

PAPER DETAILS

TITLE: Türkiye İmalat Sanayisinde Enerji Tüketimi, Karbon Emisyonu ve İhracat: Esbütünleşme ve Nedensellik Analizi

AUTHORS: Abdullah Takim, Müsemma Çökerdenoglu

PAGES: 845-865

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3947261>



GAZİANTEP UNIVERSITY JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES

Journal homepage: <http://dergipark.org.tr/tr/pub/jss>



Araştırma Makalesi • Research Article

DOI: 10.21547/jss.1487980

Türkiye İmalat Sanayisinde Enerji Tüketimi, Karbon Emisyonu ve İhracat: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi

Energy Consumption, Carbon Emissions and Exports in Turkish Manufacturing Industry: Cointegration and Causality Analysis

Abdullah TAKIM^a Müsemma ÇÖKERDENOĞLU^{b*}

^a Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Erzurum / TÜRKİYE
ORCID: 0000-0003-0187-8862

^b Arş. Gör., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Ömer Seyfettin Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Balıkesir / TÜRKİYE
ORCID: 0000-0003-2905-2974

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 22 Mayıs 2024

Kabul tarihi: 8 Şubat 2025

Anahtar Kelimeler:

İmalat sanayi ihracatı,

Enerji tüketimi,

Karbon emisyonu.

ÖZ

Enerji, ekonomik faaliyetler ve üretim süreçlerinde temel bir girdi olarak öne çıkmaktadır. Ülkelerin ekonomik büyüme performansı ve dış ticareti üzerinde kritik bir rol oynayan enerji, sanayileşmenin hızla artması, küresel ekonominin gelişimi ve ticaretin serbestleşmesi gibi faktörlere bağlı olarak talep artışıyla karşı karşıyadır. Bu talebin en belirgin bir şekilde ortaya çıktığı alanlardan biri, sanayi sektörünün temel alt dalını oluşturan ve üretim süreçlerinde enerjiyi önemli ölçüde kullanan imalat sanayi sektörüdür. İmalat sanayi, üretimin ve tüketimin gerçekleştiği geniş bir yelpazede faaliyet gösteren ve çeşitli alt sektörleri kapsayan bir endüstri dalıdır. Bu endüstri dalı, malların üretiminden tasarımına, işleme süreçlerinden geri dönüşümüne ve tüketiciye ulaşmaya kadar tüm aşamalarında enerjiyi kullanmaktadır. Özellikle hammaddenin işlenmesinden başlayarak tüketildiği son noktaya kadar üretim ve imalatla ilgili tüm endüstriyel faaliyetlerde kullanılan yoğun enerji tüketimi, sera gazı emisyonlarının önemli bir kaynağıdır. Gelişmekte olan ülkelerin büyüme sürecinde rol oynayan imalat sanayi Türkiye için kritik bir role sahiptir. GSYH içindeki payı %20'lerde olmasının yanı sıra toplam ihracatının %87'si gibi büyük bir kısmını oluşturmaktadır. 1991-2021 yıllarını kapsayan bu çalışmada Türkiye imalat sanayi enerji tüketiminin karbon emisyonu ve ihracatı arasındaki ilişki Johansen eşbütünleşme yöntemi ve Toda-Yamamoto nedensellik analizi kullanılarak test edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre imalat sanayi ihracatı, enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Toda-Yamamoto nedensellik analizine göre ise imalat sanayi ihracatı ile karbon emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu bu değişkenlerin karşılıklı olarak birbirini etkilediği, imalat sanayi enerji tüketiminden ihracata doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: May 22, 2024

Accepted: February 8, 2025

Keywords:

Manufacturing industry export,

Energy consumption,

Carbon emission.

ABSTRACT

Energy stands out as a fundamental input in economic activities and production processes. Energy, which plays a critical role in the economic growth performance and foreign trade of countries, is facing an increase in demand due to factors such as the rapid increase in industrialization, the development of the global economy and the liberalization of trade. One of the areas where this demand is most evident is the manufacturing industry, which constitutes the main sub-branch of the industrial sector and makes significant use of energy in production processes. The manufacturing industry is a branch of industry that operates in a wide range of areas where production and consumption take place and covers various sub-sectors. This industry uses energy at all stages from the production of goods to their design, from processing to recycling and until they reach the consumer. The intensive energy consumption used in all industrial activities related to production and manufacturing, especially from the processing of raw materials to the final point of consumption, is an important source of greenhouse gas emissions. The manufacturing industry, which plays a role in the growth process of developing countries, has a critical role for Turkey. Its share in GDP is around 20% and it accounts for 87% of Turkey's total exports. In this study covering the period 1991-2021, the relationship between Turkey's manufacturing industry energy consumption, carbon emissions and exports is tested using Johansen cointegration method and Toda-Yamamoto causality analysis. According to the results of the analysis, it is determined that there is a long-run relationship between manufacturing industry exports, energy consumption and carbon emissions. According to Toda-Yamamoto causality analysis, it is determined that there is a bidirectional causality relationship between manufacturing industry exports and carbon emissions, these variables mutually affect each other, and there is a unidirectional causality relationship from manufacturing industry energy consumption to exports.

* Sorumlu yazar/Corresponding author.
e-posta: mcokerdenoglu@bandirma.edu.tr

EXTENDED ABSTRACT

With the rapid population growth and industrialisation in emerging countries, the demand for energy is increasing rapidly. Energy is a mandatory production factor in production processes and is seen as the main input. It is one of the main indicators reflecting the potential for economic and social development. Since energy increases total production and living standards, It can be asserted that a linear relationship exists between socioeconomic improvements. In addition, it can be said that economic development and increase in welfare also increase energy consumption. For this reason, energy consumption generally proceeds in parallel with economic growth. Because economic growth is generally associated with increased production and industrial activities. Since production and industry require large amounts of energy, the demand for energy increases. Therefore, the impact of energy on economic growth has been widely analysed and discussed in the literature. Energy is used in all economic processes, is considered as the main input and is seen as the key input of economic growth. However, in recent years, the carbon emission caused by energy consumption has come to the fore. It is stated that a large portion of carbon emissions arise from the use of fossil resources in the energy sector and carbon emissions gradually increase as energy consumption increases. For this reason, the interaction between energy consumption and carbon emissions has been an important topic of economic analysis in the recent literature. One of the main reasons for this is the increase in demand for energy used in all economic activities with globalisation and industrialisation. In particular, the acceleration of international trade not only encourages economic growth, but also leads to an increase in energy use and greenhouse gas emissions in developing countries such as Turkey. Although there is a widespread empirical literature on this subject, this study differs from other studies in that energy consumption and carbon emissions are analysed within the scope of the sector. In the study, the manufacturing industry sector, which is particularly important for Turkey, is taken into consideration. The manufacturing industry sector is one of the most important sub-sectors of the industrial sector and includes twenty-one sub-sectors. Manufacturing industry is the branch of industry in which raw materials to be used in production are processed and transformed into intermediate products. Manufacturing industry plays an essential role in terms of growth and development. Most of the goods that are the driving force of growth and subject to trade are produced in the manufacturing industry. Manufacturing industry is very important especially in terms of providing added value, offering employment opportunities, providing international competitiveness, and implementing technology and innovation policies. Increasing the share of sectors in the total production of developing countries like Turkey is seen as one of the distinguishing features of development. Although the share of Turkey's manufacturing industry sector in GDP has increased over time, the share of the sector is 21 per cent today. The manufacturing industry, which also has an important share in foreign trade, meets 87% of total export. With the start of the industrialisation process, energy has become the locomotive and driving force of industry. Production activities in the manufacturing industry require intensive energy use. As a result of energy use, gases that increase environmental pollution emerge. The reason for this situation is due to the use of fossil fuels and the production of industrial activities by ignoring the environment. Therefore, the primary focus of the study is on energy use and carbon emissions, which are key contemporary concerns. Furthermore, upon reviewing the literature, it became apparent that no sector-specific study exists. Despite having a high share in Turkey's exports, the manufacturing industry, which is one of the main causes of environmental pollution and stands out with its high energy requirements, has not been adequately addressed in previous studies. Thus, this study seeks to address this gap in the existing literature. The manufacturing industry, which is one of the main sectors of Turkey's largest exporter group, constitutes another source of the study. Therefore, production and export processes are closely related to energy consumption and environmental impacts. The fact that the manufacturing industry accounts for 87% of total exports and the high need for energy to sustain production activities further increases the importance of this study. Consequently, this study examines the connection between energy consumption, carbon emissions, and exports of the Turkish manufacturing sector from 1991 to 2021 using the Johansen cointegration test and Toda-Yamamoto causality analysis. The results of the analyses revealed that there is a long-run relationship between the variables. It is seen that there is a bidirectional causality relationship between the exports of the manufacturing industry and carbon emissions and that both variables affect each other. There is a unidirectional causality from energy consumption to exports. Approximately 40 per cent of manufacturing industry exports are made to the EU. Considering this situation, environmental and climate issues such as the Paris Agreement and the Green Deal, which are on the agenda, come to mind. It reveals that Turkey needs to work especially in the field of energy and that it should focus more on renewable energy sources. In addition to these, production forms should focus on technology and carbon emission should be prevented. In this regard, it is very important for Turkey to develop its policies and take sustainability measures in the developing world market and changing commercial conditions.

Giriş

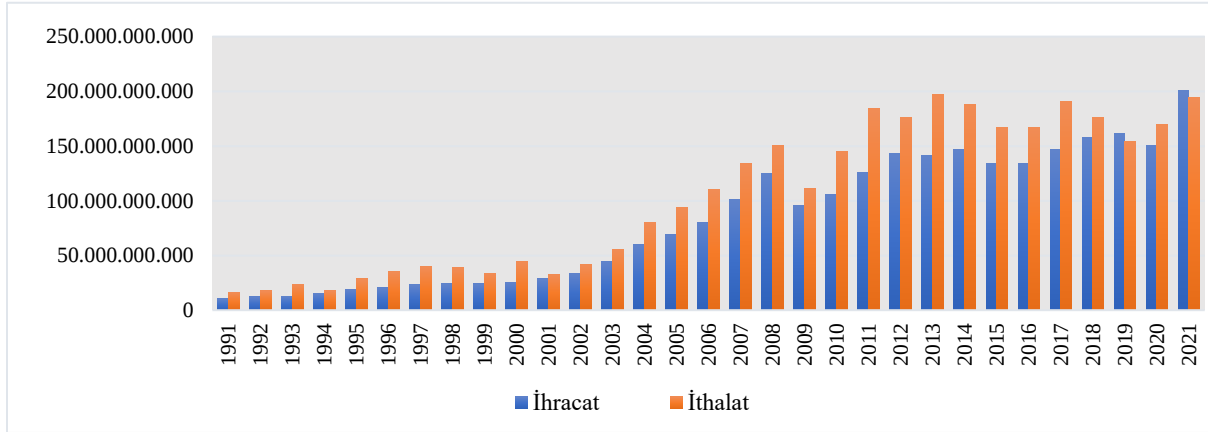
İhracat, bir ülkenin yurt içinde ürettiği mal ve hizmetlerin uluslararası piyasalara satılması demektir. Ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkiler yaratan ihracat, döviz gelirlerini artırarak ihtiyaç duyulan teknolojinin ve sermaye mallarının ithalatı için finansman sağlar ve ülke ekonomisinin üretim potansiyelini artırır (Doyle, 2001, s. 32). Bu bağlamda, ekonomik büyümenin ihracat artışıyla desteklendiğini savunan dört temel ihracata dayalı büyüme hipotezi bulunmaktadır. Keynesyen yaklaşım, ihracat artışının dış ticaret çarpanı etkisiyle gelir artışına neden olduğunu öne süren ilk teorik yaklaşımdır. İkinci yaklaşım, ihracattan elde edilen dövizin ara ve sermaye malı ile teknolojinin ithalini finanse ederek büyümeye katkı sağladığını ileri sürmektedir. Üçüncü yaklaşım, ihracat artışının rekabetçi bir ortam oluşturarak piyasalarda bir dizi değişikliğe neden olduğu belirtilmektedir. Saatçioğlu ve Karaca'nın (2004) belirttiği üzere rekabet ortamı, ekonomilerin yeni teknolojileri uygulama ve bunlara uyum sağlama sürecinde yenilikleri teşvik eder ve maliyetleri azaltma yolunda bir itici güç oluşturur. İhracattaki artış, işletmelerin daha geniş pazarlara erişimini ve daha fazla müşteriye ulaşmasını sağlar. Bu durum, işletmelerin ölçek ekonomilerinden faydalanma imkânını artırır. Ölçek ekonomileri, bir işletmenin üretim miktarını artırarak birim maliyetlerini düşürmesine olanak tanır (Ramos, 2001, s. 614; Awokuse, 2005, s. 128). Bu doğrultuda ihracat, daha etkili yönetim ve üretim yöntemleri aracılığıyla ekonomiye olumlu dışsallıklar kazandırır (Özcan ve Özçelebi, 2013, s. 3). Özellikle sanayi sektörü, bu dışsallıklardan en çok yararlanan alanlardan biri olarak, bir ülkenin ekonomik kalkınma seviyesinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Sanayi sektörünün alt dalı olan imalat sanayi, ekonomi içerisinde diğer sektörlerin büyümesine ve gelişimine katkı sağladığı için büyümenin lokomotifi olarak görülmektedir (Kaya ve Yalçınkaya, 2016, s. 96-97). İleri teknoloji, verimlilik ve rekabetçi üretim sayesinde imalat sanayisi ekonomide büyümeyi teşvik eder, istihdamı artırır ve uluslararası arenada rekabet gücü kazandırır. Bu nedenle, bir ülkenin sanayileşme sürecinde imalat sanayisine odaklanması genellikle ekonomik başarı için kritik öneme sahiptir. Türkiye'nin ihracat yapısı büyük ölçüde imalat ürünlerine dayanmaktadır. Toplam ihracatının %87'si imalat sanayisi tarafından yapılmaktadır ve imalat sanayinin GSYH'deki payı %20'dir.

Sanayileşme ekonomik büyümenin yanı sıra doğal kaynakların kullanımını ve enerjiye olan talebi artırmaktadır. Enerji, üretim süreçlerinde aktif rol oynayan önemli bir girdidir. Neoklasik iktisat teorisine göre, enerji genellikle bir ara madde olarak kabul edilmektedir. Buna karşılık, biyofizik ekonomisi yaklaşımı enerjiyi merkezi bir rolde ele alır. Bu yaklaşıma göre üretimin temel faktörü enerjidir ve enerji, diğer üretim faktörlerini sağlamak ve üretim sürecini desteklemek için gereklidir. Enerjiye olan gereksinim ve bundan kaynaklı enerji talebindeki artış, fosil kaynaklı enerjiye olan talebi beraberinde getirerek CO₂ gibi sera gazı emisyonlarını da artırmaktadır. Weber vd. (2008), özellikle gelişmekte olan ülkelerin dış ticaretinin enerji kullanımına bağlı olduğu ve bu durumun sera gazı emisyonlarına yol açtığını belirtmektedir. Bu durum doğal çevrenin hızla değişmesine, iklim değişikliğine ve ekosistemlerin dengesizleşmesine yol açmaktadır (Özbay, 2023, s. 83). Özellikle Türkiye'nin sanayileşme ve ekonomik büyüme süreçlerindeki ilerlemesinin küresel sera gazı emisyonları üzerindeki etkileri incelendiğinde; Türkiye'nin küresel CO₂ emisyonu sıralamasında 1960 yılında 38. sırada, 2019'da ise 16. sırada olduğu görülmektedir (Global Carbon Atlas, 2021). Son zamanlarda çevre kirliliğinin azaltılması amacıyla ihracat ve ithalat yapılması şartının öne sürülmesiyle birlikte ülkelerarasındaki ticaret koşullarının karbon emisyonunu ve enerji tüketimini azaltılması yönündeki politikaların tartışılması dış ticaret ve enerji tüketimi değişkenlerinin önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca sera gazı emisyon azaltımı taahhüdüne dayanan Paris Anlaşması, Yeşil Mutabakat gibi uluslararası çevre politikalarını uygulamaya çalışan Türkiye'nin, çevre performansını ele alan çalışmalara gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, 1991-

2021 yıllarına ait veriler kullanılarak Türkiye'nin imalat sanayi ihracatının, imalat sanayi enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasındaki ilişki eşbütünleşme ve nedensellik testleri kullanılarak incelenmiştir. Karbon emisyonu ile ilgili son verilerin 2021 yılında yayımlanması sebebiyle bu analizde yer alan tüm değişkenler için son yıl olarak 2021 yılı kabul edilmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde imalat sanayi teorik açıdan ele alınmış, sektöre ait dış ticaret değerleri, enerji tüketimi ve karbon emisyonu verileriyle bu bilgiler desteklenmiştir. İkinci bölümünde literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde metodoloji ve yöntem hakkında bilgiler verilmiş daha sonra analiz sonuçları değerlendirilip özetlenmiştir.

Teorik Çerçeve

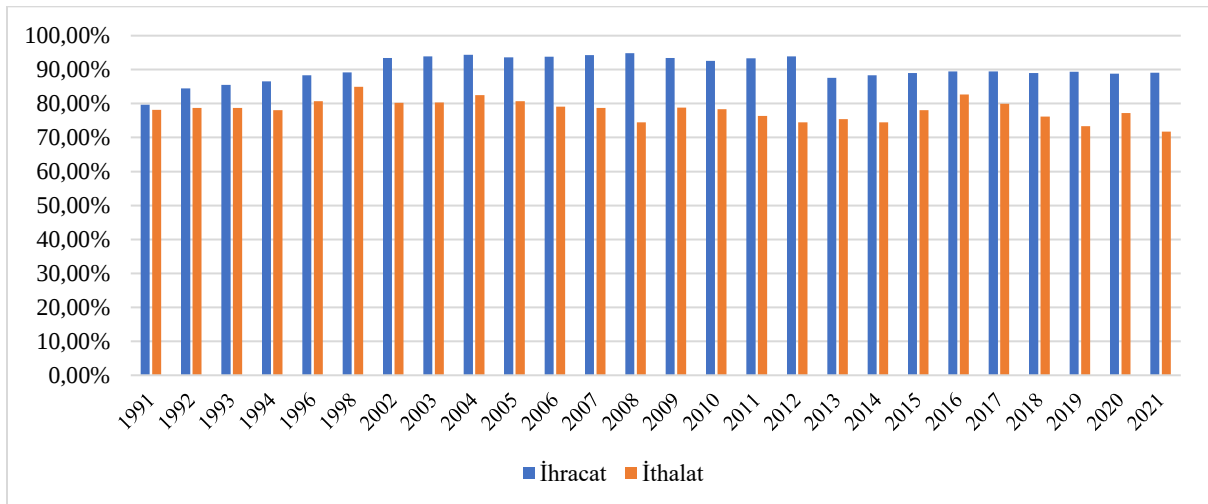
Sanayileşme, bir ülkenin hem ekonomik gelişiminin hem kalkınma politikalarının temelinde yer almaktadır. Bu süreçte hem üretim kapasitesinin artırılması hem de ekonomik kalkınmanın desteklenmesi açısından imalat sanayi kritik bir rol üstlenmektedir. İmalat, genel anlamda bir ürünün üretim sürecini ifade ederken, imalat sanayi hammaddelerin ya da yarı mamullerin makine veya insan emeği kullanılarak sanayi ürünlerine dönüştürüldüğü endüstri dalıdır. İmalat sanayi, nihai ürünlerin üretimini sağlayan ve çeşitli ekonomik faaliyetlerin temelini oluşturan çok geniş kapsamlı bir sektördür. Sektör, hammaddelerin işlenmesi, kullanılması, üretilmesi aracılığıyla bitmiş mal ya da mamul olarak ekonomiye katma değer sağlamaktadır. Ayrıca ülkenin ihracat potansiyelini artırma, istihdam sağlama, teknolojik ilerleme ve inovasyonu teşvik etme, ekonomik çeşitlilik ve dönüşüm sunmaktadır. İmalat sanayi sektörü, değer yaratma, ürün çeşitliliğini artırma, ürünlerin geliştirilmesi ve yüksek katma değerli ürünlerin üretiminde aktif rol oynadığı için sektörlerin üretim kapasitesi ve verimlilik düzeyleri açısından rekabet güçlerinde önem taşımaktadır. Sektör, hizmet ve tarım gibi diğer endüstrilerin gelişimini etkilemektedir. Özellikle hizmet sektöründe üretkenliği artıran ulaşım araçları, tarım sektöründe verimliliği yükselten makine ve teçhizatlar ile ilaç ve gübreler, imalat sanayi sektörünün teknoloji geliştirme süreçleri sayesinde üretilip kullanılmaktadır. Bir ülkenin gelişmişlik düzeyinde kritik bir değere sahip olan imalat sanayi hem kendi hem de diğer sektörlerin gelişimini desteklemesi nedeniyle büyümenin temel dinamiği olarak değerlendirilmiştir (Tunç, 2007, s. 64). Sektörler arası iş birliği ve endüstriyel ilişkileri imalat sanayi sektörünün entegre bir yapısının olduğunu vurgulamaktadır. Sektör üretimi, istihdamı desteklemekte, ekonomik çeşitliliği artırmakta, yeniliklere fırsatlar sunmakta ve daha fazla sermaye birikimi sağlamaktadır (Haykır ve Aydın, 2019, s. 516). Aynı zamanda bünyesinde barındırdığı farklı alt sektörlerle geniş bir kapsama sahiptir. Bu çeşitlilik, sistemsel ve sektörel şoklar karşısında ekonomiyi daha dirençli kılmaktadır (Ritchie vd., 2012, s. 4). Bulutay (2005), imalat sanayiye verimlilik artışının, temel kaynağı olduğunu belirtmektedir ve sektörün hem istihdam hem de üretimde önemli bir paya sahip olduğuna dikkat çekmektedir. Ayrıca, ülkenin GSYH'sine de önemli ölçüde katkı sağlayarak, bireylerin satın alma gücünü artırmakta ve talep düzeyini olumlu yönde etkilemektedir. Yüksek katma değer yaratma ve rekabetçi olma potansiyeline sahip olan sektör, dış ticaret dengesini sağlama veya dış ticaret açığını kapatma noktasında kritik bir rol oynamaktadır. Aşağıda yer alan grafikler, imalat sanayinin hem dış ticaret değerlerine katkısı hem de GSYH içindeki payını göstererek, sektörün ekonomideki önemini, verilerle desteklemektedir.



Grafik 1: İmalat Sanayi İhracat ve İthalat Değerleri (\$)

Kaynak: TÜİK, Sektörel Dış Ticaret Verileri

Grafik 1, Türkiye'nin 1991'den 2021'e kadar olan dönemdeki imalat sanayi sektörüne ait ihracat ve ithalat değerlerini göstermektedir. İhracat ve ithalat değerleri genel eğilimleri incelendiğinde, her iki durumda da artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Ancak değerler bazı yıllarda azalış gösterdiğinden dönem içerisinde dalgalanmalar ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin imalat sanayi ihracatı 1991'den 2008'e kadar sürekli bir artış göstermiş, 1991 yılında 10.829 milyar dolar olan imalat sanayi 2008 yılında 125.187 milyar dolara ulaşmıştır. İhracat hacminde 2008'deki küresel ekonomik krizle birlikte bir düşüş yaşanmış, 125.187 milyar dolar olan ihracat, 2009 yılında 95.449 milyar dolara düşmüştür. Ancak, kriz sonrası dönemde sektörde tekrar artış trendine girildiği gözlemlenmiştir. 2020'de ise küresel COVID-19 pandemisinin etkisiyle bir düşüş olmasına rağmen 2021 yılında hızla toparlanarak rekor seviyelere ulaşmış ihracat 150.616 milyardan 200.585 milyar dolara yükselmiştir. İmalat sanayi sektörünün ithalat verilerine bakıldığında da benzer bir eğilim görülmektedir. 1991 yılından 2008 yılına kadar sektör ithalatı 16.446 milyardan 150.252 milyar dolara kadar yükselmiştir. 2009 yılında 11.030 milyar dolara düşen ithalat dönemsel dalgalanmalar ve farklı artış oranları göstermeye devam etmiştir. 2020 yılında 169.390 milyar dolar olan imalat sanayi ithalatı 2021'de pandeminin etkisinin azalmasıyla tekrar artış trendine girmiştir.

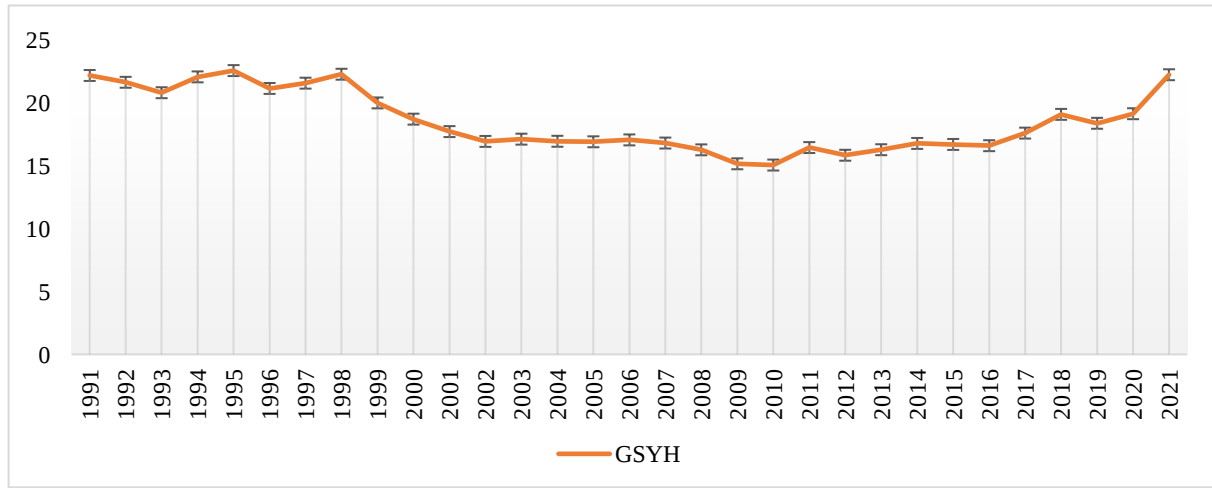


Grafik 2: İmalat Sanayi İhracat ve İthalatının Toplam İhracat ve İthalat İçerisindeki Payı

Kaynak: TÜİK, Sektörel Dış Ticaret verilerinden alınarak yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Grafik 2'de imalat sanayi sektörünün Türkiye'nin toplam ihracat ve ithalat içerisindeki payı verilmektedir. Türkiye'nin toplam ihracatının ortalama %87'sinin imalat sanayi sektörü

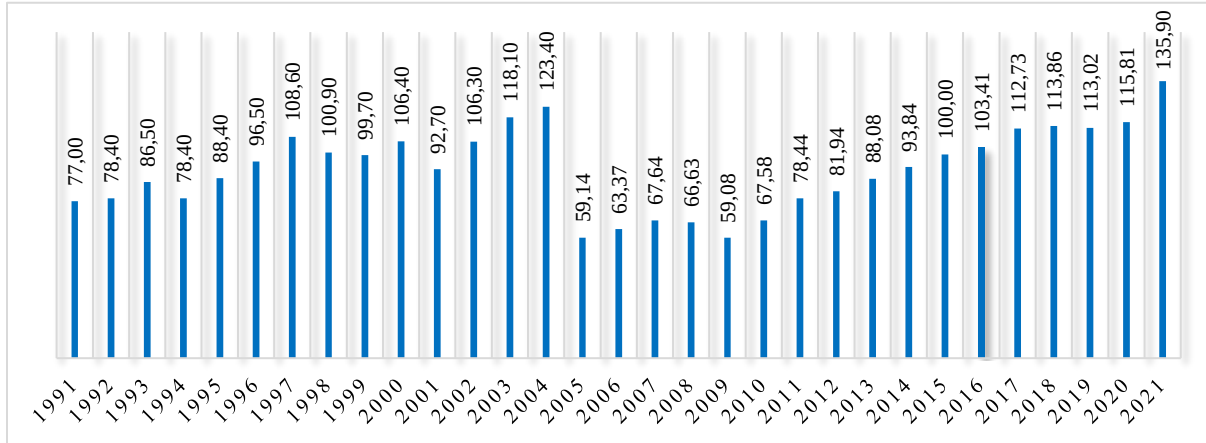
tarafından karşılandığı görülmektedir. 1991 yılında toplam 13.59 milyar dolarlık ihracatın 10.83 milyarı imalat sanayi sektörü tarafından yapılmıştır. Bu değer, toplam ihracatın %79'unu karşılamaktadır. Toplam ihracattan sektörün en fazla aldığı pay %94.32 ile 2004 yılında yaşanmıştır. 2021 yılında yine toplam ihracatın %89'u imalat sanayi sektörü tarafından karşılanmaktadır. Bu, Türkiye'nin ihracatının önemli bir kısmının imalat sanayi ürünlerine dayandığını göstermekte, Türkiye'nin toplam ihracattaki oranı ile imalat sanayi sektörünün önemi gözler önüne serilmektedir. İmalat sanayinin ithalat değerleri incelendiğinde 1991 yılında 21.02 milyar dolarlık toplam ithalat yapılmış, 16.45 milyar dolar ithalatın yani %78'i imalat sanayi karşılamaktadır. Toplam ithalat içerisinde en fazla payı %82.72 ile 167.243 milyar dolar ile 2016 yılında yapılmıştır. 2021 yılında toplam ithalat içerisindeki payı 194.737 milyar dolar ile %71'dir. İmalat sanayi sektörünün toplam ihracat içerisindeki payı yüksek seviyelerde olmasına rağmen imalat sanayi dış ticaret dengesi incelendiğinde aslında sektörün dış ticaret açığı verdiği görülmektedir. 1991 yılında 5.617 milyar dolar dış ticaret açığı 2011 yılında 57.967 milyar dolar olmuştur. Genellikle 1991-2020 yıllarında dış ticaret açığı veren sektör, yalnızca 2021 yılında 5.847 milyar dolar dış ticaret fazlası vermiştir.



Grafik 3: İmalat Sanayi Katma Değerinin GSYH İçindeki Payı

Kaynak: OECD

Ülkenin gelişim süreci değerlendirilirken; en temel göstergelerden biri imalat sanayinin GSYH içerisindeki yeridir. İmalat sanayinin ekonomi içerisindeki payı ülkenin sanayileşme seviyesini, endüstriyel gelişimini ve ekonomik yapısını anlamak için önemli bir göstergedir. Grafik 3'te imalat sanayinin GSYH içindeki payı gösterilmiştir. Sektörün GSYH payı büyüme hızı istikrarsız bir seyir göstermektedir. 1991 yılında %22.17 dolaylarında iken sonrasında azalmalar yaşayarak bu değer 1993'te %20 civarına gerilemiştir. 1994-1998 yılına kadar %20'lerin üzerinde gerçekleşmiş daha sonra 2000 yılı ile azalışlar devam etmiş, 2010 yılında bu değer %15'e kadar düşmüştür. Sonraki yıllarda dalgalanmalar yaşanmış 2013 yılı itibariyle sektörün payı yükselmeye başlamıştır. Son olarak 2021 yılında imalat sanayi sektörünün GSYH içerisindeki payı %22.23 dolaylarında gerçekleşmiştir.



Grafik 4: İmalat Sanayi- Sanayi Üretim Endeksi

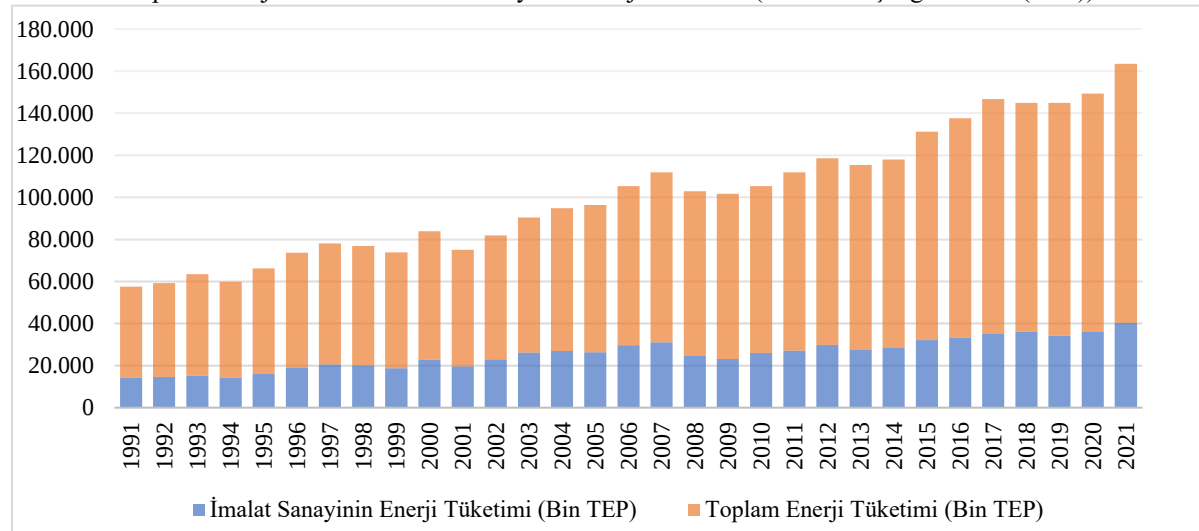
Kaynak: TÜİK (2015=100)

Sanayi üretim endeksi, belirli dönemlerde ülkenin sanayi sektöründeki faaliyetlerini gösteren en önemli göstergelerden biridir. Bu endeks sanayi sektörünün mevcut durumunun, sanayi üretimindeki artış-azalış değişimlerinin karşılaştırmalı olarak takip edilmesini sağlamaktadır. Ekonomi içinde sanayi sektöründe meydana gelen gelişmeleri ve uygulanan politikaların etkililiğini, kısa dönem içerisindeki değişimleri ölçmek amacıyla kullanılmaktadır. Endeks, Türkiye İstatistik Kurumu tarafından aylık olarak açıklanmakta, imalat, elektrik gaz, buhar ve iklimlendirme üretimi ve dağıtımı, madencilik ve taş ocakçılığı olarak farklı sanayi gruplarını kapsamaktadır. Grafik 4'te 1991-2021 yılları arasında imalat sanayi üretim endeksi verilmiştir. 1991 yılında %77 olan imalat sanayi üretim endeksi, 2021 yılında %135.90'a ulaşmıştır. Söz konusu dönem boyunca endeks yaklaşık %59 oranında artış göstermiştir. Bu durum, imalat sanayinin üretimde önemli bir büyüme kaydettiğini ancak, endeksin keskin iniş çıkışları nedeniyle izlediği seyrin istikrarsız olduğunu ortaya koymaktadır. En düşük sanayi üretim endeksi değeri %59.08 ile 2009 yılında gerçekleşmiştir. Grafikte 4'te de görüldüğü üzere imalat sanayi üretim endeksi 2008 yılında yaşanan küresel kriz, 2020 yılında yaşanan Covid-19 salgını, ekonomik ve siyasi olaylardan imalat sanayi, ciddi bir şekilde etkilenmiştir. 2021 yılında dünya genelinde pandemiye karşı mücadelede aşının bulunması toplumda güvenin artmasına ve ekonomik aktivitenin canlanmasına katkıda bulunmuş ve bu gelişmeler imalat sanayisini pozitif yönde etkilemiştir. Sanayi üretim endeksi, imalat sanayinde 2021 yılında %35'lik bir artış kaydetmiştir. Bu artış, sektörün pandemi sonrası dönemde bir iyileşme yaşadığını göstermektedir.

Üretim, reel ekonomik büyümenin temelini oluşturur ve genellikle emek ve sermaye gibi iki temel faktöre dayanmaktadır. Ancak endüstriyel devrim enerjinin, üretim süreçlerinde önemli bir bileşeni hâline gelmesini sağlamış, enerji üretim süreçlerinde daha etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Enerji, ekonomik büyüme sürecinde sosyal ve politik anlamda oldukça önemlidir. Üretim girdilerinden biri olan enerji; tarım, sanayi ve ulaşım gibi temel sektörlerin tüm faaliyetlerdeki kullanımı nedeniyle ekonomideki enerji arzı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Enerjinin temel faktör olarak kabul edilmesinin nedeni nihai mal üretiminde kullanılan bir faktör olması ve emek ve sermayeyi ikame edebilir olmasıdır (Stern, 2004; Pata, 2016, s. 33). Geleneksel büyüme teorilerini savunan iktisatçılara göre enerji ara mal olarak değerlendirilmektedir (Cheng ve Andrews, 1998, s. 35). Hammaddeleri işleyerek geniş bir ürün yelpazesi üreten imalat sanayi sektörü, genellikle diğer endüstrilere de hammadde, bileşen veya nihai ürün tedarik etmektedir. Üretim ve tüketim süreçlerinde kritik bir konuma sahip olan bu sektör, yoğun enerji talebi ve beraberinde enerji tüketimini getirmektedir. Gökçe (2007), sanayide kullanılan enerji miktarının üretim miktarını artırdığını ve artan üretim miktarı

beraberinde hasıla artışına neden olduğunu dolayısıyla sanayide kullanılan enerji miktarının ekonomik büyümenin artmasını sağladığını ifade etmektedir. Ayrıca, enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişki “büyüme hipotezi” ile açıklanmaktadır. Büyüme hipotezine göre enerji, üretim süreçlerinde emek ve sermayeyi tüm aşamalarda tamamlayan temel faktördür. Bu sebeple ekonomik büyüme üzerinde enerjinin rolü çok önemlidir. Aynı zamanda hipoteze göre enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu, enerji tüketiminde meydana gelen artışın ekonomik büyümeyi artırdığı veya enerji tüketimindeki azalışın, ekonomik büyümeyi azaltacağı öne sürülmektedir.

Grafik 5: Toplam Enerji Tüketimi-İmalat Sanayinin Enerji Tüketimi (Bin-Ton Eşdeğer Petrol (TEP))

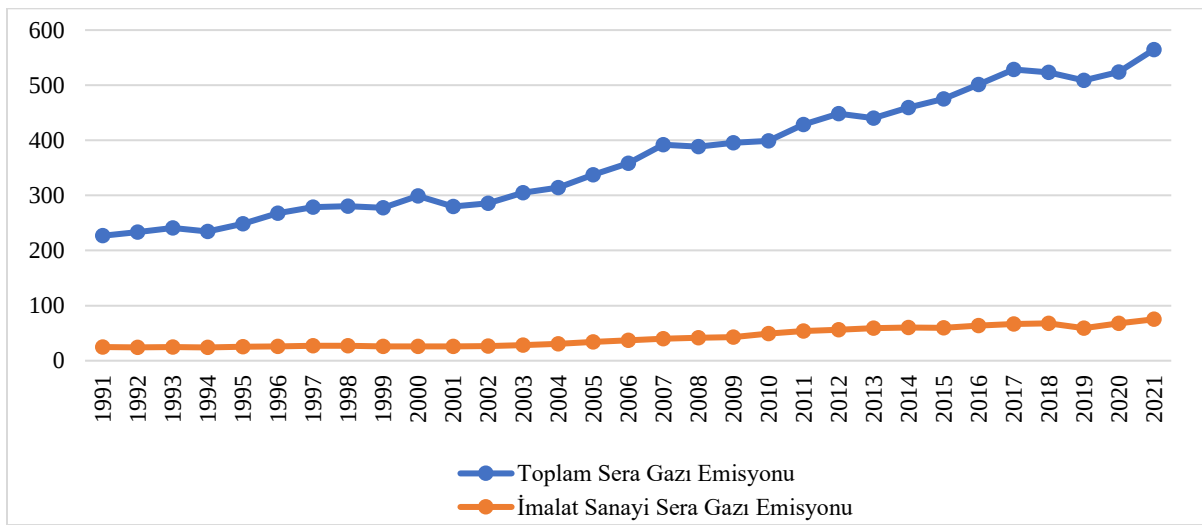


Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Grafik 5’te T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre Türkiye’de toplam enerji tüketimi ve imalat sanayinin enerji tüketimi verileri düzenlenmiştir. 1991-2021 yılları arasında sektörde enerji tüketiminde bir istikrarsızlık görülmektedir. 1996’dan 1997’ye ve 2005’ten 2007’ye kadar olan dönemlerde enerji tüketiminde önemli artışlar yaşanmıştır. 1994, 1998, 2001 ve 2008 gibi ekonomik krizlerin yaşandığı yıllardan sonra imalat sanayi sektörü faaliyetlerindeki azalmanın ve akabinde enerji tüketiminde meydana gelen dalgalanmaların makul bir zemine oturtulması gelecekte de bu tip olayların sektör hacmi ve enerji tüketimine etkileri incelenirken göz önünde bulundurulması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu dönemlerdeki ekonomik belirsizlik ve azalan talep, sektörde üretim aktivitelerinde azalmalara yol açmıştır. 1991 yılında imalat sanayinin enerji tüketimi 14.400 ton eşdeğer petrol iken; 2021 yılında 40.334 ton eşdeğer petrole yükselmiştir. Bu, yaklaşık olarak üç katlık bir artışa denk gelmektedir. 2020 yılında pandeminin etkisiyle 2021 yılında aşılardan yaygınlaşması ekonomilerdeki kısıtlamaların kademeli olarak kaldırılması ve tüketim talebinin yeniden canlanmasıyla birlikte ekonomik toparlanma süreci başlamıştır. Bu durum, imalat sanayi gibi enerji yoğun sektörlerde üretimin artmasına ve dolayısıyla enerji tüketiminde artışlara yol açmıştır. Türkiye’nin sektörel enerji tüketimi verileri incelendiğinde ise 2021 yılında %33 ile sanayi sektörü, %28 ile çevrim ve enerji sektörleri %28, ulaştırma ise %24 enerji tüketimi en fazla olan sektörler olarak öne çıkmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Aynı zamanda enerji yoğunluğu imalat sanayinin sektörlerine göre de farklılık göstermektedir. Ana metal, kimya ve kimyasal ürünler ve metalik olmayan mineraller yoğun enerji kullanan sektörler iken; büro ve hesaplama makinaları, makine ve ekipman, elektrikli makine, motorlu taşıtlar gibi sektörlerde az enerji yoğun olan sektörlerdir. Ara düzeyde enerji yoğun olan imalat sanayi alt sektörü ise petrokimyasallar, kâğıt, hamur ve basım ağaç ve ağaç

ürünleri, gıda ve tütün ve deri tekstil sektörleridir (UNIDO Industrial Development Report, 2011, s. 60).

Ekonomik büyüme ve gelişme artan üretim ve tüketim faaliyetleriyle ilişkilidir. Ancak artan üretim ve tüketim sonucunda doğanın dengesi bozulmakta ve doğal yapı olumsuz yönde etkilenmektedir. Üretim faaliyetleri ve endüstriyel süreçler, sera gazı emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Bu gazların miktarlarında meydana gelen artış hem küresel ısınma hem de iklim değişikliği gibi iki sorunu ortaya çıkarmış, bu da dünya ülkeleri için önemli sorun hâline gelmiştir. İmalat sanayi ülkelerin ekonomik dinamik gücünü oluşturmaktadır. Ancak sektörün büyümesi genellikle üretim için tüketilen kömür, doğalgaz ve petrol gibi karbon temelli enerji kaynaklarının miktarını artırdığından sera gazına neden olmaktadır. İmalat sanayi, hem doğrudan üretim süreçlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarıyla hem de sektörün genel enerji talebiyle dolaylı olarak sera gazı üretimi ile ilişkilidir (Ünlüoğlu ve Dağdemir, 2023, s. 22).



Grafik 6. İmalat Sanayi Sera Gazı Emisyonu (CO₂ Eşdeğeri)

Kaynak: TÜİK, Sera Gazı Emisyon verileri (2021)

Atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının dağılımı endüstriyel olarak farklılık göstermektedir. Bu farklılık çeşitli endüstrilerin faaliyetlerine ve üretim süreçlerine bağlı olarak ortaya çıkar. Bazı sektörler diğerlerinden daha fazla sera gazı emisyonuna neden olurken bazı sektörlerin sera gazına etkisi daha azdır (Olokesusi ve Ogbu, 1995, s. 368). Grafik 6'da Türkiye'de toplam sera gazı emisyon (milyon ton) CO₂ eşdeğeri değerleri verilmiştir. Sera gazı emisyonlarına ilişkin veriler en son 2021 yılına kadar yayımlandığından son yıl olarak 2021 değerlendirilmiştir. Türkiye'de 1991 yılında toplam 226.8 milyon ton CO₂ eşdeğeri iken 2021 yılında bu değer 564.4 milyon ton CO₂ eşdeğerine ulaşmıştır. 2001 yılından itibaren bu değer sürekli olarak artmıştır. İmalat sanayi sektörüne ait sera gazı emisyon milyon ton CO₂ eşdeğeri incelendiğinde 2001 yılından itibaren sürekli bir artış görülmektedir. 1991 yılında 24.68 milyon ton CO₂ eşdeğeri iken 2021 yılında 75.1 milyon ton CO₂ eşdeğerine yükselmiştir. 2021 yılında sera gazı emisyonunun %13.31'i imalat sanayiden kaynaklanmaktadır. Türkiye'de 1991-2021 yılları arasında toplam sera gazı emisyonunun ortalama %71'i enerji, %12'si imalat sanayi sektöründen %17'si tarım sektöründen kaynaklanmaktadır.

Literatür Taraması

Bu bölümde konu ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Literatür incelendiğinde daha çok enerji tüketimi-büyüme, enerji tüketimi- cari açık, enerji tüketimi-dış ticaret dengesi, karbon emisyonu-büyüme arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaların yoğunlukta olduğu

gözlemlenmiştir. Mevcut literatürde özellikle sektör bazında değişkenler kullanılarak ele alınan çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada literatürde belirtilen eksiklikten yola çıkılarak ve imalat sanayinin Türkiye ihracatı açısından önemli bir sektör olması nedeni ile imalat sanayi ihracatının enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Narayan ve Smyth (2005), 1974-2002 dönemleri yıllık verileri kullanarak 6 Ortadoğu ülkesine panel eşbütünleşme ve VECM analizi yapmıştır. Çalışmada kişi başına düşen GSYH, elektrik tüketimi ve ihracat arasındaki ilişki incelenmiştir. Analiz sonucuna göre değişkenler arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi ortaya çıkmıştır.

Jalil ve Mahmud (2009), 1975-2005 yılları verilerini kullanarak Çin'deki karbon emisyonları, gelir, dış ticaret ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi ARDL yöntemiyle incelemiştir. Analiz bulguları, karbon emisyonlarının uzun dönemde enerji tüketimi ve gelir tarafından belirlendiğini ancak ticaret ile karbon emisyonu arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığını göstermektedir.

Halıcıoğlu (2009), Türkiye'nin 1960-2005 yıllarına ait verileri kullanarak karbon emisyonları, gelir, dış ticaret ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Granger nedensellik analizi kullanılan çalışmada Türkiye'de karbon emisyonlarını açıklamada öncelikle gelir düzeyinin daha sonra enerji tüketimi ve dış ticaretin geldiğini ortaya koymuştur.

Hossain (2011), 1971-2007 yıllarına ait verileri kullanarak yeni sanayileşmiş ülkeler (NIC) üzerinde Panel eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi yapmıştır. Karbon emisyonları, ekonomik büyüme, ticari açıklık, enerji tüketimi ve kentleşme arasındaki dinamik nedensel ilişkileri test etmiştir. Değişkenler arasında uzun vadeli nedensellik ilişkisine dair bir kanıt olmadığını analiz etmiştir. Ekonomik büyümeden enerji tüketimine ekonomik büyüme ve ticari açıklıktan karbon emisyonlarına, ticari açıklıktan ekonomik büyümeye tek yönlü kısa vadeli nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna varmıştır.

Farhani vd (2014), Tunus'un 1971-2008 yıllarına ait karbon emisyonu, ticaret, enerji tüketimi ve büyüme verilerini kullanarak ARDL yöntemi ile değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Analiz bulgularına göre değişkenler arasında uzun dönemli ve çift yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Al-Mulali ve Sheau-Ting (2014), 1990-2011 yıllarında 6 farklı bölgeden 189 ülkeye ait ticaret, enerji tüketimi, karbon emisyonu, ihracat ve ithalat verilerini kullanarak değişkenler arasındaki ilişkiyi OLS (FMOLS) testi ile analiz etmiştir. Analiz sonuçlarına göre; Doğu Avrupa dışında kalan tüm bölgelerde ticaret değişkenleri ve enerji tüketimi, ticaret ve karbon emisyonu arasında uzun dönemli pozitif bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.

Kesingöz ve Karamelikli (2015), Türkiye'nin dış ticaret, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi faktörlerinin karbon emisyonları üzerinde bir etkisinin olup olmadığını 1960-2011 yıllarına ait verileri kullanarak ARDL sınır testi ile incelemiştir. Sonuçlara göre karbon emisyonunun, dış ticaret ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu ortaya çıkmıştır.

Anatasia (2015), Tayland ve Malezya'da 1978-2008 dönemlerine ait GSYH, enerji tüketimi, ihracat ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Tayland'da ihracattan ve GSYH'den karbon emisyonuna ve enerji tüketimine tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Malezya'da ise enerji tüketiminden ve ihracattan karbon emisyonuna doğru nedenselliğin tek yönlü olduğu sonucuna varılmıştır.

Topallı (2017), 1960-2013 yıllarına ait Brezilya, Çin, Hindistan, Güney Afrika ve Türkiye'nin büyüme, ihracat ve karbon emisyonu verilerini kullanarak Konya (2006) panel

nedensellik analizi ile uzun dönemli ilişkiyi incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre Türkiye ve Güney Afrika'da ihracattan karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedenselliğe rastlanırken Brezilya, Hindistan ve Çin'de ihracat ve karbon emisyonu arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Haug ve Ucal (2019), doğrudan yabancı yatırım ve dış ticaretin karbon emisyonları üzerindeki etkisini Türkiye'yi baz alarak ARDL testi ile incelemiştir. Analiz sonuçları uzun dönemde ihracattaki azalmanın karbon emisyonlarını azalttığını, ithalattaki artışların ise karbon emisyonlarını arttırdığını ortaya koymuştur.

Gardiner ve Hajek (2019), 1990-2015 yılları arasında sekiz yeni, on beş eski AB ülkelerine enerji tüketimi, CO₂ emisyonları, GSYH, doğrudan yabancı yatırım, net ihracat ve sanayi istihdamı arasındaki ilişkiyi varyans ayrıştırma, eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi kullanarak analiz etmiştir. Analiz sonucunda eski AB ülkelerinin GSYH, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasında kısa dönemli çift yönlü nedensellik bulunurken GSYH'den enerji tüketimi ve CO₂ emisyonlarına doğru tek yönlü nedensellik tespit etmiştir. Varyans ayrıştırma analizi sonucunda ise GSYH'de yaşanacak bir şokun %22'sinin eski AB ülkelerinde enerji tüketimi, CO₂ ve istihdamdaki dalgalanmalardan kaynaklandığını, yeni AB ülkelerinde ise %53,1'inin CO₂, istihdam ve doğrudan yabancı yatırımlardan kaynaklandığını sonucunu ortaya koymuştur.

Çütçü (2019), 1970-2015 yıllarında Türkiye'de sanayide kullanılan elektrik tüketimi ve dış ticaret dengesi arasındaki ilişkiyi araştırmış, çalışmanın sonucunda değişkenler arasındaki ilişkinin uzun dönemli olduğunu ve nedensellik ilişkisinin çift yönlü olduğunu tespit etmiştir.

Akbulut (2021), 2003-2014 yıllarında Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) ülkeleri için karbon emisyonu, ticari açıklık ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi Panel ARDL yöntemi ile incelemiştir. Araştırmacı, uzun dönemde enerji tüketiminin anlamlı ve pozitif olduğunu, ticari açıklığın anlamlı ama etkisinin negatif olduğu sonucuna varmıştır. Uzun dönemde karbon emisyonundan, enerji tüketimine ve ticari açıklığa doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu, enerji tüketimi ve ticari açıklık arasındaki nedenselliğin çift yönlü olduğu bulgusuna rastlamıştır.

Yılmaz ve Karabiber (2022), Türkiye'nin 1974-2019 yılları arasında ihracat, doğrudan yabancı yatırımlar, GSYH ve çevre kirliliğine ait verileri kullanarak ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi yapmışlardır. Analiz sonucuna göre, ihracatın karbon emisyonunu istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde etkilediğini, çalışmada doğrudan yabancı yatırımlar ile karbon emisyonu arasında güçlü bir bağlantının olduğunu ancak değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı sonucuna varmıştır.

Özekenci (2023), 1990-2015 yılları verilerini kullanarak, Türkiye'nin doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme, ihracat ve enerji tüketimi faktörlerinin karbon emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. ARDL sınır testini kullanarak analiz yaptığı çalışmada karbon emisyonu, enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımlar arasında uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişkinin olduğu karbon emisyonu, ihracat ile büyüme arasındaki ilişkinin anlamsız ve negatif olduğu sonucuna varmıştır.

Yeter (2023), 2016:01-2020:02 dönemine ait aylık verileri kullanarak Türkiye'nin elektrik tüketimi ile imalat sanayi üretimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada Engle ve Granger, Phillips ve Ouliaris, Hansen ve Shin eşbütünleşme testleri ile değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişki analiz edilmiştir. Değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinin olduğunu ve sanayi üretiminin elektrik tüketimi üzerindeki etkisine nazaran elektrik tüketiminin sanayi üretimi üzerindeki etkisinin daha güçlü olduğunu tespit etmiştir.

Kazanasmaz vd. (2023), 1967-2017 yıllarına ait ekonomik büyüme, elektrik tüketimi ve karbon emisyonuna ait verileri kullanarak Johansen eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi ile kısa ve uzun dönemli dinamik ilişkileri analiz etmiştir. Çalışmada Türkiye’de, elektrik tüketiminin büyüme üzerinde uzun dönemde pozitif bir etkiye sahipken karbon emisyonunun ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin negatif olduğu sonucuna varmıştır.

Mahmood vd. (2023), 1995-2020 yılları arasında on iki MENA ülkesine ait Doğrudan Yabancı Yatırımlar (DYY), ihracat ve ithalatının tüketime dayalı karbon emisyonlara katkısı Mekânsal Otoresif (SAR) modelini kullanarak analiz etmiştir. Analiz sonucuna göre MENA bölgesinin ihracatı, tüketime dayalı karbon emisyonlarını azaltmakta ve emisyonları ithalatçı ortaklarına aktarmaktadır. Ayrıca ihracat ve ithalatın yayılma etkinin pozitif olduğu durumda bir MENA ülkesinin ihracatı veya ithalatı sonucunda diğer MENA komşu ülkelere tüketime dayalı karbon emisyonlarını aktardığını tespit etmiştir. Aynı zamanda, DYY'nin çoğunlukla maden, inşaat ve kimya sektörlerinde gerçekleştiği için tüketime dayalı karbon emisyonlarını artırdığı sonucuna varmıştır.

İzgi (2023), 1990-2014 yılları içerisinde Türkiye’nin imalat sanayi-sanayi üretim endeksi, karbon emisyonu, enerji tüketimi ve GSYH arasındaki ilişkiyi Johansen eşbütünleşme testi ile incelemiştir. Çalışmada GSYH, enerji tüketimi ve imalat sanayi-sanayi üretim endeksinin karbon emisyonları üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Ünlüoğlu ve Dağdemir (2023), 1998-2018 yıllarına ait kişi başına karbon emisyonu, kişi başına imalat sanayi GSYH, kişi başına düşen imalat sanayisinde tüketilen enerji miktarı verileri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre uzun dönem de imalat sanayi üretimi ile karbon emisyonu miktarı arasında doğrusal bir ilişki olduğu, enerji tüketimi ve karbon emisyon miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Işık vd. (2024), Şubat 2002 ile Kasım 2021 arasındaki döneme ait verileri kullanarak SVAR modeli uygulamıştır. Çalışmada ABD’nin yeniden ihracat ve yurtiçi ihracatı, yenilenebilir enerji, iklim politikası belirsizliği (CPU) endeksi, sanayi üretim endeksi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Analiz sonucunda, yeniden ihracatın toplam ihracat içindeki payının %83’e ulaşmasının CO₂ emisyonlarında bir azalmaya yol açtığını tespit etmiştir. Ayrıca ABD’deki iklim politikasındaki belirsizliğin artması karbon emisyonlarını etkilemediği ve yenilenebilir enerji tüketimindeki CO₂ emisyonlarını azalttığı sonucuna varmıştır.

Akpogheli vd. (2024), Sahra-altı Afrika ve OECD ülkelerinde gelir kriterlerine göre seçilen 21 ülkenin enerji tüketimi ile İnsani Gelişim Endeksi ve sanayi sektörü performansına ait 1990-2022 dönem verilerini kullanarak Johansen eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi uygulamıştır. Analiz sonucunda seçilen ülkelerin enerji tüketiminin, insani kalkınma ve sanayi sektörü performansındaki değişiklikleri açıklamada pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu tespit etmiştir. Ancak, İnsani Gelişim Endeksi sanayi sektörü performansındaki değişiklikleri açıklamada istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna varmıştır.

Emir vd. (2024), 1981-2019 yılları arasında Hindistan’ın ekonomik büyüme, kömür, tarım, ticaret ve inovasyon değişkenlerini kullanarak karbon emisyonlarının temel belirleyicilerini tespit etmiştir. DOLS ve Granger nedensellik testi uygulanan çalışmada inovasyon değişkeni hariç diğer değişkenlerin karbon emisyonlarındaki artışa neden olduğunu test etmiştir. Aynı zamanda Granger nedensellikten elde edilen bulgular, DOLS analizinden elde edilen bulguları desteklediği sonucuna varmıştır.

Wang ve Li (2024), Mekânsal Durbin modeli kullanarak 2010-2016 yılları arasında 282 Çin şehrine ait mineraller, kimyasallar, metalürjik ürünler, plastikler, makineler ve elektronik eşyaların ithalat ve ihracatı üzerinde karbon emisyonlarının etkisinin olup olmadığını

incelemiştir. Analiz sonucunda ithalat, yerel karbon emisyonlarını azaltırken, ihracatın karbon emisyonlarını artırdığını tespit etmiştir. Ancak mineraller ve plastikler ihraç edildiğinde karbon emisyonlarını azalttığı, metalürjik mallar ithal edildiğinde karbon emisyonlarının arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmada, Çin'in yüksek teknolojili mal ihracatını ve temiz teknoloji ithalatını artırmasına, sanayi mallarının lokasyon değişimine dikkat edilmesi sonucuna varmışlardır.

Metodoloji ve Yöntem

Literatürde enerji tüketimi, ekonomik büyüme, dış ticaret ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiler üzerine yapılan akademik çalışmalar geniş bir perspektiften incelenmiştir. Çeşitli bölgelerden elde edilen verilere dayalı analizler, ihracatın enerji tüketimi üzerindeki etkisinin yanı sıra, enerji tüketimi ile karbon emisyonu ve ekonomik büyümenin ilişkili olduğunu ve artan ticaret hacminin karbon emisyonları üzerinde önemli etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Mevcut literatürde bu değişkenlerin sektörel bazda incelenmemiş olması dikkat çekicidir. Özellikle ülkelerin ekonomik büyümelerinde kilit rol oynayan ve dış ticaretinde önemli bir paya sahip olan imalat sanayi gibi aktif ve geniş kapsamlı sektörün yaratabileceği enerji tüketimi ve beraberinde yol açtığı karbon emisyonları arasındaki ilişki, araştırma ilgisi uyandırmıştır.

Bu çalışmanın amacı, 1991-2021 yılları arasında Türkiye özelinde imalat sanayinin enerji tüketimi, karbon emisyonu ve ihracatı arasında ilişkiyi analiz etmek ve bu faktörler arasında anlamlı bir bağın bulunup bulunmadığını ortaya koymaktır. Bu nedenle, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin belirlenmesi amacıyla öncelikle Johansen eş bütünleşme testi uygulanmış, ardından değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin tespiti için Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmıştır. Araştırmada analiz edilen değişkenlere ilişkin veriler, farklı kaynaklardan temin edilmiştir. İmalat sanayi ihracatı ve imalat sanayi karbon emisyonu verileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan, enerji tüketimine ait veriler T.C. Enerji ve Tabii Bakanlığı raporlarından elde edilmiştir. 30 yıllık dönemi kapsayan bu çalışma, CO₂ emisyonuna ait yayımlanan son verinin 2021 yılında olması nedeniyle tüm değişkenler bu payda da toplamıştır. Analiz, Eviwes-12 programı ile yapılmıştır. Değişkenlerin özet bilgileri ve değişkenleri temsil eden kısaltmalar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Değişkenler	Veri Adı	Veri Kaynağı
Lnexport	İmalat Sanayi İhracatı (\$)	TÜİK
Lnenergy	İmalat sanayi Enerji tüketimi (Bin Ton Eşdeğer petrol TEP)	T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Lnc02	İmalat Sanayi Karbon Emisyonu (milyon ton- CO ₂ eşdeğeri)	TÜİK

Not: Tüm değişkenler logaritmaları alınarak analize dahil edilmiştir.

Birim Kök Testi

Zaman serilerinde değişkenler arasındaki ilişkinin tespit edilebilmesi, serilerin durağan olmasıyla ilgilidir. Hem eş bütünleşme uygulanabilmesi hem de nedensellik analizlerinin kullanılabilmesi için öncelikle serilere birim kök testinin yapılması gerekmektedir. Ekonometrik çalışmalarda serilerin durağanlıkları incelenmeden yapılan analizlerde sahte regresyon sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle değişkenlere durağanlık testi yapılması, serilerin durağanlaştırılması gerekmektedir (Greene, 2002, s. 649). Çalışmada serilerin durağanlığının tespit edilmesi için Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Philips Peron (PP) birim kök testleri kullanılmıştır.

Tablo 2: Augmented Dickey- Fuller (ADF) ve Philips Peron (PP) Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Augmented Dickey- Fuller (ADF)			Philips Peron (PP)		
	Düzye	Birinci Dereceden Fark	Maksimum Durağanlaşma Derecesi	Düzye	Birinci Dereceden Fark	Maksimum Durağanlaşma Derecesi
	T- İstatistiği (Olasılık)	T-İstatistiği (Olasılık)		T-İstatistiği (Olasılık)	T-İstatistiği (Olasılık)	
Lnexport	-1.473627 (0.532)	-4.242430 (0.002) ***	I (1)	-3.670170 (0.5487)	-4.256533 (0.0024) ***	I (1)
Lnenergy	-0.940314 (0.761)	-6.036378 (0.000) ***	I (1)	-0.940314 (0.7610)	-6.036378 (0.0000) ***	I (1)
Lnco ₂	0.604370 (0.987)	-4.529479 (0.001) ***	I (1)	0.60430 (0.9875)	-4.529479 (0.0012) ***	I (1)

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

H₀: birim kök içermektedir; seri durağan değildir.

H₁: birim kök içermemektedir; seri durağandır.

Tablo 2’de sunulan birim kök test sonuçlarına göre; ADF ve PP birim kök testleri uygulandığında düzeyde analiz edilen tüm değişkenlerde sıfır hipotezi reddedilmeyerek birim kök sorununa sahip olduğu yani değişkenlerinin tümünün durağan olmadığı görülmektedir. Analizler, durağan olmayan değişkenlerle yapıldığında sahte regresyon sorununa yol açtığından tahmin sonuçlarının hatalı ve güvenilir olmaması oldukça yüksektir. Bu nedenle sahte regresyon sorununun ortadan kalkması için düzeylerde fark alma işlemi yapılarak durağanlık sağlanmaktadır. ADF ve PP birim kök testlerinde serilerin birinci farkları alındığında sıfır hipotezi reddedilerek %1 anlamlılık düzeyinde serilerde birim kök içermemektedir; seriler durağandır sonucuna varılmıştır. Tüm değişkenlerin birinci dereceden I (1) bütünleşik olduğu tespit edilmiştir.

Eşbütünleşme Testi

Johansen (1988), Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen, Johansen eşbütünleşme testi, model içerisindeki ikiden fazla değişkenin olması durumunda değişkenler arasında uzun dönemde ilişkinin varlığını sınamak için uygulanan bir yöntemdir (Johansen ve Juselius, 1990). Johansen eşbütünleşme analizi, birim kök testi sonucuna göre aynı düzeyde durağan olan serilerde uygulanmaktadır. Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olmaması değişkenlerde eşbütünleşmenin olmadığını göstermektedir (Vidyarthi, 2013, s. 281). Eşbütünleşme ilişkisini belirleyebilmek için İz İstatistiği ve Maksimum Özdeğer istatistiklerinden yararlanılmaktadır.

Tablo 3: Johansen Eş Bütünleşme Testi

Eşbütünleşme sayısı	İz (trace) İstatistiği	%5 Kritik Değer	Prob Değer	Maksimum Özdeğer (Max-Eigen) İstatistiği	%5 Kritik Değer	Prob Değer
Hiç	55.75620*	42.91525*	0.0017*	30.48859*	25.82321*	0.0112*
En Çok 1	25.26761	25.87211	0.0593	18.68096	19.38704	0.0631
En Çok 2	6.586648	12.51798	0.3896	6.586648	12.51798	0.3896

H₀: Eşbütünleşme ilişkisi yoktur.

H₁: Eşbütünleşme ilişkisi vardır.

Tablo 3'te Johansen eşbütünleşme analiz sonuçları verilmiştir. Johansen eşbütünleşme testinin iz(trace) ve maksimum(max-eigen) özdeğer testlerinin kritik değerlerden büyük olması gerekmektedir. Tabloda iz istatistiği ve maksimum özdeğer istatistiklerinin, %5 kritik değerinden büyük olduğu görülmektedir. Yani sıfır hipotezi reddedilerek iz istatistiği ve maksimum öz değer seriler arasında iki adet eşbütünleşme ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle modelde imalat sanayinin enerji tüketimi, karbon emisyonu ve ihracatı arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığından söz etmek mümkündür. Sonuç olarak, çalışmada belirtilen değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Eşbütünleşme ilişkisinin varlığının tespitinin ardından, modelin sağlamlığı test etmek amacıyla diagnostik testlerinin (tanı testleri) yapılması gerekmektedir. Bu testler içerisinde en önemlileri otokorelasyon ve değişen varyans testlerinin olduğu belirtilmektedir. Doğru kurulan bir modelde otokorelasyon ve varyansların homojenlik sorunu olmaması gerekmektedir. Otokorelasyon sorununu test etmek için serisel korelasyon LM testi, varyansların homojenliğini test etmek için ise değişen varyans testi yapılmıştır.

Tablo 4: Diagnostik Testler

LM Testi		Değişen Varyans Testi (White Test)	
LM	P-Değeri	Ki-Kare	P-Değeri
7.8645	0.5479	81.64487	0.5524

Tablo 4'te modele ilişkin diagnostik test sonuçları verilmiştir. Testlerin güvenilirlik kriterlerini karşılaması için sonuçların 0.05'ten büyük olması beklenmektedir. Otokorelasyon sorunu test etmek için serisel korelasyon LM testi yapılmıştır. Test sonuçlarına göre p-değeri (0.5479) 0,05'ten büyük olması nedeniyle otokorelasyonun varlığı reddedilmiştir. Varyansların homojenliğini test etmek kullanılan değişen varyans testinde p-değerinin 0.5524 olduğu görülmektedir. Bu durumda modelde değişen varyans sorununa da rastlanılmamaktadır. Eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinin ardından, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri analiz edilmiştir. Bu kapsamda, çalışmada Toda-Yamamoto tarafından geliştirilmiş nedensellik analizi yöntemi kullanılmıştır.

Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Toda-Yamamoto (1995), Granger nedensellik testinin geliştirildiği bir versiyonu olup, serinin birim kök derecesine ve eşbütünleşik olup olmamasına bakılmaksızın uygulanabilmektedir (Jain ve Ghosh, 2013, s. 90). Söz konusu eşbütünleşme ve durağanlık bilgisi, testin geçerliliğini engellememektedir. Toda-Yamamoto nedensellik testi değişkenler arasındaki ilişkiyi VAR (Vector Autoregression) modeli üzerinden değişkenlerin düzey değerlerini kullanarak Wald test istatistiği ile tahmin etmektedir (Toda ve Yamamoto, 1995, s. 227; Gazel, 2017, s. 291; Mert ve Çağlar, 2019, s. 344). VAR modeline dayanan Toda-Yamamoto nedensellik testinin uygulanabilmesi için öncelikle tüm değişkenlerin maksimum durağanlaşma derecesinin hesaplanması gerekmektedir. Bu nedenle, analizin ilk adımında birim kök testi uygulanmalıdır. İkinci adımda, uygun gecikme uzunluğunu belirlemek amacıyla VAR modeli kurulmalı ve modelin güvenilirliğini kontrol etmek amacıyla tanı testleri gerçekleştirilmelidir. Son adımda ise değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin yönünü belirlemek amacıyla Wald testi uygulanmalıdır.

Analiz başlangıcında, optimal gecikme uzunluğu ile maksimum bütünleşme derecesi tespit edilmelidir. Bu nedenle ilk olarak birim kök testi uygulanarak maksimum bütünleşme derecesi belirlenmiştir. Tablo 2'de sunulan ADF ve PP birim kök testlerinin sonuçlarına göre,

ele alınan değişkenlerin düzeyde birim köklü olduğu, ancak birinci farkta durağan olduğu tespit edilmişti. Bu bulgular doğrultusunda, değişkeler için maksimum bütünleşme derecesi 1 olarak alınmıştır. Uygun gecikme uzunluğu seçimi ise Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5: VAR Gecikme Uzunluğunun Seçimi

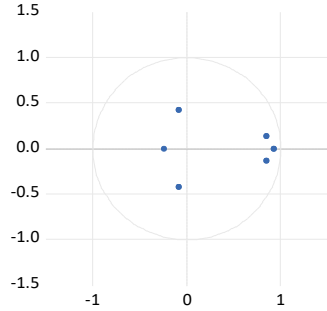
Gecikme	LogLR	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	4.457766	NA	0.000182	-0.1000536	0.040909	-0.056237
1	103.9988	171.6224*	3.54e0-7*	-6.344743*	-5.778965*	-6.167549*
2	111.7300	11.73012	3.96e-07	-6.257241	-5.267130	-5.947150

*: Uygun gecikme uzunluğu

Değişkenler arasında uygun gecikme sayısını belirlemek için kullanılan Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Schwarz Bilgi Kriteri (SC) ile Hannan-Quinn Bilgi Kriteri (HQ), istatistiksel model seçimi süreçlerinde yaygın olarak kullanılan araçlardır. Uygun gecikmenin belirlenmesi için bilgi kriterlerinin minimum değere sahip olması beklenmektedir. Tablo 5 incelendiğinde, oluşturulan VAR modelinde gecikme uzunluğu “1” olarak belirlenmiştir. Bir sonraki aşamada AR karakteristik polinomlarının ters köklerinin incelenmesi gerekmektedir. Ters köklerinin birim çemberi içerisinde yer alması ve değerlerin tümünün 1’den küçük olması serilerin durağan olduğunu ve birim köke sahip olmadığını göstermektedir.

Tablo 6: AR Polinom Ters Kökleri ve Karakteristik Polinom Çemberi

AR Polinom Ters Kökleri	
0.928720	
0.860038	
0.860038	
0.431582	
0.431582	
0.243393	



Tablo 6’da AR polinom ters kökleri ve karakteristik polinom çemberi gösterilmektedir. AR karakteristik polinomlarının ters kök modül değerlerinin tümünün çemberin içerisinde kalması ve değerlerin 1’den küçük olması serilerin durağanlığı ile ilgili bulguları desteklemektedir. Nedensellik ilişkinin belirlenebilmesi için gerekli olan analizler yapılmış modelin uygun olduğu tespit edilmiştir. Yapılan testlere göre modelin hem uygun gecikme uzunluğu hem de maksimum durağanlaşma derecesi 1 olarak belirlenmiştir. Buna göre, çalışmada kullanılan üç değişken için VAR (2) modeli tahmin edilmiştir. Her bir değişken için Wald testi uygulanarak nedensellik ilişkisi tespit edilmiş, sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Değişkenler Birinci	Değişkenler İkinci	Ki-Kare Test İstatistiği	Ki-Kare Olasılık Değeri	Nedensellik Kararı
Lnexport	Lnenergy	1.237218	0.5387	Yok
Lnexport	Lnco ₂	9.302570	0.0095*	Var
Lnco ₂	Lnenergy	0.015250	0.9924	Yok
Lnco ₂	Lnexport	8.925583	0.0015*	Var

Lnenergy	Lnexport	8.488311	0.0143*	Var
Lnenergy	Lnco₂	1.1705804	0.4262	Yok

*%5 seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır.

H₀: Birinci değişkenden ikinci değişkene doğru nedensellik yoktur.

H₁: Birinci değişkenden ikinci değişkene doğru nedensellik ilişkisi vardır.

Tablo 7’de Toda-Yamamoto nedensellik testine ait sonuçlar verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, imalat sanayi ihracatından (Lnexport) karbon emisyonuna (Lnco₂) doğru, enerji tüketiminden (Lnenergy), imalat sanayi ihracatına (Lnexport) doğru, karbon emisyonundan (Lnco₂) imalat sanayi ihracatına (Lnexport) doğru nedenselliğin olduğu görülmektedir. Ki-kare olasılık değerlerinin 0.05’ten küçük olması nedeniyle sıfır hipotezi reddedilmiştir. Tablo 7’deki Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına dayanılarak, nedensellik ilişkisinin özetini içeren Tablo 8 hazırlanmıştır.

Tablo 8: Nedensellik Analizinin Özetlenmiş Sonuçları

Lnexport	←	Lnenergy
Lnexport	↔	Lnco₂

↔: Çift yönlü nedensellik →: Tek Yönlü Nedensellik

Tablo 8’de Toda-Yamamoto nedensellik analizinin özet sonuçları sunulmuştur. Analiz bulgularına göre, imalat sanayi ihracatı ile karbon emisyonu (Lnco₂) arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilirken, enerji tüketiminden (Lnenergy), imalat sanayi ihracatına (Lnexport) doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi belirlenmiştir.

Sonuç

Enerji, temel üretim faktörleri arasında önemli bir yere sahip olup, iktisadi büyümenin kritik bir girdisi olarak değerlendirilmektedir. Üretim süreçlerinin devamlılığı ve ekonomik faaliyetlerin genişlemesi, enerjiye olan talebin karşılanmasıyla doğrudan ilişkilidir. Ancak enerji tüketimi, karbon emisyonlarının önemli ölçüde yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum son yıllarda enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasındaki etkileşimin iktisadi analizler açısından önemli bir inceleme alanı olarak değerlendirilmesine neden olmuştur. Çalışma, sektör bazlı ele alınması nedeniyle literatürde mevcut olan diğer çalışmalardan farklı olup, Türkiye özelinde, imalat sanayi ihracatı ile imalat sanayi enerji tüketimi ve imalat sanayi karbon emisyonu arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Ekonomik büyümenin itici gücü olan ve uluslararası ticarete konu olan malların büyük bir bölümü imalat sanayi tarafından üretilmektedir. GSYH içinde %20’lik bir paya sahip olması, sektörün ekonomik açıdan taşıdığı önemi bir kez daha ortaya koymaktadır. İmalat sanayi, diğer sektörlerle entegre olan ve birçok farklı alt sektörü içeren geniş kapsamlı bir sektördür. Hammaddenin işlenmesinden başlayarak nihai ürünlerin tüketiciye ulaşmasına kadar uzanan üretim süreçlerini kapsayan imalat sanayisi, enerji gibi kritik ara girdilere büyük ölçüde bağımlıdır. Türkiye’nin sektörel enerji tüketimi verileri incelendiğinde 2021 yılında enerji tüketiminin %33’ünün sanayi sektöründen kaynaklandığı görülmektedir. Bu veri, sanayi sektörünün Türkiye’deki toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir. Sektörün enerji tüketimi 1991 yılında 14.400 ton eşdeğer petrol iken 2021 yılında 40.334 ton eşdeğer petrole yükselmiştir. Enerji üretim ve iç tüketim açısından önemli bir bileşendir ancak fosil yakıtların yanmasıyla gerçekleştiği için sera gazı emisyonlarına özellikle karbon salımına yol açmaktadır. İmalat sanayi sektörüne ait sera gazı emisyon milyon ton CO₂ eşdeğeri 1991 yılında 24.68 milyon ton CO₂ eşdeğerinde iken 2021 yılında 75.1 milyon ton CO₂ eşdeğerine ulaştığı

görülmektedir. 2021 yılında sera gazı emisyonunun %13.31'i imalat sanayiden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, sektörün ekonomiye sağladığı katma değerle kalkınma sürecinin itici gücü olmasına rağmen kullandığı enerjinin yoğun yapısı ve karbon emisyonlarıyla çevresel bozulmalara yol açabilmekte; insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Sanayi faaliyetleri, çevre kirliliğinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Özellikle ekonomik büyümeyi ve toplumsal refahı artırma hedefi doğrultusunda sanayileşmeye odaklanmak, doğal kaynakların kullanımına ve çevresel etkilerin yeterince dikkate alınmamasına yol açabilmektedir.

Bu kapsamda Türkiye'nin toplam ihracatında önemli bir payı olan imalat sanayi, çalışmanın odak noktası olarak belirlenmiş ve imalat sanayinin enerji tüketimi, karbon emisyonu ve ihracatı arasındaki ilişki incelenmiştir. 1991-2021 dönemini kapsayan çalışmada Johansen eşbütünleşme testi kullanılarak değişkenler arasındaki ilişki analiz edilmiş, Türkiye imalat sanayisinin enerji tüketimi, karbon emisyonu ve ihracatı arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları değerlendirildiğinde imalat sanayi ihracatı ile ve karbon emisyonu arasında çift yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna varılmıştır. Bu, değişkenler arasında bir etkileşimin olduğunu göstermektedir. Enerji tüketiminden ihracata doğru, tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir.

Yarattığı katma değer ve ihracat potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda imalat sanayi rekabet edebilirliğin ve sürdürülebilir büyümenin sağlanması açısından önemli bir unsur hâline gelmiştir. Türkiye sürdürülebilir sanayi politikalarını uygulama süreçlerini hızlandırmalı uluslararası ticaretini ve ekonomik yapısını buna göre şekillendirmelidir. Örneğin sanayi sektörleri içerisinde teknoloji düzeyine göre sektörleri gruplandırmalı, katma değerli veya yüksek teknoloji ürünleri üretmeli, düşük-orta ve orta-yüksek teknolojileri ithal etmelidir. 1991'den 2021'e kadar imalat sanayisinde hem enerji tüketimindeki artış hem de Türkiye'deki sera gazı emisyonlarının sürekli artması, sektörün çevresel ve iklimsel etkilerini göz önüne sermektedir. Bu nedenle, Türkiye'de sera gazı emisyonlarını azaltmak için sürdürülebilirlik önlemleri alınmalı, fosil yakıt gibi enerji kaynakları terk edilerek veya kullanımı azaltılarak yenilenebilir enerji kaynaklarına daha çok önem verilmeli ve buna yönelik etkili politikalar geliştirilip uygulanmalıdır. Bu hususta Onuncu Kalkınma Planında (2014-2018) yer alan "Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı" ivedi bir şekilde yeniden ele alınarak enerji verimliliği çalışmaları sürdürmelidir. Ayrıca, Dokuzuncu Kalkınma Planında (2007-2013) yer alan "yeşil imalat" konusu tekrar gündeme gelmelidir. Yeşil imalat; ürünün, tasarım, imalat, kullanım ve imhası gibi hayat döngüsü boyunca sanayi süreçlerinde çevre üzerinde riskleri ve çevresel etkileri en aza indirgeyerek üretimde verimliliği artırmayı hedefleyen, kaynakların kullanımını optimize eden çok taraflı bir yaklaşım olan modern bir imalat sanayi şeklidir. Bu doğrultuda yeşil enerji kaynaklarına yatırım yapılarak, enerji verimliliği artırılabilir ve endüstriyel süreçlerde daha temiz teknolojiler kullanılabilir. Özellikle enerji-AR-GE, üretim-AR-GE çalışmalarına, yenilikçi enerji üretim teknikleri ve sürdürülebilir üretim süreçleri geliştirilebilir. Türkiye'nin imalat sanayi ihracatında %40'ından fazlası Avrupa Birliği'ne (AB) yapılmaktadır. Son dönemlerde güncel konulardan biri olan Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında değerlendirilen Yeşil Mutabakat-Sanayi Planı, AB'nin sanayi sektörünü yeşil dönüşüme ve rekabet edebilirliğin artırılmasına yönelik politikalarının önemli bir parçasıdır. Yeşil Mutabakat-Sanayi Planı, AB'nin karbon hedeflerine ulaşmak için sanayi sektöründe çeşitli politika önlemleri ve yatırımların hayata geçirilmesini öngörmektedir. Bu kapsamda Türkiye, yeşil imalat süreçlerini hızlandırarak imalat sanayi sektörünü yeni standartlara uyumlu hâle getirmeye çalışmalıdır.

Kaynakça

- Akbulut, G. (2021). OPEC üyesi orta doğu ülkelerinde CO2 emisyonu, enerji tüketimi ve ticari açıklık: Panel ARDL yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35 (1), 83-102.
- Al-Mulali, O., Sheau-Ting, L. (2014). Econometric analysis of trade, exports, imports, energy consumption and CO₂ emission in six regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 484-498.
- Anatasia, V. (2015). The causal relationship between gdp, exports, energy consumption, and CO₂ in Thailand and Malaysia. *International Journal of Economic Perspectives*, 9 (4), 37-48.
- Akpogheli, E. O., Ishioro, B. O., Edo, G. I. (2024). Effects of energy consumption on human development and industrial sector performance in selected Sub-Saharan Africa and OECD countries: Comparative analysis. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 31(5), 537-553.
- Awokuse, T. O. (2005). Export-led growth and the Japanese economy: Evidence from var and directed acyclic graphs. *Applied Economics Letters*, 12 (14), 849-858.
- Bulutay, T. (2005). Türkiye’de yüksek öğrenimlilerde işlendirme ve işsizlik. *Türkiye Ekonomi Kurumu*, Tartışma Metni, 16.
- Cheng, B. S., Andrews, D. R. (1998). Energy and economic activity in the united states: Evidence from 1900 to 1945. *Energy Sources*, 20 (1), 25-33.
- Çütçü, İ. (2019). Sanayide kullanılan elektrik tüketimi ile dış ticaret dengesi arasındaki ilişki: Yapısal kırılmalı testlerle ekonometrik bir analiz. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 17-39.
- Doyle, E. (2001). Export-output causality and the role of exports in irish growth: 1950-1997. *International Economic Journal*, 15 (3), 31-54.
- Emir, F., Udamba, E. N., Philip, L. D. (2024). Determinants of carbon emissions: Nexus among carbon emissions, coal, agriculture, trade and innovations. *Environ Dev Sustain* 26, 17237-17251.
- Farhani, S., Chaibi, A., Rault, C. (2014). CO₂ emissions, output, energy consumption, and trade in Tunisia. *Economic Modelling*, 38, 426-434.
- Gardiner, R., Hajek, P. (2020). Interactions among energy consumption, CO₂, and economic development in European Union countries. *Sustainable Development*, 28(4), 723-740.
- Gazel, S. (2017). BİST sınai endeksi ile çeşitli metaller arasındaki ilişki: Toda-yamamoto nedensellik testi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 52, 287-299.
- Gökçe C. (2007). *Ekonomik büyüme sürecinde enerjinin değişen rolü: Türkiye örneği*. (Yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi açık erişim tabanından erişildi. (<https://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/handle/11630/4371>)
- Gövdere, B., Can, M. (2016). Türkiye’de enerji tüketimi, dışa açıklık, finansal gelişme, sabit sermaye yatırımları ve dış ticaretin ekonomik büyümeye etkisi: Sınır testi yaklaşımı. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (1), 209-228.
- Greene, W. H. (2002). *Econometric analysis 5th edition*, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Guan, D., Hubacek, K., Weber, L., Peters, P., Reiner, D. (2008). The drivers of Chinese CO₂ emissions from 1980 to 2030. *Global Environmental Change*, 18 (4), 626-634.
- Halicioğlu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37, 1156-1164.
- Haug, A., Ucal, M. (2019). The role of trade and fdı for CO₂ emissions in Turkey: Nonlinear relationships. *Energy Economics Elsevier*, 81(C), 297-307.

- Haykır, Ö., Aydın, M. (2019). Türkiye’de banka kredilerinin ihracat üzerine etkileri: Ekonometrik analiz. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 9 (2), 515-533.
- Hossain, M. (2011). Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries, energy policy, *Elsevier*, 39 (11), 6991-6999.
- Işık, C., Ongan, S., Ozdemir, D., Jabeen, G., Sharif, A., Alvarado, R., Rehman, A. (2024). Renewable energy, climate policy uncertainty, industrial production, domestic exports/re-exports, and CO2 emissions in the USA: a SVAR approach. *Gondwana Research*, 127, 156-164.
- İzgi, Ç. (2023). İmalat sanayi, enerji kullanımı ve çevre kirliliği arasındaki bağlantı: Türkiye’de bir inceleme. *Ahi Evran Akademik*, 4 (2), 35-46.
- Jain, A., Ghosh, S. (2013). Dynamics of global oil prices, exchange rate and precious metal prices in India. *Resources Policy*, 38 (1), 88-93.
- Jalil, A., Mahmud, S. F. (2009). Environment kuznets curve for CO₂ emissions: A cointegration analysis for China. *Energy Policy*, 37 (12), 5167-5172.
- Johansen, S., Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52 (2), 169-210.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegrating vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.
- Kaya, V., Yalçınkaya, Ö. (2016). İmalat sanayinin gelişimi, ekonomik büyüme ve cari açık ilişkisi: BRICS+seçilmiş yükselen piyasa ekonomileri. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30 (1), 91-119.
- Kazanasmaz, E., Demirel, B. L., Karatepe, S., Hızarcı, A. E. (2023). Ekonomik büyüme, elektrik tüketimi ve karbon emisyonu ilişkisi: Türkiye örneği. *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 6 (2), 248 – 265.
- Kesgingöz, H., Karamelikli, H. (2015). Dış ticaret-enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerine etkisi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (3), 7-17.
- Konya, L. (2006). Exports and growth: Granger causality analysis on OECD countries with a panel data approach. *Economic Modeling*, 23, 978-992.
- Kraft, J., Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3 (2): 401-403.
- Kunst, R., Marin, D. (1989). On exports and productivity: A causal analysis. *The Review of Economics and Statistics*, 71 (4), 699-703.
- Küresel Karbon Atlası, (2021). (<https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>)
- Mahmood, H., Saqib, N., Adow, A. H. (2023). FDI, exports, imports, and consumption-based CO₂ emissions in the MENA region: Spatial analysis. *Environ Sci Pollut Res* 30, 67634–67646.
- Mert, M., Çağlar, A. E. (2019). *Eviews ve Gauss uygulamalı zaman serileri analizi*, Ankara: Detay Yayıncılık.
- Narayan, P. K., R. Smyth. (2005). Electricity consumption, employment and real income in Australia: Evidence from multivariate granger causality tests. *Energy Policy*, 33, 1109–1116.
- Olokesusu, F., Ogbu, O. M. (1995). Dirty industries: A challenge to sustainability in Africa, O. M. Ogbu, B. O. Oyeyinka ve H. M. Miawa, technology policy and practice in Africa. *Kanada: International Development Research Centre*, (367-383).

- Özbay, Ü. (2023). Türkiye’de sanayileşme, CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme ve tarımsal üretim ilişkisi: Ampirik bir uygulama. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 29 (2), 79-91.
- Özcan, B., Özçelebi, O. (2013). İhracata dayalı büyüme hipotezi Türkiye için geçerli mi?. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 20 (1), 1-14.
- Özekenci, E. K. (2022). Karbondioksit emisyonu (CO₂) ile ihracat, enerji, doğrudan yabancı yatırımlar ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Türkiye örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 40, 83-98.
- Pata, U. K. (2016). *Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi 1972-2011*. (Yüksek lisans tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=5RpSex-XNji60nclqw3z8A&no=VuOTximZ17p03TiBpV7IsQ>)
- Ramos, F. R. (2001). Exports, imports, and economic growth in Portugal: Evidence from causality and cointegration analysis. *Economic Modelling*, 18, 613-623.
- Ritchie, F., Thomas, A., Welpton, R. (2012). What’s a manufacturing job? *University of the West of England*.
- Saatçioğlu, C., Karaca, O. (2004). Döviz kuru belirsizliğinin ihracata etkisi: Türkiye örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 5 (2), 183-195.
- Stern, D. (2004). Economic growth and energy, (<http://sterndavid.com/Publications/Growth.pdf>)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Raporları. (2021) (<https://www.enerji.gov.tr/anasayfa>)
- Toda, H. Y., Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal Of Econometrics*, 66 (1-2), 225-250.
- Topallı, N. (2017). Ekonomik büyüme, ihracat ve CO₂ arasındaki eşbütünleşme ilişkisi: BRICS ve Türkiye Örneği. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 4 (12), 685-698.
- Tunç, T. (2007). Üretkenlik-istihdam ilişkisi: Türkiye imalat sanayii üzerine bir uygulama. (Yüksek lisans tezi). Mersin Üniversitesi açık erişim tabanından erişildi (<https://acikerisim.mersin.edu.tr/yayin/163546&dil=8&q=>)
- Türkiye İstatistik Kurumu, Sektörel Dış Ticaret Verileri (<https://data.tuik.gov.tr/>).
- UNIDO's Industrial Development Report. (2011). (https://www.unido.org/sites/default/files/2012-01/unido_full_report_ebook_0.pdf)
- Ünlüoğlu, M., Dağdemir, Ö. (2023). The relationship between manufacturing industry production and environmental pollution: The validity of the environmental kuznets curve hypothesis for Türkiye. *The Journal of Economics and Related Studies*, 5 (1), 19-43.
- Üstünişik N. (2014). Türkiye imalat sanayiinde yeşil imalatın uygulanabilirliği: Makine imalat sanayii örneği. *T.C Kalkınma Bakanlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü*, 2864.
- Vidyarthi, H. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in India. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*. 10 (4), 278-287.
- Yeter, F. (2023). Türkiye’de elektrik tüketimi ile imalat sanayi üretimi arasındaki ilişkinin incelenmesi: Eşbütünleşme analizi. *Anadolu İktisat ve İşletme Dergisi*, 7 (1), 37-48.
- Yılmaz, M., Karabiber, B. (2022). The relationship of export, foreign direct investment, economic growth and carbon emission in Turkey. *Business and Economics Research Journal, Uludağ University, Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 13 (2), 199-220.
- Wang, J., Li, J. (2024). Carbon emissions, import, and export: A spatial econometric analysis of the Chinese cities. *Environ Dev Sustain* 26, 16057–16072.