canchari vd. (2018) ise Peru ekonomisini 2000–2016 dönemi için incelemişlerdir. Her iki çalışmada da Granger nedensellik analizi kullanılmış ve Honrao (2016) tarımsal performanstan ekonomik büyümeye, Urriola Canchari vd. (2018) ise tarımsal ürün ihracatından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Agboola vd. (2022) Nijerya ekonomisini Granger nedensellik analiziyle 1981–2016 dönemi için incelemişler ve tarımın çeşitli alt sektörlerinden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişki tespit etmişlerdir. Dinç (2022) Türkiye’ye ait 1968–2020 yılları arasındaki verileri Toda-Yamamoto nedensellik testiyle analiz etmiş ve tarım sektöründen ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. Raihan (2023), Filipinler’de 1990–2020 dönemini kapsayan çalışmasında, ekonomik büyüme, tarımsal verimlilik ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek amacıyla çift yönlü Granger nedensellik testini kullanmıştır. Analiz sonuçları, tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymuştur.

Ekonomik büyümeden tarımsal verimliliğe doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisini ortaya koyan çalışmalardan biri, Bashir vd. (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Endonezya ekonomisi 1985–2017

dönemi için VECM yöntemiyle analiz edilmiş ve ekonomik büyümeden tarımsal verimliliğe doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise Mohammed (2020) sekiz Arap ülkesine ait verileri 1980-2018 yılları için panel nedensellik analizi test etmiş ve çoğu Arap ülkesinde ekonomik büyümeden tarıma doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu belirtmiştir.

Ekonomik büyüme ile tarımsal verimlilik arasında çift yönlü nedensellik ilişkisini ortaya koyan çalışmalara örnek olarak, Katircioglu (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışma verilebilir. Söz konusu çalışmada, Kuzey Kıbrıs ekonomisi 1975–2002 dönemi verileriyle incelenmiş ve Granger nedensellik analizi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, tarımsal büyüme ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Uddin (2015) Bangladeş’e ait verileri 1980-2013 dönemi için Granger nedensellik analizini kullanarak, Awokuse ve Xie (2015) ise 9 gelişmekte olan ülkeye ait verileri 1980-2011 dönemi için panel nedensellik analizi ile incelemişlerdir. Her iki çalışma da tarım ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisini savunmaktadır. Ali ve Anufriev (2020) Gana’ya ait verileri 1975-2014 yılları için Granger nedensellik analizi ile incelemişler, Ergül ve Karataş (2024) ise 1980-2022 yılları arasındaki verileri Türkiye için Fourier Toda-Yamamoto nedensellik analizi ile test etmişlerdir. Her iki çalışma da değişkenler arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmiştir.

Bütün bu çalışmaların yanı sıra Toyin (2016) Güney Afrika ekonomisini 1975-2012 dönemi için Granger nedensellik analizi aracılığıyla, Aydın vd. (2024) BRICS-T ülkelerine ait verileri 1992-2022 yılları için Dumitrescu Hurlin nedensellik analizi ile Atchadé ve Nougbofé (2024) ise 1961-2021 dönemi verilerini Toda-Yamamoto nedensellik testiyle analiz ederek incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmalarda diğer çalışmaların aksini tarımsal verimlilik ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir.

Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasındaki nedensel etkileşim

Bu bölümde, ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyen çalışmalara yer verilmektedir. İlgili literatür incelendiğinde, söz konusu değişkenler arasında tek yönlü nedensellik tespit eden çalışmaların bulunmasına rağmen (Dilanchiev vd., 2024), bu nedenselliğin yönü konusunda ortak bir görüş birliği oluşmadığı görülmektedir. Ayrıca, değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit eden (Zuhal ve Göcen, 2024) ya da herhangi bir nedensellik bulgusuna ulaşamayan çalışmalar da (Akadiri vd., 2019, Gorus ve Aydın, 2019) mevcuttur. Son dönem literatüründe ulaşılan farklı bulgular, ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasındaki ilişki konusunda literatürde fikir birliğine varılamadığı anlaşılmaktadır. Söz konusu farklılıkların, ülkelerin ekonomik yapılarındaki çeşitlilikten, analiz edilen dönemlerin farklı çevresel ve politik koşulları yansıtmasından, kullanılan metodolojik yaklaşımlardan ve veri frekansından ortaya çıkmaktadır.

Ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisini ortaya koyan çalışmalardan biri, Chang (2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada, Çin ekonomisine ait 1981–2006 dönemi verileri Granger nedensellik analizi ile incelenmiş ve ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Diğer çalışmalarda Altıntaş (2013) Türkiye’ye ait 1970-2008 yılları arasındaki verileri incelemiş, Kiviyro ve Arminen (2014) Sahra Altı Afrika ülkelerinden 6 tanesi için 1971-2009 dönemini incelemişler, Liu vd. (2016) ise Çin’deki 31 eyalete ait verileri 1997-2010 dönemi için incelemişlerdir. Bu üç çalışmada da Granger nedensellik analizi kullanılmış ve ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Aynı sonuca ulaşan diğer çalışmalarda Bayar ve Şaşmaz (2016) Dumitrescu Hurlin nedensellik analizi ile Norveç ekonomisini 1996-2011 dönemi için incelemişler, Shahbaz vd. (2016) Portekiz ekonomisini 1971-2011 dönemi için Granger nedensellik analizi ile incelemişler ve Dilanchiev vd. (2024) Ermenistan, Azerbaycan ve Gürcistan’a ait 1990-2021 dönemi verilerini yine Granger nedensellik analizi ile test etmişler ve ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin var olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde karbon emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişki tespit eden çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Alam vd. (2012) Bangladeş ekonomisini 1972-2006 dönemi için Granger nedensellik analizi ile test etmişler ve karbon emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişki tespit etmişlerdir. Bir diğer çalışmada Kapusuzoğlu (2014) OECD ülkeleri, Avrupa ülkeleri ve Türkiye’ye ait verileri 1960-2008 yılları için Granger nedensellik analizi ve VECM yöntemi ile test etmişler ve Türkiye’de karbon emisyonundan ekonomik büyümeye tek yönlü nedensellik tespit ederken, OECD ve Avrupa ülkelerinde ise herhangi bir nedensellik belirlemleridir. Dritsaki ve Dritsaki (2014) Yunanistan, İspanya ve Portekiz ekonomilerini 1960-2009 dönemi için panel nedensellik analizi ile test etmişler ve karbon emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Esso ve Kehoe (2016) 12 Sahra altı ülkesi için 1971-2010 yıllarına ait verileri Granger nedensellik analizi ile incelemişler ve Gabon, Nijerya ve Togo’da karbon emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi belirlemleridir. 6 ülkede ise bu durumun tersine ekonomik büyümenin vadede karbon

emisyona neden olduğunu tespit etmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise Obradović ve Lojanica (2017) Yunanistan ve Bulgaristan ekonomilerini 1980-2010 dönemi için vektör hata düzeltme modeli aracılığıyla test etmişler ve uzun dönemde karbon emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını bulmuşlardır.

Ekonomik büyümeyle karbon emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulan veya herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edemeyen çalışmalar da mevcuttur. Mirza ve Kanwal (2017) Pakistan'a ait 1971-2009 yılları arasındaki verileri kullanarak ve Zuhail ve Göcen (2024) ABD ekonomisine ait 1973:M01-2022:M06 dönemi verileriyle yaptıkları analizlerde Granger nedensellik analizini kullanmışlar ve değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Bu çalışmaların aksine Akadiri vd. (2019) Irak ekonomisini 1972-2013 dönemi için ve Gorus ve Aydın (2019) ise MENA ülkeleri ne ait verileri 1975-2014 dönemi için incelemişlerdir. Her iki çalışmada da Granger nedensellik analizi kullanılmış ve değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır.

Tarımsal verimlilik ile karbon emisyonu arasındaki nedensel etkileşim

Bu bölümde, tarımsal verimlilik ile karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyen çalışmalara yer verilmektedir. İlgili literatür incelendiğinde, çoğu çalışmada tarım sektöründen karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin tespit edildiği görülmektedir (Çetin vd., 2020). Bununla birlikte, tarımsal verimlilik ile karbon emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulan çalışmaların (Leitão ve Balogh, 2020, Guo vd., 2022) yanı sıra, iki değişken arasında herhangi bir nedensellik ilişkisine ulaşamayan araştırma da bulunmaktadır (Raihan vd., 2023). Özellikle son yıllarda yapılan çalışmaların ortaya koyduğu farklı sonuçlar, tarımsal verimlilik ile karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisine dair literatürde ortak bir görüş birliğinin bulunmadığını göstermektedir. Bulgular arasındaki farklılıkların, ülkelerin tarımsal üretim yapılarındaki çeşitlilikten, uygulanan çevresel politikaların farklılığından, kullanılan yöntemsel yaklaşımlardan ve analiz edilen dönemlerin özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Tarımsal verimlilikten karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koyan çalışmalardan biri, Rafiq vd. (2016) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 1980–2010 dönemine ait 53 ülkenin verileri VECM yöntemiyle analiz edilmiş ve tarım sektörü ile karbon emisyonu arasında tarımsal verimlilikten karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ngarava vd. (2019) Güney Afrika'ya ait 1990-2012 dönemi verilerini Granger nedensellik analizi ile test etmişler, Ben Jebli ve Ben Youssef (2019) ise Brezilya ekonomisini 1980-2013 dönemi için VECM yöntemiyle test etmişlerdir. Qiao vd. (2019) 1990-2014 dönemi verilerini G-20 Ülkeleri için yine VECM yöntemiyle analiz etmişlerdir. Bu çalışmaların yanında Ali vd. (2019) Pakistan ekonomisini 1960-2014 yılları arasındaki verilerle Granger nedensellik analizi kullanarak araştırmışlar, Çetin vd. (2020) ise Türkiye'ye ait 1968-2016 yılları arasındaki verilerle Toda-Yamamoto nedensellik analizi ile inceleme yapmışlardır. Tüm bu çalışmalarda tarım sektöründen karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Raihan (2023) Filipinler'de 1990-2020 döneminde ekonomik büyüme, tarımsal verimlilik ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini tespit etmek için çift yönlü Granger nedensellik testi kullanmıştır. Sonuç olarak, tarımsal verimlilikten karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik belirlenmiştir.

Leitão ve Balogh (2020) Portekiz ekonomisini 1960-2015 dönemi için ve Guo vd. (2022) ise Çin'deki 30 il için 2000-2019 yılları arasındaki verilerle incelemeler yapmışlardır. Her iki çalışmada da Granger nedensellik analizi kullanılmış ve değişkenler arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Tarım sektörü ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisinin çift yönlü olduğunu tespit eden bir diğer çalışma ise Appiah vd. (2018) tarafından 1971-2013 dönemini kapsayan verilerle BRICS ülkeleri (Rusya hariç) için PMG analizi ile yapılan çalışmadır. Buna karşılık, Raihan vd. (2023) tarafından Granger nedensellik analizi kullanılarak gerçekleştirilen ve Mısır ekonomisinin 1990–2019 dönemini kapsayan çalışmada, tarımsal üretkenlik ile karbon emisyonu arasında herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır.

Literatürde belirtilen tüm bu farklılıklardan sonra bu çalışmada, söz konusu literatüre ilave olarak, Türk Cumhuriyetleri örneği ele alınmakta ve 1992-2022 dönemi için tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisi bütüncül bir çerçevede incelenerek literatüre özgün bir katkı sunulması hedeflenmektedir.

VERİ VE EKONOMETRİK MODELLEME

Veri ve model tanımlama

Bu çalışma Türk Cumhuriyetleri ülkelerinde (Azerbaycan, Kazakistan, Kırgızistan, Özbekistan, Tacikistan, Türkiye ve Türkmenistan) tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmaktadır. 1992-2022 dönemi için yıllık verileri kullanılmıştır. Bu dönem aralığının seçilmesinin temel nedeni, ilgili ülkeler için tutarlı ve karşılaştırılabilir verilerin yalnızca bu yıllarda erişilebilir olmasıdır. Çalışmada tarımsal verimlilik ölçütü olarak tarımsal katma değer (% GSYH) kullanılmıştır (Uddin, 2015, Agboola ve Bekun, 2019). Bu ölçüt, ekonomik büyüklükler üzerinden sektörün genel performansını basit ve anlaşılır biçimde ortaya koyması nedeniyle tercih edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenler ile ilgili detaylar Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Değişkenlerin açıklamaları

Table 1. Explanations of variables

Kısaltma	Değişkenler	Değişken Tanımı ve Ölçümü	Kaynak	Veritabanı
Co2	CO ₂ Emisyonu	Kişi başına karbon emisyonu (metrik ton)	(Usman vd., 2022)	Dünya (2025) Bankası
TV	Tarımsal Verimlilik	Tarımsal katma değer (% GSYH)	(Uddin, 2015, Agboola ve Bekun, 2019)	Dünya (2025) Bankası
EB	Ekonomik Büyüme	Kişi başına GSYH (2015 yılı sabit fiyatlarıyla-USD)	(Uddin, 2015, Usman vd., 2022)	Dünya (2025) Bankası

Çalışmada tahmin edilecek olan fonksiyon ve modeller şöyledir;

CO₂ Emisyonu= f(Tarımsal Verimlilik, Ekonomik Büyüme)

$$\text{LogCo2}_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 \text{LogTV}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad 1$$

$$\text{LogTV}_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 \text{LogCo2}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad 2$$

$$\text{LogCo2}_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 \text{LogEB}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad 3$$

$$\text{LogEB}_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 \text{LogCo2}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad 4$$

$$\text{LogTV}_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 \text{LogEB}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad 5$$

$$\text{LogEB}_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 \text{LogTV}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad 6$$

Eşitlikte alt indekslerde gösterilen i ; yatay kesiti gösterirken t ; zamanı göstermektedir. α sabit terimi temsil etmektedir. β terimi değişkenlerin eğim katsayılarını temsilen kullanılmıştır. ε ise hata terimini ifade etmektedir. Kullanılan değişkenlerin tamamının değişkenler arasındaki heterojenliği azaltmak adına doğal logaritmik dönüşümleri kullanılmıştır.

BULGULAR

Ampirik uygulamaya geçilmeden önce ilk olarak değişkenlerin özet istatistiklerine bakılmış ardından belirlenen değişkenlerin ekonometrik analize uygun olup olmadığını araştırmak için korelasyon ilişkisi kontrol edilmiştir. Çizelge 2 özet istatistikler ve korelasyon matrisini göstermektedir.

Çizelge 2. Özet istatistikler ve korelasyon matrisi

Table 2. Summary statistics and correlation matrix

Özet İstatistikler					
Değişkenler	Gözlem	Ortalama	Standart Hata	Min.	Mak.
logCo2	217	0.536	0.443	-0.404	1.212
logTV	217	1.151	0.273	0.632	1.665
LogEB	217	3.403	0.420	2.568	4.147
Korelasyon Matrisi					
Değişkenler	logCo2	logTV	logEB		
logCo2	1				
LogTV	-0.495	1			
logEB	0.748	-0.819	1		

Gözlem sayısının 217 olduğu görülmektedir. Bu sayı panel veri analizi için yeterli düzeydedir. Minimum değer logCo2 değişkenine aittir. Maksimum değer ise logEB değişkenindedir. Korelasyon matrisine bakıldığında ise ekonometrik analize engel teşkil edecek düzeyde bir orana rastlanmamıştır. Tarımsal verimlilik ve ekonomik büyüme

arasında 0.81 oranında ters yönlü bir ilişki gözlenmiştir. Bu durum beklenenin aksinedir. Bu durum belirlenen örneklem grubundaki ülkelerin mevcut tarım politikaları ve kullandıkları tarımsal yöntemlerden kaynaklanıyor olabilir.

Korelasyon ilişkisi araştırıldıktan sonra katsayı tahmini yapılmadan önce gerekli olan tanısal testler incelenmelidir. Bunlardan ilki yatay kesit bağımlılığı (*CD*) testidir. Bu test katsayı tahmininde belirleyici olan bir testtir. Bu testin göz ardı edildiği durumlarda yapılacak olan tahminler hatalı ve sapmalı olabilecektir. Panelde yer alan seriler arasında yatay kesit bağımlılığının bulunması durumu mekânsal yayılma etkilerini, gözlenemeyen ortak şokları veya bu faktörlerin hepsinden kaynaklanabilmektedir (Breitung ve Pesaran, 2008). *CD* testin sonucuna göre kullanılacak birim kök testi, eş bütünleşme testi ve katsayı tahmincisi belirlenmektedir. Çalışmada Breusch ve Pagan (1980) "*CD_{LM}*" testi, Pesaran (2004) "*CD*" ve "*CD_{LM2}*" testleri ile Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen "sapması düzeltilmiş *LM* testi" (*LM_{adj}*) testleri kullanılmıştır. Ancak *LM* testi $N > T$ durumunda kullanılmaktadır. Bu çalışmada $N = 7$, $T = 31$ olduğundan *LM* test istatistiği dikkate alınmıştır. *LM* test istatistiğinin hesaplanmasında kullanılan eşitlik şu şekildedir;

$$LM = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N T_{ij} \hat{p}_{ij}^2 \rightarrow X^2 \frac{N(N-1)}{2} \quad 7$$

Testin boş hipotezi " H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur" şeklindedir. Boş hipotez kabul edildiğinde yatay kesit bağımlılığının varlığı kabul edilir. Bu bulgu doğrultusunda kullanılacak birim kök testi birinci nesil testlerdir. H_0 hipotezinin reddedildiği zaman ise yatay kesit bağımlılığının varlığı kabul edilir ve ikinci nesil birim kök testleri kullanılır (Baltagi ve Baltagi, 2008).

Yatay kesit bağımlılığının ardından önemli olan bir diğer tanısal test ise homojenite testidir. Bu testten elde edilen bulgular neticesinde eğim katsayılarının homojen olup olmadığı belirlenir ve kullanılacak olan katsayı tahminine karar verilir. Eğim katsayılarının heterojenliğini belirlemek için Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen test kullanılmıştır. Bu test, Swamy (1970)'nin geliştirmiş olduğu test istatistiğini dikkate alır. Geliştirilen bu test ise Delta testi olarak bilinir. Bu bağlamda Δ ve Δ_{adj} şeklinde iki test istatistiği hesaplanmaktadır. Bu test istatistikleri ayrıca hem küçük gözlemler hem de büyük sayıdaki gözlemler için hesaplanabilmektedir. Kullanılan eşitlikler şu şekildedir;

$$\Delta = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} \tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad 8$$

$$\Delta_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1} E(\tilde{Z}_{it})}{\sqrt{\text{var} \tilde{Z}_{it}}} \right) \quad 9$$

Testin boş hipotezi 'eğim katsayısı homojendir' şeklindedir. Boş hipotez olasılık değerine göre kabul edildiğinde eğim katsayılarının homojen olduğu, reddedildiğinde ise heterojen olduğu sonucuna ulaşılır. Bu bağlamda Çizelge 3, *CD* ve homojenite test sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 3. *CD* ve homojenite test sonuçları

Table 3. *CD and homogeneity test results*

Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları		
Test	İstatistik	p-değeri
LM	66.70	0.000***
LM _{adj}	20.33	0.000***
LM _{CD}	-0.138	0.889
Homojenite Test Sonuçları		
Test	Delta	p-değeri
Adj.	17.151	0.000***
	18.378	0.000***

Not: Homojenite testinde sabitli seçenek kullanılmıştır. *** %1 önem düzeyindeki anlamlılığı göstermektedir.

Çizelgenin ilk kısmında *CD* test sonuçları yer almaktadır. *LM* test istatistiğinin olasılık değerine göre testin sıfır hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla tahmin edilecek olan modelin yatay kesit bağımlılığı içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Çizelgenin ikinci kısmında yer alan homojenite test istatistiklerine göre sıfır hipotez reddedilmiştir ve eğim katsayılarının heterojen olduğuna karar verilmiştir. Tanısal testlerin ardından değişkenlerin durağanlık derecelerinin belirlenmesi için ikinci nesil birim kök testinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu çalışmada

değişkenlerin durağan olup olmadığını ve durağanlık derecelerini belirlemek için Cross-sectionally Augmented Dickey-Fuller Testi (CADF) kullanılmıştır. Bu test, standart Genişletilmiş Dickey-Fuller testinin regresyonuna yatay kesitlere has seriler için gecikmeli yatay kesit ortalamalarının ve ayrıca birinci farklarının eklenmesiyle birlikte ulaşılmaktadır (Pesaran, 2007). CADF testi, klasik ADF denklemini ortak şoklar ve yatay kesit bağımlılığını dahil ederek genişletmiştir. Bu bağlamda geleneksel ADF testinin regresyonu şu şekildedir;

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad 10$$

CADF regresyonu ise yatay kesit ortalamalarını da kapsayacak şekilde genişletilerek şu şekilde yazılmaktadır;

$$\Delta y_{it} = \mu_i + \omega_i t + \alpha_i y_{i,t-1} + v_i \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=1}^{P_i} \lambda_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{P_i} \bar{\omega}_{ij} \Delta \bar{y}_{t-j} + \varepsilon_{it} \quad 11$$

CADF denkleminin Sabitli Model için denklemi ise şöyledir;

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \gamma_1 \bar{y}_{t-1} + \gamma_2 \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad 12$$

CADF testinin Sabit ve Trendli Model için denklemi şu şekildedir;

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \theta_i t + \beta_i y_{i,t-1} + \gamma_1 \bar{y}_{t-1} + \gamma_2 \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad 13$$

Eşitlikte yer alan $\theta_i t$ terimi deterministik trendi göstermek için kullanılmaktadır. Bu seçenekte serilerin zaman içinde deterministik (doğrusal) bir trend gösterdiği durumlarda tercih edilmektedir.

Çizelge 4 birim kök testi sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 4. İkinci nesil birim kök test sonuçları

Table 4. Second generation unit root test results

Değişkenler	Seviyede				Birinci Fark			
	Sabitli		Sabit+Trend		Sabitli		Sabit+Trend	
	Z[t-bar]	p-değeri	Z[t-bar]	p-değeri	Z[t-bar]	p-değeri	Z[t-bar]	p-değeri
logCo2	-0.216	0.415	1.570	0.942	-5.407	0.000***	-4.513	0.000***
logTV	-2.229	0.013**	-0.580	0.281	-	-	-	-
logEB	-2.334	0.010**	-0.789	0.215	-	-	-	-

Not: Gecikme uzunluğu 1'dir. *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 önem düzeyindeki anlamlılığı temsil etmektedir.

CADF testinin hem sabitli hem de sabitli ve trendli seçenekleri kullanılmıştır. Test istatistiklerine değişkenlerden logCo2'nin I(1) düzeyinde durağan hale geldiği gözlenirken diğer değişkenlerin düzeyde (I(0)) durağan hale geldiği gözlenmiştir. Çizelge 5, değişkenler arasında eş bütünleşmenin varlığını araştıran test istatistiklerini göstermektedir.

Çizelge 5. ECM Eş Bütünleşme sonuçları

Table 5. ECM Cointegration results

Testler	İstatistik	asym	bootstrap
		p-değeri	p-değeri
g-tau	-5.341	0.000	0.005***
g-alpha	-7.710	0.000	0.001***
p-tau	-5.671	0.000	0.003***
p-alpha	-10.994	0.000	0.000

Not: Gecikme uzunluğu 1'dir. Bootstrap 1000 olarak çalıştırılmıştır. ***, %1 önem düzeyini göstermektedir.

Çalışmada tahmin edilen model yatay kesit bağımlılığı içerdiğinden ve eğim katsayıları heterojen olduğundan g-tau ve g-alpha istatistikleri ve bootstrap olasılık değerleri dikkate alınmıştır. Buna göre testin boş hipotezi reddedilmiştir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı kabul edilmiştir. Bu bağlamda yatay kesit bağımlılığının varlığını dikkate alan heterojen eğim katsayılarına göre tahmin yapan ve aynı zamanda farklı

düzeylerde durağanlık derecesine sahip serilerle analiz yapılabilen Konya (2006) nedensellik testinin yapılmasına karar verilmiştir. Bu test klasik Granger nedensellik testinin panel veri setlerine uyarlanabilmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir. Mevcut diğer panel nedensellik testlerinden ise bazı farklılıklar içermektedir. Bunlardan ilki panelde ortak katsayı kısıtlaması bulunmamaktadır. Yani analiz edilen ülkeler-firma-çeşitli birimler için aynı ilişki varsayılmamaktadır. Nedenselliği istatistiğini ise bir “panel genel sonucu” olarak değil, her bir birim (ülke, firma vb.) için ayrı ayrı ortaya hesaplayarak ortaya koymaktadır. Ayrıca bu nedensellik testi yatay kesit bağımlılığını ve eğim katsayılarının heterojen olması durumunu dikkate almaktadır. Konya Nedensellik testi, bootstrap tabanlı bir panel VAR (Vector Autoregression) modelini esas almaktadır. Bu testin uygulanabilmesi için, ilk olarak aşağıdaki yer alan denklemlerle tahmin edilmelidir (Konya, 2006);

$$y_{1,t} = \alpha_{1,1} + \sum_{l=1}^{mly_1} \beta_{1,1l} y_{1,t-l} + \sum_{l=1}^{mlx_1} \gamma_{1,1l} x_{1,t-l} + \varepsilon_{1,1,t} \quad 14$$

$$y_{2,t} = \alpha_{1,2} + \sum_{l=1}^{mly_1} \beta_{1,2l} y_{2,t-l} + \sum_{l=1}^{mlx_1} \gamma_{1,2l} x_{2,t-l} + \varepsilon_{1,2,t} \quad 15$$

$$y_{N,t} = \alpha_{1,N} + \sum_{l=1}^{mly_1} \beta_{1,Nl} y_{N,t-l} + \sum_{l=1}^{mlx_1} \gamma_{1,Nl} x_{N,t-l} + \varepsilon_{1,N,t} \quad 16$$

ve

$$x_{1,t} = \alpha_{2,1} + \sum_{l=1}^{mly_2} \beta_{2,1l} y_{1,t-l} + \sum_{l=1}^{mlx_2} \gamma_{2,1l} x_{1,t-l} + \varepsilon_{2,1,t} \quad 17$$

$$x_{2,t} = \alpha_{2,2} + \sum_{l=1}^{mly_2} \beta_{2,2l} y_{2,t-l} + \sum_{l=1}^{mlx_2} \gamma_{2,2l} x_{2,t-l} + \varepsilon_{2,2,t} \quad 18$$

$$x_{N,t} = \alpha_{2,N} + \sum_{l=1}^{mly_2} \beta_{2,Nl} y_{N,t-l} + \sum_{l=1}^{mlx_2} \gamma_{2,Nl} x_{N,t-l} + \varepsilon_{2,N,t} \quad 19$$

Eşitliklerde yer alan y ve x simgesi değişkenleri temsilen kullanılmıştır. N yatay kesit birimi sayısını ($i = 1, 2, \dots, N$) gösterirken t zaman uzunluğunu ($t = 1, 2, \dots, T$) göstermektedir. l ise gecikme uzunluğunu temsil etmektedir. mly ve mlx ise y ve x değişkenleri için gecikme uzunluklarını gösterir. Nedenselliğin yönü ve ilişkisi ise Wald istatistikleri bootstrap yöntemine göre ulaşılmaktadır. Ayrıca yatay kesit birimine ait kritik değerlerle kıyaslanarak elde edilmektedir. Wald istatistiği bootstrap kritik değerlerinden göre büyük ise, H_0 hipotezi reddedilir ve nedenselliğin varlığı kabul edilir. Çizelge 6, ilk model için tahmin sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6. Bootstrap panel nedensellik sonuçları 1

Table 6. Bootstrap panel causality results 1

H₀: CO₂, tarımsal verimliliğin nedeni değildir.					
Ülkeler	Wald İstatistiği	Bootstrap Olasılık Değeri	Kritik Değer		
			%1	%5	%10
Azerbaycan	4.869	0.497	24.672	15.885	12.997
Kazakistan	3.270*	0.095	10.046	4.511	3.215
Kırgızistan	19.042	0.133	34.338	25.143	21.216
Özbekistan	1.428	0.368	11.692	7.083	5.213
Tacikistan	1.176	0.727	23.136	14.095	10.687
Türkiye	6.295**	0.017	7.831	4.616	3.554
Türkmenistan	9.425*	0.092	17.150	12.117	9.087
Panel Fisher	İstatistik: 25.699 **		Olasılık Değeri: 0.028		

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 kritik seviyelerini temsil etmektedir. Kritik değerlere 10.000 bootstrap döngüsü kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 6, CO₂, tarımsal verimliliğin nedeni değildir hipotezini araştıran test sonuçlarını göstermektedir. Nedensellik testi sonuçlarına göre yatay kesit düzeyinde sadece Kazakistan, Türkiye ve Türkmenistan’da sıfır hipotezi

reddedilmiştir. Dolayısı ilse sadece bu ülkelerde CO₂'den tarımsal verimliliğe doğru bir nedenselliğin varlığı kabul edilmiştir. Panelin tamamı için olasılık değerleri ise yine boş hipotezin reddedilmesi gerektiğini göstermektedir. Buna göre panelin tamamı için CO₂'den tarımsal verimliliğe doğru bir nedensellik tespit edilmiştir.

Çizelge 7. Bootstrap panel nedensellik sonuçları 2

Table 7. Bootstrap panel causality results 2

Ülkeler	Wald İstatistiği	Bootstrap Olasılık Değeri	Kritik Değer		
			%1	%5	%10
Azerbaycan	4.635	0.800	29.345	22.562	18.541
Kazakistan	7.453**	0.022	10.270	5.195	3.862
Kırgızistan	1.006	0.996	45.499	32.802	2.099
Özbekistan	0.879	0.728	16.698	11.440	8.998
Tacikistan	5.064	0.136	15.098	8.219	5.799
Türkiye	0.375	0.719	10.841	6.013	4.392
Türkmenistan	5.112	0.533	28.325	18.745	14.735
Panel Fisher	İstatistik: 14.631	Olasılık Değeri: 0.404			

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 kritik seviyelerini temsil etmektedir. Kritik değerlere 10.000 bootstrap döngüsü kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelgedeki istatistiklere bakıldığında panel düzeyinde olasılık değerinin anlamlı olmadığı görülmektedir. Dolayısı ile panel düzeyinde tarımsal verimlilikten CO₂'ye doğru bir nedensellik ilişkisi gözlenmemiştir. Yatay kesit düzeyinde değerlendirildiğinde ise yalnızca Kazakistan'da sıfır hipotezi reddedilmiş diğer ülkelerde ise kabul edilmiştir. Bu bağlamda Kazakistan'da tarımsal verimlilikten CO₂'ye doğru nedensellik tespit edilmiştir.

Çizelge 8. Bootstrap panel nedensellik sonuçları 3

Table 8. Bootstrap panel causality results 3

Ülkeler	Wald İstatistiği	Bootstrap Olasılık Değeri	Kritik Değer		
			%1	%5	%10
Azerbaycan	7.695	0.151	19.809	12.539	9.255
Kazakistan	7.789***	0.006	7.066	4.276	2.718
Kırgızistan	17.708*	0.067	27.987	19.147	15.665
Özbekistan	5.215*	0.055	9.404	5.440	3.672
Tacikistan	3.364	0.611	23.833	15.441	12.221
Türkiye	4.349*	0.092	8.499	5.368	4.217
Türkmenistan	11.506**	0.037	16.125	10.604	8.320
Panel Fisher	İstatistik: 37.571***	Olasılık Değeri: 0.001			

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 kritik seviyelerini temsil etmektedir. Kritik değerlere 10.000 bootstrap döngüsü kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 8, CO₂, ekonomik büyümenin nedeni değildir hipotezini araştıran test istatistiklerini göstermektedir. Panel düzeyinde sıfır hipotezi reddedilmiştir ve CO₂'den ekonomik büyümeye doğru nedensellik bulunmuştur. Yatay kesit düzeyinde ise Kazakistan, Kırgızistan, Özbekistan, Türkiye ve Türkmenistan'da sıfır hipotezi reddedilmiştir. Buna göre bu ülkelerde CO₂'den ekonomik büyümeye doğru nedensellik tespit edilmiştir.

Çizelge 9. Bootstrap panel nedensellik sonuçları 4

Table 9. Bootstrap panel causality results 4

Ülkeler	Wald İstatistiği	Bootstrap Olasılık Değeri	Kritik Değer		
			%1	%5	%10
Azerbaycan	3.338	0.265	15.516	9.252	6.736
Kazakistan	8.497**	0.044	12.825	8.124	6.184
Kırgızistan	11.302**	0.021	12.765	7.768	5.149
Özbekistan	2.218	0.640	20.777	13.296	10.004
Tacikistan	2.645	0.703	24.345	16.857	14.018
Türkiye	6.592**	0.046	11.647	5.902	3.655
Türkmenistan	2.508	0.389	15.781	11.049	8.090
Panel Fisher	İstatistik: 26.274**	Olasılık Değeri: 0.024			

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 kritik seviyelerini temsil etmektedir. Kritik değerlere 10.000 bootstrap döngüsü kullanılarak elde edilmiştir.

Dördüncü model için Çizelge 9'da yer alan istatistikler değerlendirildiğinde panel sonuçları boş hipotezi reddetmekte ve ekonomik büyümeden CO₂'ye nedenselliğin varlığını ortaya koymuştur. Bu sonuca göre ekonomik büyüme ve CO₂ arasında panel düzeyinde çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Yatay kesit düzeyinde ise Kazakistan, Kırgızistan ve Türkiye'de boş hipotez reddedilmiştir. Bu ülkelerde ekonomik büyümeden CO₂'ye doğru nedenselliğin

varlığı belirlenmiştir. Bu sonuca göre ise yatay kesit düzeyinde bu ülkelerde ekonomik büyüme ve CO₂ arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Çizelge 10. Bootstrap panel nedensellik sonuçları 5

Table 10. Bootstrap panel causality results 5

H₀: Ekonomik büyüme tarımsal verimliliğin nedeni değildir.					
Ülkeler	Wald İstatistiği	Bootstrap Olasılık Değeri	Kritik Değer		
			%1	%5	%10
Azerbaycan	5.447	0.348	24.555	15.921	11.160
Kazakistan	1.136	0.981	43.488	30.508	24.187
Kırgızistan	10.222	0.381	35.450	25.322	20.423
Özbekistan	0.718	0.942	28.834	17.717	13.472
Tacikistan	2.707	0.261	24.345	16.857	14.018
Türkiye	28.825**	0.010	27.670	19.991	16.679
Türkmenistan	4.557	0.347	17.394	12.363	9.383
Panel Fisher	İstatistik: 18.213	Olasılık Değeri: 0.197			

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 kritik seviyelerini temsil etmektedir. Kritik değerlere 10.000 bootstrap döngüsü kullanılarak elde edilmiştir.

İstatistiklerden ilk olarak panel düzeyi değerlendirildiğinde sıfır hipotezi kabul edilmiştir ve ekonomik büyümeden tarımsal verimliliğe doğru herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Yatay kesit düzeyinde ise yalnızca Türkiye’de olasılık değeri %5 önem düzeyinde anlamlıdır ve sıfır hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla sadece Türkiye’de ekonomik büyümeden tarımsal verimliliğe doğru bir nedensellik bulunmuştur.

Çizelge 11. Bootstrap panel nedensellik sonuçları 6

Table 11. Bootstrap panel causality results 6

H₀: Tarımsal verimlilik ekonomik büyümenin nedeni değildir.					
Ülkeler	Wald İstatistiği	Bootstrap Olasılık Değeri	Kritik Değer		
			%1	%5	%10
Azerbaycan	3.462	0.800	31.588	22.048	17.102
Kazakistan	5.399	0.240	20.092	11.729	8.856
Kırgızistan	18.528	0.134	35.202	23.924	20.012
Özbekistan	6.660	0.125	15.239	9.485	7.231
Tacikistan	4.994*	0.074	9.385	6.069	4.247
Türkiye	0.173	0.939	16.696	11.227	8.810
Türkmenistan	15.108*	0.083	25.856	17.361	14.223
Panel Fisher	İstatistik: 21.790*	Olasılık Değeri: 0.083			

Not: ***, **, * %1, %5 ve %10 kritik seviyelerini temsil etmektedir. Kritik değerlere 10.000 bootstrap döngüsü kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 11, son modelin istatistiklerini göstermektedir. Panel istatistiklerine göre boş hipotez reddedilmiş ve tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye doğru nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Yatay kesit düzeyinde ise Tacikistan ve Türkmenistan’da sıfır hipotez reddedilmiştir. Bu bağlamda sadece bu ülkelerde tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye bir nedensellik tespit edilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, Türk Cumhuriyetlerinde (Azerbaycan, Kazakistan, Kırgızistan, Özbekistan, Tacikistan, Türkiye ve Türkmenistan) tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini incelenmiştir. Analiz 1992-2022 dönemi yıllık verilerine dayanmaktadır. Analizde ilk olarak *CD* ve homojenite testleri kullanılmış ve ardından ikinci nesil birim kök testinin kullanılmasına karar verilmiştir. *CADF* testi değişkenlerin durağanlık derecelerini araştırmak için kullanılmıştır. Ardından eş bütünleşme testi yapılmıştır. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Kónya (2006) nedensellik testi ile araştırılmıştır. Bu testin avantajlarından biri ise yatay kesit düzeyinde sonuçlar üretmesidir. Bu bağlamda elde edilen bulgular hem panel hem de yatay kesit düzeyinde farklılık göstermektedir. Çalışmada belirlenen hipotezler doğrultusunda yapılan analizler, tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkilerine ışık tutmuştur. Bulgular, H_1 , H_2 ve H_3 araştırma sorularının her birine ilişkin olarak ilişkilerin yönü ve varlığı hakkında bilgi sağlamaktadır.

Elde edilen bulgulara göre Kazakistan, Türkiye ve Türkmenistan’da CO₂’den tarımsal verimliliğe doğru nedensellik bulunmuştur. Buna göre panelin tamamı için CO₂’den tarımsal verimliliğe doğru bir nedensellik tespit edilmiştir. Panel düzeyinde tarımsal verimlilikten CO₂’ye doğru bir nedensellik ilişkisi gözlenmemiştir. Yatay kesit düzeyinde ise yalnızca Kazakistan’da tarımsal verimlilikten CO₂’ye doğru nedensellik tespit edilmiştir. Elde edilen

bulgular, Ngarava vd. (2019), Ben Jebli ve Ben Youssef (2019), Ali vd. (2019) ve Çetin vd. (2020) tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarıyla benzerdir.

Panel düzeyinde CO₂'den ekonomik büyümeye doğru nedensellik bulunmuştur. Yatay kesit düzeyinde ise Özbekistan ve Türkmenistan'da CO₂'den ekonomik büyümeye doğru nedensellik tespit edilmiştir. Bu bulgular, Alam vd. (2012), Dritsaki ve Dritsaki (2014) ve Obradović ve Lojanica (2017) tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarıyla benzerdir. Dördüncü model için panel sonucu ekonomik büyümeden CO₂'ye nedenselliğin varlığını ortaya koymuştur. Yatay kesit düzeyinde ise Kazakistan, Kırgızistan ve Türkiye'de ekonomik büyüme ve CO₂ arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, Mirza ve Kanwal (2017) ve Zuhail ve Göcen (2024) tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur.

Beşinci modelde panel düzeyinde ekonomik büyümeden tarımsal verimliliğe doğru herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Yatay kesit düzeyinde ise yalnızca Türkiye'de ekonomik büyümeden tarımsal verimliliğe doğru bir nedensellik bulunmuştur. Elde edilen bulgular, Bashir vd. (2019) tarafından yapılan çalışmayla uyumludur. Son modelde ise panel istatistiklerine göre tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye doğru nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Yatay kesit düzeyinde ise Tacikistan ve Türkmenistan'da tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye bir nedensellik tespit edilmiştir. Bu bulgular, Oyinbo ve Rekwot (2014), Honrao (2016), Urriola Canchari vd. (2018), Agboola vd. (2022) ve Dinç (2022) tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarıyla benzerdir.

Bu çalışmada elde edilen bulguların literatürdeki birçok önceki çalışma ile benzerlik göstermesi, analiz edilen ilişkilerin genel geçer nitelikte olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak mevcut literatür büyük ölçüde belirli ülke örneklerine veya sınırlı bölgesel analizlere odaklanmışken, bu çalışma Türk Cumhuriyetleri bağlamında tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini 1992-2022 dönemi için bütüncül bir şekilde ele alması bakımından literatüre özgün bir katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda çalışmanın önemi, yalnızca mevcut bulguları teyit etmesinde değil, aynı zamanda geçiş ekonomilerinin karakteristik yapıları çerçevesinde söz konusu ilişkilerin nasıl şekillendiğine dair yeni bir perspektif sunmasında yatmaktadır. Böylece, hem literatürdeki fikir ayrılıklarının değerlendirilmesine katkı sağlanmakta hem de Türk Cumhuriyetleri özelinde geleceğe yönelik sürdürülebilir kalkınma politikaları açısından yol gösterici sonuçlar ortaya konulmaktadır.

Nedensellik testi bulguları doğrultusunda Kazakistan, Türkiye ve Türkmenistan'da CO₂ emisyonlarından tarımsal verimliliğe doğru nedensellik ilişkisi bulunması, bu ülkelerde sanayi ve enerji kullanımına bağlı tarım teknolojilerinin artışı gösterebilir. CO₂ emisyonlarının artışında, tarım sektöründe fosil yakıtla çalışan makinelerin, kimyasal gübre kullanımının ve enerji yoğun sulama sistemlerinin yaygınlaşmasının etkili olduğu görülmektedir. Bu bağlamda tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kullanımının artırılması (güneş panelleri, biyogaz sistemleri vb.) yerinde bir uygulama olacaktır. Ayrıca karbon yoğun girdiler yerine organik tarım ve hassas tarım uygulamaları teşvik edilmelidir böylece karbon salınımı azaltılabilecektir. Panel düzeyinde ve birçok ülkede CO₂'den ekonomik büyümeye doğru nedensellik bulunması, bu ülkelerin ekonomik büyüme süreçlerinin yüksek karbon emisyonlu sektörlerle dayalı olduğunu göstermektedir. Kazakistan, Kırgızistan, Özbekistan, Türkiye ve Türkmenistan gibi ülkelerde sanayi, enerji ve tarım sektörlerinin fosil yakıtlara olan yüksek bağımlılığı, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir risk faktörü oluşturmaktadır. Bu doğrultuda ekonomik büyümenin karbon emisyonlarına bağımlılığını azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırım yapılmalıdır. Geleneksel üretim yöntemlerinden yeşil büyüme stratejilerine geçiş süreci desteklenmelidir. Aynı zamanda yeşil teknoloji yatırımları ise sanayide karbon yakalama ve depolama teknolojileri yaygınlaştırılarak büyümeden kaynaklı karbon salınımı en aza indirilmelidir. Ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasındaki çift yönlü nedensellik; ekonomik büyümenin artışı daha fazla enerji talebine yol açarken, bu talep büyük ölçüde karbon yoğun kaynaklardan karşılandığı şeklinde yorumlanabilir. Aynı zamanda CO₂ emisyonlarının artışı, enerjiye dayalı büyümeyi tetikleyerek sanayileşme ve altyapı yatırımlarını hızlandırabilir. Dolayısıyla ekonomik büyümenin çevresel etkilerini en aza indirecek politikalar desteklenmeli ve teşviklerle bu süreç hızlandırılmalıdır. Kazakistan, Kırgızistan ve Türkiye gibi ülkelerde düşük karbonlu sanayileşme politikaları benimsenmelidir. Böylece ülkeler çevre dostu büyüme stratejilerini benimseyerek çevresel kalitelerini artırabilirler. Panel düzeyinde elde edilen bulgular, tarımsal verimlilikten ekonomik büyümeye doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisinin bulunduğunu göstermekte; bu da tarımın söz konusu ülkelerde ekonomik kalkınmanın temel dinamiklerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Tacikistan ve Türkmenistan gibi ülkelerde tarımsal verimlilikteki artışlar, tarım sektörünün istihdam ve ihracat katkısıyla büyümeye destek sağladığını işaret edebilir. Düşük karbonlu yatırımlara yönelik vergi indirimleri ve finansman desteği sağlanmalı ve ayrıca tarımda teknoloji kullanımı artırılmalıdır. Ayrıca tarımda endüstriyel üretim verimliliği artırırken çevre dostu olmasına özen gösterilmelidir. Karbonsuz büyüme stratejilerini teşvik eden uluslararası fonlar ve yeşil tahvillerden yararlanılmalıdır.

Türk Cumhuriyetleri, ekonomik büyüme süreçlerinde tarımsal üretimin önemli bir rol oynadığı, ancak sanayi ve enerji sektörlerinin de giderek daha fazla ön plana çıktığı bir ekonomik yapıya sahiptir. Bu ülkelerde tarımsal verimlilik, ekonomik büyümenin temel dinamiklerinden biri olarak öne çıkarken, enerjiye dayalı büyüme modelleri nedeniyle karbon emisyonları da artmaktadır. Çalışmanın bulguları, CO₂ emisyonları ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik olduğunu ve tarımsal verimliliğin bazı ülkelerde ekonomik büyümeye katkı sağladığını göstermektedir. Bu sonuçlar, Türk Cumhuriyetlerinin sürdürülebilir büyüme için düşük karbonlu enerji kaynaklarına yönelmesi ve tarımda yenilikçi uygulamaları benimsemesi gerektiğini desteklemektedir.

Gelecek çalışmalarda, Türk Cumhuriyetleri örneğinin ötesine geçilerek diğer geçiş ve gelişmekte olan ülkelerde benzer analizlerin yapılması, tarımsal verimlilik, ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasındaki nedensellik ilişkilerinin bölgesel farklılıklarını daha iyi anlamamıza katkı sağlayacaktır. Ayrıca, daha yüksek frekanslı veriler, alternatif nedensellik testleri veya panel veri yöntemleri kullanılarak analizlerin tekrarlanması, bulguların sağlamlığını ve genellenebilirliğini artırabilir. Bu tür çalışmalar, politika yapımcılar için hem ekonomik büyüme hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından yol gösterici bilgiler sunabilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını ve intihal yapmadıklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Agboola, M. O. and Bekun, F. V. (2019), "Does agricultural value added induce environmental degradation? Empirical evidence from an agrarian country", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 26 No. 27, pp. 27660-27676.
- Agboola, M. O., Bekun, F. V., Osundina, O. A. and Kirikkaleli, D. (2022), "Revisiting the economic growth and agriculture nexus in Nigeria: evidence from asymmetric cointegration and frequency domain causality approaches", *Journal of Public Affairs*, Vol. 22 No. 1, p. e2271.
- Akadiri, S. S., Bekun, F. V., Taheri, E. and Akadiri, A. C. (2019), "Carbon emissions, energy consumption and economic growth: a causality evidence", *International Journal of Energy Technology and Policy*, Vol. 15 No. 2-3, pp. 320-336.
- Alam, M. J., Begum, I. A., Buysse, J. and Van Huylenbroeck, G. (2012), "Energy consumption, carbon emissions and economic growth nexus in Bangladesh: Cointegration and dynamic causality analysis", *Energy policy*, Vol. 45, pp. 217-225.
- Alhassan, H. (2021), "The effect of agricultural total factor productivity on environmental degradation in sub-Saharan Africa", *Scientific African*, Vol. 12, p. e00740.
- Ali, E. B. and Anufriev, V. P. (2020), "The causal relationship between agricultural production, economic growth, and energy consumption in Ghana", *R-Economy. 2020. Vol. 6. Iss. 4*, Vol. 6 No. 4, pp. 231-241.
- Ali, S., Gucheng, L., Ying, L., Ishaq, M. and Shah, T. (2019), "The relationship between carbon dioxide emissions, economic growth and agricultural production in Pakistan: an autoregressive distributed lag analysis", *Energies*, Vol. 12 No. 24, p. 4644.
- Altıntaş, H. (2013), "Türkiye’de birincil enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi: eşbütünleşme ve nedensellik analizi", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Vol. 8 No. 1, pp. 263-294.
- Appiah, K., Du, J. and Poku, J. (2018), "Causal relationship between agricultural production and carbon dioxide emissions in selected emerging economies", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 25, pp. 24764-24777.
- Atchadé, M. N. and Nougboché, H. (2024), "Statistical investigation on the relationship between climate change, food availability, agricultural productivity, and economic expansion", *Heliyon*, Vol. 10 No. 12.
- Awokuse, T. O. and Xie, R. (2015), "Does agriculture really matter for economic growth in developing countries?", *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, Vol. 63 No. 1, pp. 77-99.
- Aydın, F. F., Eştürk, Ö. and Levent, C. (2024), "Tarımsal Verimliliğin Ekonomik Büyüme ve Kentleşme Üzerindeki Etkisi: BRICS-T Ülkeleri Örneği", *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, Vol. 10 No. 1, pp. 1-12.
- Baltagi, B. H. and Baltagi, B. H. (2008), *Econometric analysis of panel data*, Springer.
- Bashir, A., Suhel, A., Azwardi, A., Atiyatna, D. P., Hamidi, I. and Adnan, N. (2019), "The causality between agriculture, industry, and economic growth: Evidence from Indonesia", *Etikonomi*, Vol. 18 No. 2, pp. 155-168.
- Bayar, Y. and Şaşmaz, M. Ü. (2016), "Karbon vergisi, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisi: Danimarka, Finlandiya, Hollanda, İsveç ve Norveç örneği", *International Journal of Applied Economic and Finance Studies*, Vol. 1 No. 1, pp. 32-41.
- Ben Jebli, M. and Ben Youssef, S. (2019), "Combustible renewables and waste consumption, agriculture, CO₂ emissions and economic growth in Brazil", *Carbon Management*, Vol. 10 No. 3, pp. 309-321.
- Birleşmiş Milletler. (2025). *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları*. [Erişim Tarihi: 01.05.2025] <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
- Breitung, J. and Pesaran, M. H. (2008), "Unit roots and cointegration in panels", *The econometrics of panel data: Fundamentals and recent developments in theory and practice*, Springer, pp. 279-322.
- 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*, Vol. 47 No. 1, pp. 239-253.

- Ceylan, A. and Şahbaz, A. (2024), "Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinde Dış Ticaret, Ekonomik Büyüme ve Yoksulluk İlişkisi", *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, Vol. 23 No. 2, pp. 667-683.
- Chandio, A. A., Akram, W., Ozturk, I., Ahmad, M. and Ahmad, F. (2021), "Towards long-term sustainable environment: does agriculture and renewable energy consumption matter?", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 28 No. 38, pp. 53141-53160.
- Chang, C.-C. (2010), "A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China", *Applied Energy*, Vol. 87 No. 11, pp. 3533-3537.
- Çetin, M., Saygın, S. and Demir, H. (2020), "Tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisi: Türkiye ekonomisi için bir eşbütünleşme ve nedensellik analizi", *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, Vol. 17 No. 3, pp. 329-345.
- Dağ, K. and Aktaş, E. (2024). "İklim değişikliğinin Türkiye tarımına etkileri.", *Tarım Ekonomisi Dergisi*, Vol. 30 No. 2, pp. 173-181.
- Dilanchiev, A., Umair, M. and Haroon, M. (2024), "How causality impacts the renewable energy, carbon emissions, and economic growth nexus in the South Caucasus Countries?", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 31 No. 22, pp. 33069-33085.
- Dinç, Ö. G. (2022), "Türkiye’de tarım, sanayi ve hizmet sektörleri ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Bootstrap Toda-Yamamoto nedensellik testi", *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, Vol. 5 No. 2, pp. 226-233.
- Dritsaki, C. and Dritsaki, M. (2014), "Causal relationship between energy consumption, economic growth and CO2 emissions: A dynamic panel data approach", *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol. 4 No. 2, pp. 125-136.
- Durgun, A. and Bülbül, Ş. (2024), "Enerji ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi: Türk Cumhuriyetleri üzerine panel analiz", *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*, Vol. 13 No. 38, pp. 465-481.
- Dünya Bankası. (2025). *Dünya Kalkınma Göstergeleri*. [Erişim Tarihi: 01.02.2025]
<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Ergül, M. and Karataş, A. R. (2024), "The Relationship between Agricultural Production, Agricultural Exports and Economic Growth in Türkiye: Cointegration and Causality Analysis", *Yönetim Bilimleri Dergisi*, Vol. 22 No. 54, pp. 2144-2168.
- Esso, L. J. and Kehoe, Y. (2016), "Energy consumption, economic growth and carbon emissions: Cointegration and causality evidence from selected African countries", *Energy*, Vol. 114, pp. 492-497.
- FAOSTAT. (2025). *Food and Agriculture Organization Statistical Database*. [Erişim Tarihi: 10.06.2025]
<https://www.fao.org/faostat/en>
- Gorus, M. S. and Aydin, M. (2019), "The relationship between energy consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: Causality analysis in the frequency domain", *Energy*, Vol. 168, pp. 815-822.
- Guo, L., Song, Y., Zhao, S., Tang, M., Guo, Y., Su, M. and Li, H. (2022), "Dynamic linkage between aging, mechanizations and carbon emissions from agricultural production", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 19 No. 10, p. 6191.
- Honrao, P. M. (2016), "A causal analysis of agricultural performance and economic growth in India", *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, Vol. 6 No. 4, pp. 27-37.
- Hu, F., Gan, Y., Cui, H., Zhao, C., Feng, F., Yin, W. and Chai, Q. (2016), "Intercropping maize and wheat with conservation agriculture principles improves water harvesting and reduces carbon emissions in dry areas", *European Journal of Agronomy*, Vol. 74, pp. 9-17.
- Kapusuzoğlu, A. (2014), "Causality Relationships between Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Results from a Multi-Country Study", *International Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8 No. 2.
- Katircioglu, S. T. (2006), "Causality between agriculture and economic growth in a small nation under political isolation: A case from North Cyprus", *International Journal of Social Economics*, Vol. 33 No. 4, pp. 331-343.
- Kiviyro, P. and Arminen, H. (2014), "Carbon dioxide emissions, energy consumption, economic growth, and foreign direct investment: Causality analysis for Sub-Saharan Africa", *Energy*, Vol. 74, pp. 595-606.
- Konya, L. (2006), "Exports and growth: Granger causality analysis on OECD countries with a panel data approach", *Economic modelling*, Vol. 23 No. 6, pp. 978-992.
- Konya, S., Küçüksucu, M. and Kabaloğlu, G. (2023), "Türk Cumhuriyetlerinde Okun Yasası'nın Sınanması: 1991-2019 Dönemine Ait Ampirik Bir Analiz", *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, Vol. 18 No. 3.
- Köstekçi, A., Yıldız, A., Gülcü, Y. and Çakır, M. A. (2023), "İyi yönetişimin seçilmiş sosyal ve ekonomik göstergeler üzerindeki etkileri: Orta Asya Türk cumhuriyetleri ve Türkiye örneği", *EKEV Akademi Dergisi*, No. Özel Sayı, pp. 77-100.
- Leitão, N. C. and Balogh, J. M. (2020), "The impact of energy consumption and agricultural production on carbon dioxide emissions in Portugal", *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, Vol. 12 No. 1, pp. 49-59.
- Liu, Y., Yan, B. and Zhou, Y. (2016), "Urbanization, economic growth, and carbon dioxide emissions in China: A panel cointegration and causality analysis", *Journal of Geographical Sciences*, Vol. 26, pp. 131-152.
- Mirza, F. M. and Kanwal, A. (2017), "Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 72, pp. 1233-1240.
- Mohammed, R. (2020), "The causality between agriculture and economic growth in the Arab world", *Eurasian Journal of Economics and Finance*, Vol. 8 No. 2, pp. 54-67.
- Mwangi, M. and Kariuki, S. (2015), "Factors determining adoption of new agricultural technology by smallholder farmers in developing countries", *Journal of Economics and sustainable development*, Vol. 6 No. 5.
- Ngarava, S., Zhou, L., Ayuk, J. and Tatsvarei, S. (2019), "Achieving food security in a climate change environment: considerations for environmental Kuznets curve use in the South African agricultural sector", *Climate*, Vol. 7 No. 9, p. 108.
- Obradović, S. and Lojanica, N. (2017), "Energy use, CO2 emissions and economic growth—causality on a sample of SEE countries", *Economic research-Ekonomska istraživanja*, Vol. 30 No. 1, pp. 511-526.

- Oğul, B. (2022). "İklim değişikliği tarım sektörünü nasıl etkiliyor? Türkiye Ekonomisi üzerine ekonometrik bir uygulama.", *Tarım Ekonomisi Dergisi*, Vol. 28 No. 2, pp. 151-162.
- Oyinbo, O. and Rekwot, G. Z. (2014), "The relationships of inflationary trend, agricultural productivity and economic growth in Nigeria", *CBN Journal of Applied Statistics*, Vol. 5 No. 1, pp. 35-47.
- Pesaran, M. H. (2004), "General diagnostic tests for cross section dependence in panels. Cambridge Working Papers", *Economics*, Vol. 1240 No. 1, p. 1.
- Pesaran, M. H. (2007), "A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence", *Journal of applied econometrics*, Vol. 22 No. 2, pp. 265-312.
- Pesaran, M. H., Ullah, A. and Yamagata, T. (2008), "A bias-adjusted LM test of error cross-section independence", *The econometrics journal*, Vol. 11 No. 1, pp. 105-127.
- Pesaran, M. H. and Yamagata, T. (2008), "Testing slope homogeneity in large panels", *Journal of econometrics*, Vol. 142 No. 1, pp. 50-93.
- Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H. and Dong, K. (2019), "The greenhouse effect of the agriculture-economic growth-renewable energy nexus: evidence from G20 countries", *Science of the Total Environment*, Vol. 671, pp. 722-731.
- Rafiq, S., Salim, R. and Apergis, N. (2016), "Agriculture, trade openness and emissions: an empirical analysis and policy options", *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 60 No. 3, pp. 348-365.
- Raihan, A. (2023). "The dynamic nexus between economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, tourism, agricultural productivity, forest area, and carbon dioxide emissions in the Philippines.", *Energy Nexus*, Vol. 9, p. 100180.
- Raihan, A., Ibrahim, S. and Muhtasim, D. A. (2023), "Dynamic impacts of economic growth, energy use, tourism, and agricultural productivity on carbon dioxide emissions in Egypt", *World development sustainability*, Vol. 2, p. 100059.
- Raihan, A. and Said, M. N. M. (2022), "Cost-benefit analysis of climate change mitigation measures in the forestry sector of Peninsular Malaysia", *Earth Systems and Environment*, Vol. 6 No. 2, pp. 405-419.
- Raihan, A. and Tuspekova, A. (2022), "Dynamic impacts of economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, tourism, agriculture, and forests on carbon emissions in Turkey", *Carbon Research*, Vol. 1 No. 1, p. 20.
- Rehman, A., Alam, M. M., Alvarado, R., Işık, C., Ahmad, F., Cismas, L. M. and Pupazan, M. C. M. (2022). "Carbonization and agricultural productivity in Bhutan: Investigating the impact of crops production, fertilizer usage, and employment on CO2 emissions.", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 375, p. 134178.
- Shahbaz, M., Jam, F. A., Bibi, S. and Loganathan, N. (2016), "Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy intensity and economic growth in Portugal: evidence from cointegration and causality analysis", *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 22 No. 1, pp. 47-74.
- Sirag, A., Matemilola, B. T., Law, S. H. and Bany-Arifin, A. (2018), "Does environmental Kuznets curve hypothesis exist? Evidence from dynamic panel threshold", *Journal of environmental economics and policy*, Vol. 7 No. 2, pp. 145-165.
- Swamy, P. A. (1970), "Efficient inference in a random coefficient regression model", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp. 311-323.
- Şengül, S. (2025). "Uncovering time-varying drivers of agricultural output in Türkiye: A panel ARDL and Kalman Filter Analysis.", *Tarım Ekonomisi Dergisi*, Vol. 31 No. 1, pp. 119-132.
- Toyin, M. E. (2016), "Causality relationship between agricultural exports and economic growth: Evidence from South Africa", *Journal of Social Sciences*, Vol. 48 No. 1-2, pp. 129-136.
- Uddin, M. M. (2015), "Causal relationship between agriculture, industry and services sector for GDP growth in Bangladesh: An econometric investigation", *Journal of Poverty, Investment Development*, Vol. 8.
- Urriola Canchari, N. N., Aquino Rodriguez, C. A. and Baral, P. (2018), "The impact of traditional and non-traditional agricultural exports on the economic growth of Peru: a short-and long-run analysis", *Studies in Agricultural Economics*, Vol. 120 No. 3, pp. 157-165.
- Usman, M., Anwar, S., Yaseen, M. R., Makhdum, M. S. A., Kousar, R. and Jahanger, A. (2022), "Unveiling the dynamic relationship between agriculture value addition, energy utilization, tourism and environmental degradation in South Asia", *Journal of Public Affairs*, Vol. 22 No. 4, p. e2712.
- Özbay, Ü. (2023), "Türkiye'de Sanayileşme, CO2 Emisyonu, Ekonomik Büyüme ve Tarımsal Üretim İlişkisi: Ampirik Bir Uygulama.", *Tarım Ekonomisi Dergisi*, Vol. 29 No. 2, pp. 79-91.
- Yang, X., Liu, Y., Bezama, A. and Thrän, D. (2024), "Agricultural carbon emission efficiency and agricultural practices: Implications for balancing carbon emissions reduction and agricultural productivity increment", *Environmental Development*, Vol. 50, p. 101004.
- Zhang, K., Dong, J., Huang, L. and Xie, H. (2019), "China's carbon dioxide emissions: An interprovincial comparative analysis of foreign capital and domestic capital", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 237, p. 117753.
- Zuhal, M. and Göcen, S. (2024), "The relationship between CO2 emissions, renewable energy and economic growth in the US: evidence from symmetric and asymmetric spectral granger causality analysis", *Environment, Development and Sustainability*, pp. 1-22.