

Sera Gazı Emisyonunun Tarımda İşgücü Verimliliğine Etkisi: Avrupa Birliği Ülkeleri Bağlamında Bir Analiz

Ömer Can ÇEVİK*

Fatma YEŞİLKAYA**

Nursel KARAMAN***

Geliş Tarihi (Received) 31.01.2023– Kabul Tarihi (Accepted): 30.03.2023

DOI: 10.26745/ahbvuibfd.1245238

Öz

İklim değişikliğinin dünyada çeşitli alanlarda yarattığı sorunlar ve bu sorunlara yönelik çözüm önerileri son yıllarda bilimsel çalışmalarda önemle üzerinde durulan konulardan biri haline gelmiştir. Bu doğrultuda çalışmada, iklim değişikliğinin önemli göstergelerinden biri olan sera gazı emisyonunun tarımda işgücü verimliliğine etkisi Avrupa Birliği'nin 1996-2019 verilerinden hareketle zaman serisi analizi yöntemi ile incelenmiştir. Yapılan analizlerle tarımda işgücü verimliliği ile sera gazı emisyonunun uzun dönemli ilişki içerisinde olduğu ve değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Analiz kapsamında ayrıca gerçekleştirilen etki-tepki analizi ile sera gazı emisyonundan kaynaklanan bir etkiye tarımda işgücü verimliliğinin gösterdiği tepkinin zaman içerisinde azalan oranda değiştiği fakat analizin gerçekleştirildiği süreç içerisinde sifıra yakınsamadığı, tarımda işgücü verimliliğinde yaşanan bir etkinin ise sera gazı emisyonunda negatif bir tepki yarattığı ve yine bu tepkinin analizin gerçekleştirildiği 24 yıllık süreç içerisinde devamlılık taşıdığı gözlenmiştir. Son olarak gerçekleştirilen varyans ayrıştırması sonucunda değişkenlerde ortaya çıkan değişimlerin diğer değişkenden kaynaklanan kısmının zaman içerisinde bir artış gösterdiği fakat değişimlerin büyük ölçüde değişkenlerin kendilerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, hava kirliliği, sera gazı emisyonu, işgücü verimliliği, zaman serisi analizi

The Effect Of Greenhouse Gas Emissions On Labor Efficiency In Agriculture: An Analysis In The Context Of The European Union Countries

Abstract

In recent years, the academic community has placed a lot of emphasis on the difficulties brought on by climate change in numerous sectors around the world and the solutions that have been proposed. In this direction, time series analysis based on the 1996–2019 data of the European Union was used to analyze the impact of greenhouse gas emissions, one of the key markers of climate change, on labor productivity in agriculture. The analyses conducted revealed that agricultural labor productivity and greenhouse gas emissions are cointegrated, that is, have a long-term relationship, and that there is a bidirectional causality relationship between the variables. With the impact-response analysis carried out within the scope of the analysis, it was observed that the response of labor productivity in agriculture to an impact caused by greenhouse gas emissions changed in a decreasing rate over time, but did not converge to zero during the analysis process. Furthermore, it was discovered that an effect on agricultural labor productivity caused a negative reaction in greenhouse gas emissions, and this reaction did not converge to zero over the 24-year period studied, indicating that it was continuous. Finally, as a result of the variance decomposition, it was determined that the part of the changes in the variables caused by the other variable increased over time, but the changes were mostly caused by them.

Key Words: Climate change, air pollution, greenhouse gas emissions, labor productivity, time series analysis

* Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, o.cevik@hbv.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5033-5018

** Arş. Gör. Dr., Mersin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, fatmayesilkaya58@gmail.com, ORCID: [0000-0002-1766-3535](https://orcid.org/0000-0002-1766-3535)

*** Arş. Gör. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, n.karaman@hbv.edu.tr, ORCID: [0000-0002-7162-8327](https://orcid.org/0000-0002-7162-8327)

Giriş

Son yıllarda yaşanan küresel iklim değişikliğinin iktisadi, sosyal ve siyasal alanların tümü üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Gıda, tarım, enerji vb. insanlık için hayati öneme sahip konuların iklim ve iklim değişikliğine bağlı olarak geçirdiği değişimler her alandan araştırmacıların ilgisini çekmekte ve bu alanda yapılan araştırmalar gittikçe artmaktadır.

Günümüzde dünya çapında iklim değişikliği en önemli kalkınma sorunlarından biri haline gelmiştir. İnsanların sosyo-ekonomik faaliyetleri iklim değişikliğine yol açarken, iklim değişikliği ise sosyo-ekonomik faaliyetleri etkilemektedir. Dolayısıyla, sosyo-ekonomik sistemler ve iklim sistemleri arasında karşılıklı ve önemli etkileşimler bulunmaktadır (Matsumoto, 2019: 528).

Son yıllarda sosyo-ekonomik literatürde “iklim değişikliği ekonomisi” olarak adlandırılan görece yeni bir araştırma alanının ortaya çıktığı ve bu alanda, hava koşullarındaki düzensiz değişikliklerin -sıcaklıklardaki kalıcı artışlar ve/veya yağış düzenlerindeki değişiklikler gibi- tarımsal üretim, ekonomik büyüme ile işgücü verimliliği vb. ekonomik faaliyetler üzerindeki etkilerinin araştırıldığı görülmektedir (Doğanlar ve diğerleri, 2020: 73). Araştırmacılar, verimlilikteki uluslararası farklılıkları araştıran sosyo-ekonomik büyüme ve kalkınma çalışmalarına önceki yıllardan farklı olarak “iklim” değişkenini de eklemeye başlamışlardır (Nordhaus, 2006: 3511).

İklim değişikliğinin ekonomik etkileri; tarımsal üretkenlikteki değişiklikleri, doğal afet sıklığındaki artışları, bulaşıcı hastalıkların yaygınlaşmasını, ekosistem faydalarındaki azalmaları ve işgücü verimliliğindeki düşüşleri içeren geniş kapsamlı etkiler şeklinde sıralanabilmektedir (Matsumoto ve diğerleri, 2021: 1-2). Ampirik kanıtlar, iklimdeki değişikliklerin zamanla ülkeler arasında ekonomik büyümeyi etkilediğini ve özellikle tarımsal üretimdeki büyümenin, sıcaklık ve yağış değişkenliğinden önemli ölçüde ve doğrusal olmayan bir şekilde etkilendiğini göstermektedir (Shayegh ve diğerleri, 2020: 725). Dolayısıyla iklim değişikliği, günümüzde sadece bir çevre sorunu olmanın ötesinde, doğrudan insan yaşamının sürdürülebilirliğini ve refahını ilgilendiren bir konudur. Gelecek nesillerin yaşam standartlarının sağlanabilmesi için iklim değişikliğinin olası etkilerine karşı gerekli önlemlerin alınması kaçınılmaz hale gelmiştir. İklim değişikliğine yönelik uyum ve azaltım politikalarının, özellikle gelişmekte olan ülkeler için potansiyel yıkıcı etkileri uzun vadede bir ölçüde engelleyebileceği öngörülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin önemli bir belirleyicisi kabul edilen sera gazı emisyonunda meydana gelen değişikliklerin tarım sektöründe işgücü verimliliği ile ilişkisini inceleyebilmektir. Avrupa Birliği ile sınırlandırılan çalışmada, tarım sektöründe işgücü verimliliği bağımlı değişken, sera gazı emisyonu ise açıklayıcı değişken olarak belirlenmiş ve değişkenlere ilişkin 1996-2019 yılları verilerinden hareketle zaman serisi analizi gerçekleştirilmiştir.

1. Teorik Arka Plan

Hava kalitesi, iklim politikası ile sosyal politikanın birçok yönden birbiriyle ilişkili bir örneğini oluşturmaktadır (Sanders, 2020). Hava kirliliği ve iklim değişikliği karmaşık ilişkilere sahiptir. Karşılıklı bir etkileşim içinde, çeşitli hava kirleticileri küresel ısınmayı artırırken, küresel ısınma da çeşitli kirleticilerin oluşumuna yol açmaktadır (Schulte ve diğerleri, 2016: 849).

Küresel ısınma olarak ifade edilen dünya yüzeyinde sıcaklığın artması, atmosfere insanlar tarafından yayılımı gerçekleştirilen gazların sera etkisi yaratması sonucu gerçekleşmektedir. Sera gazları, güneş ve yer radyasyonunu tutma görevi üstlenerek atmosferin ısı dengesini sağlamakta; bu yönüyle de iklim sistemi içerisinde oldukça önemli bir yere sahip olmaktadır (Bekiroğlu, 2011). Sera gazı emisyonları, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) "21. yüzyılda küresel sağlığa yönelik en büyük tehdit" olarak tanımladığı antropojenik iklim değişikliğini tetiklemektedir (Patel ve diğerleri, 2021: 1).

Hava kalitesi üzerinde etkili olan emisyonlar; "ozon, karbonmonoksit, nitrojen oksitler, sülfür dioksit, parçacıklar, uçucu organik bileşikler ve diğer gazlar" gibi birçok farklı kaynaktan oluşmaktadır. Emisyonlar "doğal ya da yapay süreçlerin yan ürünleri olarak havaya yayılan gazlar ve parçacıklar" olarak tanımlanmaktadır. Bu yan ürünler bir yandan sera gazı üretirken diğer yandan da düşük kapalı ve açık alan hava kalitesine yol açmaktadır (Stringer, 2009: 52-53).

Fosil yakıtların sanayi sektöründe yoğun kullanımı, enerji üretimi, tarım ve ulaşım gibi faaliyetler atmosferdeki sera gazı düzeyini tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaştırmıştır. Sera gazı emisyonlarının seviyesi ve konsantrasyonu, iklim değişikliğine neden olarak ekonomiyi doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Bazı araştırmalar, ekonomik

faaliyetlerin emisyonlar üzerindeki etkilerini araştırmış olsa da tersi yönde incelemelerin halen eksik olduğu belirtilmektedir (Eshete ve diğerleri, 2020: 688).

Sera gazındaki artış, doğrudan sıcaklığı tetiklemektedir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) 6. Değerlendirme Raporu'na göre, sanayi devriminden bugüne, dünya sıcaklığı ortalama 1,1 °C artmıştır. Ülkemizce de onaylanarak yürürlüğe giren Paris İklim Anlaşması'nın uzun dönem hedefinin de bu sıcaklık artışını 2 °C nin altında tutmak ve mümkünse 1,5 °C ile sınırlamak olduğu beyan edilmiştir (İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu, 2021: 11-12). Ancak ortalama küresel sıcaklıklar artmaya devam etmekte ve sera gazı emisyonlarını sınırlamaya yönelik eylemlere bağılı olarak 2100 yılına kadar 1.8–4.0 °C (tahmini ortalama 3.0 °C) daha artacağı tahmin edilmektedir. Yerel iklim değişikliğinin boyutunun, coğrafi ve yerel meteorolojik koşullara bağılı olarak değişmesi beklenmektedir (Kjellstrom ve diğerleri, 2009a: 1).

Küresel iklim değişikliği halihazırda dünyanın birçok yerinde ortalama sıcaklığı ve doğrudan ısıya maruz kalmayı arttırmaktadır. Son 20 yılda Avrupa, birçok ölüme neden olan birkaç güçlü ve uzun sıcak hava dalgası yaşamıştır. 2018 yılında Avrupa'da yaşanan sıcak hava dalgaları birçok ülkede tarihi rekorlar kırmıştır. En büyük Avrupa şehirlerinde, ısı kaynaklı ölümlerin, küresel ortalama sıcaklıktaki 1,5 °C lik artışa kıyasla 2 °C'de %15-22 daha yüksek olabileceği tahmin edilmektedir (Sillmann ve diğerleri, 2019: 192).

İklim değişikliği küresel bir olgu olmasına rağmen, etkileri daha çok yerel düzlemde ortaya çıkmaktadır ve büyük ölçüde yerel, fiziksel ve sosyo-kültürel bağlamlardan etkilenmektedir (Dasgupta ve diğerleri, 2021: 455). Bununla birlikte, iklim değişikliğinin farklı ülkeler ve bölgeler üzerinde farklı etkileri olduğu kabul edilse de teoride genel etkisi hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için kısa ve uzun vadede olumsuz olarak kabul edilmektedir (Doğanlar ve diğerleri, 2020: 73). Yapılan çalışmalardan birinde New York eyaletindeki düşük hava kalitesinin azınlık popülasyonlarını orantısız bir şekilde etkilediği kanıtlanmıştır. Diğer yandan ekonomik araştırmalar, hava kalitesi ile düşük oranlarda suç, daha iyi finanse edilen okullar ve daha yüksek mülk değerleri gibi sosyal faydalar arasındaki nedensel bağlantıları göstermektedir. Araştırma ayrıca hava kalitesi ile yaşam beklentisi, eğitim sonuçları ve işçi verimliliğindeki artışlar arasındaki bağlantıları da ortaya koymaktadır (Sanders, 2020).

İklim değişikliğinin işgücü piyasası açısından değerlendirilmesi yapıldığında, küresel iklim değişikliğinin ortalama sıcaklığı arttırmasıyla, günlük en yüksek sıcaklık ve bağıl nem dağılımının değişeceği; böylece ısı dönemlerinin daha sık ve aşırı hale gelmesiyle ortaya çıkması beklenen daha yüksek sayıda “çok sıcak” günlerin, muhtemelen işlerin ve diğer günlük faaliyetlerin yavaşlamasına doğrudan bir etkisi olacağı düşünölmektedir. Bu durum ister kendiliğinden ortaya çıksın (çıktıyı azaltır), isterse işçi sağlığı ve güvenliği yönetimi müdahaleleri ile gerçekleşsin (maliyetleri arttırır); sonuç, daha düşük işgücü verimliliği olacaktır (Kjellstrom ve diğerleri, 2009b: 217).

İşgücü verimliliğinin azalması, iklim değişikliğinin sosyo-ekonomik sistem üzerindeki etkileri arasında önemli bir konudur. Sıcak havanın neden olduğu ısı stresi, ekonomik faaliyetleri etkilemekte ve üretim kaybı yoluyla ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Matsumoto, 2019: 529). Bunun sonucu, ısıya maruz kalan işlerde çalışma kapasitesinin azalması ve ölkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmada daha fazla zorluk yaşamalarıdır (Kjellstrom ve diğerleri, 2009a: 1). Hem işgücü arzının hem de üretkenliğin, dünyanın birçok yerinde ve özellikle tropik bölgelerde gelecekteki iklim değişikliği altında azalacağı tahmin edilmektedir. Sahra altı Afrika, Güney Asya ve Güneydoğu Asya'nın bazı kısımları, gelecekteki ısınma senaryoları altında en yüksek risk altında olan bölgeler olarak tahmin edilmektedir (Dasgupta ve diğerleri, 2021: 455).

İklim değişikliği, birçok sektörü etkilemekle birlikte, tarım bunlar içerisinde en savunmasız sektörlerden biridir. Ürün verimliliği, ürün deseni, azalan su kaynakları, artan sıcaklık ve gıda güvenliği gibi faktörler tarım sektörünü iklim değişikliğinden en çok etkilenen ve aynı zamanda bu değişikliğe neden olan sektörlerden biri haline getirmektedir (Dasgupta ve diğerleri, 2021: 455). Çünkü hava; tarımsal üretimde hayvan fizyolojisi, bitki gelişimi, fotosentez ve solunum, su mevcudiyeti ve hastalık ile zararlıların yaygınlığı gibi temel biyofiziksel faktörleri etkileyen doğrudan bir girdidir. Özellikle, mahsul verimi, °C (yerel) ısınma başına -%5'lik temsili bir tepki ile sıcaklığa oldukça duyarlıdır, ortalama mahsul verimi ise -çok yüksek seviyeler hariç- yağışa ve artan atmosferik CO₂'ye olumlu tepki vermektedir (Dietz ve Lanz, 2018: 1). Isınma, -tarım gibi özellikle iklime yüksek oranda maruz kalan çalışma koşullarında- emeğe ayrılan zamanı belirli eşiklerin ötesinde değiştirerek işgücü arzını da çalışma saatlerinde değişikliğe yol açma yoluyla doğrudan etkilemektedir. İklim değişikliği ayrıca, şiddetli ısı stresi altındaki işçiler yavaşladığında ve yeniden su içmek ve vücut ısılarını düşürmek için daha fazla mola verdiğinde, çalışma saatlerinde (iş verimliliği) performansın

azalmasına yol açmaktadır. Ek olarak, aşırı vücut sıcaklığı ve dehidrasyon, yapılan hataların sayısını artırarak kaza sonucu yaralanmaların artmasına neden olabilmektedir (Dasgupta ve diğerleri, 2021: 455).

Sıcak bir çalışma ortamında, tarımsal üretimde olduğu gibi fiziksel aktivite yüksek olduğunda, vücut sıcaklığında meydana gelen artış sonucu, fiziksel çalışma kapasitesinde azalma, zihinsel görev yeteneğinde azalma, kaza riskinde artış, ısı bitkinliği ve sıcak çarpması riskleri ortaya çıkmaktadır (Kjellstrom ve diğerleri, 2009a: 2). Açık ve kapalı sıcak ortamlarda ağır işlerde çalışan ve parça başı ücret alan (çoğu geçici veya göçmen tarım işçisi gibi) bazı işçiler ile sağlık ve ekonomik koşulları kötü, pazarlık olanakları çok az veya hiç olmayan işçiler, olumsuz etkilere karşı özellikle savunmasız kalmaktadırlar. Sıcak ortamlarda açık havada çalışmak solunum hızını arttırdığından, bu işçiler hava kirliliğinden genel nüfusun diğer üyelerine göre daha fazla etkilenebilmektedirler. Bu işçiler, gelirlerini olumsuz etkiliyorsa, dinlenmeyi ve su molalarını reddetmeyi dahi seçebilmektedirler (Schulte ve diğerleri, 2016: 848-850).

İklim değişikliği ve bu değişikliğin refah maliyetine ilişkin gerçekleştirilen ekonomik değerlendirmelerde, tarımın merkezi bir odak noktası olması, beklenen bir durum olarak görülmektedir. Yine de mevcut literatürün, iklim etkilerinin tarım üzerindeki refah maliyetine dar bir bakış açısı getirdiği iddia edilmektedir. İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkileri, iklim değişikliğinin yokluğunda 2100 yılına kadar 11 milyardan fazla büyüyeceği tahmin edilen insan nüfusunun genişlemesi üzerinde potansiyel bir kısıtlama oluşturmaktadır (Dietz ve Lanz, 2018: 1). Tarımda gelecekteki üretkenlik artışı, artan gıda, lif ve biyoenerji taleplerini karşılamak ve sera gazı (GHG) azaltımı da dahil olmak üzere küresel çevresel hedeflere katkıda bulunmak için olmazsa olmaz bir unsur olarak görülmektedir (Baker, 2012: 435).

Öte yandan literatürde, iklim değişikliğinin makro ekonomik etkilerini “yoksul” ve “zengin” ülkeler temelinde açıklayan sınırlı ancak giderek artan sayıda çalışma bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar, tarımsal üretimin hâkim olduğu ve alternatif gelir kaynaklarının fazla olmadığı ülkelerde, iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışlarının, çıktı ve üretkenlik seviyeleri üzerinde ciddi etkilerinin olmasını ve bu durumun, bu ülkelerin refah seviyelerine ciddi ölçüde zarar vermesini beklemektedirler. Diğer bazı araştırmacılar ise, iklim değişikliğinin sermaye yoğun üretimin hâkim olduğu ve alternatif gelir fırsatlarına sahip zengin ülkeler üzerinde dolaylı etkileri olacağını; bu ülkelerde iklim değişikliğinin üretimi doğrudan etkileyerek değil, yoksul ülkelere ithal edilen mal miktarının azalması ve bu malların

fiyatlarındaki artış nedeniyle refah düzeylerinin düşmesine neden olacağını savunmaktadırlar. Ancak her zaman “yoksul” ve “zengin” ülke ayrımını yapmak için hangi kriterlerin kullanıldığı net olmamakla birlikte; zaman zaman bu ayrım, orta gelirli ülkelerin ihmal edilmesine yol açabilmektedir (Doğanlar, 2020: 73). Bu bakımdan Avrupa Birliği ülkeleri kapsamında gerçekleştirdiğimiz analizin literatüre bu anlamda da bir katkı sağlaması beklenmektedir.

Toplum, iklim değişikliğini deneyimledikçe, tepki verdikçe ve etkilerini önlemeye çalıştıkça endüstriyel geçişlerin gerçekleşmesi öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji üretimi ve düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanımı dahil olmak üzere “yeşil” endüstrilerin önemli bir büyüme göstermesi beklenmektedir. Tarım ve balıkçılık gibi diğer geleneksel endüstrilerde ise iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin potansiyel olarak işgücünün daralmasına veya iş uygulamalarının değiştirilmesine yol açması beklenmektedir (Schulte ve diğerleri, 2016: 852).

İklim değişikliğinin neden olduğu işgücü verimliliği değişiklikleri ile baş etmek için çalışma sürelerini ayarlamanın ve çalışma alanlarını soğutmanın potansiyel olarak etkili önlemler olabileceği ileri sürülmektedir. Çalışma sürelerinin, gün ışığından yararlanma vakitlerinin ayarlanarak daha erken veya geç saatlere çekilmesi, gelişmiş ekipmanlar ile işyeri soğutmalarına başvurulması, iç mekân ve dış mekân ısı streslerinin azaltılmasına yönelik başvurulan yöntemlerdendir. Ancak artan enerji talebi gibi ek maliyetlerin ortaya çıkması, iklim değişikliklerini azaltma ve uyum maliyetlerinin aynı anda düşünülmesini gerektirmektedir (Matsumoto, 2019: 540). Bu nedenle günümüzde tarım sektöründe, değişen iklim şartlarına uyum sağlanmasına ve tarımsal faaliyetlerin neden olduğu karbon salınımının azaltılmasına yönelik yeni tarımsal yaklaşımlardan faydalanılmaktadır (İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu, 2021: 17).

Yapılan öngörüler neticesinde dünya üzerinde her ülke ve topluluğun iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarıyla bir ölçüde karşılaşması muhtemel görünmektedir. Ancak bu sonuçların etkilerini ortadan kaldırmaya ve yavaşlatmaya yönelik politikaların bu ülkelerin kendi sosyo-ekonomik koşulları, kültürleri, iklim değişikliğinden etkilenme düzeylerinden bağımsız olamayacağı açıktır. Dolayısıyla en doğru ve yerinde politikaların seçilmesi, ülkelere özgü senaryoların spesifik şekilde değerlendirilmesinden ve iklim değişikliğinin etkilerini öngören bilimsel çalışmaların artırılmasından geçmektedir.

2. Literatür Taraması

İklim değişikliğinin sosyo-ekonomik etkilerini inceleyen çalışmaların büyük ölçüde artan hava sıcaklıklarının ve olası iklim senaryolarının, işgücü verimliliğinde ve ülkelerin toplam ekonomik çıktılarında yarattığı/yaratacağı değişimler üzerine odaklandığı görülmektedir. Bu kapsamda çalışmamıza teorik olarak katkı sağlayan ve destekleyen ulusal ve uluslararası bazı araştırma bulgularına bu bölümde kronolojik olarak yer verilmektedir.

Nordhaus (2006), G-Econ veri tabanını ve mekansal analizi kullanarak küresel ölçekte coğrafi faktörlerin (özellikle Afrika ve diğer altı bölge için) makroekonomik faaliyetler üzerindeki etkisini araştırmış ve üç ana sonuca ulaşmıştır: (i) sıcaklık ve alan başına çıktı arasında güçlü bir pozitif ilişki varken, sıcaklık ve kişi başına çıktı arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır; (ii) coğrafi faktörler, Afrika ile yüksek gelirli ülkeler arasındaki gelir eşitsizliğinin başlıca kaynağıdır; ve (iii) önceki çalışmalarda elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında, sera gazı emisyonları ekonomik faaliyetlere çok daha fazla zarar vermektedir.

Kjellstrom ve diğerleri (2009b), gelecekte artan ortam sıcaklıkları ve/veya nem nedeniyle iklim değişikliğinin işgücü verimliliğini ne ölçüde etkileyebileceğini, iklim senaryoları üzerinden tahmin ettikleri çalışmalarında, iklim değişikliklerine uyum sağlanamadığı takdirde, 2080 yılında Orta Amerika'da azalan işgücü verimliliğinin yarattığı ekonomik kayıpların GSIYH'nin % 20'sine tekabül edeceğini saptamışlardır.

Kjellstrom (2016), Güneydoğu Asya'da yıllık çalışma saatlerinin yaklaşık %15-20'sinin ısıya maruz kalan işlerde kaybedilebileceğini ve bunun küresel iklim değişikliği nedeniyle 2050 yılına kadar iki katına çıkabileceği sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca çalışmada, 2030 yılında ülke düzeyinde iklim değişikliği nedeniyle azalan işgücü verimliliğinin yıllık maliyetinin, orta büyüklükteki ülkeler için milyarlarca ABD dolarına tekabül eden gayri safi yurtiçi hasılanın yüzde birkaçı olması öngörülmektedir.

Gosling ve diğerleri (2018), yapmış oldukları çalışmada, iklim değişikliğinin azaltılması ve uyum söz konusu olmadan, günlük ortalama dış mekân işgücü verimliliğinin yüzyılın sonuna kadar birkaç Güney Avrupa ülkesinde (Bulgaristan, Yunanistan, İtalya, Makedonya, Portekiz, İspanya ve Türkiye) günümüz seviyelerine göre yaklaşık %10-15 düşebileceği sonucuna varmışlardır. Çalışmaya göre, Kuzey Avrupa'daki ülkeler de (Danimarka, Estonya, Finlandiya,

Norveç ve İsveç) günlük ortalama dış mekân işgücü verimliliğinde düşüşler görebilirler; ancak Güney ülkelerine göre bu düşüşler daha düşük düzeyde (yaklaşık %2-4) kalacaktır.

Sillmann ve diğerleri (2019), meteorolojik, epidemiyolojik ve ekonomik analizleri birleştiren disiplinler arası bir yaklaşım kullanarak, Ağustos 2003, Temmuz 2010 ve Temmuz 2015'teki sıcak hava dalgalarının, Avrupa'da açık havada çalışan üretkenliğinde ısı kaynaklı azalmaların maliyetini değerlendirmişlerdir. Çalışma, emek yoğun ve açık hava etkinlikleri gerektiren iki sektör olduğu için tarım ve inşaat sektörüne odaklanmıştır. Buna göre, en çok etkilenen ilk on Avrupa ülkesi için, tarımdaki ortalama doğrudan ekonomik kayıpların işçi başına 59-90 \$ ve inşaat sektörü için işçi başına 41-72 \$ olduğu ortaya çıkmıştır. Doğrudan ekonomik kayıplar özellikle Kıbrıs, İtalya ve İspanya gibi ülkelerde yüksektir. Tarım ve inşaat işçi verimliliğinde ısı kaynaklı azalmaların sosyal maliyetleri, kişi başına ortalama 2-3 \$ olarak tahmin edilmiştir.

Shayegh ve diğerleri (2020), kademeli iklim değişikliği ile Güney Afrika'nın kırsal bölgelerinde düşük vasıflı işgücünün mevcudiyeti arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, ulusal olarak temsili bir mikro anket verileri panelini kullanarak, artan sıcaklıkların işgücü mevcudiyeti üzerindeki marjinal etkilerini üretmeye çalışmışlardır. Bulgular, genel olarak, düşük vasıflı işgücünün iklim değişikliğine ve yükselen sıcaklıklara yüksek oranda maruz kalmasının, düşük vasıflı işgücü arzını ve bunun da yüksek vasıflı ve düşük vasıflı işgücü arasındaki ücret farkını azaltacağına işaret etmektedir. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin ekonomi üzerindeki genel etkisi incelenen dönemde olumsuz olmaya devam etmiş ve yetişkin başına çıktı açısından refahın, iklim değişikliğinin olmadığı temel duruma kıyasla %20 oranında düştüğü bulgusuna ulaşılmıştır.

Doğanlar ve diğerleri (2020), iklim değişikliğinin toplam çıktı üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, 1990-2016 yıllarını kapsayan süreçte orta gelirli ülkeler için hem sıcaklık hem de yağış değişkenlerinin toplam çıktı üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisini bulmuşlardır. Yazarlara göre bu durum, büyük ölçüde sanayileşme sürecini tamamlamamış ve alternatif üretim olanaklarına sahip olmayan orta gelirli ülkelerin tarımsal üretime bağımlılığının bir sonucudur. Yüksek gelirli ülkeler için, sıcaklığın toplam çıktı üzerinde olumlu ancak ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu bulunurken, yağışın önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Matsumoto, Tachiiri ve Su (2021), çeşitli iklim değişikliği senaryoları altında, ısı stresi nedeniyle işgücü verimliliğindeki değişikliklerin sosyo-ekonomik etkilerini değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmalarında, iklim değişikliği ilerledikçe (özellikle sıcak ve nemli bölgelerde) işgücü verimliliğinin düştüğünü ve toplam GSYİH’de kademeli bir düşüşe neden olduğunu göstermişlerdir.

Czyzewski ve Michalowska (2022), panel veri modelini kullanarak Visegrad grubu ülkelerinde sera gazı emisyon miktarı, tarımdan elde edilen katma değer ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. 2008-2019 yılları arasında Orta Avrupa’nın dört ülkesinin (Çekya, Macaristan, Polonya ve Slovakya) ele alındığı çalışmada, tarımda sera gazı emisyonlarının eko-verimliliğinin üretilen brüt katma değere göre analizi ile bu değerde en az kirliliğe sahip ülkenin Macaristan olduğu ve onu Slovakya’nın izlediği gösterilmektedir. Çekya üçüncü, Polonya ise sonuncu sırada yer almaktadır.

3. Metodoloji

Sera gazı emisyonu ile tarım sektöründe işgücü verimliliği arasındaki ilişkinin incelenmesinin amaçlandığı çalışmada, Avrupa Birliği (AB)’ne ilişkin 1996-2019 yıllarına ait verilerden yararlanılarak eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Değişkenlere ilişkin verilerden tarım sektöründe işgücü verimliliği verilerine OECD; sera gazı emisyonu verilerine ise Eurostat veri tabanı üzerinden ulaşılmıştır. Değişkenler ve hesaplama şekilleri Tablo 1’de, değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistik değerleri ise Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 1: Değişkenler ve Hesaplama Biçimleri

IGV (Tarımda İşgücü Verimliliği)	Çalışılan saat başına brüt katma değer
SGE (Sera gazı Emisyonu)	Uluslararası havacılığın çevresel etkilerini de kapsayan sera gazı emisyonu oranı

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

	IGV	SGE
Ortalama	3.666667	85.42083
Medyan	3.650000	89.00000
Maksimum	17.90000	93.30000
Minimum	-6.100000	74.10000
Std. Sapma	4.628989	6.627871
Çarpıklık	0.836657	-0.341289
Basıklık	5.522035	1.456990
Jarque-Bera	9.160636	2.846793
Olasılık Değeri	0.010252	0.240894

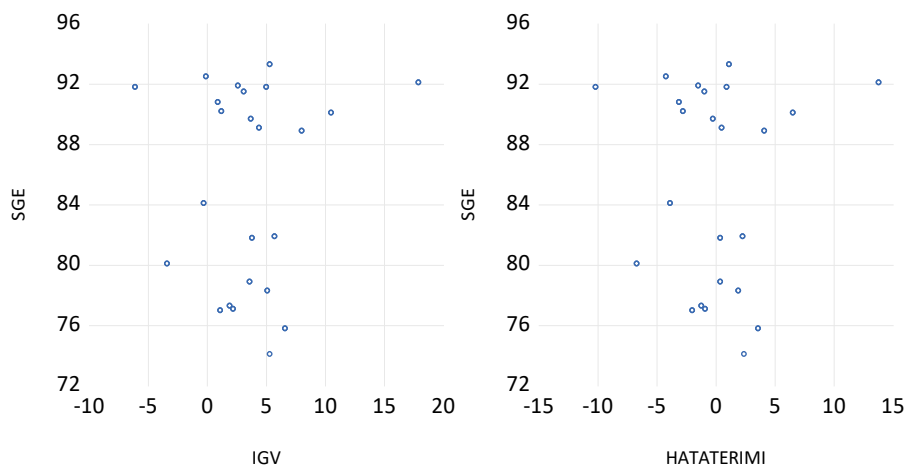
Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistik değerlerinin yer aldığı tablo incelendiğinde; IGV ve SGE'ye ait ortalama değerlerin 3.66 ve 85.42; maksimum değerlerin IGV'de 17.90, SGE'de 93.30; minimum değerlerin ise sırasıyla -6.10 ile 74.10 olduğu görülmektedir. Sonuçlar normal dağılım çerçevesinde değerlendirildiğinde IGV değişkeninin normal dağılım varsayımına uymadığı SGE değişkeninin ise normal dağıldığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda test edilmesi gereken diğer bir varsayım olan içsellik sınavında en az bir değişkenin normal dağılım varsayımına uymadığı durumda kullanılan Spearman korelasyon testi kullanılmıştır. İçsellik test sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3: İçsellik Test Sonuçları

<i>Korelasyon</i>
<i>t-istatistik</i>
<i>Olasılık</i>

	HATA TERİMİ	SGE
HATA TERİMİ	1.000000 ----- -----	
SGE	-0.143944 -0.682264 0.5022	1.000000 ----- -----

Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenin gecikmeli değeri olan hata terimi ile arasında korelasyon olması, yani yakın ilişki içerisinde olması durumu olarak da ifade edilebilen içsellik probleminin varlığının tahminleme aşamasına geçilmeden önce tespit edilmesi gerekmektedir. Modelde içsellik sorunu bulunması halinde tahminlemenin bu durumu dikkate alarak gerçekleştirilmesi elde edilen sonuçların tutarlılığı üzerinde etkili olabilmektedir. Bu bilgilerden hareketle yukarıdaki tablo incelendiğinde modelde içsellik sorunu bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 1: Serpilme Diyagramları

Şekil 1’de yer alan serpilme diyagramları incelendiğinde, IGV ile SGE değişkenleri arasında dağınık bir ilişki görünümünden bahsedebilmek mümkündür. Bunun yanında bağımlı değişken olan IGV’nin hata terimi ile SGE arasında da dağınık bir ilişki görülmektedir. Birim kök testlerine geçilmeden önce değişkenlerin trend içerip içermeme durumu kontrol edilmiş ve birim kök testlerinin hangi düzeylerde yapılacağına karar verilmiştir. Değişkenlerin trend içerip içermeme durumu Tablo 4’te gösterilmektedir.

Tablo 4: Değişkenlerin Trend İçerme Durumu

IGV				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistik	Olasılık
C	4.243667	1.867874	2.271923	0.0332
@TREND	-0.050174	0.139159	-0.360552	0.7219
SGE				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistik	Olasılık
C	95.12433	1.168071	81.43712	0.0000
@TREND	-0.843783	0.087023	-9.696134	0.0000

Tablo incelendiğinde IGV değişkeninin trend içermediği; SGE değişkeninin ise trend içerdiği gözlenmektedir. Dolayısıyla SGE değişkeni için durağanlık sınavasının hem sabit hem de trendli durumlar için ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir.

Eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerine geçilmeden önce çalışma kapsamında incelenen IGV ve SGE değişkenlerine ilişkin durağanlık diğer bir ifade ile birim kök sınavası iki kırılmalı ADF (Narayan ve Popp, 2010) ve iki kırılmalı LM (Lee ve Strazicich, 2003) testleri ile gerçekleştirilmiştir. Birim kök testlerine ilişkin denklemler aşağıda yer almaktadır:

$$\Delta IGV_t = \alpha_0 + \alpha_{1t} + \delta IGV_{t-1} + \sum_{i=1}^N \Psi \Delta IGV_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta SGE_t = \alpha_0 + \alpha_{1t} + \delta SGE_{t-1} + \sum_{i=1}^N \Psi \Delta SGE_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Denklemlerde yer alan “ Δ ” ile birinci fark işlemcisi, “ t ” ile zaman trendi, “ ε_t ” ile hata terimi, “ N ” ile ise hata terimlerine ilişkin gecikme sayısı ifade edilmektedir. Değişkenlere ilişkin durağanlık sınaması iki kırılmalı ADF (Narayan ve Popp, 2010), iki kırılmalı LM (Lee ve Strazicich, 2003) ve kırılmalı ADF testleri ile incelenmiştir. Birim kök test sonuçları Tablo 5’te yer almaktadır.

Tablo 5: Birim Kök Test Sonuçları

IGV		
İki Kırılmalı ADF		
ADF-istatistik Değeri		-8.842
Kırılma Tarihi	2003	2008
Fraksiyon	0.333	0.542
KD (1%, 5%, 10%) -5.259 -4.514 -4.143		
H ₀ : Birim kök vardır.		
İki Kırılmalı LM		
LM-istatistik Değeri		-9.239
Kırılma Tarihi	2009	2013
Fraksiyon	0.583	0.750
KD (1%, 5%, 10%) -4.545 -3.842 -3.504		
H ₀ : Birim kök vardır.		
SGE		
Sabit		

İki Kırılmalı ADF		
ADF-istatistik Değeri		-4.498
Kırılma Tarihi	2007	2011
Fraksiyon	0.500	0.667
KD (1%, 5%, 10%) -5.259 -4.514 -4.143		
H ₀ : Birim kök vardır.		
İki Kırılmalı LM		
LM-istatistik Değeri		-4.797
Kırılma Tarihi	2012	2014
Fraksiyon	0.708	0.792
KD (1%, 5%, 10%) -4.545 -3.842 -3.504		
H ₀ : Birim kök vardır.		
Trend		
Kırılmalı ADF		
ADF-istatistik Değeri		-4.810
Olasılık Değeri		0.021
Kırılma Tarihi		2008
KD (1%, 5%, 10%) -5.067 -4.524 -4.261		
H ₀ : Birim kök vardır.		

İki kırılmalı ADF test sonuçları incelendiğinde; ADF istatistik değerlerinin kritik değerin solunda yer aldığı, H_0 hipotezinin reddedildiği dolayısıyla IGV ve SGE değişkenlerinin düzeyde durağan olduğu tespit edilmiştir. İki kırılmalı LM testleri sonucunda elde edilen bulgularda, yine her iki değişkene ilişkin test istatistiklerinin kritik değerin solunda yer aldığı ve düzeyde durağan oldukları görülmektedir. Trend içeren SGE değişkeni için trendde durağanlık sınaması ADF testi ile incelenmiş ve ADF istatistik değerinin kritik değerin solunda yer aldığı olasılık değerinin ise kritik değerden küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda H_0 hipotezinin reddedildiği ve SGE değişkeninin trendde de düzeyde durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapısal kırılma tarihleri incelendiğinde ise, ADF testinde IGV değişkeni için kırılmaların 2003 ve 2008 yıllarında; SGE değişkeninde ise 2007 ve 2011 yıllarında gerçekleştiği görülmektedir. LM testi incelendiğinde IGV’de kırılma tarihlerinin 2009 ve 2013; SGE’de 2012 ve 2014 yılları olduğu tespit edilmiştir. Son olarak SGE değişkeninde trendde kırılma tarihinin ADF test sonucuna göre 2008 olduğu gözlenmiştir.

Durağanlık sınamasının ardından çalışmada değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin tespit edilmesi amacıyla eşbütünleşme ilişkisi test edilmiştir. Değişkenlere ilişkin serilerin ortak eğilimler göstermesi durumunda serilerde, rastlantısal bir bağ yerine ortak stokastik trend bulunduğu dolayısıyla bu serilerin eşbütünleşik olduğu yorumu yapılabilmektedir. Bu kapsamda çalışmada eşbütünleşme ilişkisinin varlığı Engle ve Granger (EG, 1987), Phillips ve Ouliaris (PO, 1990) ile Shin (1994) tarafından geliştirilen eşbütünleşme testleri aracılığıyla sınanmıştır. Çalışmada kurgulanan eşbütünleşme denklemi aşağıda yer almaktadır.

$$IGV_t = \alpha_t + \beta_{it}SGE_t + u_t \quad (3)$$

Denklemden yer alan “ u_t ” hata terimini ifade etmektedir. Değişkenlere ilişkin serilerin aynı düzeyde durağan olmaları varsayımı altında gerçekleştirilen eşbütünleşme test sonuçları Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6: Eşbütünleşme Test Sonuçları

Sabit					
EG & PO	Test	İstatistik	%1	%5	%10
	EG_ADF	-8.713	-3.962	-3.365	-3.066
	PO_Zt	-10.176	-3.962	-3.365	-3.066
	PO_Za	-32.594	-28.322	-20.494	-17.039

H₀: Eşbütünleşme yoktur.

Shin	CIols	0.105	0.533	0.314	0.231
	CIols	0.075	0.533	0.314	0.231

H₀: Eşbütünleşme vardır.

Sabit ve Trend					
	Test	İstatistik	%1	%5	%10
EG & PO	EG_ADF	-8.769	-4.363	-3.800	-3.518
	PO_Zt	-10.377	-4.363	-3.800	-3.518
	PO_Za	-32.547	-35.419	-27.087	-23.192

H₀: Eşbütünleşme yoktur.

Shin	CIols	0.105	0.184	0.121	0.097
	CIols	0.075	0.184	0.121	0.097

H₀: Eşbütünleşme vardır.

IGV ve SGE değişkenleri için eşbütünleşme test sonuçları değerlendirildiğinde; sabitte ve sabit ve trendde Engle ve Granger (EG, 1987), Phillips ve Ouliaris (PO, 1990) testlerinde test istatistik değerlerinin kritik değerlerin solunda yer aldığı ve H_0 hipotezinin reddedildiği görülmektedir. Bu durumda IGV ve SGE değişkenlerinin eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Shin (1994) tarafından gerçekleştirilen test sonucunda ise, istatistik değerlerinin sabit ve sabit ve trendde kritik değerlerin solunda yer aldığı, H_0 hipotezinin reddedilemediği ve bu teste göre de değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yani uzun dönemli ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Eşbütünleşme ilişkisinin tespitinden sonra değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi incelenmektedir. Uzun dönemli ilişki tek yönlü ya da çift yönlü olabilmektedir. Bu bağlamda IGV ve SGE arasında nedensellik ilişkisinin varlığının tespiti için standart Granger nedensellik testi, Kümülatif Fourier-Frekans Granger nedensellik testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testleri kullanılmıştır. Kümülatif Fourier-Frekans Granger nedensellik testi kullanılan testler içerisinde yapısal kırılmaları dikkate alan test olma özelliği taşımaktadır. Aşağıda Granger nedensellik testinin formülleri 4 ve 5 numaralı denklemlerde, Toda-Yamamoto nedensellik testinin formülleri 6 ve 7 numaralı denklemlerde sırasıyla yer almaktadır.

$$\Delta IGV_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^k \alpha_{1j} \Delta IGV_{t-j} + \sum_{j=1}^k \alpha_{2j} \Delta IGV_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (4)$$

$$\Delta SGE_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_{1j} \Delta SGE_{t-j} + \sum_{j=1}^k \beta_{2j} \Delta SGE_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (5)$$

Granger nedensellik testine ait yukarıdaki denklemde bulunan “k” gecikme uzunluğunu, “ ε_{1t} ” ve “ ε_{2t} ” ibareleri ise hata terimlerini göstermektedir. Testin sıfır hipotezi nedensellik ilişkisinin bulunmadığını ifade etmektedir. Denklemde yer alan “ α_{2j} ” ve “ β_{2j} ” katsayılarının sıfıra eşit olduğu durumda H_0 hipotezi reddedilememektedir. Bu katsayıların sıfırdan farklı bir değer alması durumunda ise Granger nedensellik ilişkisinin bulunduğu ve değişkenlerin birbirinin Granger nedeni olduğu çıkarımı yapılabilmektedir.

$$IGV_t = \varpi + \sum_{i=1}^k \alpha_{1i} SGE_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} IGV_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{dmax} \delta_{1i} SGE_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{dmax} \theta_{1i} IGV_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (6)$$

$$SGE_t = \varrho + \sum_{i=1}^k \alpha_{2i} SGE_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} IGV_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{dmax} \delta_{2i} SGE_{t-i} + \sum_{j=m+1}^{dmax} \theta_{2i} IGV_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (7)$$

Toda-Yamamoto denklemlerinde yer alan “k” VAR modelinin optimal gecikme uzunluğunu, “ d_{max} ” serilerin en yüksek durağanlık derecesini, “ ε_{1t} ” ve “ ε_{2t} ” hata terimlerini ifade etmektedir. “ α_{1i} ” ve “ α_{2i} ” değerlerinin sıfırdan farklı olması durumunda H_0 hipotezi reddedilmekte ve nedensellik ilişkisinin varlığından söz edilebilmektedir. Nedensellik test sonuçları Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 7: Nedensellik Test Sonuçları

Standart Granger Nedensellik Testi					
Nedensellik	Wald	Asim. Olas.	Bootstrap Olas.	G.U.	Frekans
IGV => SGE	25.922	0.000	0.050	6	0.000
SGE => IGV	18.340	0.005	0.030	6	0.000
Kümülatif Fourier-Frekans Granger Nedensellik Testi					
Nedensellik	Wald	Asim. Olas.	Bootstrap Olas.	G.U.	Frekans
IGV => SGE	22.481	0.000	0.010	4	3.000
SGE => IGV	12.693	0.013	0.040	4	3.000
Toda ve Yamamoto Nedensellik Testi					
Nedensellik	Wald	Asim. Olas.	Bootstrap Olas.	G.U.	Frekans
IGV => SGE	20.093	0.001	0.030	5	0.000
SGE => IGV	16.410	0.006	0.060	5	0.000

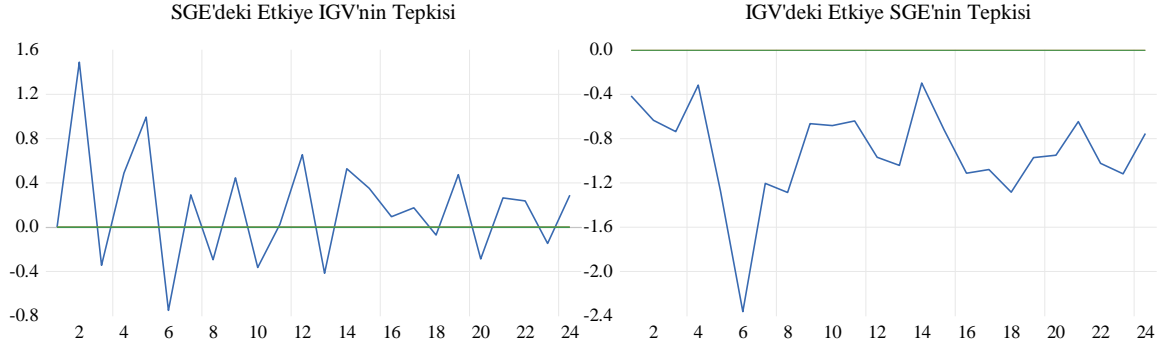
Tablo 7’deki nedensellik test sonuçları incelendiğinde; asimptotik ve bootstrap olasılık değerlerinin kritik değerden küçük olduğu görülmekte ve H_0 hipotezi reddedilmekte dolayısıyla kullanılan üç testte de değişkenler arasında çift yönlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Yani yapısal kırılmayı dikkate alan ve almayan test sonuçlarında hem IGV’den SGE’ye hem de SGE’den IGV’ye doğru nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir.

Nedensellik ilişkisinin tespitinin ardından etki-tepki ve varyans ayrıştırması analizleri gerçekleştirilmiştir. İlk olarak VAR sistemi için gecikme uzunluğu belirlenmiştir. Gecikme uzunluğu belirleme kriterleri Tablo 8’de gösterilmektedir. Etki-tepki ve varyans ayrıştırması analizleri için IGV ve SGE değişkenlerinin eşbütünleşme yani uzun dönemli ilişki içerisinde olması sebebiyle VEC sistemi üzerinden analizler gerçekleştirilmiş ve gerçekleşen olası şokların etkileri araştırılmıştır. VEC modeli üzerinden gerçekleştirilen etki-tepki analiz sonuçları Şekil 2’de; varyans ayrıştırması sonuçları da Tablo 9 ve Tablo 10’da yer almaktadır.

Tablo 8: VAR Gecikme Uzunluğu Belirleme Kriterleri

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-114.0388	NA	1363.318	12.89320	12.99213	12.90684
1	-90.18923	39.74931	151.1414	10.68769	10.98448	10.72862
2	-89.13228	1.526705	214.6313	11.01470	11.50935	11.08290
3	-87.01307	2.590139	279.8702	11.22367	11.91619	11.31916
4	-80.43602	6.577050	234.8169	10.93734	11.82771	11.06011
5	-63.51879	13.15785*	68.35130*	9.502088*	10.59032*	9.652140*
6	-60.31336	1.780796	107.2142	9.590373	10.87647	9.767708

Tablo 8’de yer alan VAR gecikme uzunluğu belirleme kriterlerine ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde; gerçekleştirilen testlerin tamamında optimal gecikme uzunluğunun 5 olduğu belirlenmiştir. Etki-tepki ve varyans ayrıştırması analizleri için de gecikme uzunluğunun 5 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2: Etki-Tepki Analiz Sonuçları

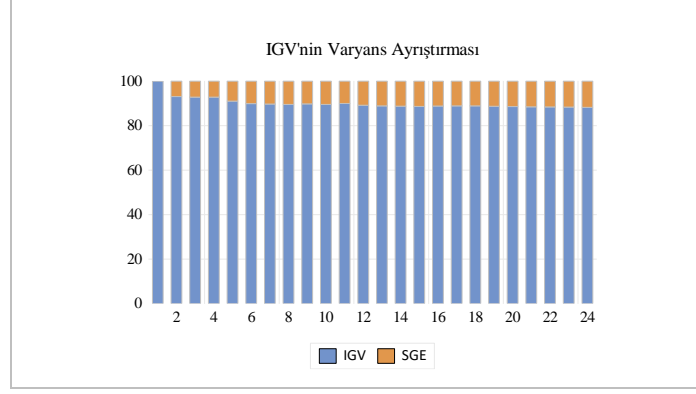
Şekil 2’de yer alan etki-tepki analiz sonuçlarına göre; SGE’den kaynaklanan bir etkiye IGV’nin gösterdiği tepki zaman içerisinde azalan oranda değişmekle birlikte analiz kapsamında kullanılan 24 yıllık süreç içerisinde sifıra yakınsamamaktadır. Dolayısıyla SGE’den ortaya çıkan etkinin IGV üzerinde ortadan kalkmadığını yani kalıcı bir etki yarattığını söyleyebilmek mümkündür. IGV’den kaynaklanan bir etkinin de SGE’de negatif bir tepkiye yol açtığı ve yine bu tepkinin de 24 yıllık zaman dilimi içerisinde devamlılık gösterdiği görülmektedir.

Etki-tepki analizi sonrasında çalışmada, değişkenlerde ortaya çıkan değişimlerin yüzdesel olarak ne kadarının kendisinden ne kadarının diğer değişkenden kaynaklandığı varyans ayrıştırması ile araştırılmıştır. Bağımlı değişken olan IGV’nin varyans ayrıştırması Tablo 9’da SGE’nin varyans ayrıştırması ise Tablo 10’da yer almaktadır.

Tablo 9: IGV’NİN Varyans Ayrıştırması

Tarih	Period	S.E.	IGV	SGE
1996	1	3.810437	100.0000	0.000000
1997	2	5.653537	93.04805	6.951953
1998	3	5.704935	92.81101	7.188986
1999	4	5.991532	92.81596	7.184040
2000	5	6.294536	91.00027	8.999731
2001	6	6.387797	89.88018	10.11982

2002	7	6.399959	89.71015	10.28985
2003	8	6.409356	89.53107	10.46893
2004	9	6.619733	89.73328	10.26672
2005	10	6.640322	89.49678	10.50322
2006	11	6.776483	89.91305	10.08695
2007	12	6.832734	89.15921	10.84079
2008	13	6.852062	88.85239	11.14761
2009	14	6.992250	88.72567	11.27433
2010	15	7.040922	88.63239	11.36761
2011	16	7.101152	88.80620	11.19380
2012	17	7.141658	88.87256	11.12744
2013	18	7.144700	88.87224	11.12776
2014	19	7.228455	88.69767	11.30233
2015	20	7.234159	88.55981	11.44019
2016	21	7.239090	88.44113	11.55887
2017	22	7.248803	88.36478	11.63522
2018	23	7.250448	88.32938	11.67062
2019	24	7.264730	88.21631	11.78369

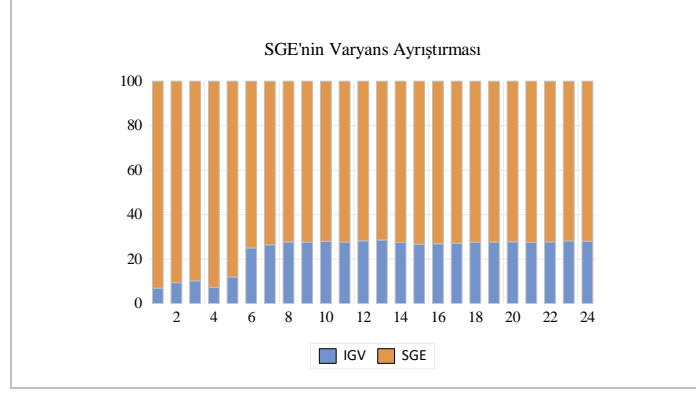


Tarım sektöründe işgücü verimliliğini ifade eden IGV değişkeninin varyans ayrıştırması sonuçlarını içeren Tablo 9'da tarım sektöründeki işgücü verimliliğinde yaşanan değişimlerin büyük kısmının değişkenin kendisinden yani tarım sektöründeki işgücünün temel özelliklerinden kaynaklandığını söyleyebilmek mümkündür. IGV'de yaşanan değişimlerin yaklaşık %12'lik kısmının ise sera gazı emisyonundan kaynaklandığı görülmektedir. Ayrıca tabloda sera gazı emisyonunun tarımda işgücü verimliliğinde yaşanan değişim üzerindeki etkisinin zaman içerisinde arttığı, 1997 yılında yaşanan değişimin 2019 yılına gelindiğinde yaklaşık 2 katı düzeyine yükseldiği söylenebilmektedir.

Tablo 10: SGE'nin Varyans Ayrıştırması

Tarih	Period	S.E.	IGV	SGE
1996	1	1.572907	6.934795	93.06520
1997	2	2.476236	9.380950	90.61905
1998	3	3.301768	10.26556	89.73444
1999	4	4.088353	7.295314	92.70469
2000	5	4.873243	11.97080	88.02920
2001	6	5.796323	25.06344	74.93656
2002	7	6.112604	26.41955	73.58045
2003	8	6.446454	27.73449	72.26551

2004	9	6.577728	27.66023	72.33977
2005	10	6.666626	27.97641	72.02359
2006	11	6.810594	27.68906	72.31094
2007	12	6.987065	28.23040	71.76960
2008	13	7.207743	28.61979	71.38021
2009	14	7.373723	27.50898	72.49102
2010	15	7.614500	26.69586	73.30414
2011	16	7.884569	26.88797	73.11203
2012	17	8.116361	27.14333	72.85667
2013	18	8.410033	27.61106	72.38894
2014	19	8.602183	27.66779	72.33221
2015	20	8.769509	27.79422	72.20578
2016	21	8.907613	27.46583	72.53417
2017	22	9.071854	27.75401	72.24599
2018	23	9.249625	28.16018	71.83982
2019	24	9.383358	28.00981	71.99019



Tablo 10'da yer alan sera gazı emisyonunun varyans ayrıştırması sonuçlarına göre; SGE'de meydana gelen değişimlerin yüzdesel olarak büyük çoğunluğunun değişkenin kendisinden kaynaklandığı yaklaşık %30'luk kısmının ise tarım sektöründe işgücü verimliliğinden kaynaklandığı gözlenmektedir. 1996 yılında gerçekleşen SGE'deki değişimlerde IGV'nin payının 2019 yılına gelindiğinde yaklaşık 5 kat artan bir şekilde gerçekleştiği ifade edilebilmektedir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler genel anlamda değerlendirildiğinde; tarımda işgücü verimliliği ve sera gazı emisyonu arasında uzun dönemli ilişki olduğu ve çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu gözlenmektedir. Bu doğrultuda uzun dönemde tarımda işgücü verimliliği ve sera gazı emisyonu birbirleri üzerinde değişimler yaratma etkisine sahiptir. Bu ilişkinin boyutunun detaylandırılması için gerçekleştirilen diğer analiz bulgularında ise işgücü verimliliğinde meydana gelen kısa dönemli şokların uzun dönemde sera gazı emisyonu üzerinde negatif yani azaltıcı bir etki taşıdığı ve sera gazı emisyonunda yaşanan bu değişimlerde analize konu olan 24 yıllık süreçte tarımda işgücü verimliliğinin etkisinin giderek arttığı gözlenmektedir. Bu doğrultuda Avrupa Birliği'nde çevre dostu politikaların artan etkinliğinin tarım sektöründe verimlilik artışından kaynaklı sera gazı emisyonu salınımlarında azalmalara yol açtığı ve giderek başarılı bir seyir izlediği söylenebilmektedir.

4. Sonuç

Son yıllarda iklim değişikliği olarak ifade edilen ve günümüzde artık iklim krizi olarak görülen değişimler, insanlığın tamamını tehdit eden bir noktaya gelmiştir. İnsanlığı etkileme potansiyeli yüksek olan bu değişimlerin en önemli etkilerinden biri gıda alanında dolayısıyla da tarım sektörü üzerinde görülmektedir. Tarım sektöründe ilerlemenin önemli göstergelerinden biri olarak işgücü verimliliğinden bahsedebilmek mümkündür. Dolayısıyla

tarımda işgücü verimliliğinin iklim koşullarından etkilenip etkilenmediğinin incelenmesi çalışmanın nihai amacıdır.

Bu doğrultuda iklim değişikliğinin bir göstergesi olarak belirlenen sera gazı emisyonu ile tarım sektöründe işgücü verimliliği arasındaki ilişki çalışma kapsamında AB'ye ilişkin 1996-2019 yılı verilerinden hareketle analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda tarım sektöründe işgücü verimliliği ve sera gazı emisyonunun uzun dönemli bir ilişki içerisinde oldukları tespit edilmiştir. Bunun yanında eşbütünleşik olan bu değişkenler arasında nedensellik ilişkisi incelenmiş ve değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani hem işgücü verimliliğinde yaşanan değişimler sera gazı emisyonunda ortaya çıkan değişimlerin Granger nedenidir hem de sera gazı emisyonunda meydana gelen değişimler tarımda işgücü verimliliğinde ortaya çıkan değişimlerin Granger nedenidir denilebilmektedir. Nedensellik ilişkisinin ardından etki-tepki ve varyans ayrıştırması analizleri gerçekleştirilmiş ve etki-tepki analiziyle sera gazı emisyonunda ortaya çıkan etkinin işgücü verimliliğinde bir tepkiye yol açtığı ve analiz kapsamında ele alınan 24 yıllık süreçte bu azalan etkinin sıfıra yakınsamadığı yani ortadan kalkmadığı gözlenmiştir. Yine etki-tepki analiz sonuçlarına göre işgücü verimliliğinde meydana gelen bir etkinin sera gazı emisyonunda negatif bir tepkiye yol açtığı ve bu tepkinin de 24 yıllık süreçte ortadan kalkmadığı gözlenmiştir. Tarımda işgücü verimliliğine ilişkin varyans ayrıştırması sonuçları incelendiğinde, işgücü verimliliğinde 24 yıllık süreçte yaşanan değişimlerin büyük kısmının değişkenin kendisinden yani tarım sektörünün ve bu sektörde çalışan işgücünün temel dinamiklerinden kaynakladığı görülmekle birlikte sera gazı emisyonunun etkisinin ise yıllar içerisinde arttığı görülmüştür. Sera gazı emisyonu varyans ayrıştırması sonuçlarında da yine değişkende meydana gelen değişimlerin büyük bölümünün değişkenin kendisinden kaynaklandığı ve yıllar içerisinde tarım sektöründeki işgücü verimliliğinin etkisinin arttığı gözlenmiştir. Varyans ayrıştırması sonuçları birlikte değerlendirildiğinde ise tarımda işgücü verimliliğinin sera gazı emisyonunda yaşanan değişimleri yaklaşık dört kat daha yüksek oranda etkilediği ayrıca görülmektedir.

Yapılan çalışma, literatür ile uyumlu bir biçimde sera gazı emisyonu ile tarımda işgücü verimliliği arasındaki uzun dönemli ilişkiyi doğrulamıştır. Bununla birlikte, nedensellik ve varyans ayrıştırması analizi sonuçlarına bakıldığında, sera gazı emisyonunun -yıllar içinde artan- tarımda işgücü verimliliği üzerindeki etkisi, tersine bir etkiden daha yüksektir. Elbette tarımda işgücü verimliliğini etkileyen birçok değişken olmakla birlikte, bu durum iklim değişikliğinin ve spesifik olarak sera gazı emisyonlarının etkisini önemsiz kılmamaktadır.

Gerçekleştirilen analizin gelir düzeyi yüksek AB ülkelerini ele aldığı düşünüldüğünde, bu ülkelerde tarım sektörünün milli gelirdeki payının görece düşük olmasının, iklim değişikliğinin tarımsal işgücü verimliliği üzerindeki olumsuz etkisinin gelişmekte olan ülkelere kıyasla ekonomik büyümeyi daha az olumsuz etkileyebileceği söylenebilir. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkisi sadece ekonomik büyüme bağlamında değil daha bütüncül bir refah anlayışı çerçevesinde ele alınmalıdır. Bu anlayış, tarımsal üretimdeki çıktı ve çeşitliliğin azalmasından, tarımda çalışan işgücünün gelir düzeyinin düşmesine ve hayati tehlikeye kadar varabilecek ısıdan kaynaklı olumsuz çalışma koşullarına maruz kalmasına kadar uzanmaktadır. Dolayısıyla iklim değişikliğinin tarımsal üretimdeki etkisine verilecek yanıtlar, azaltım ve uyum politikaları arasında bilinçli ve yerinde bir tercih yapmayı gerektiren çok yönlü bir sosyo-politik bakış gerektirmektedir. Ülkelerin kendilerine özgü, kültürel olarak kabul ettikleri birtakım yöntemleri de kapsayan -siesta gibi- uyum ya da adaptasyon politikaları, çalışma koşulları ve çalışan refahı üzerinde daha etkili olabilirken, çıktı üzerindeki olumsuz etkiyi azaltma konusunda o derece etkili olmayabilir. Öte yandan iş sağlığı ve güvenliğine yönelik politikalar, teknolojik yatırımlar gibi azaltım politikaları da yüksek maliyetli olabilir ve uzun vadede sera gazı emisyonunu arttırıcı etkiler gösterebilir. Dolayısıyla iklim değişikliği-tarımsal işgücü verimliliği arasındaki ilişki ve gelecekteki olası etkileri anlaşıldıktan sonra ülkelerin sosyal, ekonomik ve siyasi bağlamlarında en etkin hangi politikaları uygulayabileceklerine dair çalışmaların da arttırılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Baker, J.S., Murray, B.C., McCarl, B.A., Feng, S., Johansson, R., (2012). Implications of Alternative Agricultural Productivity Growth Assumptions on Land Management, Greenhouse Gas Emissions, and Mitigation Potential. *American Journal of Agricultural Economics*. 95(2), 435-441.

Bekiroğlu, O. (2011). Tarımda Karbon Ayak İzi Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi.

Czyzewski, A., Michalowska, M. (2022). The Impact of Agricultural on Greenhouse Gas Emissions in the Visegrad Group Countries after the World Economic Crisis of 2008. Comparative Study of Researched Countries. *Energies*, 15, 1-18.

Dasgupta, S., Van Maanen, N., Gosling, S.N., Piontek, F., Otto, C. & Schleussner, K.C. (2021). Effects of Climate Change on Combined Labour Productivity and Supply: An Empirical, Multi-Model Study. *Lancet Planet Health*, 5, 455-465.

Dietz, S., Lanz, B. (2018). Economic Growth, Population Growth and Agriculture in a Changing Climate. *Energy&Climate Economics*.

Doğanlar, M., Mike, F., Kızılkaya, O. (2020). The Impact of Climate Change on Aggregate Output in Middle and High-Income Countries. *Austrilian Economic Papers*, 61, 72-86.

Druckman, A., Jackson, T. (2016). Understanding Households as Drivers of Carbon Emissions. Clift, R., Druckman, A. (ed.) *Taking Stock of Industrial Ecology*. Springer International Publishing.

Engle, R.F. & Granger, C.W. J. (1987). Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 251-276.

Eshete, Z.S., Mulatu, D.W. & Gatiso, T.G. (2020). CO2 Emissions, Agricultural Productivity and Welfare in Ethiopia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(5), 687-704.

Gosling, S.N., Zaherpour, J. & Iberreta, D. (2018). PESETA III: Climate Change Impacts on Labour Productivity. JRC Technical Reports, European Union.

Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Models. *Econometrica*, 37, 424-438.

İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu. (2021). T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Ankara.

Kjellstrom, T., Holmer, I. & Lemke, B. (2009a). Workplace Heat Stress, Health and Productivity- An Increasing Challenge for Low and Middle Income Countries During Climate Change. *Global Health Action*, 1-6.

Kjellstrom, T., Kovats, R.S., Lloyd, S.J., Holt, T. & Tol, R.S.J. (2009b). The Direct Impact of Climate Change on Regional Labour Productivity. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 64(4), 217-227.

Kjellstrom, T. (2016). Impact of Climate Conditions on Occupational Health and Related Economic Losses: A New Feature of Global and Urban Health in the Context of Climate Change. *Asia-Pasific Journal of Public Health*, 1-10.

Lee, J., & Strazicich, M. C. (2003). Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082-1089.

Matsumoto, K. (2019). Climate Change Impacts on Socioeconomic Activities Through Labour Productivity Changes Considering Interactions Between Socioeconomic and Climate Systems. *Journal of Cleaner Production*, 216, 528-541.

Matsumoto, K., Tachiiri, K. & Xuaming, S. (2021). Heat Stress, Labour Productivity and Economic Impacts: Analysis of Climate Change Impacts Using Two-Way Coupled Modeling. *Environmental Research Communication*, 3, 1-14.

Narayan, P. K., & Popp, S. (2010). A New Unit Root Test with Two Structural Breaks in Level and Slope at Unknown Time. *Journal of Applied Statistics*, 37(9), 1425-1438.

Nordhaus, W.D. (2006). Geography and Macroeconomics: New Data and New Findings. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(10), 3510-3517.

Patel, L., Friedman, E., Johannes, S.A., Lee, S.S., O'Brien, H.G., Schear, S.E., (2021). Air Pollution as a Social and Structural Determinant of Health. *The Journal of Climate Change and Health*. 3(2021). 1-4.

Phillips, P.C.B. & Ouliaris, S. (1990). Asymptotic Properties of Residual Based Tests for Cointegration. *Econometrica*, 58, 165-193.

Sanders, N. (2020). Social Benefits of Air Quality: Environmental Policy as Social Policy. Research Brief Series: The Intersection between Environmental Policy and Health.

Schulte, P.A., Bhattacharya, A., Butler, C.R., Chun, H.K., Jacklitsch, B., Jacobs, T., Kiefer, M., Lincoln, J., Pendergrass, S., Shire, J., Watson, J. & Wagner, G.R. (2016). Advancing the Framework for Considering the Effects of Climate Change on Worker Safety and Health. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(11), 847-865.

Shin, Y. (1994). A Residual-Based Test of the Null of Cointegration against the Alternative of No Cointegration. *Econometric Theory*, 10, 91-115.

Sillmann, J., Orlov, A., Aaheim, A., Aunan, K. & De Bruin, K. (2019). Economic Losses of Heat-Induced Reductions in Outdoor Worker Productivity: A Case Study of Europe. *Economics of Disasters and Climate Change*, 3, 191-211.

Stringer, L. (2009). Yeşil İşyeri. Çalışanlara, Çevreye ve Kârlılığa Yarar Sağlayan Sürdürülebilir Stratejiler. İstanbul: Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası.

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

EXTENDED SUMMARY

When examined from the past to the present, it is seen that the social structure has faced different threats in different time periods. These threats, which are effective on the social structure, can become a social problem over time, and in this context, they can turn into a threat to all humanity as a result. Global climate change, the importance of which has been understood more recently and has been discussed extensively in the literature in recent years, is one of the social problems mentioned. According to their characteristics, social problems are those that have the potential to have an impact on the majority of society and are likely to appear at any time in the social structure. However, solutions to these issues are more likely to come from collective action than from individual action, and it is anticipated that these issues will produce a number of challenges for the continuation of social life. In this direction, global climate change is considered as a social problem in recent studies in terms of creating various risks for the future of societies due to its negative consequences.

Global climate change is expressed as climate changes that occur as a result of the warming of the atmosphere caused by various substances, especially greenhouse gases, as a result of human activities, reaching a global dimension. In this respect, it is thought that climate change only reflects some environmental concerns at first glance. However, when considered in terms of its consequences, the phenomenon of climate change affects almost all segments of the society in terms of their activities. From food to clothing, from energy to transportation, all fields of activity are affected by global climate change. Although the effects of climate change may be at different levels on different countries and regions, the general effect of the theory is considered to be negative in both developed and developing countries in the short and long term. The principal adverse effects of climate change in many different domains include changes in agricultural production, declines in labor productivity, increases in natural disasters, the spread of infectious illnesses, and deterioration in ecosystems.

The social problems that occur in the social structure affect the welfare (well-being) of people in terms of their nature. In this context, climate change has become a serious threat to the welfare and health of all humanity. All sectors and working areas affected by climate change are of vital importance for people. In today's conditions, all social life continues at a certain standard level and it is not desired to compromise on this standard. Therefore, an emerging threat on social life is tried to be eliminated or its effects mitigated through social structure mechanisms. Recently, a relatively new area of research that has also been referred to as

"climate change economics" in the socio-economic literature has looked at the connections between climatic changes, economic activity, and social life as a whole. It is also working on methods and policies that will eliminate the harmful effects of climatic conditions on social welfare.

As can be understood from its definition, it is stated that one of the most influential factors on global climate change is greenhouse gases. The increase in greenhouse gas causes an increase in temperature in the first place. The increase in greenhouse gas has increased the average temperature on the world since the Industrial Revolution, and it is expected to increase by an average of 3.0 °C until 2100, according to the latest global reports.

The increase in temperature in a large part of the world in recent years is expressed as global warming and all seasons are affected by this development. Of course, these developments, which are effective on the seasons, have affected many different production processes and sectors, as well as the agricultural sector, which produces largely depending on the season, directly affected by this situation. Despite the fact that many industries are impacted, the agriculture sector is thought to be among the most susceptible to climate change because of its structure. In addition, its contribution to national income and employment, as well as the nutritional needs of the country's population, creating added value and providing the need for raw materials, carry the agricultural sector to an indispensable point.

The agricultural sector is affected by global climate change in many ways. While the global climate change, together with the seasonal changes due to global warming, causes various changes in the outputs of agricultural products; on the other hand, it creates some effects on the workforce working in the field of agriculture. Air is a direct input that immediately impacts biophysical aspects of agricultural production, but it also directly affects labor supply and productivity, and consequently output, in environments where workers are strongly exposed to climate. Agricultural workers are especially susceptible to the negative effects of climatic change since they spend so much time outdoors and in hot surroundings. A hot working environment, when physical activity is high, as in agricultural production, causes a decrease in physical and mental skills for employees, an increase in the risk of accidents, heat exhaustion, heat stroke which are even life-threatening situations in advanced cases.

The aim of this study is to examine the relationship between the changes in greenhouse gas emissions, which are accepted as an important determinant of climate change, and labor

productivity in the agricultural sector. In the study, which was limited to the European Union countries, labor productivity in the agricultural sector was determined as the dependent variable and greenhouse gas emission was determined as the explanatory variable, and time series analysis was carried out based on the data for the years 1996-2019 regarding the variables.

Among the variables related to the data, labor productivity data in the agricultural sector were obtained from the OECD, and the greenhouse gas emission data were obtained from the Eurostat database. As a result of the analysis, it was determined that there is a long-term relationship between these variables. The causality relationship between these co-integrated variables was also examined and a bidirectional causality relationship was determined. After the causality relationship, action-response and variance decomposition analyzes were carried out and it was observed that the effect on greenhouse gas emissions with the impulse-response analysis caused a reaction in labor productivity and this decreasing effect did not converge to zero in the 24-year period considered within the scope of the analysis, that is, it did not disappear. Again, according to the results of the impulse-response analysis, it was observed that an effect on labor productivity caused a negative reaction in greenhouse gas emissions and this reaction did not disappear in a 24-year period. When the variance decomposition results are evaluated together, it is also seen that labor productivity in agriculture affects the changes in greenhouse gas emissions approximately four times higher.

In this regard, our study supported previous research by confirming the long-term association between greenhouse gas emissions and labor productivity in agriculture. However, looking at the results of the causality and variance decomposition analysis, the effect of greenhouse gas emissions -increasing over the years- on labor productivity in agriculture is higher than a reverse effect. This situation necessitates the adoption and implementation of policies to eliminate the impact of climate change and specifically greenhouse gas emissions on agricultural labor productivity. Some researchers expect that in countries where agricultural production dominates and alternative sources of income are not plentiful, temperature increases caused by climate change will have serious effects on output and productivity levels, and this will seriously damage the welfare of these countries. In rich countries with alternative income opportunities, where capital-intensive production is dominant, these effects are expected to be more indirect. However, it is not always easy to distinguish between “poor” and “rich” countries. Although the criteria used are not clear, such a perspective may preclude a holistic welfare perspective. As a matter of fact, considering that the analysis carried out in our study

deals with the EU countries with high income, it can be said that the relatively low share of the agricultural sector in national income in these countries and the negative impact of climate change on agricultural labor productivity may affect economic growth less negatively compared to developing countries. However, when the effects of climate change on agricultural production are examined through the lens of a more holistic understanding of welfare, it is determined that they will have a variety of negative effects, including a decline in agricultural output and diversity, a decline in the wages and standard of living of the workforce engaged in agriculture, and this will have an impact on social welfare both quantitatively and qualitatively. In this case, adaptation policies and mitigation policies against climate change come into play as an option. While these policies may have advantages and disadvantages in themselves, their effectiveness is directly related to the cultural and socio-economic structure of the country in which they are implemented. It is thought that this study contributes to the preparation of the social policies to be implemented against it by revealing the importance of the relationship between climate change and agricultural labor productivity and its possible future effects.