

İklim Değişikliği Türkiye’de Ekonomik Büyüme İçin Bir Risk Oluşturur mu?

Hikmet AKYOL¹

Öz

İklim değişikliğinin etkileri gün geçtikçe daha fazla artmaktadır. Bu nedenle, başta tarım sektörü olmak üzere ekonominin tüm kesimlerinin iklim değişikliğine olan duyarlılığı artmıştır. Özellikle az gelişmiş ülkelerde meydana gelen meteorolojik afetler ekonomi üzerinde ciddi hasarlara yol açabilmektedir. Bununla birlikte, gelişmiş ülkelerdeki ekonomik faaliyetlerin çevreye verdiği zarar ve iklim değişikliği içindeki rolleri dikkate alındığında, bu ülkelerin ekonomisinin de gelecekte iklim değişikliğinden etkilenebilmesi söz konusudur. Bu araştırma, iklim değişikliğinin iki temel aygıtı olan ortalama yıllık sıcaklık değişimleri ve karbondioksit emisyonlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkileri incelemiştir. Araştırmada, Türkiye’nin 1968-2018 arasındaki dönemi regresyon analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin tahmin edilebilmesi için ilk olarak serilerin durağanlık düzeyleri sınanmıştır. Bunun için geleneksel birim kök testlerinin yanında yapısal değişim ve şokları göz önünde bulunduran yapısal kırılmalı Lee & Strazicich (2003, 2004) LM birim kök testi kullanılmıştır. Tahmin sonuçlarının serilerin durağan olduğunu göstermesi üzerine, iklim değişikliğini temsil eden değişkenler ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki EKK regresyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Araştırma sonuçları sıcaklık artışlarının ekonomik büyüm üzerinde negatif yönlü ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Artan sıcaklıklar ekonomik büyümeyi azaltmıştır. Karbondioksit emisyonlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ise pozitif yönlü ve anlamlı bulunmuştur. Karbondioksit emisyonlarındaki artışın en önemli nedeni artan ekonomik faaliyetlerdir. Dolayısıyla, ekonomik aktivite arttıkça, çevresel emisyonlar ve buna bağlı olarak büyüme artmıştır. Ancak, karbondioksit emisyonlarının sıcaklık artışına neden olduğuna dikkat edilirse, bu emisyonlar dolaylı yönden ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir. Araştırma sonuçları ortalama yıllık yağış miktarı değişiminin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermiştir. Araştırma sonuçları, özellikle sıcaklık değişimlerinin etkisi temel alındığında, Türk ekonomisinin iklim değişikliğine karşı son derece duyarlı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Ekonomik Kalkınma, Sıcaklık Değişikliği, Çevresel Kirlilik, Sera Gazı Emisyonu.

¹ Öğr. Gör. Dr., Gümüşhane Üniversitesi Şiran Mustafa Beyaz MYO, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Böl., Acil Durum ve Afet Yönetimi e-posta/e-mail: hikmetakyol76@gmail.com, ORCID No: 0000-0001-9119-7416

Does Climate Change Pose a Risk to Economic Growth in Turkey?

Abstract

The effects of climate change are increasing day by day. Therefore, the sensitivity of all sectors of the economy, especially the agricultural sector, to climate change has increased. Meteorological disasters, especially in underdeveloped countries, can cause serious damage to the economy. However, given the environmental damage caused by economic activity in developed countries and their role in climate change, it is possible that climate change may also affect their economy in the future. This research has examined the effects of average annual temperature changes and carbon dioxide emissions, the two main devices of climate change, on economic growth. In the study, Turkey’s period between 1968-2015 was analyzed using regression analysis method. In order to estimate the relationship between the variables, the stationarity levels of the series were tested first. For this, Lee & Strazicich (2003, 2004) LM unit root test with structural breaks, which considers structural changes and shocks, was used as well as traditional unit root tests. After the estimation results showed that the series were stationary, the relationship between the variables representing climate change and economic growth was examined using the OLS regression method. Research results showed that temperature increases have a negative and significant effect on economic growth. Increased temperatures reduced economic growth. The impact of carbon dioxide emissions on economic growth was positive and significant. The most important reason for the increase in carbon dioxide emissions is increasing economic activities. Therefore, as economic activity increases, environmental emissions and growth increased. However, if carbon dioxide emissions caused the temperature increase, these releases adversely affect economic growth. The results of the research showed that the average annual precipitation change did not have a significant effect on economic growth. The results of the research have shown that the Turkish economy is extremely sensitive to climate change, especially when the effect of temperature changes is taken into consideration.

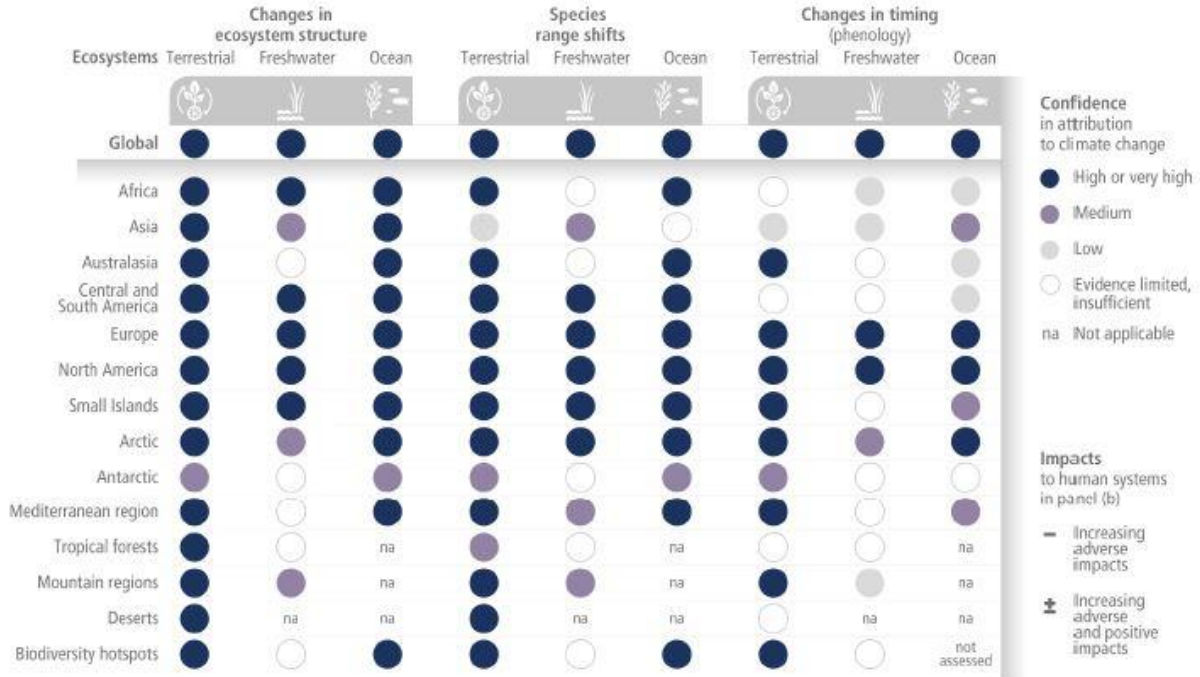
Keywords: Climate Change, Economic Development, Temperature Change, Environmental Pollution, Greenhouse Gas Emission.

1.GİRİŞ

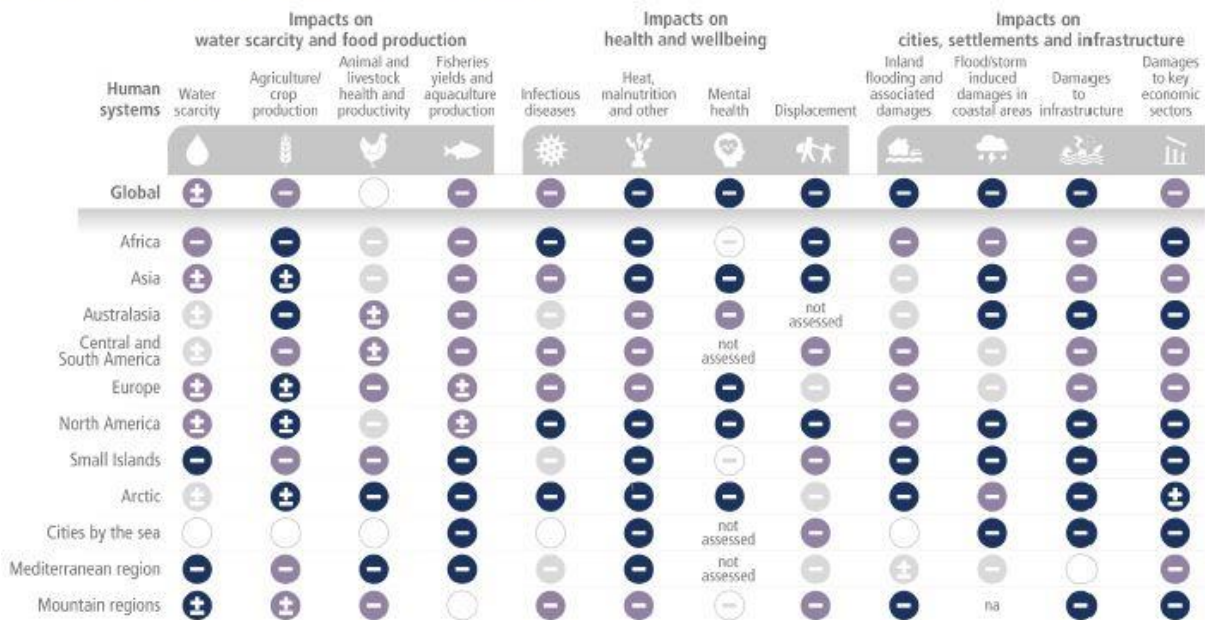
İklim değişikliği olgusu milyarlarca yıldır dünyanın doğal dengesi içerisinde gerçekleşmesine rağmen, Sanayi Devrimi ile birlikte artan insan faaliyetleri, iklim değişikliğinin doğal devinimini önemli ölçüde olumsuz etkilemiştir. Bu faaliyetler, çevreye salınan sera gazlarının oranı arttırmış, bunun sonucunda ise küresel ısınma hızlanmıştır. Küresel ısınmanın artması ve iklim değişikliğinin hızlanması başta kuraklık ve sel olmak üzere meteorolojik afetlerin görülme sıklığını ve ekonomi üzerindeki olumsuz etkileri arttırmıştır. Dünya Meteoroloji Örgütü (2021)’e göre, 1970’den 2019’a kadarki 50 yıllık dönemde hava kaynaklı afetlerin sayısı beş kat artmıştır. Raporda söz konusu dönemde toplam 4,92 trilyon ABD Dolarına mal olan 22326 afet yaşandığı, bunların 11072’sinin ise hava, iklim ve su problemleri ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Jones vd. (2009), iklim değişikliğinin ekonomi üzerindeki yıkıcı etkilerini denetim altına alan politikaların benimsenmesinin, belirsiz iklim politikalarının etkisine kıyasla daha fazla fayda sağlayacağını belirtmiştir. Bu bakımdan, hükümetlerin afet yönetimi stratejileri ve eylem planlarında kuraklıkla ve iklim değişikliğinin neden olduğu ekonomik hasarlar ile mücadele konusu önemli bir yer tutmalıdır. Özellikle fakir ülkeler için iklim değişikliğinin ekonomik hasarı gelecekte çok daha ciddi boyutlarda olabilir. Jones vd. (2009), hükümetlerin iklim değişikliğine verdiği tarihsel tepkiyi baz alarak, iklim değişikliğinin 2099 yılına kadar orta derece yoksul ülkelerin ekonomik büyümelerini her yıl 0,6 puan düşüreceğini hesaplamıştır. Araştırmacılar, zengin ülkeler açısından ise herhangi bir etki bulamadıkları için, gelecekte zengin ve yoksul ülkeler açısından kalkınma farklılığının daha da artacağını savunmuştur. Ancak, çevreye salınan CO₂’nin çok büyük bir kısmının gelişmiş ülkelere kaynaklandığı ve bu salınımların küresel iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkileri göz önünde bulundurulursa, gelecekte bu ülkelerin ekonomilerinin de iklim değişikliğine olan duyarlılığının artacağı söylenebilir. Nitekim günümüzde, hızlanan iklim

değişikliği üzerinde gelişmiş ülkelerin rolü daha fazla tartışılmaya başlanmıştır. Şekil 1'de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tarafından 2022'de yayımlanan altıncı değerlendirme raporuna göre iklim değişikliğinin dünya genelinde ekosistem ve insan sistemleri üzerindeki etkisi verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü üzere, iklim değişikliği gelişmekte olan ülkelerin yanında Kuzey Amerika ve Avrupa'da bulunan gelişmiş ülkeleri de olumsuz etkilemektedir.

(a) Observed impacts of climate change on ecosystems



(b) Observed impacts of climate change on human systems



Şekil 1. İklim Değişikliğinin Dünya Çapında Ekosistem ve İnsan Sistemleri Üzerindeki Etkisi (IPCC, 2022)

Küresel iklim değişikliğinin en çok etkilediği ülkelerden birisi de Türkiye’dir. Tablo 1’de Türkiye’de son 50 yılda yaşanmış meteorolojik afetlerin dönemsel değişimi verilmiştir. Bu afetlerin niteliği hâkim bir şekilde fırtına ve aşırı sıcaklık değişimlerinden oluşmaktadır. Tablo 1 dikkatli incelenirse, 1990’lardan sonra hava kaynaklı afetlerin sayısında bir artış olduğu görülebilir.

Şekil 2’de ise Türkiye’nin 1971 ile 2020 yılları arasında görülen sıcaklık anomalisi verileri grafik şeklinde verilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü üzere sıcaklık anomalisi değişimlerinin 1997’den sonra yukarı yönlü olduğu görülmektedir. Bu grafik, aynı zamanda ilerleyen yıllarda sıcaklıkların daha da artacağını ve Türkiye’nin yaşamış olduğu kuraklık riskinin daha ciddi boyutlara ulaşacağını da ortaya koymaktadır. Bunun hiç şüphesiz en önemli etkileri i ülkenin ekonomik kalkınma düzeyine olacaktır.

Bu araştırmada 50 yıllık dönemde (1968-2018), Türkiye’de ortalama yıllık sıcaklık artışlarının, yağış miktarı değişimlerinin ve artan karbondioksit (CO₂) emisyonlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin ne olduğu incelenmiştir. Başka bir ifadeyle, iklim değişikliğinin bu iki aygıt üzerinden Türk ekonomisinin kalkınma düzeyini nasıl etkilediği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Tablo 1. Türkiye’de Yaşanmış Meteorolojik Afetlerin Etkileri (1972-2019)

Dönem	Toplam Can Kaybı	Yaralı	Etkilenen	Evsiz	Toplam Etkilenen	Afet Tipi
1972	30					Fırtına
1987	30					Aşırı Sıcaklık
1991	1	3			3	Fırtına
1994			8000		8000	Aşırı Sıcaklık
1994	30					Fırtına
2000	11	300			300	Aşırı Sıcaklık
2001	29					Aşırı Sıcaklık
2002	10					Fırtına
2004	14	121	600		721	Fırtına
2004	10					Aşırı Sıcaklık
2004	3	15	900		915	Fırtına
2004	8					Fırtına
2005	2					Fırtına
2005	17	150			150	Aşırı Sıcaklık
2007	3					Aşırı Sıcaklık
2017			270		270	Fırtına

Kaynak: EMDAT (<https://public.emdat.be/data>)



Şekil 2. Türkiye’de Yıllık Ortalama Sıcaklık Anomalisi (1971-2020), (MGM, 2021)

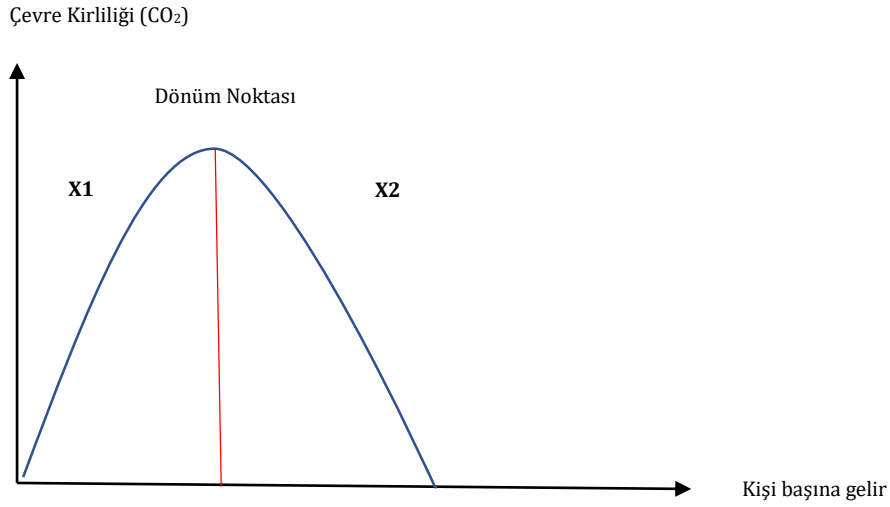
Araştırma altı kısımdan oluşmuştur. Birinci kısım giriş kısmıdır. İkinci kısımda değişkenler arasındaki ilişkinin teorik çerçevesi açıklanmıştır. Üçüncü kısım literatür taraması, dördüncü kısım ise araştırmanın veri seti ve yönteminin açıklandığı kısımdır. Beşinci kısımda uygulanan ekonometrik analizlerin bulguları verilmiştir. Son kısım olan altıncı kısımda ise elde edilen bulgular yorumlanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK KALKINMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

İklim değişikliğini hızlandıran ve sıcaklık değişimlerini etkileyen en önemli faktör, artan insan faaliyetleri sonucunda çevreye salınan sera gazlarıdır (GHG). CO₂ emisyonlarının oranı diğer sera gazı salınımlara göre daha fazladır. Nitekim, Atmosferde tutulan sera gazları incelendiğinde, bu oranın %72 olduğu görülmektedir (URL 2). Bu bakımdan CO₂ emisyonları çevresel kirliliğin en önemli bileşenini oluşturmaktadır. Bu durum aynı zamanda CO₂ emisyonları ve ekonomik kalkınma ilişkisine olan akademik ilgiyi arttırmıştır. CO₂ emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin teorik boyutu ise Kuznets (1955), tarafından geliştirilen ve ekonomik kalkınma ile gelir eşitsizliği arasında korelasyon ilişkisi kuran teorinin çevresel kirlilik düzeyi ile ekonomik kalkınma arasındaki ilişkiye uyarlanan hali olan “Çevresel Kuznets Eğrisi” hipotezidir. Bu yaklaşıma göre kalkınmanın başlangıç evresinde CO₂ emisyonları ve buna bağlı olarak çevresel kirlilik düzeyi artacak, ilerleyen dönemde ise kalkınmanın artmasına bağlı olarak CO₂ emisyonu ve dolayısıyla çevresel kirlilik oranı azalacaktır (ters bir U şeklinde). Şekil 3’de Çevresel Kuznets Eğrisi verilmiştir. Şekil 3’de görüldüğü üzere kalkınmanın başlangıç aşamasında çevresel kirlilik düzeyi artmış ve çevresel bozulma artmıştır. Ancak, ilerleyen dönemlerde artan kalkınma düzeyi ile birlikte çevreye verilen zarar azalarak, çevrenin korunması evresine girilmiştir. Grossman ve Krueger (1991) ticaret ve dış yatırım politikasındaki bir değişikliğin kirlilik seviyesini ve kıt çevresel kaynakların tükenme oranını etkileyebileceği üç ayrı mekanizmayı ayırt etmenin yararlı olacağını vurgulamış, çevresel kirlilik düzeyi ve gelir arasındaki ilişkiyi ölçek, kompozisyon ve teknik etki üzerinden açıklamıştır. Buna göre, gelir düzeyinin artmasıyla ekonominin yapısı değişip, aşamalı bir şekilde üretimde çevreye daha az zarar veren ekonomik faaliyetlerin oranı yükselecek, ayrıca yapısal dönüşümün son safhasında enerji yoğunluğunun yüksek olduğu sanayi kesiminden teknolojinin yoğun kullanıldığı hizmet ve bilgi kesimlerine geçiş artacaktır (Kolçak, 2014:63). Ampirik olarak incelendiğinde çevresel Kuznets eğrisinin geçerliliğine dair farklı bulgulara ulaşılmıştır. Bir kısım çalışmalar çevresel Kuznets eğrisinin doğruluğunu kanıtlarken (Grossman ve Krueger, 1991; Saatçi ve Dumrul, 2011; Appiah vd., 2019; Nakipoğlu Özsoy, 2021), kimi çalışmalar çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını göstermiştir (Koçak, 2014; Ma vd., 2017; Alataş, 2021). Bir kısım çalışmalar ise bu konuda muğlak bulgulara ulaşmıştır. Karakaya vd. (2019), çalışmalarında kişi başına düşen emisyonların kişi başına düşen GSYİH ile arttığı, reel kişi başına düşen gelirin karesiyle ise azaldığı için çevresel Kuznets ilişkisinin varlığının saptandığını göstermiş, ancak kişi başına tüketime dayalı emisyonlarla çalışıldığında, işaretlerin ters yönde ve istatistiksel olarak önemsiz olduğu için çevresel Kuznets ilişkisine dair hiçbir kanıtı ulaşılamamışlardır.

Artan çevresel kirlilik düzeyi ortalama sıcaklık değişimlerini de arttırmakta, küresel ısınmayı ve iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Sıcaklık anomalilerinde görülen bu yukarı yönlü artışlar kuraklık, sel, hotum ve kasırga gibi doğa afetlerinin görülme sıklığını ve küresel ekonomi üzerindeki hasarın boyutunu arttırmıştır. Yapılan ampirik araştırmalar özellikle az gelişmiş yoksul ülke ekonomilerinin yüksek sıcaklıklardan gelişmiş ülkelere kıyasla daha fazla olumsuz etkilendiğini göstermiştir (Dell vd. (2008); Jones vd. (2009); Dell vd. (2012)). Yoksul ülkelerde modern tarım tekniklerinin yaygın olmaması, ekonomide tarım ürünlerinin önemli bir yer tutması vb. faktörler bu ülkelerin ekonomisini yüksek sıcaklıklara karşı daha duyarlı hale getirmiştir. Sıcaklık değişimlerinin sadece tarım sektörünü değil aynı zamanda diğer üretim sektörlerini de olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur (Colacito vd., 2018:2). Bunun yanında, artan sıcaklıklar okyanusların seviyesinin arttırmasına neden olmaktadır. Pasifik Okyanusu’nda yer alan ada ülkeleri örneğinde olduğu gibi yükselen okyanus seviyesi, bu ülkelerin geleceğini tehdit

etmektedir. Bu bakımdan, Paris İklim Anlaşması (2015) ile ortaya konulan küresel sıcaklık artışının 2°C'nin altında tutulması hedefinin yerine getirilmesi ülkeler açısından çok önemlidir.



X1, çevresel bozulmayı, X2 ise çevresel korumayı temsil etmiştir.

Şekil 3. Çevresel Kuznets Eğrisi (Kuznets, 1955)

3. LİTERATÜR TARAMASI

Bu araştırmada iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarı değişimleri ile karbondioksit (CO₂) emisyonları üzerinden incelenmiştir. Araştırmada değişkenler arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde incelenebilmesi amacıyla ilgili literatür taranmıştır. Literatür incelendiğinde söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin genelde üç başlık altında incelendiği görülmüştür:

- Birincisi, sıcaklıkların ekonomik büyüme ile olan ilişkisini inceleyen araştırmalar,
- İkincisi, CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme ile olan ilişkisini inceleyen araştırmalar,
- Üçüncüsü ise iklim değişikliği altında sıcaklıkların ya da CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme ile olan ilişkisini inceleyen araştırmalardır.

Dell vd. (2008), iklimsel değişikliklerin dünyadaki ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla 50 yıllık sıcaklık ve yağış varyasyon verilerini kullanmıştır. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı çalışmada, daha yüksek sıcaklıkların yoksul ülkelerde ekonomik büyümeyi önemli ölçüde azalttığı, zengin ülkelerde ise çok az etkiye sahip olduğu gösterilmiştir.

Saatçi ve Dumrul (2011), 1950-2007 döneminde Türkiye’de çevresel kirliliğin ekonomik büyüme ile olan ilişkisini incelemiştir. Yapısal kırılmalı eşbütünleşme testlerinin kullanıldığı çalışmada çevresel kirlilik düzeyi (CO₂ emisyonları) ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ters Kuznets eğrisi hipotezini desteklediği gösterilmiştir.

Akram (2012), 1972-2009 döneminde Asya ülkelerinde iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı çalışmada sıcaklık değişimi ve yağış dağılımı iklim değişikliğinin göstergeleri olarak kullanılmıştır. Araştırmacı ekonomik büyümenin sıcaklık, yağış ve nüfus artışındaki değişikliklerden olumsuz etkilendiğini, kentleşme ve insani gelişmenin ise ekonomik büyümeyi teşvik ettiğini göstermiştir.

Dell vd. (2012), 1900-2006 döneminde seçili ülkelerde sıcaklığın ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı çalışmada yüksek sıcaklık oranlarının ekonomik büyümeyi negatif yönlü etkilediği gösterilmiştir. Araştırmacılar, özellikle

yoksul ülkelerde sıcaklık artışlarının ekonomik büyümeyi önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiştir.

Alagidede vd. (2014), 1960-2009 döneminde Sahra Altı Afrika ülkelerinde iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı çalışmada sıcaklık değişimi ve yağış dağılımı iklim değişikliğinin göstergeleri olarak kullanılmıştır. Araştırmacılar, sıcaklık artışlarının ekonomik büyümeyi negatif yönlü etkilediğini göstermiştir.

Azam vd. (2015), 1971-2013 döneminde seçili ülkelerde CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin uygulandığı çalışmada, araştırmacılar CO₂ emisyonları ve enerji kullanımı ekonomik büyüme üzerinde önemli ölçüde olumsuz etkiler gösterdiğini, ticaret ve beşerî sermayenin ise ekonomik büyüme üzerinde önemli ölçüde olumlu etki gösterme eğiliminde olduğunu tespit etmiştir. Bununla birlikte, ülkeler arası bireysel analiz için, panel tahmini, CO₂ emisyonlarının Çin, Japonya ve ABD için ekonomik büyüme ile önemli bir pozitif ilişkiye sahip olduğu bulunurken, çalışma altındaki dönemde Hindistan'da önemli ölçüde negatif etkinin söz konusu olduğu gösterilmiştir.

Bayramoğlu ve Yurtkur (2016), 1960-2010 döneminde Türkiye'de karbondioksit emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi incelemiştir. Eşbütünleşme test sonuçları değişkenler arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Çetintaş vd. (2016), 1960-2011 döneminde Türkiye'de CO₂ emisyonları, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. ARDL sınır testi yönteminin uygulandığı çalışmada, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve şehirleşme oranlarının uzun dönemde CO₂ üzerindeki etkisinin pozitif, kısa dönemde ise ekonomik büyüme ve şehirleşme oranının CO₂ salınımlarını etkilemediği gösterilmiştir.

Başar ve Akyol (2018), 1992-2013 döneminde 81 ülkede enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı çalışmada karbon salınımları ve ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu gösterilmiştir.

Bekar (2018), 1977-2014 döneminde Türkiye'de CO₂ salınımları ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Nedensellik testlerinin uygulandığı çalışmada CO₂ salınımlarından ekonomik büyümeye doğru tek ve pozitif yönlü bir nedensellik olduğu gösterilmiştir.

Hayaloğlu (2018), 1990-2016 döneminde seçili 10 ülkede iklim değişikliği, tarım sektörü ve büyüme ilişkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı çalışmada iklim değişikliğinin göstergesi olarak CO₂ salınımları kullanılmıştır. Araştırmacı iklim değişikliğinin ekonomik büyümeyi ve tarımsal katma değeri negatif yönlü etkilediğini göstermiştir.

Kahn vd. (2019), 1960-2014 döneminde 174 ülkede iklim değişikliğinin makroekonomi üzerindeki uzun dönemli etkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı çalışmada sıcaklık değişikliği ve yağış dağılımı iklim değişikliğinin göstergeleri olarak kullanılmıştır. Araştırmacılar kişi başına düşen reel çıktı büyümesinin, tarihsel normun üzerindeki veya altındaki sıcaklıktaki kalıcı değişikliklerden olumsuz etkilendiğini göstermiştir.

Kadanalı ve Yalçınkaya (2020), 1990-2016 döneminde dünyanın en büyük 20 ekonomisinde (G20) iklim değişikliği ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı çalışmada sıcaklık değişimi ve yağış dağılımını içeren altı değişken iklim değişikliğinin göstergeleri olarak kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, iklim değişikliğinin ekonomik büyümeyi negatif yönlü etkilediğini ortaya koymuştur.

Sandhani vd. (2020), 1980-2019 döneminde Hindistan'da iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemiştir. Zaman serisi ve panel veri analizi yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada artan sıcaklıkların ekonomik büyümeyi negatif yönlü etkilediğini göstermiştir.

Talib vd. (2021), 1961-2019 döneminde 32 Sahra altı Afrika ülkesinde sıcaklık ve yağış miktarının tarımsal üretim düzeyi üzerindeki etkisini incelemiştir. Panel veri analizi yönteminin kullanıldığı

çalışmada artan sıcaklıkların Sahra Altı Afrika’daki tarımsal büyüme ile önemli ölçüde olumsuz bir uzun dönemli ilişki geliştirdiği gösterilmiştir.

Baltacı ve Akyol (2022), 1990-2020 döneminde Türkiye’de iklim değişikliğinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini En küçük kareler (EKK) tahmincisi kullanarak analiz etmiştir. Araştırmacılar, artan sıcaklık ve yağış miktarının ülkenin kalkınma düzeyini pozitif yönlü ve anlamlı etkilediğini göstermiştir. Nem oranlarının ise sürdürülebilir kalkınma oranları üzerindeki etkisi negatif yönlü ve anlamlı bulunmuştur. Varyans ayrıştırma analizlerine göre ise iklim göstergelerinin kalkınmadaki dönemsel varyasyon değişimini önemli ölçüde açıklamaktadır.

Bu çalışmada Türkiye için iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi CO₂ emisyonları, ortalama yıllık sıcaklık ve yağış miktarı değişimleri üzerinden incelenmiştir. İklim değişikliğinin en temel nedeni sıcaklık değişimleridir. Sıcaklıkların azalıp, artması milyarlarca yıldır dünyanın doğal bir süreci olarak yer kürenin ikliminin değişmesine neden olmuştur. Ancak, son yüzyılda başta büyük batılı gelişmiş ülkeler ve de Çin ile Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerdeki artan endüstriyel faaliyetler, bunun yanında tüketim ve üretim kalıplarındaki değişimler CO₂ emisyonlarında olağanüstü bir artışa yol açmış, sıcaklıkların yükselişi dünyanın uyum sağlama kapasitesinin üstüne çıkmaya başlamıştır. Bu süreçte en fazla olumsuz etkilenenler ne yazık ki az gelişmiş ülkeler olmuştur². Bu ülkelerde çevresel CO₂ emisyon salınımı düşük olsa dahi küresel emisyon salınımları bu ülkelerde iklim değişikliğini tetiklemiştir. Bununla birlikte, Araştırmanın örneklemini oluşturan Türkiye dünyanın en büyük 20 ekonomisi içerisinde yer almaktadır. Bu bakımdan, küresel sera gazı emisyonu salınımı konusunda önemli bir role sahiptir. Bu nedenle araştırma kapsamında CO₂ emisyonları iklim değişikliğinin bir diğer standart göstergesi olarak kullanılmıştır. Araştırmada iklim değişikliği ve büyüme ilişkisinde kullanılan bir diğer açıklayıcı değişken ise yıllık ortalama yağış miktarı değişimidir. Yıl boyunca yağın yağış miktarı, sıcaklık artışlarındaki değişimlerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Sıcaklık anormal artış gösterdiği dönemlerde metre kare başına düşen yağış miktarı düşmekte, mevsimsel yağış dağılımı ise bozulmaktadır. Bu durum başta kuraklık ve sel olmak üzere birçok afeti tetiklemekte, ekonomi bundan olumsuz etkilenmektedir. Araştırma kapsamında bu üç değişkenin tahmin edilen EKK modelinde kullanılması, literatüre katkı sağlayacaktır. Araştırmada iklim değişikliği ve ekonomik büyüme ilişkisi incelenirken, klasik üretim fonksiyonu temel alınmış, nüfus ve sermaye oluşumu değişkenleri EKK modeline dahil edilmiştir. Bunun yanında iklim değişikliğinin genel fiyat düzeyi değişimleri üzerinde ciddi bir etkisi söz konusudur. Artan sıcaklıklar başta tarım sektörü olmak üzere tüm sektörleri ve üretim maliyetlerini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu bağlamda enflasyon oranları tahmin edilen EKK modellerine kontrol değişkeni olarak eklenmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Bu çalışmada 1968-2018 döneminde Türkiye’de ortalama yıllık sıcaklık artışları, ortalama yıllık yağış miktarı ve karbondioksit emisyonları (CO₂) ile ekonomik büyüme arasındaki ekonometrik ilişki incelenmiştir. Araştırmada iklim değişikliğinin iki tipik göstergesi olarak yıllık ortalama sıcaklık değişimleri ve CO₂ emisyonları ve bunun yanında yağış miktarı değişimi verisi kullanılmıştır. Bu değişkenler seçilirken ilgili literatür ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) veri tabanı temel alınmıştır³. Bu kapsamda, sıcaklık değişimlerini temsilen ortalama meteorolojik yıl değişim verileri kullanılmıştır. Sıcaklık oranlarında meydana gelen değişimler, yıllık yağış miktarını ve tarımsal üretim düzeyini olumsuz etkilemekte, kuraklığı ise arttırmaktadır. Aynı zamanda ekonominin diğer alanları sıcaklık artışlarından etkilenmektedir. Şekil 4’de Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklık değişiminin grafiği verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde sıcaklık değişimlerinin 2000’li yıllardan itibaren artış yönünde değiştiği görülmüştür.

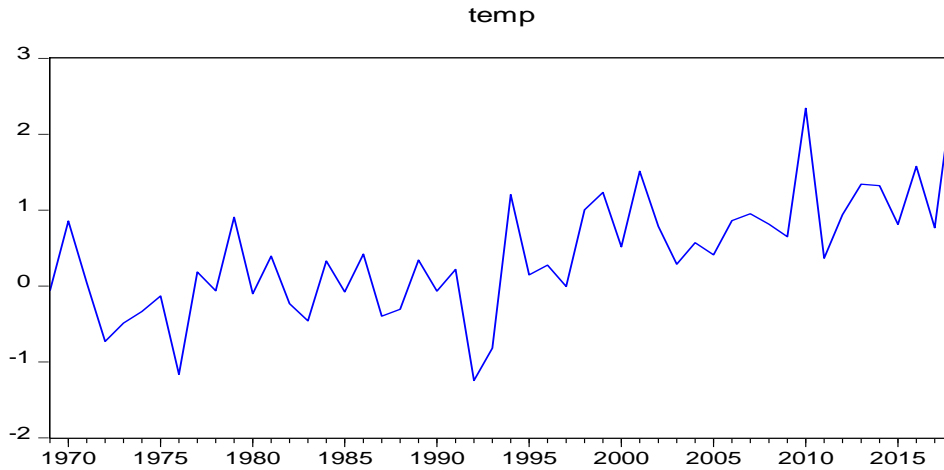
² Bakınız, IPCC (2022) WGII Sixth Assessment Report Technical Summary.

³ Bakınız: FAOSTAT (URL1)

Regresyon modelinde CO₂ emisyon verilerini temsilen toplam CO₂ emisyonları (kt) kullanılmıştır. İklim değişikliği olgusu dünyanın doğal bir süreci olarak ele alınabilir. Ancak, artan insan faaliyetlerinin sonucunda çevreye salınan sera gazları bu doğal devrimin hızını arttırmakta, ekosistemin ve biyosferin bu değişime uyumunu imkânsız hale getirmektedir. Sera gazları içerisinde ise CO₂ emisyonlarının oranı çok yüksektir. Şekil 3'de Türkiye'de CO₂ emisyonlarının dönemsel grafiği verilmiştir. Şekil 5'de görüldüğü üzere Türk ekonomisinin kalkınmasına paralel bir biçimde çevreye salınan CO₂ miktarı ve dolayısıyla çevresel kirlilik düzeyi artmıştır.

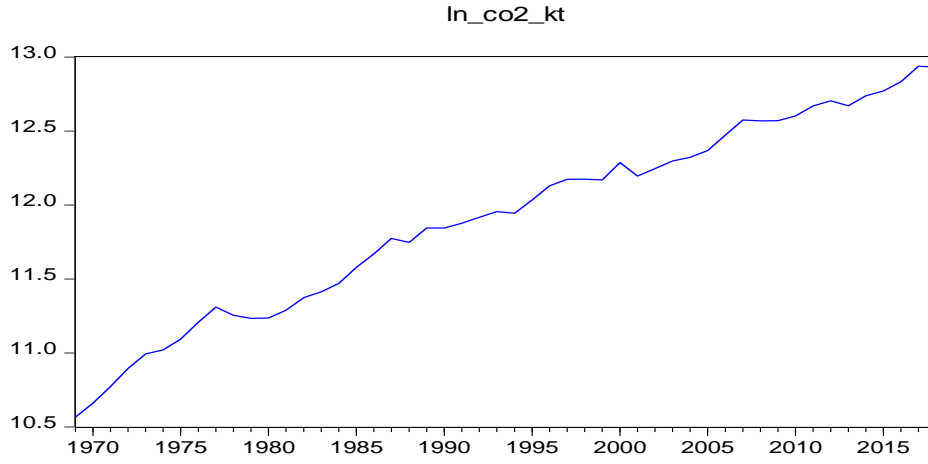
İklim değişikliği ve ekonomik büyüme ilişkisi incelenirken, sıcaklık değişimlerinin yanında ortalama yıllık yağış miktarı değişimleri de tahmin edilen analizlerde kullanılmaktadır. Bu nedenle, tahmin edilen EKK modeline ortalama yıllık yağış miktarı açıklayıcı değişken olarak dahil edilmiştir. Şekil 6'da Türkiye'de 1970-2018 döneminde yağın ortalama yağış miktarı (mm) verilmiştir.

Tablo 2'de kullanılan değişkenler ve temin edildikleri kaynaklar verilmiştir. Araştırmada ekonomik kalkınmayı temsilen ekonomik büyüme ve yatırım oranları kullanılmıştır. Ekonomik büyüme verisi olarak kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYH) yıllık değişim oranları ve yatırım oranları verisi olarak ise brüt sabit sermaye oluşumunun GSYH'ye oranı alınmıştır. Genel fiyat düzeylerindeki değişikliği temsilen tüketici fiyat değişimleri (enflasyon), beşerî sermayeyi temsilen ise nüfus oranları⁴ kullanılmıştır.

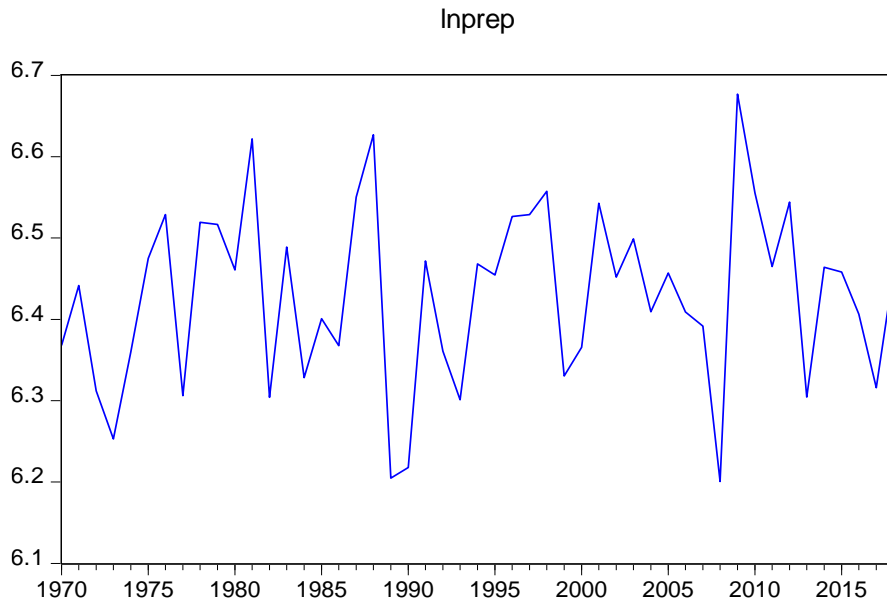


Şekil 4. Türkiye'de Yıllık Ortalama Sıcaklık Değişimi (1968-2018) (FAO'dan alınan veriler araştırmacı tarafından düzenlenmiştir.)

⁴ İşgücü oranlarına ilişkin veriler söz konusu gözlem aralığı için yetersiz olduğu için kullanılmamıştır.



Şekil 5. Türkiye CO2 Salınımının Dönemsel Grafiği (1968-2018) (Dünya Bankası’ndan alınan veriler araştırmacı tarafından düzenlenmiştir.)



Şekil 6. Türkiye’de Ortalama Yıllık Yağış Miktarının Dönemsel Grafiği (1970-2018) (MGM’den alınan veriler araştırmacı tarafından düzenlenmiştir.)

Tablo 2. Araştırma Değişkenleri

Değişken	Açıklama	Türü	Kaynak
Y	Kişi başına düşen GSYH	Yıllık yüzde büyüme oranları alınmıştır.	Dünya Bankası
INVEST	Yatırım oranları	Brüt sabit sermaye oluşumunun GSYH’ye oranı alınmıştır.	Dünya Bankası
TEMP	Sıcaklık değişimi	Meteorolojik yıl değişim verileri alınmıştır.	Gıda ve Tarım Örgütü
LNPREP	Ortalama yıllık yağış miktarı (mm).	Doğal logaritması alınmıştır.	T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)
LNCO ₂	Karbon salınımları	Toplam CO ₂ salınımı (kt) verilerinin doğal logaritması alınmıştır.	Dünya Bankası
INF	Enflasyon oranları	Tüketici fiyatlarının yıllık yüzde değişim oranları alınmıştır.	Dünya Bankası
POP	Nüfus oranları	Yıllık yüzde büyüme oranları alınmıştır.	Dünya Bankası

4.2. Yöntem

Araştırmada artan sıcaklıklar, yağış miktarı ve CO₂ emisyonlarının ekonomik kalkınma üzerindeki etkisi En Küçük Kareler (EKK) regresyon analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu temel alınarak kurulan ve enflasyonun etkisinin de hesaba katıldığı model fonksiyonu aşağıdaki gibidir⁵:

$$Y_t = f(TEMP_t, LNCO2_t, LNPREP_t, INF_t, POP_t, INVEST_t) \dots \dots \dots (1)$$

Buradaki Y bağımlı değişkeni ekonomik büyümeyi, TEMP yıllık sıcaklık değişikliğini, LNPREP ortalama yıllık yağış miktarını, LNCO₂ karbondioksit emisyonlarını, INF enflasyon oranlarını, POP nüfus oranlarını ve INVEST yatırım oranlarını temsil etmiştir. Değişkenler arasındaki regresyon ilişkisini gösteren EKK modeli ise aşağıda verilmiştir:

$$Y_t = \alpha_0 + \beta_1 TEMP_t + \beta_2 LNCO2_t + \beta_3 LNPREP_t + \beta_4 INF_t + \beta_5 POP_t + \beta_6 INVEST_t + \mu_t \dots \dots \dots (2)$$

EKK modelinde “α” sabit parametreyi, “β” eğim parametrelerini, “t” yılı, “μ” hata terimini temsil etmiştir.

5. BULGULAR

Araştırmada kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 3’de verilmiştir. Kullanılan örneklemin gözlem aralığını 49 yıl (T>30) oluşturmuştur⁶. Tablo 3’de görüldüğü üzere, bütün seriler normal dağılım sergilemiştir. Bağımlı değişken olan ekonomik büyümenin (Y) ortalama değeri 2.742, maksimum değeri 9.509, minimum değeri ise -7.147 bulunmuştur. Açıklayıcı değişkenler olan TEMP, LNPREP ve LNCO₂’nin ortalama değeri 0.415, 6.429 ve 11.934 bulunurken, maksimum değerleri 2.629, 6.676 ve 12.938, minimum değerleri ise -1.244, 6.200 ve 10.660’dır. Açıklayıcı değişkenler olan POP, INVEST ve INF serilerinin ortalama değeri 1.801, 21.821 ve 37.650 bulunurken, maksimum değerleri 2.397, 29.857 ve 105.215, minimum değerleri 1.192, 12.577 ve 6.250 bulunmuştur.

Araştırma değişkenleri arasındaki korelasyon ilişkisini ve herhangi bir çoklu doğrusallık probleminin olup olmadığını gösteren korelasyon matrisi ve varyans artış faktörü (VIF) verileri Tablo 4’de verilmiştir. Korelasyon matrisi, değişkenler arasındaki korelasyon ilişkisinin ve oluşabilecek herhangi bir çoklu doğrusallık probleminin gözlenmesi bakımından önemlidir. Tablo 4’de görüldüğü üzere, bağımlı değişken ekonomik büyüme ile sıcaklık değişimleri arasındaki korelasyon ilişkisi negatif, karbon salınımları ile arasındaki korelasyon ilişki pozitif yönlüdür. Yağış miktarı dağılımı ile ekonomik büyüme arasındaki korelasyon ilişkisinin gücü negatif yönlü bulunmuştur. Diğer açıklayıcı değişkenlerden yatırım oranları ile ekonomik büyüme arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif, nüfus ve enflasyon oranları ile ekonomik büyüme arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlüdür. Ortalanmış VIF istatistik değerleri, tahmin edilecek EKK modelinde herhangi bir çoklu doğrusallık probleminin olmadığını göstermiştir.

Araştırmada kullanılan seriler arasındaki ekonometrik ilişki tahmin edilmeden önce serilerin durağanlığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Durağan bir seri, birim kök içermeyen ve dolayısıyla kendi geçmiş değerlerinin hâkim olduğu bir trend değerini sergilemeyen serilerdir (Nasir ve Morgan, 2018:342). Durağan seriler ise uzun dönemde belli bir değere yaklaşır veya beklenen bir değer etrafında dalgalanırlar (Tatoğlu, 2017:3). Şayet bir seri durağan değilse (birim kök içeriyorsa) kendi iç değişimlerinden orantısal bir şekilde etkilenecek ve ortalamasına dönmeyecektir (Nasir ve Morgan, 2018:342). Mahadeva ve Robinson (2004)’ün ifade ettiği gibi makroekonomik değişkenlerin zaman içerisinde artması veya azalması çok sık görülür, ki bu

⁵ Araştırmada enflasyon oranları kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır. İklim değişikliği ve ekonomi ilişkisinde genel fiyat değişimlerinin belirleyici bir etkisi vardır. Nitekim, tahmin edilen EKK modellerinden enflasyon değişkenini çıkarıldığında modelin anlamlılık gücünün düştüğü, sıcaklık değişim katsayılarının anlamsızlaştığı görülmüştür.

⁶ Araştırmanın örneklemini oluşturan veriler 1968-2018 dönemini kapsarken, yağış dağılımı miktarı verisi 1970-2018 dönemini içermektedir.

İklim Değişikliği Türkiye’de Ekonomik Büyüme İçin Bir Risk Oluşturur mu?

seriler birim kök içeren değişkenlerin standart bir örneğini oluşturmaktadır. Birim kök sorununun olması durumunda, tahmin edilen modellerde sapmalar ve özellikle de sahte regresyon problemleri ortaya çıkabilir.

Araştırmada kullanılan serilerin durağanlığı ilk olarak geleneksel Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılarak incelenmiştir. Test sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Buna göre, INF ve INVEST dışındaki seriler düzeyde durağan iken, bu seriler birim kök sorunu içermektedir.

Geleneksel birim kök testleri içerisinde gösterilen ADF ve PP birim kök testleri özellikle çok uzun dönemi kapsayan serilerde meydana gelen değişim ve şokları göz ardı etmektedir. Bu bakımdan söz konusu yapısal kırılmaların varlığı altında bu testlerin güvenilirliği düşük kalmaktadır. Bu nedenle, araştırma dönemi boyunca yaşanan yapısal değişimler göz önünde bulundurularak, serilerin durağanlığı Lee ve Strazicich (2003, 2004) tarafından önerilen çift kırılmalı LM birim kök testi kullanılarak incelenmiştir. Test sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. LM testi sonuçlarına göre, LNCO₂ ve INF dışındaki seriler bir ve iki yapısal kırılma altında durağandır. LN (CO₂) ve INF serilerinin birinci farkı alındığında ise bu serilerin bir ve iki kırılma altında durağanlaştığı görülmüştür.

Tablo 3. Tanımlayıcı İstatistikler

	Y	TEMP	LNPREP	LNCO ₂	POP	INVEST	INF
Ortalama	2.742	0.415	6.429	11.934	1.801	21.821	37.650
Ortanca	3.168	0.365	6.454	11.955	1.669	22.869	29.137
Maximum	9.509	2.629	6.676	12.938	2.397	29.857	105.215
Minimum	-7.147	-1.244	6.200	10.660	1.1928	12.577	6.250
Std. Dev.	4.003	0.790	0.110	0.630	0.381	5.305	29.021
Skewness	-0.745	0.371	-0.127	-0.229	0.280	-0.135	0.587
Kurtosis	2.999	3.516	2.551	1.953	1.709	1.637	2.084
Jarque-Bera Prob.	4.539	1.675	0.543	2.663	4.043	3.939	4.534
Gözlem	49	49	49	49	49	49	49

Tablo 4. Korelasyon Matrisi ve VIF İstatistikleri

	Y	TEMP	LNPREP	LNCO ₂	POP	INVEST	INF
Y	1.000						
TEMP	-0.218	1.000					
LNPREP	-0.1187	0.137	1.000				
LNCO₂	0.159	0.613	0.099	1.000			
POP	-0.089	-0.503	-0.094	-0.887	1.000	-0.793	
INVEST	0.276	0.424	0.044	0.884	-0.793	1.000	
INF	-0.346	-0.224	0.114	-0.211	0.039	-0.136	1.000
VIF		1.461	1.081	1.442	3.451	3.058	1.285

Tablo 5. ADF ve PP Birim Kök Testi

	ADF		PP	
	Düzye	Fark (Δ)	Düzye	Fark (Δ)
Y	-6.783***	-11.503***	-6.781***	-22.795***
TEMP	-7.166***	-6.840***	-7.217***	-41.169***
LNPREP	-6.899***	-8.424***	-6.994***	-37.738***
LNCO₂	-3.382*	-6.802***	-3.413*	-7.030***
POP	-3.940***	-1.589	-1.272	-2.009
INF	-2.089	-7.312***	-2.089	-7.449***

INVEST	-2.571	-5.784***	-2.725	-5.965***
---------------	--------	-----------	--------	-----------

***, ** ve * değerleri $p < 0.01$, $p < 0.05$ ve $p < 0.10$ anlamlılığı temsil etmiştir.

Birim kök test analizleri uygulanırken, otomatik Newey-West Bandwidth yöntemi ve sabitli+ trendli varsayımı seçilmiştir.

"Δ", Fark operatörüdür.

Tablo 6. Lee & Strazicich (2003, 2004) LM Birim Kök Testi

Değişken	Düzy			
	Tek Kırılma		Çift Kırılma	
Y	-5.165***	1979 (3) ^a	-5.171***	1982, 2003 (3)
TEMP	-6.345***	1981(0)	-5.163***	1984, 1989 (1)
LNPREP	-4.095***	1992 (1)	-3.997**	2003, 2011 (1)
LNCO₂	0.316	2012 (8)	-1.620	1987, 1999 (1)
POP	-3.346*	1985 (2)	-4.343***	1984, 1988 (1)
INF	-2.086	1986(6)	-2.231	1979, 1986 (6)
INVEST	-4.231***	2000 (1)	-4.234***	1984, 2000 (1)
		Birinci Fark (Δ)		
ΔLN (CO₂)	-7.040***	2004(0)	-6.633***	1979, 1985(0)
ΔINF	-5.091***	1979 (0)	-5.695***	1998, 2003(2)

***, ** ve * değerleri $p < 0.01$, $p < 0.05$ ve $p < 0.10$ anlamlılığı temsil etmiştir.

"a", gecikme uzunluğunu temsil etmiştir. Birim kök testi uygulanırken maksimum gecikme uzunluğu "8" olarak seçilmiştir. Kritik değer gecikmesi için t testi ise 1.645 olarak seçilmiştir.

Araştırmada kullanılan serilerin düzey değerlerinde durağan olduğunun saptanması sonucunda değişkenler arasındaki ekonometrik ilişki EKK regresyon yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Tablo 7'de EKK sonuçları verilmiştir. LNCO₂ ve INF değişkenleri düzeyde durağan olmadığı için, bu değişkenler birinci farkları alınarak modele dahil edilmiştir. Böylece oluşabilecek bir sahte regresyon probleminin önüne geçilmiştir. Uygulanan otokorelasyon, değişen varyans, normallik, çoklu doğrusallık ve model kurma testi sonuçları, tahmin edilen modelde söz konusu problemlerin olmadığını göstermiştir. F ve Wald test sonuçları ise tahmin edilen modelin bir bütün olarak anlamlı olduğunu doğrulamıştır. EKK sonuçlarına göre, TEMP ile temsil edilen yıllık sıcaklık değişimlerinin GDP ile temsil edilen ekonomik büyüme üzerindeki etkisi negatif yönlü ve anlamlıdır. LNCO₂ ile temsil edilen karbon emisyonlarının ise ekonomik büyüme üzerindeki etkisi pozitif yönlü ve anlamlıdır. Son açıklayıcı değişken olan ve LNPREP ile temsil edilen ortalama yıllık yağış miktarının büyüme oranları üzerindeki etkisi anlamsız bulunmuştur. Diğer açıklayıcı değişkenlerden POP ile temsil edilen nüfusun ve C ile temsil edilen sabit değişkenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi anlamsız iken, INVEST ile temsil edilen yatırım oranlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi pozitif yönlü ve anlamlıdır. Buna karşın, INF ile temsil edilen enflasyon oranlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi negatif yönlü ve anlamlı bulunmuştur.

Tablo 7. EKK Regresyon Analizi

Y bağımlı değişkendir.				
Değişken	Katsayısı	Std. Hata	t-İstatistik Değeri	Prob.
TEMP	-1.314	0.698	-1.880	0.067*
LNPREP	0.309	4.288	0.072	0.942
ΔLNCO ₂	28.166	10.780	2.612	0.012***
POP	2.211	2.226	0.992	0.326
INVEST	0.455	0.150	3.028	0.004***
ΔINF	-0.066	0.034	-1.905	0.063*
C	-13.980	28.547	-0.489	0.626
R ²	0.453	Jarque-Bera Prob.	0.970	
F-İstatistik	5.800	Breusch Godfrey (χ²)	0.806	
Prob(F-İstatistik)	0.000****	Breusch Pagan Godfrey (χ²)	0.205	
Wald-F Testi (χ²)	34.805***	Ramsey Reset [1]	0.368	

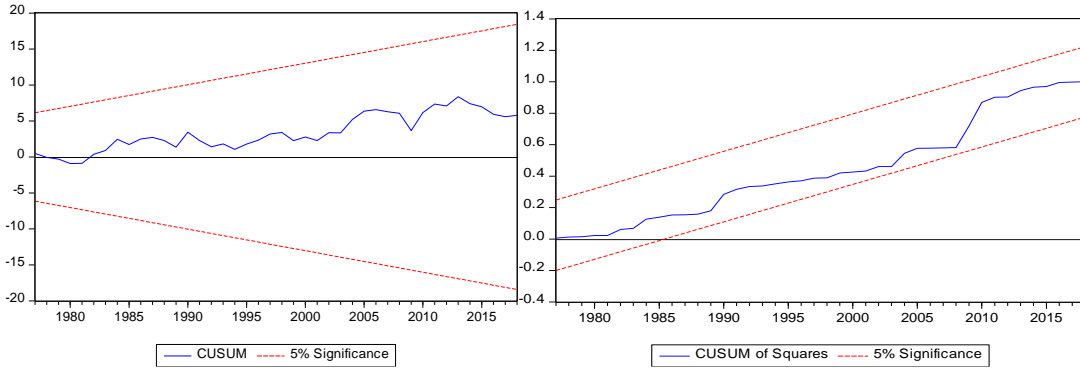
İklim Değişikliği Türkiye’de Ekonomik Büyüme İçin Bir Risk Oluşturur mu?

***, ** ve * değerleri $p < 0.01$, $p < 0.05$ ve $p < 0.10$ anlamlılığı temsil etmiştir.

Jarque-Bera normallik, Breusch Godfrey otokorelasyon, Breusch Pagan Godfrey değişen varyans ve Ramsey-Reset ise model kurma testidir.

“Δ”, birinci farkı temsil etmiştir.

Tahmin edilen EKK modelindeki katsayıların kararlı olup olmadığını gösteren CUSUM ve CUSUMSQ grafikleri Şekil 7’de verilmiştir. Şekil 7’deki grafiklerde görüldüğü üzere, test istatistikleri istikrarlı bulunmuştur.



Şekil 7. CUSUM ve CUSUMSQ Testi

6. SONUÇ

İklim değişikliği olgusu, dünyanın doğal tarihi içerisinde sürekli yaşanan bir durumdur. Ancak sanayi devrimi ile birlikte artan ekonomik faaliyetler, iklim değişikliğinin söz konusu doğal devinimini ve küresel ısınmayı hızlandırmıştır. İklim değişikliğinin en önemli etkisi tarım sektörüne olmasına karşın, ekonominin diğer sektörlerinin de iklim değişikliğine olan duyarlılığı artmıştır. Özellikle, az gelişmiş ülkelerde yaşanan iklimsel afetler ekonomi üzerinde ciddi oluşturmaktadır. Bu araştırma iklim değişikliğinin temsili göstergeleri olan yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarı değişimleri ile CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Türkiye örneği üzerinden incelemiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için ilk olarak serilerin durağanlık düzeyleri sınanmıştır. Bunun için geleneksel birim kök testlerinin yanında yapısal değişim ve şokları göz önünde bulunduran yapısal kırılmalı Lee & Strazicich (2003, 2004) LM birim kök testi kullanılmıştır. Tahmin sonuçları serilerin durağan olduğunu göstermesi üzerine iklim değişikliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki EKK regresyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Tahmin edilen EKK sonuçlarına göre, yıllık sıcaklık değişimlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi negatif yönlü ve anlamlıdır. Buna göre, sıcaklık değişimleri arttıkça ekonomik büyüme bundan olumsuz etkilenmiştir. Araştırma bulguları Dell vd. (2008), Akram (2012), Dell vd. (2012), Alagidede vd. (2014), Kahn vd. (2019), Kadanalı ve Yalçınkaya (2020) ile Sandhani vd. (2020), araştırmalarını desteklemiştir. Çevresel kirlilik düzeyini temsil eden CO₂ emisyonlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ise pozitif yönlü ve anlamlı bulunmuştur. Karbon emisyonlarındaki artışın en önemli nedenlerinin başında artan insan faaliyetleri gelmektedir. Dolayısıyla, ekonomik aktive artışının bir sonucu olan çevresel kirliliğin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi olumlu olmuştur. Ancak, buradaki temel sorun ilerleyen dönemlerde artan salınımların ekonomi ve çevre açısından ne ölçüde sürdürülebilir olacağıdır. Özellikle, çok sık görülmeye başlanan aşırı sıcaklık değişikliği ve şokları içerisinde CO₂ emisyonlarının ciddi bir payı vardır. Bu değişimler, başta sel olmak üzere birçok meteorolojik afete neden olabilmekte, bunun sonucunda ise ciddi ekonomik kayıplar ortaya çıkabilmektedir. Araştırma bulguları Azam ve ark. (2015), Bayramoğlu ve Yurtkur (2016), Çetintaş vd. (2016), Başar ve Akyol (2018) ile Bekar (2018), araştırmalarını desteklemiştir.

Ortalama yağış miktarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ise anlamsız bulunmuştur. Araştırmada kullanılan diğer açıklayıcı değişkenlerden enflasyon oranlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi negatif yönlü ve anlamlı, yatırım oranlarının etkisi ise pozitif yönlü ve anlamlı bulunmuştur. Nüfus oranlarının ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Araştırmanın sonuçları üzerinden aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir:

- Bu araştırma sıcaklık değişimleri ve CO₂ salınımlarının (çevresel kirliliğin) ekonomi ile olan yakın ilişkisini basit regresyon analizleri üzerinden teyit etmiştir. Sonuçlar, sıcaklık değişimlerinin ekonomik büyüme üzerinde negatif yönlü, CO₂ salınımlarının ise pozitif yönlü etkisi olduğunu göstermiştir. CO₂ salınımlarındaki artışın en önemli nedeni artan ekonomik aktivitedir. Dolayısıyla, ekonomik aktivite arttıkça CO₂ salınımları artmış, bunun sonucunda ise ekonomik büyüme olumlu etkilenmiştir. Ancak, CO₂ salınımlarının sıcaklık artışı üzerindeki rolü başta Paris İklim Anlaşması (2015) olmak üzere birçok uluslararası toplantı ve bilimsel çalışma ile belgelenmiştir. Bu bakımından, CO₂ salınımlarının ekonomik büyüme üzerindeki doğrudan etkisi pozitif yönlü olsa bile, sıcaklık değişimleri üzerinden negatiftir. Özellikle uzun dönemde, artan CO₂ salınımlarının tetiklediği sıcaklık artışlarının ekonomi üzerindeki olumsuz etkileri çok daha büyük olabilir. Bu nedenle, iklim değişikliği Türkiye ekonomisi açısından ciddi riskler taşımaktadır. Başta sanayi kesimi olmak üzere enerjinin yoğun kullanıldığı sektörler dünyada olduğu gibi Türkiye’de de CO₂ emisyonlarının en önemli sebebinin oluşturmaktadır. Bu bağlamda özellikle finans, turizm, bilgi ve iletişim teknoloji gibi enerjinin nispeten az olduğu sektörlerle yönelimin teşvik edilmesi, sanayi sektöründe enerji verimliliğini mümkün kılacak yöntemlerin kullanılması, ayrıca üretim ve tüketim kalıplarını çevresel maliyetleri azaltacak şekilde değişmesini sağlayacak politikaların uygulanması gelecekte yaşanabilecek GSYH kayıplarının önlenmesi açısından son derece önemlidir. Böylece bir taraftan sürdürülebilir büyüme sağlanırken, bir taraftan da çevresel maliyetler düşürülebilir, iklim değişikliği kontrol altında tutulabilir.
- Bu bakımdan politika yapıcıları, araştırmacılar ve piyasa katılımcıları Türkiye’de çevresel kirlilik ve ekonomik kalkınma ilişkisini gözden geçirirken sıcaklık değişimlerini de hesaba katmalıdır.
- Aynı zamanda, politika yapıcıların iklim değişikliğinin etkilerini denetim altına alacak politikalar geliştirmeleri, afet strateji ve eylem planlarını bu yönde revize etmeleri çok önemlidir.
- İlerde yapılacak araştırmalar özellikle sektörel bazda Türk ekonomisi ve iklim değişikliği arasındaki ilişkiyi ve riskleri göstermesi bakımından son derece önemli olacaktır.

KAYNAKLAR

Akram, N. (2012). Is Climate Change Hinder Economic Growth of Asian Economies? Asia-Pacific Development Journal, 19(2):1-18.

Alagidede, P., Adu, G. ve Frimpong, P. B. (2014). The Effect of Climate Change on Economic Growth. World Institute for Development Economics Research, Working Paper, 017:1-15.

Alataş, S. (2021). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Sektörel Analizi: OECD Ülkeleri Örneği. Journal of Emerging Economies and Policy, 6(1), 124-136.

Appiah, K., Du, J., Yeboah, M. ve Appiah, R. (2019). Causal Relationship between Industrialization, Energy Intensity, Economic Growth and Carbon Dioxide Emissions: Recent Evidence from Uganda. International Journal of Energy Economics and Policy, 9(2), 237-245. DOI: <https://doi.org/10.32479/ijeep.7420>

- Azam, M., Khan, A.Q., Abdullah, H., ve Qureshi, M. (2015). The impact of CO2 Emissions On Economic Growth: Evidence From Selected Higher CO2 Emissions Economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 6376-6389. DOI: 10.1007/s11356-015-5817-4
- Baltacı, N. ve Akyol, H. (2022). Examining the Impact of Climate Change on Sustainable Development: Case of Turkey. Pınar HAYALOĞLU ve Seyfettin ARTAN (eds), *Current Debates on Sustainable Development* (pp.73-92), London: IJOPEC Publication Limited.
- Başar, S. ve Akyol, H. (2018). Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonu ile İktisadi Büyüme arasındaki İlişkinin Tespit Edilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(23):332-347.
- Bayramoğlu, A. T. ve Yurtkur, A. K. (2016). Türkiye’de Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Doğrusal Olmayan Eşbütünleşme Analizi. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(16): 31-45.
- Bekar, S. A. (2018). The Relationship between Co2 Emission and Economic Growth in Turkey: 1977-2014. *UIİİD-IJEAS*, Prof. Dr. Harun Terzi Özel Sayısı:193-206. DOI: 10.18092/ulikidince.428059
- Colacito, R., Hoffmann, B., Phan, T. ve Sablik, T. (2018). The Impact of Higher Temperatures on Economic Growth. *Federal Reserve Bank of Richmond, Economic Brief*, EB18-08:1-5.
- Çetintaş, H., Bicil, İ. M. ve Türköz, K. (2016). Türkiye’de CO2 Salımları Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 53(619): 57-67.
- Dell, M., Jones, B. F. ve Olken, B. A. (2008). Climate Change and Economic Growth: Evidence from The Last Half Century. *National Bureau of Economic Research, Working Paper*, 14132:1-46.
- Dell, M., Jones, B. F. ve Olken, B. A. (2012). Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3): 66-95. DOI: <http://dx.doi.org/10.1257/mac.4.3.66>
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement. *NBER Working Papers Series*, 3914.
- Hayaloglu, P. (2018). İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(25):51-62.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). WGII Sixth Assessment Report- Summary for Policymakers, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (Last Acceded: 30.05.2022)
- Jones, B., Olken, B. ve Dell, M. (2009). Does Climate Change Affect Economic Growth? *VOXEU CERP*, <https://voxeu.org/article/does-climate-change-affect-economic-growth> (Last Acceded: 15.07.2021)
- Kadanalı, E. ve Yalcinkaya, O. (2020). Effects of Climate Change on Economic Growth: Evidence from 20 Biggest Economies of the World. *Romanian Journal for Economic Forecasting, Institute for Economic Forecasting*, 0(3): 93-118.
- Kahn, M. E., Mohaddes, K., Ng, R. N. C., Pesaran, M. H., Raissi, M. ve Yang, J. C. (2019). Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis. *IMF Working Paper*, 215.
- Karakaya, E., Yılmaz, B. ve Alataş, S. (2019). How Production-Based and Consumption-Based Emissions Accounting Systems Change Climate Policy Analysis: The Case Of CO₂ Convergence. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 16682-16694. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05007-2>
- Kocak, E. (2014). Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(3), 62-73.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1): 1-28.
- Lee, M. ve Strazicich, M. C. (2003). Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks. *The Review of Economics and Statistics*, 85(4): 1082-1089.

Lee, M. ve Strazicich, M. C. (2004). Minimum LM Unit Root Test with One Structural Break. <https://econ.appstate.edu/RePEc/pdf/wp0417.pdf> (Last Acceded: 15.07.2021)

Ma, X., Ge, J. ve Wang, W. (2017). The Relationship between Urbanization, income Growth and Carbon Dioxide Emissions and The Policy Implications for China: A Cointegrated Vector Error Correction (VEC) Analysis. *Nat Hazards*, 87,1017–1033. DOI 10.1007/s11069-017-2807-5

Mahadeva, L. ve Robinson, P. (2004). Unit Root Testing to Help Model Building. Andrew Blake ve Gill Hammond (eds.). *Handbooks in Central Banking*, 22:1-47. Bank of England, London.

Nakıpoğlu Özsoy, F. (2021). Turizm Sektörü ve Çevre Kirliliği Arasındaki İlişkinin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Çerçevesinde İncelenmesi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1), 1-19. DOI:<https://doi.org/10.11616/basbed.v21i60671.750236>

Nasir, M. A. ve Morgan, J. (2018). The Unit Root Problem: Affinities between Ergodicity and Stationarity, Its Practical Contradictions for Central Bank Policy, and Some Consideration of Alternatives. *Journal of Post Keynesian Economics*, 41(3): 339-363. DOI:10.1080/01603477.2017.1387060

Saatçi, M. ve Dumrul, Y. (2011). Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi İçin Yapısal Kırılmalı Eş-Bütünleşme Yöntemiyle Tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 66 (37): 65-86.

Sandhani, M., Pattanayak, A. ve Kumar, K.S.K. (2020). Impact of Climate Change on Economic Growth: A Case Study of India. *Madras School of Economics, Working Paper*, 204:1-47.

Talib, M. N. A., Ahmed, M., Naseer, M. M., Slusarczyk, B. ve Popp, J. (2021). The Long-Run Impacts of Temperature and Rainfall on Agricultural Growth in Sub-Saharan Africa. *Sustainability, MDPI*, 13(2): 1-16. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13020595>

Tatoğlu, F. Y. (2017). Panel Zaman Serileri Analizi. Beta Basım Yayım Dağıtım A. Ş., İstanbul.
T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2021). KEP Verileri. <https://www.mgm.gov.tr/> (Son Erişim Tarihi:30.05.2021).

T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2021). Türkiye 2020 Yılı İklim Değerlendirmesi. İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

United Nations (2015). Paris Agreement. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (Last Acceded: 15.07.2021)

URL 1, <https://public.emdat.be/> (Son Erişim Tarihi: 15.06.2021)

URL 2, <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx> (Son Erişim Tarihi: 15.06.2021)

URL 3, <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Son Erişim Tarihi: 15.06.2021)

URL 4, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Son Erişim Tarihi: 15.06.2021)