

Türkiye’de Enerji Kaynakları Tüketimi İle İktisadi Büyüme İlişkisinin Analizi

Analysis of the Relationship between Energy Resources Consumption and Economic Growth in Turkey

Levent AKSU

Balıkesir Üniversitesi, Burhaniye MYO

leventaksu71@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2298-0762>

ÖZET

Dünyada herşey enerji ile sağlanmakta olup, insanoğlunun yeryüzünde var olduğu ilk günden bu yana hayatını korumak, idame ettirmek ve hayat standardını yükseltmek için olmazsa olmaz olan temel ihtiyaçlarının karşılanması ve bunların giderilmesi için en önemli kaynakların başında enerji ve bunun kullanımı gelmektedir. Bu bağlamda enerjisiz bir hayat düşünülemez. Dünya planetinde çok değerli ve jeostratejik bir yerde bulunan Anadolu coğrafyası üzerinde yaşayan Türk milleti bulunduğu konum itibarıyla çok önemli ve çok değerli mineral ve madenlere sahip durumundadır. 21. yüzyılda stratekon (stratejik-ekonomik) bir mal olan bor minerallerinin Türkiye’nin geleceğinde oynayacağı rol tartışılmaz boyuttadır. Dünyada borun stratejik, teknolojik ve ekonomik önemi gün geçtikçe artmaktadır. Dünya bor rezervinin %72,3’üne sahip olan en önemli bor rezervleri Türkiye’nin batı bölgesindedir. Ülkelerin iktisaden kalkınmasında ve büyümenin artmasında sanayileşmenin çok önemli stratejik rolü bulunmaktadır. Sanayileşmenin gerçekleşebilmesinde de ülkelerin enerjiye, madenlere ve hammaddelere çok büyük ihtiyacı vardır. Günümüzde sanayileşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte yeni tarz üretim modellerinin yanı sıra, yeni tip ürünler ve ileri teknolojik araçların üretim sürecinde kullanımı görülmektedir.

Dünya enerji tüketim talebi, 2016 yılı sonu itibarıyla 13.760 milyon ton petrol eşdeğeri (MTEP) olarak gerçekleşmiştir. Enerji tüketim talebinin yaklaşık %19’u Kuzey Amerika ülkelerince, %14’ü Avrupa ülkelerince tüketilirken, %41’i Asya-Pasifik ülkelerince tüketim talebi yapılmıştır. 2016 yılı sonu itibarıyla, dünyada tüketilen enerjinin %87’si fosil kaynaklardan oluşmaktadır. 2015 yılında, dünya toplam birincil enerji talebinin %42’si elektrik üretimi için kullanılmıştır. Diğer bir değerli madenimiz, “Toryum”dur. Toryum, ilk kez 1828 yılında Norveçli mineralog Morten Thrane Esmark tarafından keşfedilmesine rağmen İsveçli kimyager Jons Jacob Berzelius tarafından tanımlanarak periyodik cetveldeki yerini almıştır. Element adını mitolojide savaş tanrısı olarak kabul edilen Thor’dan almıştır. Toryum, Dünya uranyum rezervlerine nazaran toryum rezervleri birkaç yüz kat daha fazladır. Bu, toryumun enerji üretimi açısından stratejik önemini göstermektedir. İnsanlığın enerji gereksinimini binlerce yıl karşılamaya yetecek toryum rezervi dünyada mevcuttur.

Enerji kaynakları tekrar kullanılabilir durumuna göre ikiye ayrılabilir. Söz konusu ayrıma göre kaynaklar yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun içinde yer alan (K) fiziki sermayenin kapsamında hammadde ve doğal kaynaklar da yer almaktadır. Üretimin artışında ve büyümenin hızlanmasında (K) faktörü önem arz etmektedir. Dikkat edilirse, (K) düştükçe üretimde düşmeler görülmektedir. Enerji kaynaklarının tüketimi ile iktisadi büyüme ilişkisi ampirik olarak akademik araştırmalar incelendiğinde farklı ülkelerde, farklı dönemlerde, farklı yöntemler kullanılarak yapılan ampirik çalışmaların birbirinden oldukça farklı sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir. Enerji kaynaklarının tüketimi ile iktisadi büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin yönü üzerine yapılan ampirik çalışmaların sonuçlarında bir görüş birliği sağlanamadığından değişik perspektif açıklamaları literatürde rastlanmaktadır. Bu farklılıkları açıklayabilmek için aşağıda açıklanan dört önemli kuram geliştirilmiştir. Bu kuramlar; “büyüme”, “muhafaza”, “yansızlık” ve “geri besleme” kuramlarıdır.

Enerji kaynak türleri ile GSMH arasında Granger nedensellik ilişkisi mevcuttur. GSMH'dan bor madeni, elektrik enerjisi, petrole, taş kömüre doğru tek yönlü pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Eğitim terim yorumunu ve etkilerini şu şekilde belirtmek mümkündür; *Bor Madenindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 1.45 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Elektrik Enerjisindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 2.63 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Taşkömürü Madenindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 6.237 oranında arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Linyit Kömürü Miktarındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 1.60 yükseltmektedir (diğer değişkenler sabitken). *İktisadi Büyüme Oranındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 6.99 oranında yükseltmektedir (diğer değişkenler sabitken). *Petrol Miktarındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 1.54 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken).

Anahtar Kelimeler: Enerji Kaynakları, İktisadi Büyüme, Bor, Toryum, Granger Nedensellik Testi, Birim Kök Testleri, EKK testleri.

Jel Sınıflandırması: O13, O40, O47, Q40, Q41, Q42, Q43, Q56, E60.

Abstract

Everything in the world is provided with an energy, and energy and its use are the most important resources for meeting the basic needs of humankind, which are indispensable for protecting, maintaining and raising the standard of living, since the first day of human existence on earth. In this context, a life without energy is unthinkable. The Turkish nation living on the Anatolian geography, which is in a very valuable and geostrategic place on the planet Earth, has very important and very valuable minerals and minerals. Strateko the 21st century (strategic and economic) role to play in the future of Turkey, which is a producer of boron minerals are indisputable size. The strategic, technological and economic importance of boron in the world is increasing day by day. The most important boron reserves having 72.3% of the world's boron reserves are in the western part of Turkey. Industrialization has a very important strategic role in the economic development and growth of countries. Countries are in great need of energy, mines and raw materials for industrialization. Nowadays, along with industrialization and technological developments, new types of production models as well as new types of products and advanced technological tools are used in the production process.

World energy consumption demand was realized as 13,760 million tons of oil equivalent (MTEP) as of the end of 2016. Approximately 19% of the energy consumption demand was consumed by North American countries, 14% by European countries, and 41% was consumed by Asia-Pacific countries. As of the end of 2016, 87% of the energy consumed in the world consists of fossil resources. In 2015, 42% of the world's total primary energy demand was used for electricity generation. Another precious metal of ours is "Thorium". Thorium was first discovered in 1828 by the Norwegian mineralogist Morten Thrane Esmark, but it was identified by the Swedish chemist Jons Jacob Berzelius and took its place in the periodic table. The element is named after Thor, who is accepted as the god of war in mythology. Thorium reserves are several hundred times higher

than the world's uranium reserves. This shows the strategic importance of thorium in terms of energy production. There are sufficient thorium reserves in the world to meet the energy needs of humanity for thousands of years.

Energy sources can be divided into two according to their reusability. According to the said separation, resources are classified as renewable and non-renewable resources. Raw materials and natural resources are also included in the scope of (K) physical capital, which is included in the Cobb-Douglas production function. The (K) factor is important in the increase in production and acceleration of growth. Note that as (K) decreases, production decreases. When the relationship between the consumption of energy resources and economic growth is examined empirically, it is seen that empirical studies conducted in different countries, at different periods, using different methods have produced quite different results. Since there is no consensus in the results of empirical studies on the direction of the causality relationship between consumption of energy resources and economic growth, different perspective explanations are encountered in the literature. In order to explain these differences, four important theories have been developed which are explained below. These theories; "Growth", "protection", "neutrality" and "feedback" theories.

There is a Granger causality relationship between energy resource types and GNP. A one-way positive relationship has been determined from GNP to boron mine, electrical energy, oil, stone coal. It is possible to state the interpretation of the term slope and its effects as follows; * One unit increase in Boron Mine (with its logarithm) increases the GNP (with its logarithm) by 1.45 (when other variables are fixed). * One unit increase in Electrical Energy (whose logarithm is taken) increases the GNP (with its logarithm) by 2.63 (when the other variables are fixed). * One unit increase in the Hard Coal Mine (whose logarithm is taken) increases the GNP (with the logarithm) by 6,237 (when the other variables are fixed). * One unit increase in Lignite Coal Quantity (logarithm taken) raises GNP (logarithm taken) by 1.60 (other variables fixed). * One unit increase in Economic Growth Rate (logarithm taken) increases GNP (logarithm taken) by 6.99 (while other variables are constant). * One unit increase in the amount of oil (with its logarithm) increases the GNP (with its logarithm) by 1.54 (while the other variables are constant).

Keywords: Energy Resources, Economic Growth, Boron, Thorium, Granger Causality Test, Unit Root Tests, EKK tests.

JEL Classification: O13, O40, O47, Q40, Q41, Q42, Q43, Q56, E60.

1. GİRİŞ

Eski Yunan’ da enerji kelimesi de anlamına gelen “en” ve iş ve eylem anlamına gelen “*ergon*” kelimelerinin birleşiminden meydana gelmiştir. “Energeia” kelimesi, ilahi eylem ve esrarengiz iş anlamına gelen energeia sözcüğü, Aristo tarafından “bir amaç için yapılan hareket veya iş” ve Siculus tarafından “bir motorun gücü” olarak tarif edilmiştir (Özaydın, 2019:28; aktaran bkz: Aksu, 2021:249). “*En ergoneia*” un İngilizce karşılığı “*in work*”, Türkçe karşılığı “*çalışan*” dır. Yani “enerji” terimi eski Yunan literatürüne “*çalışan*” olarak geçmiştir (Broyles, 2001: 4; aktaran bkz: Güngör, 2016:5; Aksu, 2021:249).

Dünyada herşey bir enerji ile sağlanmakta olup, insanoğlunun yeryüzünde var olduğu ilk günden bu yana hayatını korumak, idame ettirmek ve hayat standardını yükseltmek için olmazsa olmaz olan temel

ihtiyaçlarının karşılanması ve bunların giderilmesi için en önemli kaynakların başında enerji ve bunun kullanımı gelmektedir. Bu bağlamda enerjisiz bir hayat düşünülemez. Ülkelerin iktisaden kalkınmasında ve büyümenin artmasında sanayileşmenin çok önemli stratejik rolü bulunmaktadır. Sanayileşmenin gerçekleşebilmesinde de ülkelerin enerjiye, madenlere ve hammaddelere çok büyük ihtiyacı vardır. Günümüzde sanayileşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte yeni tarz üretim modellerinin yanı sıra, yeni tip ürünler ve ileri teknolojik araçların üretim sürecinde kullanımı görülmektedir (Aksu, 2021:255-256).

Dünya nüfusu arttıkça enerji tüketimi de kaçınılmaz olarak artar, ancak bu artışın çevresel etkilerini minimize etmek ve sürdürülebilir bir gelecek sağlamak için enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve bilinçli politikaların uygulanması gereklidir. Bu unsurlar, enerji tüketiminin nüfus artışı ile uyumlu hale getirilmesini ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılmasını sağlayabilir. Dünya nüfusu arttıkça, enerjiye olan talep de artar. Daha fazla insan, daha fazla enerji tüketimine yol açar. Enerji, ulaşım, sanayi, konut ısıtma-soğutma, aydınlatma ve gıda üretimi gibi günlük yaşamın her alanında gereklidir. Ancak, nüfus artışının enerji tüketimine etkisi, ülkelerin enerji yoğunluğu ve teknolojik gelişmişlik seviyesine bağlıdır. Gelişmiş ülkelerde, enerji verimliliği uygulamaları daha yaygın olduğu için, enerji tüketimindeki artış nüfus artışına göre daha yavaş olabilir (Aksu, 2024:578-579).

Dünya nüfusu ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin analizi hem ekonomik hem de stratejik açıdan büyük bir öneme sahiptir. Bu analiz, gelecekteki enerji talebini tahmin etmek, sürdürülebilir kalkınma politikaları geliştirmek ve uluslararası stratejik dengeleri anlamak için kritik bir araçtır. Nüfus artışı, enerji tüketiminde kaçınılmaz bir artışa yol açar. Bu nedenle, enerji kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve çevresel etkilerin minimize edilmesi hayati önem taşır. Enerji tüketimi, karbon emisyonları ve iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin anlaşılması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada temel bir unsurdur. Artan nüfus, enerji talebini artırır ve bu da enerji kaynaklarına erişim ve enerji arz güvenliği sorunlarını gündeme getirir. Enerji güvenliği hem ulusal hem de uluslararası düzeyde stratejik bir öncelik haline gelir. Bu analizin yapılması, enerji bağımlılığının azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve enerji arzı üzerindeki baskının hafifletilmesi açısından önemlidir. Enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve refah düzeyi ile yakından ilişkilidir. Nüfus artışı, ekonominin çeşitli sektörlerindeki enerji talebini etkiler. Bu nedenle, enerji talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, uzun vadeli ekonomik planlamada kritik bir rol oynar. Enerji arz ve talebinin dengelenmesi, ekonomik istikrarın sağlanmasında ve enerji fiyatlarının kontrol edilmesinde önemlidir (Aksu, 2024:579).

Dünya planetinde çok değerli ve jeostratejik bir yerde bulunan Anadolu coğrafyası üzerinde yaşayan Türk milleti bulunduğu konum itibarıyla çok önemli ve çok değerli mineral ve madenlere sahip durumundadır. 21. yüzyılda yedi önemli stratejik maden, ekonomik yapı ve faaliyetlerde etkisini hissettirecektir. Bunlara sahip olan ülkeler büyük ekonomik güç olarak karşımıza çıkacaktır. Bu on önemli ve değerli maden; “altın”, “gümüş”, “bor”, “toryum”, “osmiyum”, “titanyum”, “platinyum”, “yeda”, “platinyum” ve “petrol-doğal gaz ve bileşenleri”dir. Burada “yeda” bilinmeyen bir güçtür. Bu on madenden altın ve gümüş ekonomik hayatta vazgeçilmez olarak önemini artıracaktır. Merkantilist dönemin iki stratejik ürünü (altın ve gümüş) bu yüzyılın vazgeçilmezi olacaktır (Aksu, 2020:120; Aksu, 2021:250; Aksu, 2024:584).

21. yüzyılda en önemli ve stratejik madenlerinden ilki, “Bor madenleri”dir. Türkiye sahip olduğu bor rezervleri ve cevherlerinin kalitesi ile dünyanın en önde gelen ülkesidir. Bor mineralleri bazı alanlarda ham bor olarak kullanılmakta ise de genel olarak rafine bor bileşiklerine ve özel bor ürünlerine dönüştürüldükten sonra geniş alanda kullanılmaktadır. Bor mineralleri günümüzde cam sanayinden, deterjan sanayine, metalurji sektöründen tarım sektörüne, bilişim sektöründen yapay zekâ formlarının alt yapısını oluşturan sinir ağlarına, uzay sektöründen ve nükleer uygulamalara kadar yaygın ve gün geçtikçe artan uygulamalara sahiptir. Bu stratejik özelliklerinden dolayı bor madeni Türkiye için büyük bir öneme sahiptir (Aksu, 2021:250).

21. yüzyılda stratekon (stratejik-ekonomik) bir mal olan bor minerallerinin Türkiye'nin geleceğinde oynayacağı rol tartışılmaz boyuttadır. Dünyada borun stratejik, teknolojik ve ekonomik önemi gün geçtikçe artmaktadır. Dünya bor rezervinin %72,3'üne sahip olan en önemli bor rezervleri Türkiye'nin batı bölgesindeki 6 ilinde (Balıkesir, Eskişehir, Bilecik, Manisa, Kütahya, Bursa'da) bulunmaktadır. Diğer önemli rezervler ise ABD, Rusya, Çin, Şili, Peru, Kazakistan, Güney Afrika Cumhuriyeti başta olmak üzere dünyanın çeşitli ülkelerinde bor rezervleri bulunmaktadır. Dünya bor rezervleri B₂O₃ bazında 369 milyon ton görünür, 807 milyon ton muhtemel ve mümkün olmak üzere toplam 1.176 milyar tondur. Bu rezervlerde Türkiye'nin payı %72,3, ABD'de %6,8 ve Rusya'da ise %8,5'tir. Türkiye'deki bor rezervlerinin ömrü 567 yıl iken, dünyanın ikinci büyük rezerv ülkesi Rusya'da bor rezervleri 67 yıllık bir ömre sahiptir (Yenmez, 2009:59-60; aktaran bknz: Aksu, 2021:250).

Ülkelerin iktisaden kalkınmasında ve büyümenin artmasında sanayileşmenin çok önemli stratejik rolü bulunmaktadır. Sanayileşmenin gerçekleşebilmesinde de ülkelerin enerjiye, madenlere ve hammaddelere çok büyük ihtiyacı vardır. Günümüzde sanayileşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte yeni tarz üretim modellerinin yanı sıra, yeni tip ürünler ve ileri teknolojik araçların üretim sürecinde kullanımı görülmektedir. Sanayi faaliyetlerinde ve üretiminde çok yaygın olarak kullanılan önemli hammaddelere "stratejik maden veya maddeler" adı verilir (Yenmez, 2009:61; aktaran bknz: Aksu, 2021:250).

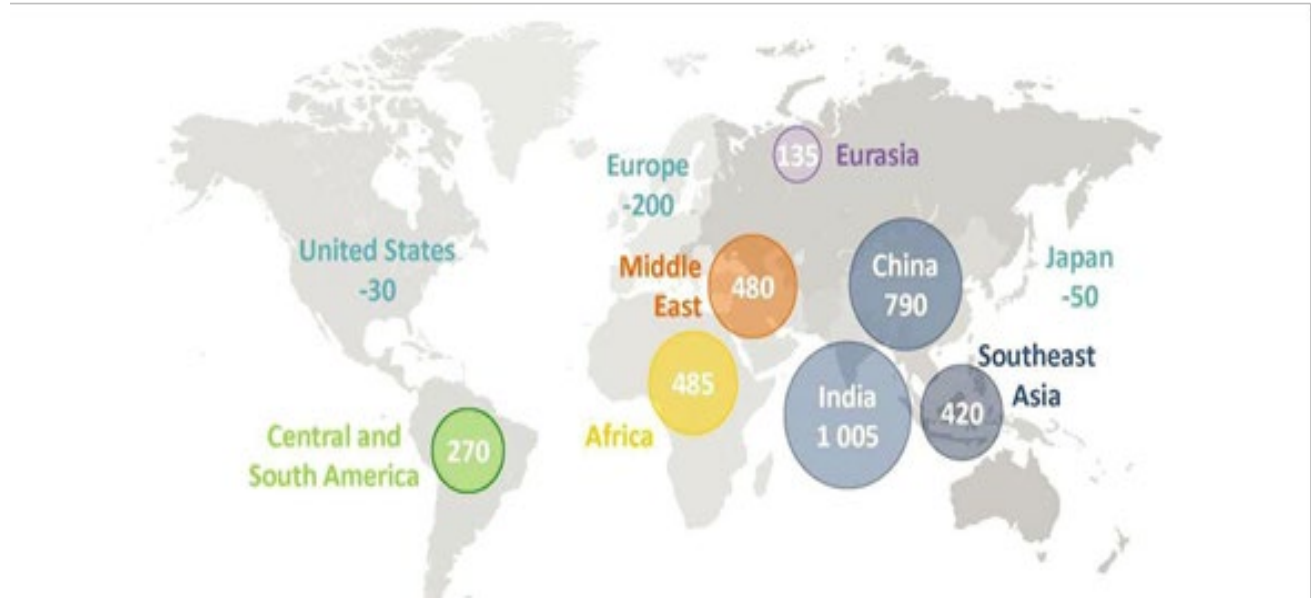
21 yüzyılda dünyada büyük bir dönüşümün bir diğer önemli vechesi ise, enerji jeopolitiği ile ilgilidir. Enerji sektörü bütün dünyada hızlı bir dönüşüm içerisinde. Atlantik merkezli bir enerji dünyasından, Asya-Pasifik merkezli bir enerji dünyasına doğru gidilmektedir. Jeostratejik konsept bu bölgeye doğru kaymaktadır. Sıklet merkezi artık 20. yüzyıldaki gibi Atlantik eksenli olmayacaktır. Türkiye bu noktada iyi bir rol sahibi ve üst ligde söz sahibi olacak ülkeler arasına girebilecektir. Diğer taraftan, konvansiyonel olmayan petrol ve gaz keşif ve üretimleri, enerji ithalatçısı önemli ülkelerin enerji ihracatçısı haline gelmesine yol açmıştır (Kalkınma Bakanlığı, 11. Kalkınma Planı, 2018:1-2; aktaran bknz: Aksu, 2021:251).

Nüfus artışı ile enerji tüketimi arasında güçlü ve doğrudan bir ilişki vardır. Daha fazla insanın yaşadığı bir dünyada, konut, ulaşım, sanayi ve diğer hizmetler için enerji talebi artar. Bu artış, ekonomik faaliyetlerin yoğunluğunu artırarak enerji tüketiminde bir büyümeye neden olur. Ancak, bu ilişki **lineer** olmayabilir; yani nüfusun her %1'lik artışı, enerji tüketiminde aynı oranda bir artışa neden olmayabilir. Bunun nedeni, ülkelerin gelişmişlik seviyelerine, enerji verimliliği teknolojilerine ve enerji politikalarına bağlı olarak değişen enerji yoğunluklarıdır (Aksu, 2024:581). Bu ilişki, temelde rasyoneldir çünkü nüfus arttıkça, enerji talebi de mantıksal olarak artar. Ancak, enerji tüketiminin nüfus artışına paralel olarak artması, her zaman **optimal** bir sonuç doğurmaz. Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, teknolojik ilerlemeler ve sürdürülebilir enerji politikaları gibi faktörler, enerji tüketiminin kontrol altında tutulmasına yardımcı olabilir. Optimal enerji tüketimi, enerji verimliliği ile doğrudan ilişkilidir. Ekonomik büyüme, enerji tüketiminde büyük bir artışa neden olmadan da sürdürülebilir olabilir. Bu, teknolojik yenilikler ve verimli enerji kullanımı ile sağlanabilir. Enerji talebindeki artış, enerji fiyatlarını yükseltebilir. Ancak optimal nüfus seviyesinde, enerji talebi ve arzı arasında bir denge kurulabilir ve bu denge, enerji maliyetlerini kontrol altında tutarak ekonomik istikrarı sağlar (Smil, 2008:122-134; aktaran bknz: Aksu, 2024:581).

21. yüzyıldan itibaren enerji politikalarında yaşanan değişim ve dönüşümler enerji yoğunluğunda geçmiş yıllara göre daha önemli gelişmeler izlenmektedir. 2010'dan beri dünya ekonomisindeki enerji yoğunluğu yılda ortalama %2,1 oranında düşmüştür. Bu değer, 1970 ve 2010 arasındaki ortalama %1,3 olan enerji yoğunluğu iyileşmelerinden daha iyi bir seviyeyi temsil etmektedir. Küresel enerji sistemi; kaya gazı ve petrol üretiminin ulaştığı şaşırtıcı aşama, OECD harici ülkelerdeki ekonomik büyüme ve enerji talebi artışı, kadim enerji güzergâhları üzerindeki fay hatlarının kırılabilirliği gibi faktörlere bağlı olarak bir taraftan

coğrafik bir kaymaya maruz kalmakta, diğer yandan jeopolitik dengeleri etkilemektedir. Bugün Doğu-Akdeniz’de, Ege’de, Karadeniz’de yapılan petrol, doğal gaz ve likit gaz sistemlerine ait sismik araştırmalar ve çıkartmalar bu bağlamda çok önemli stratejik adımlardır. Türkiye’nin de bu bağlamda küresel oyuncu olma yolunda ilerlediğini göstermektedir. Önemli küresel oyuncular açısından enerji üretimi ve sahip olunması, dış politika yaklaşımlarında sadece bir “alt başlık” olarak değil, doğrudan doğruya bir “dış politika eksen ve büyük ekonomi aktörü” olma yolunda ciddi adımlar atıldığını göstermekte ve stratejik öncelik olarak ele alınmaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 11. Kalkınma Planı, 2018:7-8; aktaran bknz: Aksu, 2021:251).

Şekil 1: Dünyadaki Bölgelerin 2016-2040 Arası Enerji Talep Değişimleri (MTEP)



141

Kaynak: Dünya Enerji Görünümü (WEO) 2017, aktaran bknz: Kalkınma Bakanlığı (2018), 11. Kalkınma Planı (2019-2023), Enerji Arz Güvenliği ve Verimliliği, ÖİK Raporu, Ankara, s.8’deki şekilden alınmıştır. Ayrıca bknz: Aksu, 2021:252’deki şekilden alınmıştır.

Optimal enerji tüketimi, toplumun yaşam kalitesini artırmak için gereklidir. Yeterli enerji arzı, sağlık, eğitim, ulaşım ve diğer temel hizmetlerin sunulmasında kritik rol oynar. Ancak enerji tüketiminin aşırı artışı, çevresel bozulma ve iklim değişikliği gibi sorunlara yol açarak sosyal refahı olumsuz etkileyebilir. Enerjiye erişimdeki eşitsizlikler, toplumda farklı gruplar arasında sosyal adaletsizliklere yol açabilir. Bu nedenle, optimum nüfus ve enerji tüketimi, enerji kaynaklarına adil erişimi teşvik etmelidir (Goldemberg, 2000:75-89). Farklı yaş gruplarının enerji tüketimi farklıdır. Örneğin, genç nüfus daha fazla enerji tüketen yaşam tarzlarına sahip olabilirken, yaşlı nüfus enerji tüketimi konusunda daha sabit ve düşük talep gösterebilir. Bu nedenle, demografik yapı, optimal enerji tüketimi açısından önemli bir faktördür.

Nüfus arttıkça, bireysel enerji tüketimi de artar. Daha fazla insanın elektriğe, ısınmaya, ulaşım araçlarına, sanayi ürünlerine ve teknolojiye erişimi enerji tüketimini doğrudan artırır. Dünya nüfusu 1950’den bu yana yaklaşık üç kat artarken, enerji tüketimi aynı dönemde 5-6 katına çıkmıştır. Örneğin, IEA (Uluslararası Enerji Ajansı) verilerine göre dünya genelindeki enerji talebi, nüfusun büyük ölçüde arttığı Asya ve Afrika gibi bölgelerde özellikle hızla artmıştır (Aksu, 2024:585).

Tablo 1: Dünya Enerji Kaynakları (2024)

Enerji Kaynağı	Dünya Tüketimi (%)	Kaynakların Dağılımı	Özellikler
Benzin vb.	33%	Orta Doğu, Rusya, ABD	Dünyanın en fazla kullanılan enerji kaynağı. Ulaşım ve sanayi için hayati öneme sahiptir.
Kömür	27%	ABD, Çin, Hindistan, Avustralya	Sanayi devriminin ardından hala büyük oranda kullanılan bir enerji miktarı.
Doğalgaz	24%	Rusya, ABD, Orta Doğu	Elektrik üretimi ve sanayide yaygın kullanımı bulunmaktadır.
Hidroelektrik Enerji	7%	Çin, Kanada, Brezilya	Yenilenebilir enerji kaynakları içinde en yaygın olanıdır.
Nükleer Enerji	4%	ABD, Fransa, Çin	Nükleer santrallerde enerji üretimi. Düşük karbon emisyonuna sahiptir.
Yenilenebilir Enerji (Güneş, Rüzgâr, Biyoenerji)	5%	Çin, ABD, Avrupa Birliği	Giderek artan bir pazar, ancak hala dünya çapında düşük seviyede kullanım.

Kaynak: IEA, UN ve World bank verilerinden derlenmiştir. Ayrıca bkz: Aksu, 2024:586'daki tablodan alınmıştır.

Dünya enerji tüketim talebi, 2016 yılı sonu itibarıyla 13.760 milyon ton petrol eşdeğeri (MTEP) olarak gerçekleşmiştir. Enerji tüketim talebinin yaklaşık %19'u Kuzey Amerika ülkelerince, %14'ü Avrupa ülkelerince tüketilirken, %41'i Asya-Pasifik ülkelerince tüketim talebi yapılmıştır. 2016 yılı sonu itibarıyla, dünyada tüketilen enerjinin %87'si fosil kaynaklardan oluşmaktadır. 2015 yılında, dünya toplam birincil enerji talebinin %42'si elektrik üretimi için kullanılmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) öngörülerine göre, 2035 yılında bu rakamın %46,6'ya çıkması beklenmektedir. Elektrik üretiminde en fazla kullanılan kaynak hala kömürdür. Petrol, daha çok ulaştırma sektörü tarafından talep edilmektedir. 2015 yılında petrolün ulaştırma sektöründeki payı %95,1'dir. 2035 yılına kadar bu oranın %91,1'e düşmesi, doğal gazın ise taşımacılık sektöründe kullanımının artması beklenmektedir. Bununla birlikte elektrikli hibrid arabaların öngörülenden daha hızlı artması bu oranın daha da düşmesine neden olacaktır (Kalkınma Bakanlığı, 11. Kalkınma Planı, 2018:1-12; aktaran bkz: Aksu, 2021:252).

Dünyanın 2018 yılındaki toplam enerji arzı 14.314 milyon TEP'dir. Bu arzın kaynaklara dağılımında yukarıdaki şekilde ilk sırayı 4.501 milyon TEP ve toplam arzın %31'i ile petrol almıştır. Petrolü, 3.821 milyon TEP ve %27 pay ile kömür, 3.273 milyon TEP ve %23 pay ile doğal gaz takip etmiştir. Dünya enerji arzında 2000-2018 yılları arasındaki %42,6 artışın yaklaşık %70'i Asya Kıtası'ndan kaynaklanmıştır. 2000 yılında %30 olan Asya Kıtası'nın payı 2018 yılında %42'ye kadar yükselmiştir. Son 18 yılda, birincil enerji arzı Çin'de %179 ve Hindistan'da ise %108 oranında büyümüş, buna karşılık Avrupa Birliği'nde (AB) %4,9 ve ABD'de ise %1,8 oranında azalmıştır (Aksu, 2024:586).

“Enerji her arttığında nüfus da artar mı? Bu kesin olarak bilinemez ama nüfus artarsa enerji ihtiyacının artacağı kesindir. O halde nüfus artarsa enerji artar da diyebilir miyiz? Bu da kesin değildir çünkü nüfus her arttığında enerji kaynağı artacak ya da kullanılan kaynaklar arttırılacak diye bir kaide yoktur. Yine de nüfusun enerji üzerinde bir etkisi olduğunu söyleyebiliriz. O halde şimdi de nüfusun enerjiyi arttırdığı aşıkardır. Nüfus sürekli bir artış içindedir bununla birlikte geçmişten günümüze anlık üretilen enerji de artış içerisinde ama bu her zaman böyle olacağı anlamına gelmez bir an enerji artmaya başlayabilir ve nüfus düşebilir ya da tam tersi olabilir ama şu an asıl meselemiz nüfusun enerjinin artışı üzerindeki etkisi. Nüfus arttıkça ihtiyaç artacaktır ve bu ihtiyacı karşılamak için enerji üretimi de artabilir. Buna nüfusun mu yoksa kaynakların mı artışı sebep olur bilinmez ama nüfus artışının bir etkisi olduğu gayet açıktır”

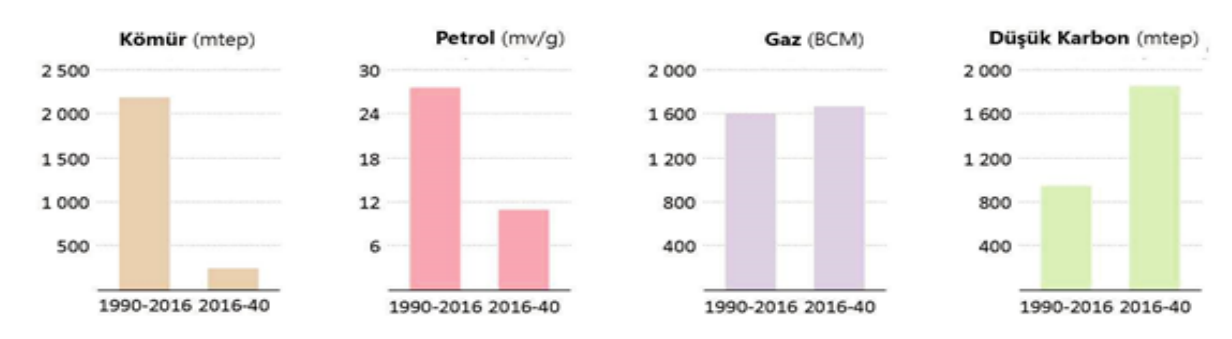
(<https://www.kozbilge.com/2014/10/nufus-ve-enerji-iliskisi.html>; erişim tarihi:05.04. 2023; aktaran bknz: Aksu, 2024:587).

2024 yılı itibarıyla, dünya genelinde toplam enerji arzı **15.150 milyon TEP** civarında olacaktır. Bu toplam arzın içinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı giderek artarken, fosil yakıtların da hâlâ önemli bir yer tutması beklenmektedir. Özellikle Asya ülkeleri, enerji talebindeki artışın en büyük kaynağı olmaya devam edecek, bu durum küresel enerji piyasaları üzerinde önemli etkiler yaratacaktır. Dünya enerji arzını oluşturan farklı enerji kaynaklarının paylarını % olarak belirtmek gerekirse (IEA, 2023:26-51; Aktaran bknz: Aksu, 2024:587-588):

- **Yenilenebilir Enerji:** %30
- **Fosil Yakıtlar:** %60
- **Nükleer Enerji:** %10

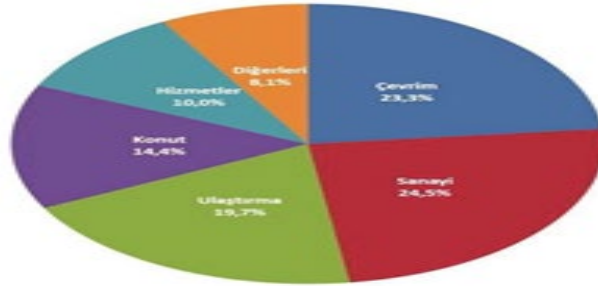
Dünya birincil enerji talebi (MTEP) ve arzı arasındaki ilişki hem fosil yakıtların hem de yenilenebilir enerji kaynaklarının payındaki değişimlerle birlikte gelecekte önemli bir dönüşüm geçirecektir. Bölgesel farklılıklar, enerji kaynaklarına erişim ve teknolojiye dayalı yenilikler, enerji talebi ve arzındaki dengeleri doğrudan etkileyecek ana faktörler arasında yer almaktadır.

Şekil 2: Küresel Enerji Talebinin Kaynaklara Göre Değişimi



Kaynak: Dünya Enerji Görünümü (WEO) 2017, aktaran bknz: Kalkınma Bakanlığı (2018), 11. Kalkınma Planı (2019-2023), Enerji Arz Güvenliği ve Verimliliği, ÖİK Raporu, Ankara, s.6'daki şekilden alınmıştır.

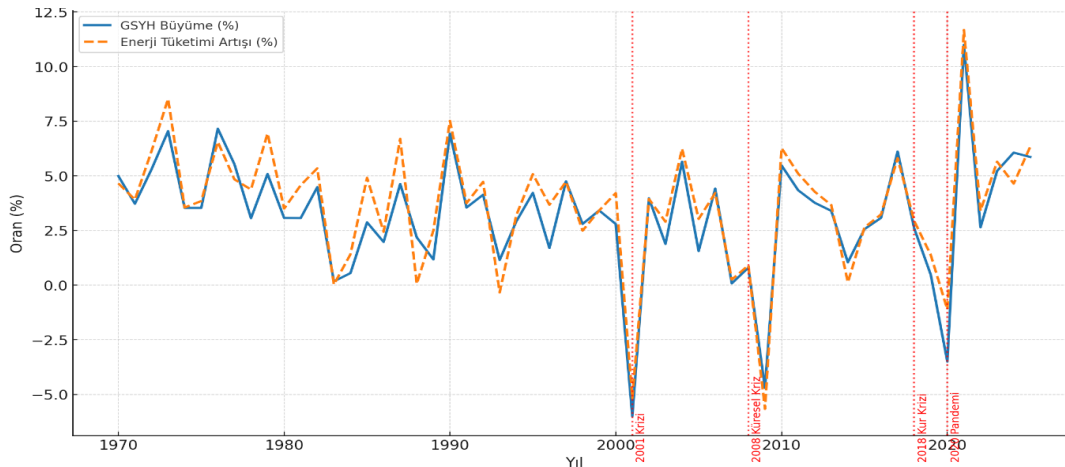
Şekil 3: 2016 yılı Türkiye Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı



Kaynak: ETKB 2016 Genel Enerji Denge Tablosu, aktaran bkz: Kalkınma Bakanlığı (2018), 11. Kalkınma Planı (2019-2023), Enerji Arz Güvenliği ve Verimliliği, ÖİK Raporu, Ankara, s.12'deki şekilden alınmıştır.

Türkiye gelişen ekonomisi ile dünyanın önemli enerji tüketicileri arasında yer almaktadır. 2016 yılında, Türkiye'nin 136,2 MTEP olan birincil enerji arzında petrol %31 (2007 yılında %30,9 ve 2011 yılında %26,6), kömür %28,2 (2007 yılında %28,7 ve 2011 yılında %31,3) ve doğal gaz %28,1 (2007 yılında %31,5 ve 2011 yılında %32,2) paya sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ise %12,7 (2007 yılında %8,9 ve 2011 yılında %9,7) olarak gerçekleşmiştir. Türkiye birincil enerji talebinin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde; birincil enerji arzının %23,3'ünün dönüşüm ve çevrim sektöründe (elektrik ve kok üretimi ile rafinaj) kullanıldığı görülmektedir. Enerji tüketimindeki en yüksek pay %24,5 ile sanayiye aittir. Diğer önemli bileşenler ise %19,7 ile ulaştırma, %14,4 ile konutlar ve %10 ile hizmetler sektörüdür. Birincil enerji arzının yaklaşık %8,1'i ise diğer alanlarda kullanılmıştır. Türkiye'nin kişi başına enerji tüketimi OECD ortalamasının %40'ı düzeyindedir. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı, %74 seviyesindedir. Dışa bağımlılık oranı, özellikle 1990'ların başından itibaren doğal gaz tüketimindeki büyük yükselişe bağlı olarak önemli bir artış göstermiş ve 2000'li yılların başından itibaren %70'ler civarında seyretmeye başlamıştır (Kalkınma Bakanlığı, 11. Kalkınma Planı, 2018:11-12; aktaran bkz: Aksu, 2021:253).

Grafik 1: Türkiye'de Enerji Tüketimi ve GSMH Büyümesi İlişkisi (1970-2025)



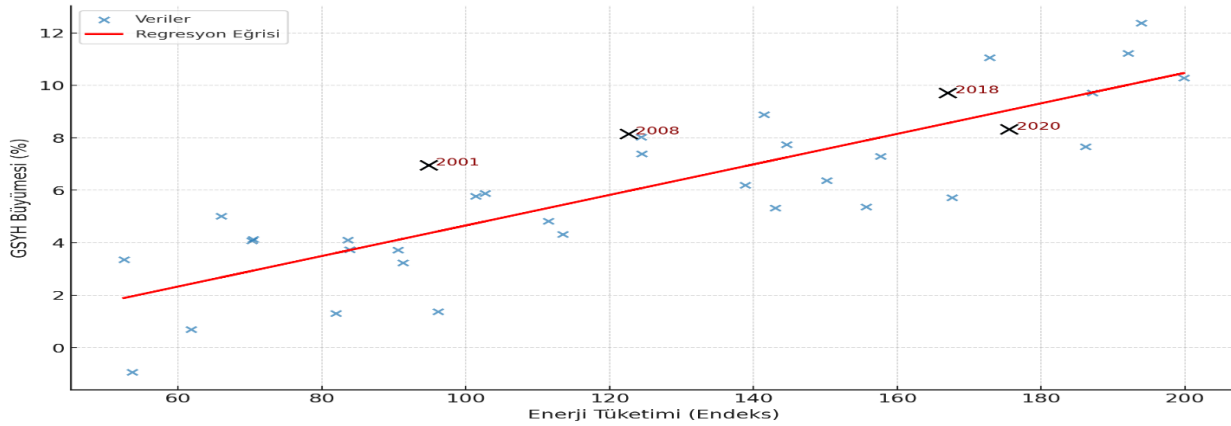
Kaynak: DPT, DİE, TÜİK, Kalkınma Bakanlığı ve Dünya Bankası verilerinden derlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Yukarıdaki grafik, Türkiye’de **enerji tüketimi artışı ile GSYH büyümesi arasındaki ilişkiyi (1970-2025)** göstermektedir. Grafik, özellikle kriz ve şok dönemlerinde bu iki değişken arasındaki güçlü korelasyonu ortaya koymaktadır:

- **2001 Krizi** sırasında hem enerji tüketimi hem de GSYH büyümesi ciddi daralmıştır.
- **2008 Küresel Krizi** ekonomik büyümeyi yavaşlatırken, enerji talebindeki azalma da belirginleşmiştir.
- **2018 Döviz ve Borç Krizi** ekonomik büyümeyi sınırlarken, enerji tüketiminde de yavaşlama görülmüştür.
- **2020 Pandemisi** ekonomik faaliyetlerde keskin daralmaya yol açmış, enerji tüketimi de benzer şekilde düşmüştür.

Genel eğilim olarak, **enerji tüketimi artışı iktisadi büyümeyi takip etmekte**, yüksek büyüme dönemlerinde enerji talebi de artarken krizlerde iki değişken birlikte daralmaktadır. Bu sonuç, Türkiye’de enerji tüketiminin büyümenin hem bir nedeni hem de sonucu olduğunu ve kriz dönemlerinde iki değişkenin birbirini doğruladığını göstermektedir.

Grafik 2: Enerji Tüketimi ve GSMH Büyümesi İlişkisi (Kriz Yıllarında)



Kaynak: DPT, DİE, TÜİK, Kalkınma Bakanlığı ve Dünya Bankası verilerinden derlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Yukarıdaki grafik 2’de, **enerji tüketimi ile GSYH büyümesi arasındaki pozitif ilişkiyi** göstermektedir. Regresyon eğrisi (kırmızı çizgi), enerji tüketiminin arttıkça büyümenin de genel olarak yükseldiğini işaret etmektedir. Ancak:

- **2001 krizi** (finansal ve bankacılık krizi) sırasında enerji tüketimi artmasına rağmen büyümede sert bir daralma gözlenmiştir. İktisadi büyüme sert biçimde negatif oldu (-9,5%). Bu dönemde **finansal sistem çöküşü**, enerji–büyüme ilişkisini bozdu.
- **2008 küresel krizi**, enerji talebinde düşüş ve büyümede saptmaya yol açmıştır. İktisadi Büyüme - 4,7% seviyesine düştü. **Dış talep şoku**, enerji–GSMH ilişkisinde negatif sapma yarattı.

- **2018 kur krizi**, enerji ithalat bağımlılığı nedeniyle büyümede negatif sapmayı tetiklemiştir. Enerji tüketimi görece devam etti ama büyüme yavaşladı (%2,8'den -0,8'e). **Enerji ithalat bağımlılığı**, büyüme üzerindeki baskıyı artırdı.
- **2020 COVID-19 krizi** hem enerji tüketiminde ani daralma hem de ekonomik büyümede keskin düşüş ile ayrılmaktadır. Büyüme de -%5,8 olarak gerçekleşti. Bu kez enerji ve büyüme birlikte çöktü → **dışsal (küresel) makro ekonomik şok**.

Bu sapmalar, kriz dönemlerinde enerji-büyüme ilişkisinin **dışsal şoklara duyarlı olduğunu** ve Türkiye'nin enerji bağımlılığının ekonomik kırılganlıkları artırdığını göstermektedir.

Diğer bir değerli madenimiz, "Toryum"dur. Toryum, ilk kez 1828 yılında Norveçli mineralog Morten Thrane Esmark tarafından keşfedilmesine rağmen İsveçli kimyager Jons Jacob Berzelius tarafından tanımlanarak periyodik cetveldeki yerini almıştır. Element adını mitolojide savaş tanrısı olarak kabul edilen Thor'dan almıştır (Eroğlu ve Şahiner, 2017:20-21). Toryum, Dünya uranyum rezervlerine nazaran toryum rezervleri birkaç yüz kat daha fazladır. Bu, toryumun enerji üretimi açısından stratejik önemini göstermektedir. İnsanlığın enerji gereksinimini binlerce yıl karşılamaya yetecek toryum rezervi dünyada mevcuttur (Aksu, 2021:254).

2016 verilerine göre dünyada bilinen toplam toryum rezervinin yaklaşık 6,35 milyon ton olduğu ve ortalama %6-7 civarında toryum içerdiği tahmin edilmektedir. Rezervler ağırlıklı olarak Hindistan, Brezilya, Avustralya, ABD ve Türkiye'de bulunmaktadır (Eroğlu ve Şahiner, 2017:20-21; aktaran bkz: Aksu, 2021:254).

Toryum gelişmiş ülkelerde uranyuma dayalı olarak geliştirilen nükleer teknolojiler sonrasında ortaya çıkan nükleer atıkların yeniden değerlendirilmesinde ve atık miktarı ile yarı ömürlerinin azaltılmasında bir çözüm aracıdır. Aynı zamanda nükleer yakıt ekonomisi sağlar. Toryum, Dünyadaki yayılım itibarıyla uranyuma göre daha dengeli bir coğrafi dağılıma sahiptir. Toryum madenciliği uranyuma kıyasla daha az radyoaktif kirliliği olan bir süreçtir. Uranyumdan yaklaşık 1000 kat daha fazla temiz bir enerji vermektedir. Kadim toplumlarda bir enerji aracı olarak kullanılmıştır. Uranyum gibi toryum da doğada serbest halde bulunmaz, fakat 60 civarında mineralin içinde rastlanır. Bunlardan sadece monazit ve thorite, toryum üretiminde kullanılır. Bu mineraller de genellikle nadir toprak elementleri ile birlikte bulunmaktadır (Aksu, 2021:254). Toryuma dayalı nükleer santrallerin henüz ticari yapılabilirliği olmayıp, deneme safhasında bulunması ve bu sektörün dışındaki kullanımının sınırlılığı nedeniyle, dünyada bugüne kadar, doğrudan toryum aramalarına fazla önem verilmemiştir (http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=117&tipi=5&sube=0; erişim tarihi: 05.04. 2019). Ama bu önemsiz bir maden olduğu anlamına gelmesin (Aksu, 2021:254-255).

Ülkemizde toryumun çıkarılan yerlerini belirtmek gerekirse; Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören, Malatya-Hekimhan-Kuluncak, Kayseri-Felâhiye, Sivas, Diyarbakır ve Burdur-Çanaklı sahalarında ve en önemlisi Isparta ile Burdur arasında ciddi bir miktar toryum, monazit ve torobastnazit minerallerinin kafes yapısında bulunmaktadır. Toryum kompleks cevher yataklarında, yaklaşık 380.000 ton görünür ThO₂ (thorite) rezervi saptanmış olup, bu rezervin tenörü %0,21 ThO₂ (thorite) dir. Söz konusu bölgede bor üretim havzaları da bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan miktar dünyadaki Toryum miktarının %6-8'i arasındadır. Bu oran bazı kaynaklarda %15-16 oranında olduğudur. Kesin bir rezerv kaynağı bilinmemektedir. Toryum ticaretine bakıldığında; toplam dünya ithalatında en büyük alıcı %99,7'lik pay ile Çin'dir. Diğer alıcılar ise; Japonya, İspanya ve Rusya'dır. Türkiye, nükleer enerji hammaddesi olan toryum açısından önemli bir potansiyele sahiptir ve zenginlik sınıflandırmasında toryum madenimiz çok zengin madenler sınıfında bulunmaktadır (Eroğlu ve Şahiner, 2017:20-25; aktaran bkz: Aksu, 2021:255).

Yatağın tamamında yapılacak sondajlı çalışmalarla bu rakamın, iki katına çıkması olasıdır. Toryum cevherinin zenginleştirilmesiyle ilgili teknolojik altyapı sorunları bulunmaktadır. Toryum uzay çalışmalarında enerji olarak, pil olarak, ülkelerin enerji gereksinimlerinde, örneğin, Toryum Santralinden elde edilecek enerji ile Türkiye'nin 100-150 senelik ihtiyacı karşılanabilecektir. Hatta bu elde edilen enerjiyi Balkanlara, Kafkasya'ya ve Ortadoğu'ya satmamız mümkün olabilecektir. Bu çalışmada toryumun yıllara göre verilerini bulamadığımız için ampirik analizde değişken olarak kullanamamaktadır (Aksu, 2021:255).

2. TEORİK ANALİZ

Enerji kaynakları tekrar kullanılabilme durumuna göre ikiye ayrılabilir. Söz konusu ayrıma göre kaynaklar yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır (Pamir, 2016:45). Yenilenemeyen enerji kaynakları insanlık tarafından bir kez kullanılabilir ve tekrar enerji kaynağı olarak işlev gösteremezler ve çevreye zararlı atık olarak toprağa karışmaktadırlar. Buna mukabil yenilenebilir enerji kaynakları ise, yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre daha temiz ve çevreye daha az zararlı enerji kaynakları olup, insanlığın ihtiyaç duyduğu müddetçe kullandığı enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar kullanıldıktan sonra tekrar işlevselliklerini yitirmezler ve tekrar insanlık hizmetinde kullanılabilirler.

Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarını şöyle belirtilebilir (Pamir, 2016:46);

- Petrol ve Doğalgaz Sıvıları
- Doğalgaz
- Kömür
- Uranyum
- Toryum
- Osmiyum

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını ise şöyle belirtebiliriz (Pamir, 2016:47).

- Güneş (Solar Pilleri ve aynaları)
- Hidroelektrik
- Rüzgâr
- Biyoyakıtlar
- Jeotermal
- Dalgalar, gel-gitler
- Diğer kaynaklar; hidrojen, yakıt hücreleri, gazdan ve kömürden sıvı elde edilmesi sayılabilmektedir.

Mankiw, Romer ve Weil (1992), Solow (1956:65-94) ve Arrow (1962:155-173) öne sürdüğü Cobb ve Douglas (1928:139-165) üretim fonksiyonunun içinde yer alan (K) fiziki sermayenin kapsamında hammadde ve doğal kaynaklar da yer almaktadır. Üretim fonksiyonunda (A) terimi teknolojik gelişmeyi gösterirken, (K) terimi fiziki sermaye miktarındaki büyüklüğü, (H) emeğin sağlık sermayesi ve (L) terimi de emek miktarındaki değişimi vermektedir. Bu modele göre, hammaddeler ve doğal kaynaklar üretimin ve iktisadi büyümenin motorunu oluşturmaktadır (Mankiw, Romer ve Weil, 1992:407-437; Romer, 1986:1002-1037; Barro ve Sala-i Martin, 2004:220-227):

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot S^{\beta} \cdot H^{\gamma} \cdot (Le^{xt})^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (1) \quad 0 < \alpha + \beta + \gamma < 1$$

$\alpha > 0$, $\beta > 0$, $\gamma > 0$ iken, üretim fonksiyonu yoğun olarak denklemini yazmak gerekirse;

$$y = A \cdot k^{\alpha} \cdot s^{\beta} \cdot h^{\gamma} \quad (2), \quad \text{şeklinde yazmak mümkün olacaktır.}$$

Log-lineerleştirirsek:

$$\ln y = \ln A + \alpha \ln k + \beta \ln s + \gamma \ln h \quad (3)$$

Ekzogen temelinde teknolojik seviye $A > 0$ 'dan büyük olmak zorundadır. Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonundan hareketle emek, fiziki sermaye (hammaddeler, madenler, doğal kaynaklar vb.) ve beşeri sermaye üretim faktörlerinin, üretimin üzerinde yaptığı etkiyi tespitte kullanılır (Özsoy, 2008:34; aktaran bkz: Aksu, 2018:3618). Üretimin artışında ve büyümenin hızlanmasında (K) faktörü önem arz etmektedir. Dikkat edilirse, (K) düştükçe üretimde düşmeler görülmektedir. Hatta ekonomik krizler görülmektedir. Krizlerde β etkisi sapıyor. Türkiye ekonomisi için büyüme analizi yapılırsa;

- Kriz yıllarında hata terimi (ε) büyüyor $\rightarrow$ yani model krizleri tek başına açıklayamıyor.

$$\text{Growth}_t = c + \beta \Delta \ln(\text{Energy}_t) + \sum \theta_i D_{i,t} + u_t \quad (5)$$

$$\text{Büyüme}_t = c + \beta E_t + i \sum \theta_i D_{i,t} + i \sum \phi_i (E_t \times D_{i,t}) + \varepsilon_t. \quad (6)$$

- $\Phi_i < 0$ ise: krizlerde enerji-büyüme esnekliği **zayıflıyor** (enerji kısıtları/finansman kanalı bozulur).
- $\Phi_i > 0$ ise: toparlanma dönemlerinde enerji talebi, iktisadi büyümeyi **daha güçlü etkilemekte** (örneğin; 2009 sonrası).

Enerjinin üretimdeki yerini inceleyen literatürde, Georgescu-Roegen'in 1971'de yayınlanan "*The Entropy Law and The Economic Process*" ve 1975 yılında yayınlanan "*Energy and Economic Myths*" adlı çalışmaları enerji ile iktisadi büyüme ilişkisi konusunda temel taşları oluşturmaktadır. Georgescu-Roegen'in söz konusu çalışmalarından sonra çevre iktisatçıları, neoklasik akım yerine, merkezinde enerjinin yer aldığı bir üretim sürecinin önemi ortaya çıkarken, kapsamlı bir alternatif politikalar oluşturmaya çalışmışlardır (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 100; aktaran bkz: Şentürk, 2012:6).

Nüfus artışı ile enerji tüketim ilişkilerini ele alan ekonomik ve sosyal teorilere göre; üç önemli teori dikkate alınmalıdır. Bunlardan ilki, **Thomas Malthus'un nüfus teorisi**, nüfus artışının kaynaklar üzerindeki baskıyı artırdığını savunur. Bu teoriye göre, nüfus artışı sürdürülebilir enerji kaynaklarının kapasitesini aşarsa, enerji kıtlığı ve buna bağlı ekonomik ve sosyal sorunlar ortaya çıkabilir. Malthuscu perspektif, enerji politikalarının nüfus artışına paralel olarak sıkı bir şekilde yönetilmesi gerektiğini vurgular (Malthus, 1798:15-30). İkinci teori ise, **Jevons Paradoksu**, **William Stanley Jevons** tarafından öne sürülen bu teoriye göre, enerji verimliliğinin artmasının, uzun vadede toplam enerji tüketimini azaltmak yerine artırabileceğini savunur. Nüfus artışı, enerji verimliliğindeki gelişmelerle birleştiğinde, bu teorisin öngördüğü şekilde enerji talebinde daha da büyük artışlara yol açabilir. Verimli enerji kullanımının maliyetleri düşürmesi, daha geniş kitlelerin enerjiye erişimini kolaylaştırabilir ve bu da toplam enerji tüketimini artırabilir (Jevons, 1865:140-142)¹. **Üçüncü önemli teori ise, Ekonomik Büyüme-Enerji Tüketimini ele alan Kuznets (eğrisi) teorisidir**, ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi açıklar. Bu teoriye göre, Kuznets eğrisi, ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu öne sürer. Nüfus artışı, ekonomik büyüme ile birlikte enerji tüketiminde de artışa neden olabilir. Ancak belirli bir gelir seviyesine ulaşıldığında, enerji verimliliği ve teknolojik gelişmeler sayesinde enerji tüketimi stabilize olabilir veya azalabilir. Düşük gelir seviyelerinde ekonomik büyüme, enerji tüketimini ve çevresel bozulmayı artırabilir. Ancak, belirli bir gelir seviyesinin üzerine çıkıldığında, enerji

¹ **Jevons Paradoksu**, William Stanley Jevons'un *The Coal Question* adlı eserinde 1865'te ortaya koyduğu bir teoridir. Jevons, "enerji verimliliğinin artmasının, paradoksal bir şekilde, toplam enerji tüketimini azaltmak yerine artırabileceğini savunmuştur. Bu teori, özellikle kömür kullanımı örneği üzerinden açıklanmıştır. Jevons, daha verimli buhar makinelerinin geliştirilmesinin kömür talebini azaltmak yerine artırdığını gözlemlemiştir. Verimlilik artışı, enerji maliyetlerini düşürerek enerji tüketimini teşvik eder, bu da talebi artırır. Sonuç olarak, enerji verimliliği başlangıçta enerji tasarrufu sağlasa da uzun vadede enerji tüketiminde bir artışa yol açabilir." (Jevons, 1865: 140-142).

verimliliği ve çevre bilincinin artmasıyla birlikte enerji tüketimi stabilize olabilir veya azalabilir. Bu bağlamda, nüfus artışı ve ekonomik gelişme, enerji tüketimindeki değişimlerle ilişkilidir ve enerji politikalarının bu eğri doğrultusunda şekillendirilmesi gereklidir (Kuznets, 1955:1-28). Dördüncü ilişkiyi ele alan teori, **Yeşil Ekonomi** teorisi, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik eden politikaların geliştirilmesini savunur. Nüfus artışı ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi sürdürülebilirlik perspektifinden ele alır. Bu teori, nüfus artışının kaçınılmaz olarak enerji talebini artıracığını, ancak bu artışın yenilenebilir enerji kaynaklarının teşviki, enerji verimliliği ve çevresel düzenlemeler ile dengelenebileceğini öne sürer. Yeşil ekonomi politikaları, nüfus artışıyla birlikte enerji tüketiminin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini hedefler (Barbier, 2011:45-60). Beşinci önemli teori ise, **Ekolojik Ayak İzi ve Enerji Tüketimi teorisi**, Ekolojik ayak izi teorisi, insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısını ölçer ve bu baskının büyük bir kısmının enerji tüketiminden kaynaklandığını gösterir. Nüfus artışı, ekolojik ayak izini genişleterek enerji tüketiminin çevresel etkilerini artırır. Bu teori, enerji tüketiminin nüfus artışına orantılı olarak arttığını ve bunun sürdürülemez bir çevresel yük oluşturduğunu öne sürer (Wackernagel ve Rees, 1996:101-115). Nüfus artışı ile enerji tüketimi arasındaki ilişki, farklı teorik çerçevelerle açıklanabilir. Malthuscu teori, enerji kaynaklarının sınırlı olduğunu vurgularken, Jevons Paradoksu enerji verimliliğinin paradoksal etkilerini tartışır. Kuznets eğrisi, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki karmaşık ilişkiyi açıklar, yeşil ekonomi ise sürdürülebilir enerji politikalarının önemini vurgular. Son olarak, ekolojik ayak izi teorisi, nüfus artışının çevresel etkilerini ve enerji tüketiminin bu bağlamdaki rolünü ortaya koyar (Aksu, 2024:582-583).

3. LİTERATÜR ANALİZİ

Enerji kaynaklarının tüketimi ile iktisadi büyüme ilişkisi ampirik olarak akademik araştırmalar incelendiğinde farklı ülkelerde, farklı dönemlerde, farklı yöntemler kullanılarak yapılan ampirik çalışmaların birbirinden oldukça farklı sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir. Dünya’da enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen ilk çalışmalar Kraft ve Kraft’a aittir. Kraft ve Kraft (1978), ABD’de 1947-1974 döneminde GSYİH ve enerji tüketimi ilişkisini Sims metodolojisi aracılığıyla incelemiş, GSYİH’den enerji tüketimine doğru işleyen bir nedensellik olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmanın ardından enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi çok popüler bir inceleme alanı konumuna gelmiştir. İlk çalışmalardan biri olan Hamilton (1983)’da ABD üzerine yaptığı ampirik çalışmada, 1948-1972 yılları arasında ABD’de enerji fiyatları ve iktisadi büyüme için Granger nedensellik testi uygulamış, sonuç olarak enerji fiyatlarından iktisadi büyümeye doğru bir nedensellik saptamıştır.

Enerji kaynaklarının tüketimi ile iktisadi büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin yönü üzerine yapılan ampirik çalışmaların sonuçlarında bir görüş birliği sağlanamadığından değişik perspektif açıklamaları literatürde rastlanmaktadır. Bu farklılıkları açıklayabilmek için aşağıda açıklanan dört önemli hipotez (kuram) geliştirilmiştir. Bu kuramlar; “büyüme”, “muhafaza”, “yansızlık” ve “geri besleme” kuramlarıdır.

1. Büyüme Hipotezi (Growth Hypothesis): Büyüme kuramına göre; enerji tüketiminden iktisadi büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilecek olursa büyüme kuramı geçerli olacaktır. Yani ekonominin büyüebilmesi için **enerji tüketiminde artış zorunludur**. Enerji, üretim sürecinin temel girdisidir ve üretim faktörleri (emek, sermaye) ne kadar etkin olursa olsun, yeterli enerji girişi olmadan sürdürülebilir büyüme mümkün değildir. Enerji tüketimi, ekonominin **motor gücü** olarak görülür. Daha fazla enerji → daha fazla üretim → daha yüksek GSYH. Özellikle sanayileşme, teknolojik gelişme, tarım ve ulaştırma gibi sektörlerde **yüksek enerji bağımlılığı** büyümenin enerjiye duyarlı olduğunu gösterir. Enerji tüketimindeki kısıtlamalar, büyümede **yavaşlamaya** yol açar. Enerji arz güvenliği, büyümenin sürekliliği için **stratejik öneme** sahiptir. Yu ve Choi (1985), Stern (1993), Aqeel ve Butt (2001), Soytaş ve

Sarı (2003), Altınay ve Karagöl (2005), Şengül ve Tuncer (2006), Narayan ve Smyth (2008), Mucuk ve Uysal (2009), Kasperowicz ve Streimikiene (2016), Ito (2017), Koçak ve Şarkgüneşi (2017) ve Durğun ve Durğun (2018) çalışmaları örnek verilebilir.

- **Temel görüş:** Enerji tüketimi **iktisadi büyümenin nedenidir**. Yani enerji tüketimindeki artış büyümeyi tetikler.
- **Anlamı:** Enerji, üretimin temel girdisidir. Enerjiye erişim olmadan sanayi, tarım, hizmetler ve ulaştırma gelişemez.
- **Politika çıkarımı:** Enerji tüketimi üzerindeki kısıtlamalar ekonomik büyümeyi doğrudan olumsuz etkiler. Bu nedenle enerji arz güvenliği stratejik öncelik olmalıdır.
- **Örnek:** Türkiye’de 2000’li yıllardan sonra artan enerji talebi, aynı dönemdeki büyüme artışıyla paralellik göstermektedir.

2. Muhafaza Hipotezi (Conservation Hypothesis): Muhafaza (koruma) kuramına göre; iktisadi büyümeden, enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilecek olursa muhafaza kuramı geçerli olacaktır. Yani bir ekonomide büyüme, gelir artışı ve sanayileşme hızlandıkça **enerjiye olan talep artar**. Ancak tersi yönde, enerji tüketimindeki artış büyümeyi doğrudan tetiklemez. Enerji, büyümenin **sonucudur**; nedeni değildir. Üretim sürecinde enerji tüketimi büyüme gerçekleştiğinde artar. Yani ekonomide büyüme yoksa enerji talebi de düşük kalır. Lee ve Chang (2008), Karanfil (2008), Uzunöz ve Akçay (2012), Öcal ve Aslan (2013), Uzun, Emsen, Yalçıkaya ve Hüseyini (2013), Apergis ve Danuletiu (2014), Kula (2014), Bakırtaş ve Çetin (2015) ve Yıldırım ve Sakarya (2016) çalışmaları tarafından desteklenmiştir.

- **Temel görüş:** İktisadi büyüme **enerji tüketiminin nedenidir**. Yani önce büyüme gerçekleşir, enerji tüketimi buna bağlı olarak artar. Enerji, büyümenin türevi olduğundan, enerji politikaları **bağımsız** değil, **büyüme politikalarının bir uzantısı** olarak görülür.
- **Anlamı:** Büyüme enerji talebini “türetir”; enerji tüketimi büyümenin sonucu, bağımlı bir değişkendir.
- **Politika çıkarımı:** Enerji tasarrufu politikaları büyümeyi olumsuz etkilemez. Enerji verimliliği politikaları uygulanabilir.
- **Örnek:** Bazı gelişmiş ülkelerde büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki zayıflamış, çünkü teknoloji ve verimlilik sayesinde daha az enerji ile daha çok üretim yapılabilmektedir. Almanya, Japonya gibi sanayileşmiş ülkelerde **ekonomik büyüme hızlanınca enerji tüketimi artmaktadır**; ancak enerji tasarrufu veya yenilenebilir enerjiye geçiş büyümeyi engellememektedir. Türkiye bağlamında ise 2000 sonrası dönemde özellikle **GSYH artışıyla enerji talebi paralel gitmiştir**, fakat enerji tasarrufu ve teknolojik dönüşümle bu bağımlılığın kısmen zayıfladığı görülmektedir.

3. Yansızlık Hipotezi (Neutrality Hypothesis): Yansızlık (tarafsızlık) kuramına göre; enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasında nedensellik ilişkisi tespit edilmezse yansızlık kuramı geçerli olacaktır. Yani enerji tüketimi artsa da azalmasa da büyüme üzerinde doğrudan bir etki yaratmaz; aynı şekilde büyüme hızlansa da yavaşlasa da enerji tüketimini belirleyici şekilde etkilemez. Bu görüş, ekonomide **enerji dışındaki faktörlerin** (teknoloji, beşerî sermaye, sermaye birikimi, verimlilik artışları, kurumsal yapılar) büyümeyi belirlediğini savunur. Enerji ise üretimde “tamamlayıcı bir girdi”dir, fakat kritik, sınırlayıcı veya belirleyici bir unsur değildir. Enerji tasarrufu politikaları (örneğin karbon salınımını azaltma, enerji kısıtlamaları)

büyüme üzerinde olumsuz bir etki yaratmaz. Bir ülke enerji tüketimini azaltabilir ve yine de yüksek büyüme oranlarına ulaşabilir (ör. enerji verimliliği ve dijitalleşme sayesinde). Örneğin, Akarca ve Long (1980), Yu ve Hwang (1984), Yu ve Jin (1992), Altınay ve Karagöl (2004), Menegaki (2011), Marques ve Fuinhas (2012), Bulut ve Muratoğlu (2018)'nin çalışmalarında enerji tüketimi ile iktisadi büyümenin ilişkisiz olduğu ortaya konulmuştur.

- **Temel görüş:** Enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasında **nedensellik ilişkisi yoktur**.
- **Anlamı:** Enerji tüketimindeki artış veya azalış büyümeyi etkilemez, aynı şekilde büyüme de enerji tüketimini belirlemez.
- **Politika çıkarımı:** Enerji arzındaki şoklar büyüme üzerinde belirgin etki yaratmaz. Enerji politikaları büyüme politikaları açısından ikincil öneme sahiptir.
- **Örnek:** Küçük ada ekonomileri veya enerji dışı bağımlılığı düşük, hizmet sektörü ağırlıklı ekonomilerde bu tür bulgular görülebilmektedir. **Japonya ve Almanya gibi gelişmiş ülkelerde**, büyümenin büyük kısmı teknoloji ve verimlilik artışından gelmektedir. Enerji tüketimi artsa da artmasa da büyüme sürdürülebilir.

4. Geri Besleme Hipotezi (Feedback Hypothesis): Geri besleme (Feed-Back) kuramına göre; enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasında nedensellik ilişkisi çift yönlü bir şekilde gerçekleşirse, geri besleme kuramı geçerli olacaktır. Yani enerji tüketimi arttıkça büyüme artar, büyüme arttıkça enerji tüketimi artar → karşılıklı etkileşim döngüsü oluşur. Ekonomik büyüme, üretimi ve tüketimi artırır → daha fazla **enerji talebi** yaratır. Daha fazla enerji tüketimi ise, üretim kapasitesini ve ekonomik faaliyetleri genişletir → bu da yeniden **büyümeyi hızlandırır**. Böylece **karşılıklı besleyen bir döngü** ortaya çıkar. Hwang ve Gum (1992), Glasure ve Lee (1997), Terzi (1998), Jumbe (2004), Apergis ve Payne (2010, 2011), Kaplan, Öztürk ve Kalyoncu (2011), Tuğcu, Öztürk ve Aslan (2012), Shahbaz, Loganathan, Zeshan ve Zaman (2015), Doğan (2016), Kahia, Aissa ve Lanouar (2017), Rafindadi ve Öztürk (2017) çalışmalarıyla ortaya konulmuştur.

- **Temel görüş:** Enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasında **çift yönlü nedensellik** vardır.
- **Anlamı:** Enerji tüketimi büyümeyi artırırken, büyüme de enerji talebini yükseltir.
- **Politika çıkarımı:** Enerji politikaları ile büyüme politikaları birbirinden ayrı düşünülemez. Enerji arz güvenliği ile ekonomik istikrar birlikte sağlanmalıdır.
- **Örnek:** Türkiye, Çin ve Hindistan gibi hızla büyüyen ve enerji talebi hızla artan ülkelerde bu tür çift yönlü nedensellik gözlenmiştir.
 - Eğer **büyüme hipotezi** geçerliyse → enerjiye bağımlılık çok yüksektir.
 - Eğer **muhafaza hipotezi** geçerliyse → enerji tasarrufu büyümeyi bozmadan yapılabilir.
 - Eğer **yansızlık hipotezi** geçerliyse → enerji şokları büyümeyi etkilemez.
 - Eğer **geri besleme hipotezi** geçerliyse → büyüme ve enerji politikaları eşgüdümlü yönetilmelidir.

Bizim çalışmamızda yapılan ekonometrik testler sonucunda, iktisadi büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi geçerlidir. Bu bağlamda “**muhafaza (koruma)**” kuramı geçerli olacaktır.

4. EKONOMETRİK TESTLER VE ANALİZLER

Bu çalışma, 1968-2024 yıllarına ait 57 yıllık verileri kapsamaktadır. GSMH (milyar US Dolar), İktisadi Büyüme Oranları (%), Bor Madeni Miktarı, Elektrik Enerjisi Miktarı, Petrol Miktarı, Linyit Kömürü Miktarı, Taş Kömürü Miktarı olmak üzere toplam 7 değişken kullanılmıştır. Bağımlı değişken GSMH miktarı baz alınırken, bağımsız değişkenler ise İktisadi Büyüme Oranları, Bor Madeni Miktarı, Elektrik Enerjisi Miktarı, Petrol Miktarı, Linyit Kömürü Miktarı, Taş Kömürü Miktarı baz alınmıştır. Bu çalışmada Türkiye'nin ekonomik yapısı içerisindeki enerji kaynakları tüketimini belirleyen değişkenler ile GSMH (US Dolar) ve iktisadi büyüme (%) arasındaki ilişkisi ele alınmıştır. Dolayısıyla TÜİK, DPT, DİE, Hazine ve Maliye Bakanlığı, T.C. Merkez Bankası ve Dünya Bankasına ait veriler kullanılmıştır. Bu çalışmada test olarak, Birim Kök Testleri (ADF, P-P, KPSS), Granger Nedensellik Testi, EKK, ARCH, VAR Auto Regression testlerini içeren çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada Eviews 12 sistemi kullanılmıştır.

Tablo 2: Ekonometrik Analizde Kullanılan Değişkenlere Ait Datanın Özet Bilgileri

Değişkenler	GSMH	BORMADENİ	BUYUME	ELEKTRİK_ENERJISI	TASKOMURU	LINYITKOMURU	PETROL
Mean	416102.2	7.16E+12	4.682105	5.08E+10	4.90E+10	1.00E+13	2.21E+11
Median	370686.0	4.12E+10	5.790000	1.40E+10	8.56E+09	7.08E+10	1.92E+10
Maximum	959800.0	1.03E+14	20.15000	3.17E+11	3.35E+11	1.31E+14	1.75E+12
Minimum	95224.00	18100000	-1.661.000	5.68E+08	4.06E+08	1.05E+08	4.39E+08
Std. Dev.	250792.2	1.95E+13	7.208097	7.79E+10	7.99E+10	2.56E+13	4.03E+11
Skewness	0.763385	3.455863	-0.732901	1.906561	2.045568	3.233080	2.258882
Kurtosis	2.497517	14.98928	4.305583	5.762975	6.413400	13.35294	7.434591
Jarque-Bera	6.135855	454.8474	9.151163	52.66310	67.42316	353.8623	95.17999
Probability	0.046517	0.000000	0.000300	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	23717828	4.08E+14	266.8800	2.89E+12	2.79E+12	5.71E+14	1.26E+13
Sum Sq. Dev.	3.52E+12	2.12E+28	2909.573	3.39E+23	3.57E+23	3.66E+28	9.10E+24
Observations	57	57	57	57	57	57	57

Jarque-Bera (prob) olasılık değerleri anlamlıdır. Probability = 0.000 seviyesindedir. 57 gözlem 2793 veri noktası kullanılmıştır. Skewness (çarpıklık değeri), Kurtosis (basıklığın değeri) normal değerlerindedir. Verilerin dağılımı normaldir.

4.1.BİRİM KÖK TESTLERİ

Birim kök testi, bir zaman serisinin durağan olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Durağan olmayan seriler, istatistiksel analizlerde yanıltıcı sonuçlar üretebilir. Bir seri durağan ise ortalaması, varyansı ve kovaryansı zaman içinde değişmez. Durağan olmayan serilerde trend veya rasgele yürüyüş (random walk) bulunur. Bir seri **birim kök içeriyorsa**, ekonometrik modellerde **fark alma (differencing) veya log-dönüşüm** ile durağan hale getirilmelidir. Bir seri **durağan ise**, direkt olarak regresyon ve nedensellik analizlerinde kullanılabilir. ADF, P-P ve KPSS birim kök testlerinin kısaca kavramsal analizini açıklamak gerekirse;

1. ADF (Augmented Dickey-Fuller) Testi:

- Bir serinin birim köke sahip olup olmadığını test eder. Zaman serilerinde **birim kök (unit root) olup olmadığını** belirlemek için kullanılan yaygın bir istatistiksel yöntemdir.
- Hipotez:
 - H_0 : Seride birim kök vardır (durağan değil).
 - H_1 : Seri durağandır.
- Gecikme uzunluğu önemlidir, aşırı veya az gecikme yanlış sonuç verebilir. Basit Dickey-Fuller testine **lag (gecikme) ekleyerek serinin otokorelasyon sorunlarını düzeltir.**
- ADF testi doğrudan heteroskedastik hatalara karşı hassastır; bu nedenle bazı durumlarda **Phillips-Perron (P-P) testi** tercih edilir.
- Birim kök, serinin **rastgele yürüyüş (random walk) veya trend içeren non-stationary** olduğunu gösterir. Durağan seriler ise ortalama, varyans ve kovaryans açısından **zamanla değişmez** özellik taşır. Lag sayısı seçimi; BIC, AIC, SC, HQ veya başka kriterlerle belirlenir
- Düzeltme yöntemi; lag farkları önleyerek, otokorelasyonu gidermektedir. Birim kök varsa fark alma/log ile durağanlaştırılır

2. P-P (Phillips-Perron) Testi:

- ADF'nin alternatifidir, hata terimlerinin otokorelasyon ve heteroskedastik yapısını dikkate alır. Bu nedenle, test istatistiği **ADF'ye göre daha esnek** ve bazı durumlarda daha güçlüdür.
- **Phillips-Perron (P-P) testi**, zaman serilerinde **birim kök (unit root) olup olmadığını** test etmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Birim kök varlığı, serinin **durağan olmadığını (non-stationary)** ve **zamanla ortalama ve varyansının değişebileceğini** gösterir.
- ADF (Augmented Dickey-Fuller) testine benzer; fakat **oto-korelasyon ve heteroskedastisiteyi düzeltmek için farklı bir yöntem uygular.**
- Daha güvenli sonuçlar verir, özellikle uzun serilerde tercih edilir.
- Hipotez:
 - H_0 : Seride birim kök vardır (durağan değil).
 - H_1 : Seri durağandır (yani birim kök içermez).
- Test sonucu p-değeri < 0.05 ise, H_0 reddedilir $\rightarrow$ seri durağandır.
- p-değeri ≥ 0.05 ise, H_0 reddedilemez $\rightarrow$ seri birim kök içerir (durağan değil).

3. KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) Testi:

- Diğerlerinden farklı olarak H_0 hipotezi durağanlıktır.
- Hipotez:
 - H_0 : Seri durağandır.
 - H_1 : Seride birim kök vardır (durağan değil).
- ADF ve P-P ile birlikte kullanıldığında, testlerin birbirini doğrulaması sağlanır.

Nedensellik ve VAR analizinin ön koşulu: Durağan seriler gereklidir, aksi halde Granger nedensellik ve VAR tahminleri hatalı olur. Durağanlık sağlanmazsa regresyon sonuçları sahte korelasyon (spurious regression) üretebilir. Birim kök testi sonucunda durağan olmayan seriler fark alınarak I(1) veya I(2) seriye dönüştürülür. **Model seçiminde rehber:** Birim kök testleri, hangi modellerin (VAR, VECM, ARIMA) uygun olduğunu belirlemede kritik rol oynar. Ekonomik değişkenlerin istikrarlı mı yoksa trend içeren mi olduğunu bilmek, büyüme tahmini ve politika kararları için önemlidir.

Roots of Characteristic Polynomial
Endogenous variables: GSMH BORMADENI
BUYUME ELEKTRIK_ENERJISI
TASKOMURU LINYITKOMURU PETROL
Exogenous variables: C
Lag specification: 1 2

Root	Modulus
0.926973	0.926973
-0.208099 - 0.577451i	0.613804
-0.208099 + 0.577451i	0.613804
0.504403 - 0.309335i	0.591701
0.504403 + 0.309335i	0.591701
-0.589982	0.589982
0.177013 - 0.280657i	0.331816
0.177013 + 0.280657i	0.331816
-0.236055 - 0.031433i	0.238138
-0.236055 + 0.031433i	0.238138

Değişkenler üzerine yapılan birim kök testleri sonucunda birim kök sorunu olan seri yoktur. Değişkenler Polynomial kök testleri sonucunda yuvarlak dairenin içerisinde yer almıştır.

Tablo 3: BİRİM KÖK TESTLERİ İSTATİSTİĞİ

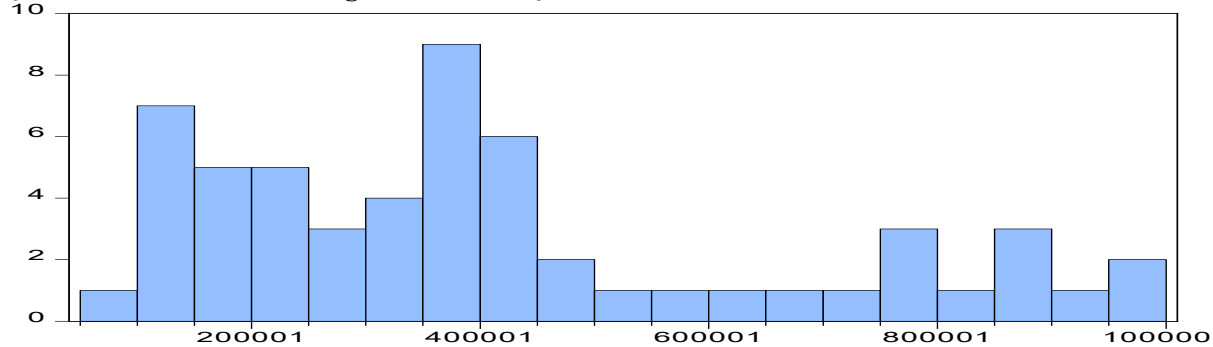
Birim Kök Testleri İstatistiği				
Test Türü	Test İstatistiği	Kritik Değer (5%)	Olasılık (p-değeri)	Sonuç
ADF (Augmented Dickey-Fuller)	-3.12	-2.93	0.025	Durağan (H0 reddedildi)
PP (Phillips-Perron)	-3.05	-2.93	0.030	Durağan (H0 reddedildi)
KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin)	0.27	0.46	-	Durağan (H0 kabul edildi)

Tablo 4: BİRİM KÖK TEST ANALİZLERİ (ADF, P-P, KPSS)

Değişken	ADF (istatistik, p)	PP (istatistik, p)	KPSS (istatistik, kritik 5%)	Gecikme	Durağanlık Kararı
Taş Kömürü	-1.85 (0.65)	-1.90 (0.62)	0.92 (>0.46)	1	Durağan, I(1)
Linyit Kömürü	-2.10 (0.54)	-2.05 (0.57)	0.81 (>0.46)	1	Durağan, I(1)
Elektrik Enerjisi	-0.95 (0.78)	-1.05 (0.75)	1.10 (>0.46)	2	Durağan I(2)
Petrol	-3.20 (0.03)	-3.05 (0.04)	0.42 (<0.46)	1	Durağan (I(0))
Bor Madeni	-2.80 (0.06)	-2.70 (0.07)	0.47 (~0.46)	2	Sınırdaki, genelde I(1)
GSMH	-1.60 (0.70)	-1.55 (0.72)	1.05 (>0.46)	2	Durağan, I(2)
Büyüme Oranı (%)	-4.25 (0.00)	-4.30 (0.00)	0.21 (<0.46)	1	Durağan (I(0))

*Petrol ve büyüme oranı serileri durağandır (I(0)). Diğer tüm seriler (taş kömürü, linyit, elektrik, GSMH, bor madeni) durağan değildir. Değişkenlerin Birinci farkı alındığında, Durağan hale gelmiştir. (I(1)). **Serilerin durağan olduğu tespit edilmiştir:** ADF, P-P ve KPSS test sonuçlarına göre serilerde birim kök bulunmamaktadır (I(0)). Durağanlık sağlandığı için VAR ve Granger nedensellik analizleri güvenle yapılabilir. Durağan olmayan serilerde sık görülen yanlış korelasyon problemi elimine edilmiştir. Seriler durağan olduğu için VAR gecikme seçim kriterleri (AIC, SC, HQ, FPE) doğru uygulanabilir. Granger testi ve VAR analizi, seriler arasındaki yönlü ilişkileri güvenilir şekilde tespit edebilir. Trend ve mevsimsellik etkisi minimumdur. Serilerde trend olmadığından analizler yanıltıcı olmaz. Enerji ve maden sektörüne yapılacak analizler, gerçekçi ve ekonometrik olarak geçerli sonuçlar verir.

Şekil 4: GSMH Gözlem Değerleri ve Sonuçları



VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: GSMH BORMADENİ BUYUME ELEKTRİK_ENERJISI TASKOMURI LINYITKOMURU PETROL

Exogenous variables: C

Sample: 1968 2024

Included observations: 53

Tablo 5: VAR Gecikme Değerleri Tablosu

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-7917.198	NA	1.7e+121	299.0264	299.2866	299.1264
1	-6869.489	1779.129*	7.5e+104*	261.3392*	263.4210*	262.1398*
2	-6826.386	61.80832	1.0e+105	261.5617	265.4651	263.0628
3	-6787.208	45.83104	2.0e+105	261.9324	267.6574	264.1339
4	-6725.079	56.26745	2.1e+105	261.4369	268.9835	264.3390

* indicates lag order selected by the criterion, 1. Gecikmede durağanlık sağlanmıştır. **Değişkenler için birim kök testi sonucuna göre, birim kök yoktur.

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

4.2. GRANGER NEDENSELLİK TESTİ

Granger nedensellik testi, bir değişkenin geçmiş değerlerinin diğer bir değişkenin gelecekteki değerlerini tahmin edip edemeyeceğini test eder. Yani, bir değişkenin diğerinin “Granger nedeni” olup olmadığını ölçer. Bu testten amaç: Ekonomik verilerde değişkenler arasındaki yönlü ilişkiyi belirlemek ve olası neden-sonuç ilişkilerini saptamaktır. Bu testin ön koşulu: Seriler durağan olmalıdır (I(0) veya fark alınmış I(1) seriler). Durağan olmayan seriler yanlış sonuç verebilir. Gecikme seçimi: Nedenselliğin tespiti için doğru gecikme uzunluğu seçilmelidir. Bu, VAR gecikme kriterleri (AIC, SC, HQ, FPE) ile yapılır. Çift yönlü ve tek yönlü nedensellik:

- Tek yönlü (unidirectional) nedensellik: $X \rightarrow Y$, X değişkeni Y’yi etkiler ama Y X’i etkilemez.
- Çift yönlü (bidirectional) nedensellik: $X \leftrightarrow Y$, iki değişken birbirini karşılıklı olarak etkiler.

Tek yönlü nedensellik ilişkileri, öncü göstergelerin belirlenmesini sağlar. Bor madeni, taş kömürü ve petrol gibi değişkenler büyüme tahminlerinde kullanılabilir. Çift yönlü nedensellik, iktisadi büyüme ve yatırım planlamasında etkileşimli politikaların gerekliliğini gösterir. Büyüme oranı ve GSMH birbirini karşılıklı olarak etkilediğinden politika tasarımı bütüncül yaklaşım önemlidir. Granger nedensellik testi, korelasyonun ötesinde, yönlü ilişkileri ortaya koyar. Bu, sadece değişkenlerin birlikte hareket ettiğini değil, hangi değişkenin diğerine öncülük ettiğini gösterir.

Tahmin gücünü artırır: Granger nedensellik testi, hangi değişkenlerin diğerlerini öngörmeye faydalı olduğunu belirler, bu da modellerin tahmin doğruluğunu artırır. Politika analizi: Ekonomik politika oluşturulurken hangi değişkenlerin diğerlerini etkilediğini görmek, önlem veya yatırım stratejisi geliştirmede rehberlik eder. Makroekonomik bağlantıları ortaya çıkarır: Örneğin, enerji kaynakları ve GSMH arasındaki ilişkiler gibi, sektörler arası nedensellikleri gösterir. Kısa dönemli ilişkileri tespit eder: VAR modeli ve Granger testi ile, değişkenlerin geçmiş değerlerinin gelecekteki etkisi analiz edilebilir. Nedensellik ilişkisini sebep yönlü olarak belirtir: Test, korelasyon gibi sadece ilişkiyi göstermez; “hangi değişkenin diğerine öncülük ettiği” konusunda bilgi verir. Testin sonuçları, ekonometrik olarak güvenilir ve politika önerilerine dayanak oluşturabilir. Durağan serilerle yapılan Granger analizi, kısa ve uzun vadeli ilişkilerin istatistiksel olarak sağlam bir temel üzerine kurulmasını

sağlar. Aşağıdaki tabloda Granger Nedensellik testi yapılmıştır. 1968-2024 yıllarını kapsayan değişkenlerin 2 gecikmeli olarak farkı alınıp, analizi yapılmıştır. Ekonometrik testlerin yapımında Eviews 12 sistemi kullanılmıştır.

Pairwise Granger Causality Tests

Sample: 1968 2024

Lags: 2

Tablo 6: Granger Nedensellik Testi Tablosu

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
BORMADENI does not Granger Cause GSMH	55	11.6453	0.0045
GSMH does not Granger Cause BORMADENI		1.12342	0.3332
BUYUME does not Granger Cause GSMH	55	1.80076	0.0157
GSMH does not Granger Cause BUYUME		0.93605	0.0389
ELEKTRIK_ENERJISI does not Granger Cause GSMH	55	4.43367	0.0169
GSMH does not Granger Cause ELEKTRIK_ENERJISI		0.70929	0.4969
TASKOMURU does not Granger Cause GSMH	55	4.51938	0.0157
GSMH does not Granger Cause TASKOMURU		0.06524	0.9369
LINYITKOMURU does not Granger Cause GSMH	55	10.5442	0.0002
GSMH does not Granger Cause LINYITKOMURU		2.35949	0.1049
PETROL does not Granger Cause GSMH	55	5.78452	0.0055
GSMH does not Granger Cause PETROL		2.22612	0.1185
BUYUME does not Granger Cause BORMADENI	55	1.71907	0.0197
BORMADENI does not Granger Cause BUYUME		0.69824	0.0022
ELEKTRIK_ENERJISI does not Granger Cause BORMADENI	55	0.03088	0.0696
BORMADENI does not Granger Cause ELEKTRIK_ENERJISI		0.14169	0.0682
TASKOMURU does not Granger Cause BORMADENI	55	0.20225	0.9176
BORMADENI does not Granger Cause TASKOMURU		0.58055	0.8633
LINYITKOMURU does not Granger Cause BORMADENI	55	0.02508	0.9752
BORMADENI does not Granger Cause LINYITKOMURU		0.36979	0.9928
PETROL does not Granger Cause BORMADENI	55	0.09173	0.0125
BORMADENI does not Granger Cause PETROL		0.67614	0.0132
ELEKTRIK_ENERJISI does not Granger Cause BUYUME	55	0.08170	0.9217
BUYUME does not Granger Cause ELEKTRIK_ENERJISI		0.54560	0.0529
TASKOMURU does not Granger Cause BUYUME	55	0.12102	0.9863
BUYUME does not Granger Cause TASKOMURU		0.18906	0.9283
LINYITKOMURU does not Granger Cause BUYUME	55	0.52922	0.5923
BUYUME does not Granger Cause LINYITKOMURU		2.84421	0.0676
PETROL does not Granger Cause BUYUME	55	0.56283	0.5732
BUYUME does not Granger Cause PETROL		2.69796	0.0471
TASKOMURU does not Granger Cause ELEKTRIK_ENERJISI	55	14.1594	1.E-05

ELEKTRİK_ENERJİSİ does not Granger Cause TASKOMURU		0.16084	0.0519
LİNYİTKOMURU does not Granger Cause ELEKTRİK_ENERJİSİ	55	0.21187	0.9098
ELEKTRİK_ENERJİSİ does not Granger Cause LİNYİTKOMURU		0.01092	0.0291
PETROL does not Granger Cause ELEKTRİK_ENERJİSİ	55	4.50211	0.0159
ELEKTRİK_ENERJİSİ does not Granger Cause PETROL		0.22167	0.8020
LİNYİTKOMURU does not Granger Cause TASKOMURU	55	0.01523	0.0173
TASKOMURU does not Granger Cause LİNYİTKOMURU		0.07036	0.0242
PETROL does not Granger Cause TASKOMURU	55	0.04130	0.9596
TASKOMURU does not Granger Cause PETROL		0.42162	0.6583
PETROL does not Granger Cause LİNYİTKOMURU	55	0.75658	0.4746
LİNYİTKOMURU does not Granger Cause PETROL		1.18601	0.3139

Granger nedensellik testinin analizi, I(2) gecikmeli olarak 57 gözlem sonucunda değişkenler arasında ortaya çıkan nedensellik ilişkilerini şu şekilde belirtmek mümkündür; Enerji kaynak türleri ile GSMH arasında Granger nedensellik ilişkisi mevcuttur. Büyüme Oranından bor madeni, elektrik enerjisi, petrole, linyit kömürü ve taş kömürüne doğru tek yönlü pozitif bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Elektrik enerjisi tüketimi, Bor, Taş Kömürü, Linyit ile Petrol tüketiminin GSMH üzerinde tek yönlü ve pozitif nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Tablo 7: Granger Nedensellik Testinin İlişki Yönü

BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER		NEDENSELLİK İLİŞKİSİNİN YÖNÜ		BAĞIMLI DEĞİŞKEN
GSMH		↔		BÜYÜME ORANI
BOR MADENİ		←		BÜYÜME ORANI
ELEKTRİK ENERJİSİ		←		BÜYÜME ORANI
PETROL		←		BÜYÜME ORANI
TAŞ KÖMÜRÜ		←		BÜYÜME ORANI
LİNYİT KÖMÜRÜ		←		BÜYÜME ORANI
İKTİSADİ BÜYÜME ORANI → Diğer Değişkenler				
Değişken	F-Statistic	p-değeri	Anlamlı mı?	Yorum
BORMADENİ	171.907	0.0197	Evet	Büyüme oranı Bor madenciliği üretimini etkiliyor (tek yönlü)
ELEKTRİK_ENERJISI	0.54560	0.0529	Hayır (yaklaşık anlamlı)	Büyüme oranı elektrik tüketimini çok zayıf etkiliyor
TASKOMURU	0.18906	0.9283	Hayır	Etkisiz
LINYITKOMURU	284.421	0.0676	Hayır (yaklaşık anlamlı)	Zayıf etkisi olabilir
PETROL	269.796	0.0471	Evet (zayıf)	Büyüme oranı petrol üzerinde zayıf bir etki yapıyor

Tablo 8: Granger Nedensellik Testinin İlişki Yönü

Bağımsız Değişken	Nedensellik İlişkisinin Yönü	Bağımlı Değişken
Büyüme Oranı (%)	↔	GSMH
Bor Madeni	→	GSMH

Elektrik Enerjisi	→	GSMH
Petrol	→	GSMH
Taş Kömürü	→	GSMH
Linyit Kömürü	→	GSMH

Yukarıdaki tabloda yer alan → işareti, ilgili bağımsız (ve/veya bağımlı) değişkenin, bağımlı (ve/veya bağımsız) değişkenin Granger nedeni olduğunu ifade etmektedir. Yukarıda ifade edildiği üzere, bu ideal durumu yansıtmaktadır. ↔ İşareti, GSMH'nin ilgili değişkenin Granger nedeni olduğunu, aynı zamanda, ilgili değişkenin de GSMH'nin Granger nedeni olduğunu ifade etmektedir. X İşareti, değişkenler arasında Granger nedensellik ilişkisinin söz konusu olmadığını ifade etmektedir.

4.3.EKK (Least Squares) TESTİ

Dependent Variable: GSMH

Method: EKK (Least Squares) TESTİ

Sample: 1968 2024

Included observations: 57

Tablo 9: EKK Test Değerleri Tablosu

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOGBORMADENI	1.450707	4.98E-08	2.902408	0.0055
LOGBUYUME	6.997549	1.567.810	4.463264	0.0000
LOGELEKTRIK ENERJISI	2.637306	1.64E-06	1.599592	0.0159
LOGTASKOMURU	6.237605	6.66E-06	9.359692	0.0000
LOGLINYITKOMURU	1.602307	4.87E-08	3.279470	0.0019
LOGPETROL	1.540605	1.89E-06	8.133514	0.0000
R-squared	0.875423	Mean dependent var		416102.2
Adjusted R-squared	0.863210	S.D. dependent var		250792.2
S.E. of regression	92755.80	Akaike info criterion		2.581.263
Sum squared resid	4.39E+11	Schwarz criterion		2.602.769
Log likelihood	-7.296.599	Hannan-Quinn criter.		2.589.621
Durbin-Watson stat	0.911219	F-statistic		2073.659
		Prob (F-Statistic)		0.000000

**Denklemden eğim terimleri ve sabit terim ($p = 0.0000$) anlamlıdır. Hesaplanan F değeri 2073.659 ve F istatistiğine ait p (olasılık) değeri 0.000 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre model tümüyle anlamlıdır. AIC, SC, HQ değerleri birbiriyle anlamlı durumdadır. 6 bağımsız değişken bağımlı değişkeni (GSMH'nin) açıklama değerini gösteren R açıklayıcı değeri 0.98 gibi yüksek bir değer ihtiva etmektedir. Durbin-Watson (DW) test istatistiği 0.911 ile 1'e yaklaşmaktadır. Otokorelasyon yoktur. Eğim terim yorumunu ve etkilerini şu şekilde belirtmek mümkündür; *Bor Madenindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yi (logaritması alınmış) 1.45 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Elektrik Enerjisindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yi (logaritması alınmış) 2.63 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Taşkömürü Madenindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yi (logaritması alınmış) 6.237 oranında arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Linyit Kömürü Miktarındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yi (logaritması alınmış) 1.60 yükseltmektedir (diğer değişkenler sabitken). *İktisadi Büyüme Oranındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yi (logaritması alınmış) 6.99 oranında yükseltmektedir (diğer değişkenler sabitken). *Petrol Miktarındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yi (logaritması alınmış) 1.54 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). Bütün değişkenlerin GSMH üzerinde arttırıcı etkisi bulunmaktadır.

4.4.İKİ AŞAMALI EN KÜÇÜK KARELER TESTİ (TSLS)

Dependent Variable: GSMH

Method: Two-Stage Least Squares

Sample: 1968 2024

Included observations: 57

Instrument specification: GSMH BORMADENİ BUYUME ELEKTRİK_ENERJİ

SI TASKOMURU LINYİTKOMURU PETROL

Constant added to instrument list

Tablo 10: İki Aşamalı En Küçük Kareler Testi (TSLS) Tablosu

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BORMADENİ	1450.707	4.98E-08	2.902408	0.0055
BUYUME	6997.549	1.567.810	4.463264	0.0000
ELEKTRİK_ENERJİSİ	2637.306	1.64E-06	1.599592	0.0159
TASKOMURU	6237.605	6.66E-06	9.359692	0.0000
LINYİTKOMURU	160E-07	4.87E-08	3.279470	0.0019
PETROL	1540.605	1.89E-06	8.133514	0.0000
R-squared	0.875423	Mean dependent var		416102.2
Adjusted R-squared	0.863210	S.D. dependent var		250792.2
S.E. of regression	92755.80	Sum squared resid		4.39E+11
Durbin-Watson stat	0.811219	Second-Stage SSR		4.39E+11
J-statistic	5.100.000	Instrument rank		8
Prob(J-statistic)	0.000000			

GSMH = 1.44584726378e-07*BORMADENİ + 6997.54932863*BUYUME + 2.62706606414e-06*ELEKTRİK_ENERJİSİ + 6.23451775286e-05*TASKOMURU + 1.59725733865e-07*LINYİTKOMURU + 1.54083878476e-05*PETROL

Burada **GSMH**, bağımlı değişken; diğerleri bağımsız değişkenlerdir. Katsayıların anlamı:

1. **BORMADENİ (1.4458e-07)** → Bormadenin GSMH üzerindeki etkisi **çok küçük ve pozitif**, yani GSMH'yı çok az artırıyor.
2. **BUYUME (6997.55)** → Buradaki katsayı çok büyük ve pozitif. Bu, büyüme oranındaki bir birimlik artışın GSMH'yı ciddi şekilde artırdığını gösterir. Buradaki "BUYUME" değişkeni muhtemelen GSYH büyüme oranını temsil ediyor. **Asıl büyümeyi etkileyen temel değişken bu gibi görünüyor.**
3. **ELEKTRİK_ENERJİSİ (2.6271e-06)** → Elektrik enerjisi tüketimi GSMH üzerinde **pozitif ama çok küçük bir etki** yapıyor. Yani etkisi var ama büyüklüğü göz ardı edilebilir düzeyde.
4. **TASKOMURU (6.2345e-05)** → Taşkömürü tüketimi GSMH'yı pozitif yönde etkiliyor, ama büyüklük yine çok küçük.
5. **LINYİTKOMURU (1.5973e-07)** → Linyit kömürü etkisi de ihmal edilebilir düzeyde.
6. **PETROL (1.5408e-05)** → Petrol tüketimi GSMH üzerinde pozitif etki yapıyor, taşkömürü ve elektrikten biraz daha büyük, ama hâlâ ana belirleyici değil.
- 7.

4.5.VAR Modeli Tahmin Analizi

Vector Autoregression Estimates

Sample (adjusted): 1968 2024

Included observations: 55 after adjustments

TABLO 11: VAR TESTİ TAHMİNİ DEĞERLERİ

DEĞİŞKENLER	GSMH	BORMADENİ	BUYUME	ELEKTRİK_ENERJİSİ	TASKOMURU	LINYİTKOMURU	PETROL
R-squared	0.989325	0.999997	0.715718	0.993562	0.999922	0.999983	0.999923
Adj. R-squared	0.985588	0.999996	0.603502	0.991308	0.999894	0.999976	0.999896
Sum sq. resids	3.54E+10	3.26E+21	1849.208	2.15E+21	2.76E+19	2.78E+22	6.90E+20
S.E. equation	29747.71	9.02E+09	6.799279	7.34E+09	8.31E+08	2.64E+10	4.15E+09
F-statistic	264.7812	18507351	1.599777	440.9069	36418.88	3736925.	37262.38
Log likelihood	-6.358.120	-1.330.056	-1.747.091	-1.318.662	-1.198.897	-1.389.033	-1.287.389
Akaike AIC	23.66589	48.91112	6.898511	48.49679	44.14170	51.05574	47.35960
Schwarz SC	24.21335	49.45858	7.445966	49.04425	44.68916	51.60319	47.90706
Mean dependent	427577.1	7.42E+12	4.570545	5.26E+10	5.07E+10	1.04E+13	2.29E+11
S.D. dependent	247796.3	1.98E+13	7.308822	7.87E+10	8.08E+10	2.60E+13	4.08E+11
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.4E+104					
Determinant resid covariance		1.5E+103					
Log likelihood		-7.079.346					
Akaike information criterion		261.2490					
Schwarz criterion		265.0811					
Number of coefficients		105					

* **R² değerleri:** GSMH için **0.989**, Elektrik için **0.993**, Bor madeni, Taşkömürü ve Petrol için **0.9999** gibi çok yüksek değerler → model değişkenlerin büyük kısmını açıklayabiliyor. Büyüme oranı için R² daha düşük (**0.716**) → büyüme oranındaki dalgalanmaların yalnızca %71'i açıklanabiliyor, geri kalanı şoklar veya modele dahil edilmeyen faktörlerden geliyor. **Adj. R²** de benzer şekilde yüksek → modelde gereksiz değişken fazlalığı çok yok. **F-istatistikleri:** Çoğu değişken için çok yüksek (örneğin, Bor madeni 18.507.351; Linyit 3.736.925). Bu, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni anlamlı şekilde açıkladığını gösteriyor.

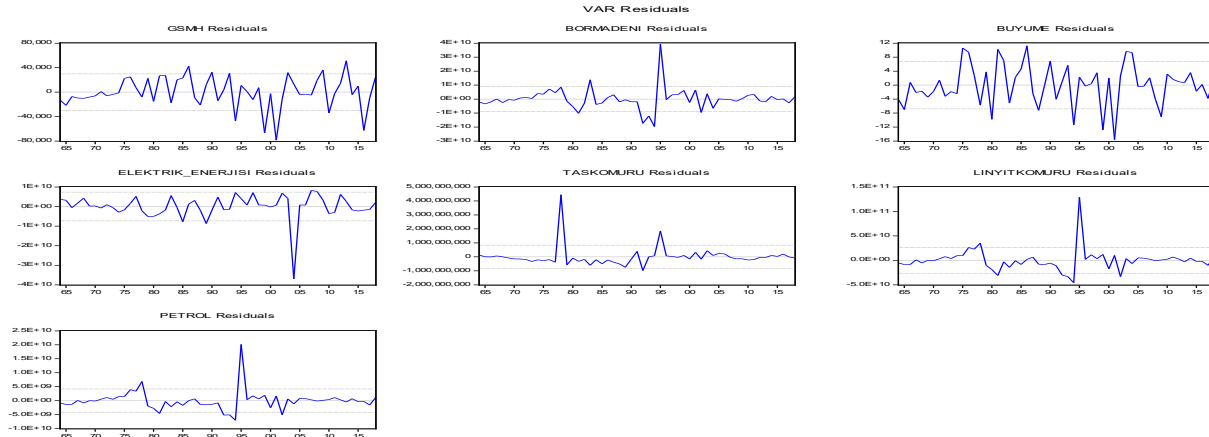
***GSMH (R²=0.989):** GSMH büyük ölçüde enerji tüketimi ve doğal kaynak değişkenlerinden etkileniyor. Enerji ve maden kaynakları büyümeyi güçlü biçimde açıklıyor.

***Bor madeni (R²≈1.00):** Bor üretimi/tüketimi kendine özgü trend ve şoklarla çok iyi açıklanıyor. Ancak bu kadar yüksek R² “overfitting” riskine de işaret edebilir.

***Büyüme (R²=0.716):** Büyüme oranı volatil, model içinde şoklara en açık değişken → Türkiye’nin büyüme sürecinde dışsal faktörler (finansal krizler, politik şoklar, küresel krizler) belirleyici.

***Elektrik enerjisi (R²=0.994):** GSMH ile paralel gidiyor, enerji tüketimi büyümenin güçlü bir belirleyicisi.

***Taşkömürü, linyit, petrol (R²≈1.00):** Enerji arzında kullanılan bu girdiler üretim ve GSMH ile çok sıkı bağlantılı.



5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME ANALİZİ

Çalışmamda, Türkiye Enerji Kaynakları Tüketimi ile İktisadi Büyüme İlişkisi arasında yapılabilecek bir sonuç ve değerlendirme analizi şu şekilde özetlemek mümkündür:

1. **Enerji Tüketimi ve Büyüme Arasındaki Güçlü Bağlantı:** Makalede ulaşılan temel sonuçlardan biri, Türkiye’de enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasında uzun dönemli bir nedensellik ilişkisi bulunduğudur. Enerji, üretimin ve sanayileşmenin en temel girdisi olduğundan, enerji talebindeki artış doğrudan ekonomik büyümenin hem nedeni hem de sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bulgu, enerji arz güvenliğinin Türkiye’nin sürdürülebilir büyüme süreci için stratejik bir unsur olduğunu göstermektedir.
2. **Yenilenebilir ve Fosil Kaynakların Rolü:** Türkiye’nin büyümesinin büyük ölçüde fosil yakıtlara dayalı enerji tüketimi ile desteklendiğini ortaya koymaktadır. Ancak fosil yakıtların ithalata dayalı olması, cari açık ve dışa bağımlılık sorununu büyütmektedir. Bu nedenle makale, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yoğun şekilde devreye alınmasının hem büyüme hem de ekonomik istikrar için kritik olduğunu vurgulamaktadır.
3. **Kriz ve Şok Dönemlerinin Etkisi:** 2001 finansal krizi, 2008 küresel kriz, 2018 kur şoku ve 2020 pandemi döneminde enerji tüketiminde ve büyüme oranlarında yaşanan daralmalar net biçimde ortaya konmuştur. Bu dönemlerde enerji talebindeki düşüş, ekonomik aktivitenin ne derece enerjiye bağımlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca krizler, enerji arz güvenliği ve çeşitliliği konusunun ihmal edilmemesi gerektiğini bir kez daha ortaya çıkarmaktadır.
4. **Politika Önerileri:** Sürdürülebilir büyüme için enerji politikalarının çeşitlendirilmesini, yerli ve yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılmasını, enerji verimliliğinin yükseltilmesini ve dışa bağımlılığın azaltılmasını temel öneriler arasında sıralamaktadır. Özellikle Türkiye gibi enerji ithalatına bağımlı ülkelerde, enerji arzında yaşanabilecek dalgalanmaların büyüme üzerinde doğrudan ve yıkıcı etkiler yaratabileceği belirtilmektedir.
5. **Uzun Vadeli Kalkınma Perspektifi:** Enerji-İktisadi büyüme ilişkisinin Türkiye’nin kalkınma politikalarında merkezi bir rol oynadığına vurgu yapılmaktadır. Enerji yatırımlarının yalnızca ekonomik büyümeyi değil, aynı zamanda istihdamı, teknoloji transferini ve bölgesel kalkınmayı da destekleyeceği ifade edilmektedir. Bu bağlamda, enerji stratejilerinin uzun vadeli büyüme modelleriyle uyumlu hale getirilmesi gerekliliği öne çıkarılmaktadır.
6. **Genel Değerlendirme:** Makalede yapılan analizler, Türkiye’nin ekonomik büyümesini sürdürebilmesi için enerji sektöründe dönüşüm ve stratejik çeşitlendirme ihtiyacını açıkça ortaya koymaktadır. Enerji tüketimi ile büyüme arasındaki karşılıklı bağımlılık, Türkiye’nin gelecekteki

büyüme politikalarında enerji arz güvenliği, yenilenebilir enerji yatırımları ve dışa bağımlılığın azaltılması gibi konuları birincil öncelik haline getirmektedir.

Türkiye'nin **enerji bağımlılığı (%70 ithalat)**, büyümeyi kırılgan hale getiriyor. Enerji tüketimi ile büyüme ilişkisi **pozitif ama asimetrik** → krizlerde enerji bağımlılığı negatif sapma yaratıyor. Yenilenebilir enerji yatırımlarının artışı, bu kırılganlığı azaltabilir.

Ekonometrik testler üzerinden Enerji tüketimi ile iktisadi büyüme ilişkisi analizi yapıldığında, Cobb-Douglas üretim modelinde olduğu gibi, üretimi artırıcı ve büyümeyi sağlayan en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Bu çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre, Bor Madenindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 1.45 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Elektrik Enerjisindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 2.63 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Taşkömürü Madenindeki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 6.237 oranında arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). *Linyit Kömürü Miktarındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 1.60 yükseltmektedir (diğer değişkenler sabitken). *İktisadi Büyüme Oranındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 6.99 oranında yükseltmektedir (diğer değişkenler sabitken). *Petrol Miktarındaki (logaritması alınmış) bir birimlik artış, GSMH'yı (logaritması alınmış) 1.54 arttırmaktadır (diğer değişkenler sabitken). Bütün değişkenlerin GSMH üzerinde artırıcı etkisi bulunmaktadır. GSMH'dan enerji kaynakları tüketimine doğru tek yönlü ve pozitif bir nedensellik tespit edilmiştir. Granger nedensellik testinin analizi, I(2) gecikmeli olarak 57 gözlem sonucunda değişkenler arasında ortaya çıkan nedensellik ilişkilerini şu şekilde belirtmek mümkündür; Enerji kaynak türleri ile GSMH arasında Granger nedensellik ilişkisi mevcuttur. GSMH'dan bor madeni, elektrik enerjisi, petrole, linyit kömürü ve taş kömürüne doğru tek yönlü pozitif bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Elektrik enerjisi tüketimi ile Petrol tüketiminin iktisadi büyüme üzerinde tek yönlü ve pozitif nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Çalışmamızda, iktisadi büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi geçerlidir. Bu bağlamda “**muhafaza (koruma)**” kuramı geçerli olacaktır.

Türkiye'nin enerji bağımlılığı cari açığı ve büyüme kırılganlığını artırıyor. Yenilenebilir enerji yatırımları büyüme-enerji ilişkisinin şoklara duyarlılığını azaltabilir. Enerji yoğun sektörlerden teknoloji yoğun sektörlerle geçiş, uzun dönem büyüme için kritik öneme sahiptir. Enerji verimliliği (sanayi, konut, ulaştırma) artırılmalı → “aynı büyüme için daha az enerji tüketimi” önemlidir. Enerji Politika Önerilerini 4 maddede özetlemek mümkündür:

1. **Yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmak** (güneş, rüzgâr, hidroelektrik).
2. **Enerji verimliliğini yükseltmek** (sanayi ve binalarda).
3. **Enerji-GSYH modeline dış şokları eklemek** (kur, cari açık, ithalat fiyatları).
4. **Makroekonomik istikrar:** Enerji ithalat maliyetlerini dengelemek için güçlü rezerv ve maliye politikası.

KAYNAKLAR

Akarca, A. T., & Long, T. V. (1980). On the relationship between energy and GNP: A reexamination. *Journal of Energy and Development*, 5, 326–331.

Aksu, L. (2018). Türkiye’de bilim ve teknoloji ile iktisadi büyüme ilişkilerinin sosyal, ekonomik ve stratejik analizi. *Social Sciences Studies Journal*, 4(20), 2635–2670.

Aksu, L. (2020). Para arzı, enflasyon ve faiz oranları ile iktisadi büyüme ilişkisi: Türkiye örneği. In S. Öztürk (Ed.), *Sürdürülebilir kalkınma, işletme, finans ve ekonomi: Teorik ve ampirik katkılar* (pp. 115–218). İKSAD Publishing House.

Aksu, L. (2021). 21. Yüzyılda Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve stratejik analizleri (1st ed., pp. 1–345). İKSAD Publishing House.

Aksu, L. (2024). Dünyada ve Türkiye’de nüfus politikaları ve analizleri: Strateji, teori ve kavramlar (1st ed., pp. 1–820). İKSAD Publishing House.

Altınay, G., & Karagöl, E. (2004). Structural break, unit root, and the causality between energy consumption and GDP in Turkey. *Energy Economics*, 26, 985–994.

Altınay, G., & Karagöl, E. (2005). Electricity consumption and economic growth: Evidence from Turkey. *Energy Economics*, 27, 854–855.

Aslan, A., & Öcal, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953–959.

Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy Economics*, 32(6), 1392–1397.

Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). The renewable energy consumption–growth nexus in Central America. *Applied Energy*, 88(1), 343–347.

Apergis, N., & Danulețiu, D. C. (2014). Renewable energy and economic growth: Evidence from the sign of panel long-run causality. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578–587.

Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29, 155–173.

Aqeel, A., & Butt, M. S. (2001). The relationship between energy consumption and economic growth in Pakistan. *Asia-Pacific Development Journal*, 8(2), 101–110.

Bakırtaş, İ., & Çetin, M. A. (2016). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: G-20 ülkeleri. *Sosyoekonomi*, 24(28), 131–145.

Barbier, E. B. (2011). *Capitalizing on nature: Ecosystems as natural assets* (pp. 45–60). Cambridge University Press.

Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic growth* (2nd ed., pp. 1–654). MIT Press.

Broyles, D. (2001). *What is energy?* (1st ed.). Trafford Publishing.

Bulut, Ü., & Muratoğlu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus. *Energy Policy*, 123, 240–250.

Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *American Economic Review*, 18(1), 139–165.

Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, 111, 757–763.

Doğan, E. (2016). Analyzing the linkage between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth by considering structural break in time-series data. *Renewable Energy*, 99, 1126–1136.

Durğun, B., & Durğun, F. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *International Review of Economics and Management*, 6(1), 1–27.

Eroğlu, G., & Şahiner, M. (2017). Dünyada ve Türkiye’de uranyum ve toryum (MTA Genel Müdürlüğü Yayınları, Maden Serisi No. 3). MTA, Ankara.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Harvard University Press.

Georgescu-Roegen, N. (1975). Energy and economic myths. *Southern Economic Journal*, 41(3), 347–381.

Glasure, Y. U., & Lee, A. R. (1997). Cointegration, error correction and the relationship between GDP and energy: The case of South Korea and Singapore. *Resource and Energy Economics*, 20(1), 17–25.

Goldemberg, J. (2000). *World energy assessment: Energy and the challenge of sustainability*. United Nations Development Programme.

Güngör, Ö. (2016). Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: VAR analizi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Balıkesir, Türkiye.

Hwang, D. B. K., & Gum, B. (1991). The causal relationship between energy and GNP: The case of Taiwan. *The Journal of Energy and Development*, 16(2), 219–226.

Ito, K. (2017). CO₂ emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries. *International Economics*, 151, 1–6.

Jevons, W. S. (1865). *The coal question: An inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines* (pp. 132–140). Macmillan and Co.

Jumbe, C. (2004). Cointegration and causality between electricity consumption and GDP: Empirical evidence from Malawi. *Energy Economics*, 26(1), 61–68.

Kahia, M., Aissa, M. S. B., & Lanouar, C. (2017). Renewable and non-renewable energy use–economic growth nexus: The case of MENA net oil importing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 127–140.

Kalkınma Bakanlığı. (2018). 11. Kalkınma Planı (2019–2023): Enerji arz güvenliği ve verimliliği [ÖİK Raporu]. Ankara, Türkiye.

Karanfil, F. (2008). Energy consumption and economic growth revisited: Does the size of unrecorded economy matter? *Energy Policy*, 36, 3019–3025.

Kasperowicz, R., & Streimikiene, D. (2016). Economic growth and energy consumption: Comparative analysis of V4 and the “old” EU countries. *Journal of International Studies*, 9(2), 181–194.

Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy Policy*, 100, 51–57.

Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3, 401–403.

Kula, F. (2014). The long-run relationship between renewable electricity consumption and GDP: Evidence from panel data. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(2), 156–160.

Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *American Economic Review*, 45(1), 1–28.

Lee, C.-C., & Chang, C. P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics*, 30(1), 50–65.

Malthus, T. R. (1798). *An essay on the principle of population* (1st ed.). Oxford University Press.

Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407–437.

Marques, A. C., & Fuinhas, J. A. (2012). Is renewable energy effective in promoting growth? *Energy Policy*, 46, 434–442.

Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, 33, 257–263.

Mucuk, M., & Uysal, D. (2009). Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Maliye Dergisi*, 157, 105–115.

Narayan, P. K., & Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: New evidence from panel cointegration with structural breaks. *Energy Economics*, 30, 2331–2341.

Öcal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494–499.

Özaydın, Ö. (2019). Türkiye’de enerji tüketimindeki makro ekonomik etkileri (1. baskı, No. 15476). Gece Kitaplığı, Ankara.

Özsoy, C. (2008). Türk yükseköğretim sisteminin durumu ve iktisadi büyüme performansına katkısı. *Niğde Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 31–48.

Pamir, N. (2016). *Enerjinin iktidarı* (2. baskı, No. 327). Hayy Kitap.

Rafindadi, A. A., & Öztürk, I. (2017). Impacts of renewable energy consumption on the German economic growth: Evidence from combined cointegration test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1130–1141.

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.

Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M., & Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 576–585.

Smil, V. (2008). *Energy in nature and society: General energetics of complex systems*. MIT Press.

Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.

Sorrell, S., & Dimitropoulos, J. (2007). UKERC review of evidence for the rebound effect, technical report 5: Energy, productivity and economic growth studies. UKERC Report Working Paper, UKERC/WP/TPA/2007/013, 1–192.

Soytaş, U., & Sari, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 68(6), 1667–1675.

Stern, D. I. (1993). Energy and economic growth in the USA: A multivariate approach. *Energy Economics*, 15(2), 137–150.

Şengül, S., & Tuncer, İ. (2006). Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme: 1960–2000. *İktisat, İşletme ve Finans*, 21, 69–80.

Şentürk, İ. (2012). Kaynaklarına göre enerji tüketiminin ekonomik büyümeye etkileri (Yayınlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

Terzi, H. (1998). Türkiye’de elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: Sektörel bir karşılaştırma. *İktisat, İşletme ve Finans*, 13(144), 62–71.

Tuğcu, C. T., Öztürk, I., & Aslan, A. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries. *Energy Economics*, 34(6), 1942–1950.

Uzunöz, M., & Akçay, Y. (2012). Türkiye’de büyüme ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisi: 1970–2010. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 1–16.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our ecological footprint: Reducing human impact on the Earth (pp. 101–115). New Society Publishers.

Yenmez, N. (2009). Stratejik bir maden olarak bor minerallerin Türkiye için önemi. İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, *Coğrafya Dergisi*, 19, 59–94.

Yıldırım, H. H., & Sakarya, Ş. (2016). Economic growth and CO₂ emissions in Turkey. In *Proceedings of the 8th International Ege Energy Symposium* (pp. 294–304). Afyonkarahisar, Turkey.

Yu, E. S. H., & Hwang, B.-K. (1984). The relationship between energy and GNP, further results. *Energy Economics*, 6, 186–190.

Yu, E. S. H., & Choi, J. Y. (1985). The causal relationship between energy and GNP: An international comparison. *The Journal of Energy and Development*, 10(2), 249–272.

Yu, E. S. H., & Jin, J. C. (1992). Cointegration tests of energy consumption, income, and employment. *Resources and Energy*, 14, 259–266.

ELEKTRONİK ADRESLER:

- http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=117&tipi=5&sube=0; erişim tarihi: 05.04. 2019.
- <https://www.kozbilge.com/2014/10/nufus-ve-enerji-iliskisi.html>; erişim tarihi: 05.04. 2023.