T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÇERÇEVESİNDE MODERN YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ YOĞUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Cem Emre KARAMAN

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Selin KARLILAR PATA

Hatay-2026

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÇERÇEVESİNDE MODERN YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ YOĞUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Cem Emre KARAMAN

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Selin KARLILAR PATA

Hatay-2026

ONAY

CEM EMRE KARAMAN tarafından hazırlanan ***"SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÇERÇEVESİNDE MODERN YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ YOĞUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ "*** adlı bu çalışma jüri tarafından lisansüstü öğretim yönetmeliğinin ilgili maddelerine göre değerlendirilip oybirliği ile ***İKTİSAT ANA BİLİM DALINDA YÜKSEK LİSANS TEZİ*** olarak kabul edilmiştir.

14/01/2026

Jüri Üyeleri	**İmza**
Dr. Öğr. Üyesi Selin KARLILAR PATA (Tez Danışmanı)	
Doç. Dr. Sinan ERDOĞAN	
Doç. Dr. Ahmet DOĞAN	

Cem Emre Karaman Tarafından hazırlanan ***"Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Modern Yenilenebilir Enerji ve Enerji Yoğunluğunun Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği"*** adlı tez çalışmasının yukarıda imzaları bulunan jüri üyelerince kabul edildiğini **onaylarım.**

Doç. Dr. Sinan ERDOĞAN
Enstitü Müdürü

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu belge ile, bu tezde yer alan bilgilerin tamamının akademik kurallara ve etik ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Söz konusu kural ve ilkelerin gereği olarak tezde yararlandığım eserlerin tamamına uygun bir şekilde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi ayrıca beyan ederim. **(14/01/2026)**

Cem Emre KARAMAN

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÇERÇEVESİNDE MODERN YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ YOĞUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Cem Emre KARAMAN, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi, 2026

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Selin KARLILAR PATA

ÖZET

Enerji kaynakları modern yaşamın temelini oluşturmaktadır. Küresel çapta, çoğunlukla fosil yakıt kullanımının karbondioksit (CO_2) emisyonlarında artışa yol açarak iklim değişikliğini tetiklemesi, bununla mücadele etmeye yönelik politikalar ve girişimlerin geliştirilmesinin aciliyetini ortaya koymaktadır. Buradan hareketle, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) 7 doğrultusunda erişilebilir, temiz ve sürdürülebilir enerjinin teşvik edilmesi, sürdürülebilir kalkınma ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması sürecinde önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'nin enerji ihtiyacının %80'i fosil yakıtlar tarafından karşılanmaktadır ve bu, küresel iklim krizine katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla, ülkenin mevcut enerji altyapısı göz önüne alındığında, SKH 7'ye ulaşmada Türkiye'nin kaydettiği ilerlemenin ölçülmesi, sürdürülebilir enerji geçişine yönelik çabaların izlenmesi ve politika geliştirilmesi açısından hayati önem taşımaktadır. Bu çalışma, modern yenilenebilir enerji ve enerji yoğunluğunun CO_2 emisyonları üzerindeki etkisini 1990-2020 döneminde analiz ederek Türkiye'nin SKH 7'ye ulaşmadaki başarısını ölçmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada ampirik analiz için Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model (ARDL) kullanılmıştır. Analiz sonucunda, modern yenilenebilir enerjinin CO_2 emisyonlarını azaltmadaki etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, enerji yoğunluğu CO_2 emisyonlarını arttıran bir faktör olduğu bulunmuştur. Ek olarak, çalışma Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye bu bulguları dikkate alarak temiz enerji kaynaklarına olan yatırımlarını arttırmalı ve çeşitli politikalar aracılığı ile kullanımlarını teşvik etmelidir.

ANAHTAR KELİMELER

Sürdürülebilir Kalkınma, Modern Yenilenebilir Enerji, Enerji, Enerji Yoğunluğu

ASSESSING THE MODERN RENEWABLE ENERGY AND ENERGY INTENSITY WITHIN THE FRAMEWORK OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT: THE CASE OF TÜRKİYE

Cem Emre KARAMAN, Institute of Social Sciences

Department of Economics

Master's Thesis, 2026

Advisor: Asst. Prof. Selin KARLILAR PATA

ABSTRACT

Energy resources are fundamental to contemporary existence. The global reliance on fossil fuels, especially, results in heightened carbon dioxide (CO_2) emissions and accelerates climate change, underscoring the critical need for the formulation of policies and initiatives to address this issue. Achieving sustainable development and environmental sustainability relies heavily on promoting clean and affordable energy in accordance with Sustainable Development Goal (SDG) 7. In particular, Türkiye fulfills 80% of its energy requirements through fossil fuels, exacerbating the global climate issue. Thus, in light of the current energy infrastructure, assessing Türkiye's advancement in relation to SDG 7 is essential for supporting initiatives aimed at a sustainable energy transition and formulating relevant policies. This study investigates Türkiye's effectiveness in attaining Sustainable Development Goal 7 through an analysis of the influence of contemporary renewable energy sources and energy intensity on CO_2 emissions from 1990 to 2020. This study conducts the Distributed Lag Autoregressive Model (ARDL) for empirical analysis. The findings reveal that modern renewable energy is effective in reducing CO_2 emissions. In addition, energy intensity contributes to CO_2 emissions. Moreover, the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis is valid for Türkiye. Based on the findings, it is recommended that Türkiye should enhance its investments in renewables and promote their utilization through a range of policy measures.

KEYWORDS

Sustainable Development, Modern Renewable Energy, Energy, Energy Intensity

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **I**

ABSTRACT ..... **II**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **V**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **VI**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **VII**

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI **2**

1.2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ **2**

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ, ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

2.1. ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI **3**

2.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları 4

2.1.2. Fosil Yakıtlar 6

2.2. ENERJİ YOĞUNLUĞU **7**

2.3. ÇEVRE KİRLİLİĞİ **7**

2.3.1. Karbondioksit Salımının Çevre Kirliliğindeki Rolü 8

2.3.2. Enerji Kaynaklarının Çevre Kirliliğindeki Rolü 9

2.4. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ **10**

2.4.1. Ölçek Etkisi 12

2.4.2. Kompozisyon Etkisi 12

2.4.3. Teknoloji Etkisi 13

2.5. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA **14**

2.5.1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 7 15

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

3.1. TÜRKİYE'NİN ENERJİ TAAHHÜTLERİ 17

3.2. TÜRKİYE'DE KARBON SALIMININ DURUMU..... 19

3.3. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ PAYI..... 21

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
TÜRKİYE'DE SKH-7 FAKTÖRLERİNİN VE ÇEVRESEL KUZNETS EĞİRİSİNİN AMPİRİK OLARAK İNCELENMESİ

4.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 23

4.1.1. Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliğini İnceleyen Çalışmalar 23

4.1.2. Yenilenebilir Enerjinin Çevre Üzerindeki Etkisini İnceleyen Çalışmalar 24

4.1.3. Enerji Yoğunluğunun Çevre Üzerindeki Etkisini İnceleyen Çalışmalar 26

4.2. ARAŞTIRMA BOŞLUĞU VE LİTERATÜRE KATKI 27

4.3. AMPİRİK ANALİZ..... 28

4.3.1. Veri Seti ve Model..... 28

4.3.2. Çalışmanın Yöntemi 30

4.3.2.1. ADF Birim Kök Testi 30

4.3.2.2. ARDL Yaklaşımı 31

4.4. AMPİRİK SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME..... 32

SONUÇ ……..….37

KAYNAKÇA..... 39

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Türkiye'de Yenilenebilir Enerjinin Elektrik Kapasitesindeki Payı (%)……..**22**

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler……...……**30**

Tablo 3. ADF Birim Kök Test Sonuçları ……...**33**

Tablo 4: ARDL Sınır Testi Bulguları……**33**

Tablo 5: ARDL (1, 0, 0, 0, 0) Model Sonuçları……..…..……**34**

Tablo 6: Tanı Testleri……**35**

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Kuznets Eğrisi……...**10**

Şekil 2: Çevresel Kuznets Eğrisi……....**11**

Şekil 3: Ölçek Etkisi……...**12**

Şekil 4: Kompozisyon Etkisi……..……**12**

Şekil 5: Teknolojik Etki……..……**14**

Şekil 6: Sürdürülebilir Kalkınmanın Amaçları……..……**16**

Şekil 7: Serilerin Düzey Değerlerinin Grafikleri……..…..….**29**

Şekil 8: CUSUM ve CUSUMSQ Grafikleri……..…..….**35**

KISALTMALAR LİSTESİ

CO_2 : Karbondioksit

ÇKE : Çevresel Kuznets Eğrisi

GSYH : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

GW : Gigavat

KBG : Kişi Başına Gelir

MW : Megavat

OECD : Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü

SCI : Schwarz Bilgi Kriteri

SKH : Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri

TDK : Türk Dil Kurumu

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Dünyada nüfus oldukça hızlı şekilde artmakta, yaşanan bu durum da sanayileşme şehirleşme ve teknolojinin yaygın duruma gelmesi ile refah yükselişine paralel şekilde enerji harcaması süratli bir biçimde yükselmekte, mevcut doğrultuda enerji güvenliğinin önemi devamlı olarak üzerinde durulmaktadır. Gerçekleşen vurgu doğrultusunda, enerjinin hemen hemen bütün üretim etkinlikleri içerisinde bulunmasının yanı sıra insanlığın çok daha iyi olan hayat standardına varma ve bu durumu devamlı kılma arzusu enerji sağlamasına bağlı olması yer almaktadır. Mevcut doğrultuda enerji gereksinimin karşılanabilmesi amacıyla hem uzun vadeli hem de sürdürülebilir enerji politikalarının meydana getirilmesi gerekliliği bulunmaktadır. İktisadi kalkınma ve enerji tüketimi arasında oldukça benzeyen bir ilişki bulunmaktadır. Enerji tüketimi, iktisadi kalkınma üzerinde etkili olduğu etmesinin yanında günlük hayatımızda da değişik alanlarda (ısınma, aydınlatma, konut, termik santraller v.s.) kullanılması ile birlikte etkisini ortaya çıkarmaktadır.

Tez çalışmasının ilk bölümünde ilk olarak enerji ve enerji kaynakları açıklanmakta, ardından enerji yoğunluğu ve çevre kirliliği üzerinde durulmaktadır. Son olarak da Çevresel Kuznets Eğrisi incelenmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ilk olarak sürdürülebilir kalkınma kavramı açıklanmakta, daha sonra sürdürülebilir kalkınmanın gelişimi incelenmekte, ardından sürdürülebilir kalkınmanın boyutları analiz edilmekte ve son olarak sürdürülebilir kalkınma göstergesi 7 detaylandırılmaktadır.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde Türkiye'nin enerji yapısı analiz edilmekte, daha sonra Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının payı incelenmekte, daha sonra Türkiye'nin enerji taahhütleri ve Türkiye'de karbon salımının durumu detaylandırılacak ve son olarak Türkiye'de ekonomik büyümenin çevre kirliliğine etkisi üzerinde durulmaktadır.

Çalışmanın son bölümünde ampirik uygulama gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, ilk olarak sürdürülebilir iktisadi kalkınma ve enerji ilişkisi konusunda bulunan genel teorik çerçeveden söz edilmekte, daha sonra literatür taraması

yapılmaktadır. Daha sonra gerçekleştirilen ampirik uygulama sonuçları değerlendirilmektedir.

1.1.ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki enerji kaynaklarının sürdürülebilir iktisadi kalkınmaya etkisini Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi-7 içerisinde yer alan faktörlerin Türkiye özelinde incelenmesi biçimindedir. Mevcut araştırma bize konu hakkında, bir öngörü temin edecektir.

1.2.ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Yaşanan küreselleşme ile birlikte günümüzde rekabetçilik hızlı bir şekilde artmıştır. Bu bağlamda ekonomiler mevcut yapılarını koruyarak gelişimlerini sürdürmektedir. Enerji ciddi bir üretim girdisi ve aynı zamanda kalkınma bağlamında da enerji ihtiyacı için de büyük bir önem taşımaktadır.

Kalkınmışlık için, enerji üretiminin yanı sıra, hem enerji tüketimi hem de kişi başına gerçekleşen enerji tüketimi seviyesi bir gösterge olmaktadır. Sanayileşmenin gittikçe hızlanması ile birlikte hem mal hem de hizmet üretimi kalkınma göstergesi biçiminde tanımlanmıştır. Fakat hem dünya nüfusunun hem de ihtiyaçlarının yükselmesi ile birlikte doğal kaynaklar üzerinde ortaya çıkan baskı gittikçe çoğalmaya başlamıştır. Yaşanan bu durum neticesinde doğanın taşıma kapasitesi oldukça aşılmaya başlamıştır. Bu bağlamda, kalkınmanın hem doğal kaynaklara olan ihtiyacı hem de çevre ile olan ilişkisini gözler önüne sermekte olduğu belirtilebilir. Yaşanan bu durum sonucunda da kalkınmanın sürdürülebilir yapısı tartışma konusu olmaya başlamıştır. Gerçekleşen saptama doğrultusunda, yenilenebilir kaynakların kullanılması açısından yeni bir argüman ortaya çıkarmaktadır. Türkiye'de enerji kaynaklarının sürdürülebilir iktisadi kalkınmaya etkisi hususu da, mevcut tartışmalar kapsamında oldukça önemli olan bir konu durumunda bulunmaktadır. Çalışmanın Türkiye gibi hem gelişmekte olan hem de dinamik bir ülke durumunda bulunması sebebiyle de oldukça önemli olmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ, ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

2.1. ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kavramsal olarak rastgele bir hareketi gerçekleştiren veya gerçekleştirmeye hazır olan yeteneğe verilmiş olan bir addır. Canlı ya da cansız rastgele bir maddenin bir noktadan diğer bir noktaya hareketi veya hem fiziksel hem de kimyasal bir başka maddeye dönüşmesi amacıyla enerji ihtiyaç duyulmakta olduğu belirtilebilir (Tunar ve Eren, 2011: 2). Aynı zamanda enerji kelime anlamında Yunanca "energeia" kelimesinden oluşturulmuş ve "etki eden güç, kuvvet" anlamını belirtmektedir (Özcan, 2020: 22). TDK'ya göre ise " maddede yer alan ısı, ışık vb. olarak meydana çıkan güç" biçiminde meydana gelen güç" olarak tanımlanmakta olduğu belirtilebilir (Aydın, 2016: 411).

Enerji, insanoğlunun geçmişten günümüze yaşamını kolaylaştırmak amacıyla yararlandığı bir kaynaktır. Bu bağlamda, enerji insan hayatında oldukça önemli bir yere sahiptir. Sanayi devriminin gerçekleşmesi ile beraber ülkeler hızlı bir biçimde hem büyüme hem de kalkınma sürecine girmiş ve nüfus artışı, hızlı kentleşme ve artan teknoloji kullanımı ile enerjinin önemi daha da ortaya çıkmıştır. Üretim sürecinde buharlı makinelerin kullanılmaya başlanması, kitlesel üretime geçilmesi ve nüfusun daha çok kentlerde toplanmış olması enerji ihtiyacının artmasına yol açmıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında ülkelerin yüksek büyüme hedefleri de enerji ihtiyacını arttırmaktadır (Usta, 2016: 182).

Enerji yaşamımızda hem üretim hem de tüketim başta bulunmak üzere kullanım alanı bulmakta ve mekanik, kimyasal, termal, güneş ve nükleer vb. biçimlerde kullanılırken, ayrıca birbirine dönüşümleri de gerçekleşebilmektedir. Mevcut kaynaklardan ekonomik bakımdan değişik yöntemler kullanılması ile enerji ortaya çıkartılmış olan kaynaklar enerji kaynakları olarak belirtilmektedir (Koç ve Şenel, 2013: 33). Enerji, sosyal yaşam için olduğu kadar ekonomik yaşam içinde büyük öneme sahip olmaktadır. Günümüz ekonomilerinde genel olarak daha fazla sermaye yoğun üretim aşaması kullanılmasından kaynaklı biçimde uluslararası ticarette ve ülkelerin hem refah hem de kalkınmalarında enerji kaynakları önemli bir rol oynamaktadır (Bulut, 2018: 70).

2.1.1.Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Sanayi devriminin ardından nüfus artışı, teknolojinin ilerlemesi ve ulaşım ile beraber enerjiye olan ihtiyacın hem ivme hem de önem kazanması ülkelerin enerji kaynaklarına olan ihtiyaçlarında artışa yol açmıştır. Bu bağlamda enerjinin sosyo-ekonomik anlamda ülkelerin hem büyüme hem de kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi aşamasında enerji en mühim unsurlar arasında bulunmaktadır (Ünüvar ve Keskinkılıç, 2020: 252).

Yenilenebilir enerji, kendi kendine yenilenebilme gibi bir özelliğe sahip olan ve doğal kaynaklar tarafından elde edilmiş olan enerji kaynaklarına denilmektedir. Mevcut enerji kaynaklarının başlıca özelliklerinden birisi doğal biçimde yenilenmesi ve tükenmemesi olarak açıklanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, devamlılığı sayesinde sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır ve çevresel etkisi göz önünde bulundurulduğunda oldukça temiz enerji kaynaklarıdır. Ek olarak yenilenebilir enerji, ülkelerin coğrafi konumundan elde edilmesi sebebiyle enerji açısından dışa bağımlılığı daha az düzeye indirmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji, biyokütle enerjisi ve jeotermal enerji olarak sınıflandırılmaktadır.

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan hidrojen gazının helyuma dönüşmesinden meydana gelen ışıma enerjisi olarak tanımlanmaktadır (Kavcıoğlu, 2019: 216). Güneş enerjisi genel olarak güneşin, dünya üzerine yansıyan miktarı üzerinden elde edilmektedir ve bu yansıyan enerjinin en düşük miktarı bile bütün insanlığın tüketmiş olduğu enerji miktarından fazla durumda bulunmaktadır. Özellikle 1970'li seneler itibariyle kurulan güneş enerjisi sistemlerinde ileri teknoloji kullanılmaya başlanması ile maliyetlerde ortaya çıkan azalama neticesinde güneş enerjisinden yararlanma oranı daha çok yükselmeye başlamıştır (Özcan, 2020: 39). Bu bağlamda, teknolojinin hızla gelişmesi neticesinde güneş enerjisinden ısı ya da ışık biçiminde fayda sağlandığı gibi elektrik elde edilmesi yönünden yarar elde edilmektedir. Güneş enerjisinin kullanıldığı alanlar doğrudan ya da dolaylı biçimde hem elektrik üretimi hem sıcak su temin edilmesi hem ısınma hem sanayi sektörü için proses ısıtma hem de sera ısıtmasının temin edilmesi biçimindedir (Eti Menkul Kıymetler Enerji Sektörü Raporu, 2007).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından bir diğeri de rüzgâr enerjisidir. Rüzgâr enerjisi, tükenmeyen ve kaynak yapısını güneşten elde eden oldukça önemli bir enerji kaynağı olarak belirtilebilir. Güneşin yeryüzüne göndermiş olduğu enerjinin yaklaşık olarak %1-2'lik kısmı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir (Özcan, 2020: 41). Bu açıdan rüzgâr enerjisi dolaylı bir biçimde güneş enerjisi ile bağlantılı olmaktadır. Bu enerji kaynağı, güneş enerjisinin yeryüzünde değişik ısınmasına ve dolaylı biçimde değişik sıcaklık, nem ve basınca sebep olması ile hareket eden hava sonucunda meydana gelirken bir de dünyanın hareketlerinden meydana gelmektedir (Terzioğlu vd., 2019: 227). Başka açıdan, rüzgâr enerjisi, sahip olduğu temiz içerik ve sürdürülebilirliğin yanı sıra birinci yatırım maliyetlerinin fazla, düşük kapasitesinden kaynaklı üretim sürecinde değişken verime sahip olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik enerjidir. Hidroelektrik enerji, suyun üst düzeyden alt düzeye inmesiyle potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle meydana gelmektedir (Özcan, 2020: 43). Potansiyel enerji üretimi santraller aracılığı ile gerçekleştirilmektedir (Kavcıoğlu, 2019: 222). Bu santraller diğerlerine kıyasla daha düşük işletme maliyeti, daha uzun işletme yaşamı, daha temiz olması ve daha yüksek verim sağlaması sebebiyle kullanım bakımından çok üstünlük temin etmektedir (Yılmaz ve Öziç, 2018: 531).

Biyokütle enerjisi, diğer bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Biyokütle, kimyasal içerik kısmında karbonun yanı sıra hidrojen, oksijen, azot, alkali toprak ve metal atomların bulunduğu, yenilenme imkânına sahip organik madde biçimindedir. Biyokütle 100 senelik bir süreçten daha az süre içinde yenilenebilen organik maddelere verilmiş olan genel bir addır (Korkmaz ve Deniz, 2019: 142-143).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından sonuncusu jeotermal enerjidir. Jeotermal enerji teknolojisi, yerin altında var olan ısıyı çıkarır; bu ısı doğrudan ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılabilir veya elektriğe dönüştürülebilir. Jeotermal enerjinin temel avantajları maliyetinin düşük olması ve yıl boyunca yüksek kapasite faktörleriyle çalışabilme yeteneğidir. Bu, sürdürülebilir ve istikrarlı elektrik sağlamasına ve teşvik edilmesi durumunda elektrik sistemine yardımcı hizmetler sunmasına olanak tanır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

2.1.2. Fosil Yakıtlar

Doğada sınırlı miktarda bulunan, belli bir süreç içinde kendini yenilemeyen ya da çok yavaş yenileyen enerji kaynakları yenilemeyen enerji kaynakları ya da fosil yakıtlar olarak adlandırılmaktadır (Özcan, 2020: 26). Bu kaynaklar belirli rezerve sahiptir ancak gelecekte tükenme ihtimali bulunmaktadır (Esen ve Akça, 2019: 319). Fosil yakıtlar; doğalgaz, petrol ve kömürden oluşmaktadır (İnan vd., 2018: 4).

Doğalgaz, uzun seneler yerin alt kısımlarında hayvan ve bitki artıklarının yüksek basınç ile ısı altında kimyasal değişim geçirmesiyle meydana gelmektedir. Doğalgaz renksiz, kokusu bulunmayan hafif bir gaz şeklindedir ve doğada katı ve sıvı olarak iki biçimde yer alır. Temel yapısı hidrokarbondan oluşan doğalgaz, verim ve yanma hızı açısından diğerlerine tercih edilmektedir (Oran, 2020: 204).

Fosil yakıtlardan bir diğeri petroldür. Petrol, bileşenlerinde karbon, hidrojen ve az miktarda nitrojen, oksijen, kükürt kimyasal bulundurmaktadır (Özcan, 2020: 29-30). Petrol katı, sıvı ve gaz olarak 3 farklı formda bulunmaktadır (Bulut, 2018: 71).

Kömür ise karbon, oksijen, hidrojen ve düşük miktarda kükürt ile nitrojen bileşimlerinden meydana gelmektedir. Hem fiziksel hem de kimyasal biçimde değişik yapıya sahip bir madendir. Kömür içinde mineral maddeler ve inorganik bileşik barındıran kül yer almaktadır. Nebatların bataklık alanlarında birikmesi sonucunda meydana gelen tabakaların değişime uğraması ile oluşan kömür, mevcut tabakalar üzerine çeşitli çökeltilerin birikmesi ve bunların hareketleri sonucunda derinliklere gömülmektedir. Gömülen mevcut nebatlar; yükselen ısı ve basınca uğradıklarında bünyelerinde kimyasal ve fiziksel değişikliğe maruz kalarak kömüre dönüşmektedirler. Mevcut durum milyonlarca sene içinde tekrar etmekte ve böylece farklı kömür çeşitleri ortaya çıkmaktadır (Ertürk, 2020: 153).

2.2. ENERJİ YOĞUNLUĞU

Enerji yoğunluğu, bir ekonominin enerji ihtiyacını ölçmek için kullanılan önemli bir göstergedir. Enerji verimliliğinin bir yaklaşık değeri olarak kullanılmaktadır. Enerji yoğunluğunu etkileyen faktörler, ekonominin döngüsünü ve yapısını, genel yaşam standartlarını ve referans bölgede mevcut olan hava

koşullarını yansıtmaktadır. Bu bağlamda enerji yoğunluğu ülkelerin enerji verimliliğinin izlenmesi ve karşılaştırılması amacıyla kullanılmaktadır (Duman Altan ve Sağbaş, 2020: 14).

2.3. ÇEVRE KİRLİLİĞİ

Çevre kirliliği, insan faaliyetlerinden kaynaklı olarak çevrenin olumsuz etkilenmesi; enerji düzeninde ve çevrenin fiziksel ve kimyasal yapısında değişikliklere yol açması olarak tanımlanmaktadır. Hava, su, toprak ve gürültü gibi çeşitlerde ortaya çıkmaktadır. Hem ekolojik sistemleri hem de insan sağlığını olumsuz etkileme kapasitesine sahip kirleticilerin ortama girmesi şeklinde karakterize edilir (Khasanova vd., 2023).

Günümüzde hava kirliliği en büyük çevre kirliliği sorunlarından birisidir. Sadece iklim değişikliğine katkısı değil, aynı zamanda bireylerin ve toplumların sağlığı üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir. Özellikle havada gaz halindeki kirleticiler olan karbondioksit (CO_2), azot dioksit, hidrojen sülfür ve kükürt dioksit, hava kirliliğine yol açan en tehlikeli etmenlerdir.

Su kirliliği, su kütlelerinin kirlenmesi olarak tanımlanmaktadır ve nehirlerin, göllerin, okyanusların, yer altı sularının endüstriyel ve tarımsal akıntılarla kirlenmesi sonucunda oluşmaktadır. Su kirliliğine yol açan faktörler olarak kentleşme, endüstriyel atıklar, ormansızlaşma ve tarımsal atıklar olarak sıralanabilir.

Toprak kirliliği, toprakta zehirli bileşenlerin, kimyasalların, atık ve radyoaktif maddelerin birikmesidir. Bu tür kirlilik genellikle pestisit uygulanması, kirli yüzey sularının yeraltına sızması, endüstriyel ve belediye atıklarının doğrudan toprağa atılmasından ortaya çıkmaktadır.

Gürültü, ses yüksekliği cinsinden ölçülmekte ve nüfus artışı ile birlikte bir kirlilik ve sorun haline gelmiştir. Gürültü kirliliğinin başlıca nedenleri olarak; taşıma araçları, uçaklar, endüstrileşme ve endüstriyel makineler gösterilebilir.

2.3.1. Karbondioksit Salımının Çevre Kirliliğindeki Rolü

İki oksijen ve bir karbon atomu kapsayan karbondioksit gazı, iklim değişikliğinin en önemli sebeplerinden birisidir (Volk, 2008: 1). CO_2 kokusuz bir gazdır ve en büyük kaynağı fosil yakıtların kullanımı şeklindedir.

Dünyada CO_2 emisyonlarının birincil kaynağı fosil yakıtların yakılmasıdır. Çevre kirliliğine sebebiyet veren en ciddi etkenlerden birisi, fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan sera gazı salımıyla ilişkilidir. Kömür, petrol ve doğal gaz, bileşenlerinde yoğun biçimde karbon içermektedir. İçeriğinde daha fazla karbon bulunmasından dolayı, kömür, petrole kıyasla, daha fazla CO_2 emisyonuna yol açmaktadır. Doğal gaz ise en az miktarda CO_2 açığa çıkaran yakıt olarak belirtilebilir. Petrol, kömür ve doğal gaz küresel karbon emisyonlarının sırasıyla %20, %43 ve %36'sından sorumludur (IEA, 2012). Dolayısıyla bu kaynakların kullanımı sonucunda atmosferde oksijen ile birleşen karbon birincil sera gazı olan CO_2 emisyonunun ciddi çevresel sorunlar yaratmasına yol açmıştır (Hill, 2010: 187).

Bir diğer CO_2 emisyonlarına katkıda bulunan faktör nüfus yoğunluğudur. Özellikle ulaşım sektöründen kaynaklanan CO_2 emisyonu, küresel nüfus artışından kaynaklanan araç sayısındaki artış ve eşzamanlı artan benzin talebi ile hızla artmaktadır.

Atmosferde biriken CO_2 miktarındaki artış, biyolojik çeşitlilik kayıpları, tropikal fırtına yoğunluğunda yükseliş, okyanus seviyesinin artması ve küresel ısınma şeklindeki pek çok çevre probleminin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Saatçi ve Dumrul, 2012: 65-66).

2.3.2. Enerji Kaynaklarının Çevre Kirliliğindeki Rolü

İnsanoğlunun varoluşu itibari ile gereksinim duymuş olduğu ve o zamandan bu zamana vazgeçilmez gereksinimi biçiminde karşımıza çıkmakta olan enerji tüketimi toplumsal yapıların gelişmesi ve artan ihtiyaçlarının temin edilmesi amacıyla çok önemli bir konuma sahip olmaktadır. Enerji tüketimi dünden bugüne kadar ülkelerin ekonomik büyüme performanslarında ciddi bir rol oynamaktadır. Sanayi devriminin yaşanması ile beraber enerjinin endüstride yoğun biçimde kullanılması ile küresel ölçekte de enerji tüketiminin hız kazanmasına sebep

olmuştur. Enerji tüketimi tüm sektörlerde çok geniş bir skalaya sahip olmakla beraber ülkelerin ekonomik gücünün ve gelişmişlik seviyeleri açısından belirleyici bir duruma ulaşmıştır (Uysal ve Yapraklı, 2016: 188).

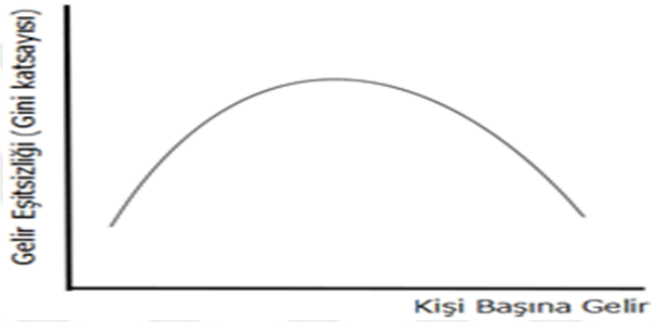
Dünyanın genel yapısında uzun seneler süresince enerji ihtiyacının fosil yakıtlar ile karşılanması ekonomileri ve toplum sağlığını etkileyerek, günümüz ve gelecek nesiller için tehdit oluşturacak pek çok çevre probleminin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Mevcut çevresel problemlerin başında iklim değişikliği, küresel ısınma ve atmosferde yoğun olarak yer alan karbon salımıdır. Gerçekleşen pek çok bilimsel araştırma nüfus artışı yanı sıra ulaşımın gelişmesi, kentleşme ve sanayileşme ile beraber atmosferde bulunan CO_2 salımının yüksek seviyelere ulaştığını tespit etmişlerdir (Kuşkaya ve Bilgili, 2019: 41-42). Bu nedenle fosil kaynakların yerine çevre dostu olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden politikalar uygulamaya konulmalıdır (Çoban ve Kılınç, 2016: 593-594). Toplumların hem refahının hem de hayat kalitesinin yükselmesinde az maliyetli olmasının yanı sıra çevreye daha az zarar veren yenilenebilir enerji kaynakları tercih nedeni olmaktadır. Enerjinin topluma kesintisiz olmasının yanı sıra güvenilir ve düşük maliyetli biçimde sunulması gereklidir.

Çevresel problemlerin önemli boyutlara vardığı günümüz şartlarında gelişmiş ülkeler başta olmak üzere pek çok ülke enerji yapısında dönüşüm yaşamakta ve enerji altyapılarını temiz kaynaklar odaklı değiştirerek, enerji gereksinimlerini yenilenebilir kaynaklardan karşılamaya başlamıştır. Bu alanda gerçekleştirilen araştırmalar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının CO_2 salımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Örneğin, Rai vd. (2025) çalışmalarında sekiz büyük çevre kirletici ülkede yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın CO_2 emisyonu seviyesini kayda değer biçimde azalttığını kanıtlamışlardır. Ali ve Xiangyu (2025) Asya'nın en kalabalık beş ülkesinde yenilenebilir enerji kullanımının CO_2 emisyonu üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Wang vd. (2025) küresel çapta gerçekleştirdikleri 122 ülkeyi kapsayan çalışmalarında, yenilenebilir enerjinin CO_2 emisyon düzeyinin azaltılmasında etkin rolünü ortaya koymuşlardır.

2.4. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ

Çevresel Kuznets Eğrisinin (ÇKE) adını Kuznets eğrisinden almıştır. Simon Kuznets'in 1995 senesinde gerçekleştirdiği çalışmada ekonomik gelişme ile kişi başına gelir (KBG) rakamlarına karşılık, gelir eşitsizliği ekonomik gelişmenin birinci kademesinde büyümekte, ancak belli bir seviyeden sonra gelir eşitsizliğinde düzelme oluşmaktadır (Pirinç, 2019: 35). Kuznets mevcut eğriyi ters U biçiminde açıklayarak, ekonomide yaygın biçimde bilinen Kuznets Eğrisini ortaya çıkarmıştır (Tutulmaz, 2012: 4).

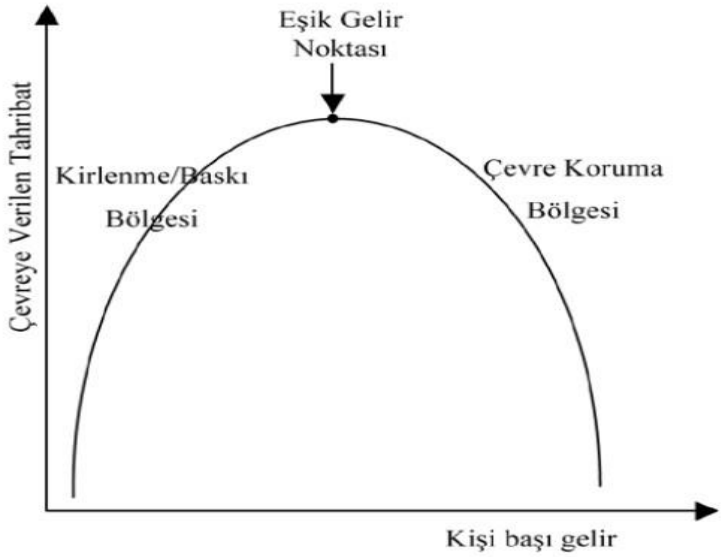
Şekil 1: *Kuznets Eğrisi*



Kaynak: Panayotou, 1993: 1.

Şekil 1'de Kuznets Eğrisi gösterilmektedir. Grossman ve Krueger (1991), Kuznets Eğrisinden hareketle kişi başına gelir ile çevre kirliliği arasında ters U şekilli bir ilişkinin var olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarında, gelir artışı ile birlikte çevre kirliliği de artış göstermekte; ancak belirli bir eşik gelir seviyesinden sonra, çevre kirliliği değerlerinde düzelme olduğunu ileri sürmüşlerdir (Pirinç, 2019: 35).

Şekil 2: *Çevresel Kuznets Eğrisi*



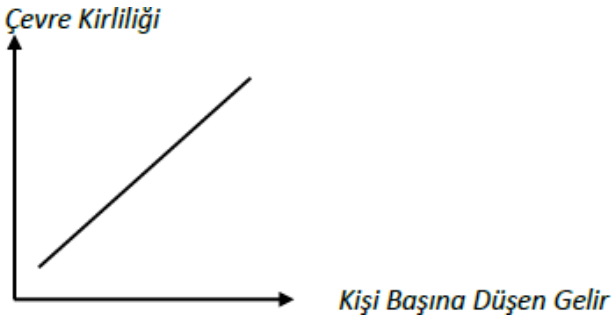
Kaynak: Yandle vd., 2002.

Şekil 2'de görüldüğü gibi, bir ülkede başlangıçta ekonomik büyüme ile birlikte yükselen çevresel bozulma, kişi başı gelir belirli bir eşik seviyesine vardıktan sonraki süreçte düşme eğilimine girecek ve sonraki süreçte çevre kirliliği üzerinde düzeltici bir etkiye neden olacaktır (Saraç ve Yağlıkara, 2017: 256).

2.4.1. Ölçek Etkisi

Ölçek etkisi, ekonomik büyümenin ilk aşaması oluşmaktadır. Sanayileşme öncesi dönemde ekonomik faaliyetler genel anlamda tarım yoğunlukluydu ve bundan dolayı sanayiye bazlı kirlilik meydana gelmemekteydi. Sanayi toplumuna geçişle birlikte doğal kaynak kullanım düzeyinin artması, çevre kirliliğine yol açan teknolojilerin kullanılması, çıktı düzeyinin yükseltilmesi odaklı üretim ve büyümenin çevresel taraflarının düşünülmemesi çevresel sorunlarda artışa yol açmıştır (Atıcı ve Kurt, 2007). Ölçek etkisi, ekonomik büyüme ile birlikte üretim ölçeğindeki artışların yanı sıra üretimde doğal kaynak kullanımındaki artışlara bağlı olarak meydana çıkan artıkların ve emisyonların çevreye verdiği olumsuz etkileri belirtmektedir (Pirinç, 2019: 37).

Şekil 3: *Ölçek Etkisi*

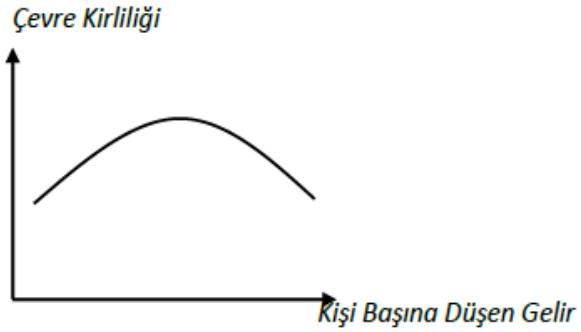


Kaynak: Başar, 2007: 68.

2.4.2. Kompozisyon Etkisi

Ekonomik büyümenin başlarında ölçek etkisi aşamasında gerçekleşen ve çevre bakımından daha çok kirletici unsur açığı oluşturan bir ekonomide, gelir belli bir eşik düzeye vardıktan sonra ekonomik kalkınma ile birlikte sanayi yoğun endüstriden hizmet sektörüne doğru bir geçiş yaşanmaktadır. Kompozisyon etkisi, söz konusu bu geçiş sürecinde olan ekonomilerin (gelişmiş ülkeler) doğal kaynaklara olan bağımlılığının en az düzeye düşürülmesi yoluyla daha az kirliliğin yaratılması süreci olarak belirtilmektedir (Pirinç, 2019: 38).

Şekil 4: *Kompozisyon Etkisi*



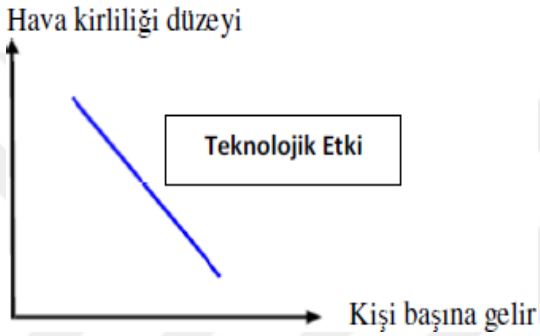
Kaynak: Başar, 2007: 70.

Şekil 4'te kompozisyon etkisi görülmektedir. Şekilden anlaşılacağı üzere, sektörel değişmelerin ardından endüstrinin gayri safi yurtiçi hasıladaki (GSYH) payı ve çevre kirliliği düzeyi, yaşanan ekonomik gelişmenin ardından gittikçe düşme eğilimine girdiği söylenebilmektedir.

2.4.3. Teknoloji Etkisi

Teknoloji etkisinde, ekonomik büyüme çevreye olumlu etkiler yaratmaktadır. Ülkelerin refah düzeylerinin yükseliş göstermesi ile beraber araştırma ve geliştirme çalışmaları amacıyla ayrılan fonlarda yükseliş başlamıştır (Başar, 2007: 70). Teknolojik ilerleme sayesinde kirletici olanların yerine temiz, sürdürülebilir olan teknolojiler gelmiştir (Pirinç, 2019: 39). Şekil 5'te teknolojik etki gösterilmektedir. Eğrinin dikey ekseninde hava kirliliği düzeyi yer alırken, yatay ekseninde kişi başına gelir yer almaktadır.

Şekil 5: *Teknolojik Etki*



Kaynak: Secretariat of The Economic Commission For Europe Geneva, 2003: 53.

Sonuç olarak, ÇKE hipotezi varsayımı ile ekonomik büyümenin başlangıç aşamasında ölçek etkisinin çevreyi olumsuz yönde etkilediğini fakat kompozisyon ve teknoloji etkisi sayesinde emisyon düzeylerinin azalması yoluyla çevresel kirliliğin giderileceği ileri sürülmektedir (Dinda, 2004).

2.5.SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

Sürdürülebilirlik; dünya veya onun bir parçası olan insan nüfusunu ve ekonominin büyümesini desteklerken, bu durumun insan, hayvan ve bitki sağlığını tehlikeye atmama kararlılığıyla bağlantılıdır. Sürdürülebilirliğin esas odağı; dünya kaynaklarının sınırsız bir biçimde kullanılmaması, tüketilmemesi ve zarar görmemesidir (Portney, 2020: 12).

Sürdürülebilir kalkınmanın sözlük anlamı; genel bağlamda kalkınmanın devamlılığının sağlanması, büyümenin de sürdürülmesi şeklindedir (Kılıç, 2012: 204). Sürdürülebilir kalkınma; çevresel değerleri ve doğal kaynakları; savurganlığa neden olmayacak biçimde, akılcı yöntemler ile bugünkü ve gelecek kuşakların hak ve çıkarlarını da göz önünde tutarak kullanma ilkesinden özveride bulunmadan,

ekonomik gelişmenin temin edilmesidir (Tıraş, 2012: 60). Sürdürülebilir kalkınma; bir kaynağın tekrar yerine konabilme hızından daha çabuk tüketilmesini önlemeyi amaçlamakta, bu nedenle mevcut ve gelecek nesillerin için çevresel kaliteyi dikkate almaktadır (Han ve Kaya, 2021: 254).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı için bir diğer tanım ise Brundtland komisyonuna ait olan 1987 tarihli "Ortak Geleceğimiz" isimli raporunda yer almaktadır. Mevcut rapora göre yapılan tanımlama; "Sürdürülebilir kalkınma, gelecekteki nesillerin kendilerine ait ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğinden ödün vermeden, bugüne ait ihtiyaçlarını karşılamakta olan bir gelişme" olarak ifade edilmiştir (Mor, 2019: 6). Brundtland Raporu'nda geçen sürdürülebilir kalkınma hedefleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Aksu, 2011: 6):

- Büyümeyi canlı duruma getirmek ve kalitesini yükseltmek,
- Ana ihtiyaçları temin etmek,
- Sürdürülebilir nüfus seviyesini güvence altına almak,
- Üretim faktörleri tabanını hem korumak hem de zenginleştirmek,
- Teknolojiye yeniden yön verebilmek ve riski yönetebilmek,
- Karar verme süreci içinde çevreyle ekonomiyi birleştirmektir.

Sürdürülebilir kalkınma; ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere 3 boyutlu bir kavramdır (Akiş, 2017: 42-43):

- Ekonomik olarak sürdürülebilir bir sistem; mal ve hizmetleri süreklilik temelinde üretebilir, gerek iç gerekse dış borçları yönetebilir düzeyde sürdürülebilirlik sağlar.
- Çevresel olarak sürdürülebilir bir sistem; yenilenebilir kaynak sistemlerinin ya da çevresel yatırım fonksiyonlarının istismarından kaçınır ve yenilenemeyen kaynaklardan sadece yatırımlar ile yerine yeterince konulmuş olanları tüketir.
- Sosyal biçimde sürdürülebilir bir sistem; sağlık ve eğitim şeklindeki sosyal hizmetlerin eşit dağılımını ve yeterliliğini, toplumsal cinsiyet

eşitliğini, politik sorumluluk almayı ve katılımı sağlayabilir; yoksullukla mücadele etmeyi amaçlar.

2015 yılında Birleşmiş Milletler üye devletlerin tamamı 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemini kabul etmiştir ve bu gündemde hem dünya hem de insanlar için şimdi ve gelecekte refah içerisinde olmak amacıyla ortak bir yol haritası oluşturulmuştur. Bu doğrultuda, gelişmekte olan ve gelişmiş tüm üye ülkeler için, küresel çapta ortaklık içerisinde acil eylem çağrısı olan 17 farklı Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) oluşturulmuştur. Genel olarak, yoksulluk ve açlığı sona erdirme, sağlık ve nitelikli eğitimin iyileştirilmesi, tüm dünyada eşitsizliğin azalması, ekonomik büyümenin teşvik edilmesi, temiz ve erişilebilir enerji erişimi, iklim değişikliğiyle mücadele gibi her bir hedef farklı alanda sürdürülebilirliğin sağlanması üzerine odaklanmaktadır. Şekil 6 sürdürülebilir kalkınmanın amaçlarını her bir hedef için göstermektedir.

Şekil 6: *Sürdürülebilir Kalkınmanın Amaçları*



Kaynak: https://www.kureselamaclar.org/

2.5.1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 7

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 7 erişilebilir ve temiz enerjiye odaklanmaktadır. Herkes için erişilebilir, güvenilir ve sürdürülebilir temiz enerji temin edilmesini amaçlamaktadır. Bu bağlamda, 2030 senesine kadar herkesin erişilebilir enerjiye ulaşmasını sağlamak amacıyla güneş, rüzgâr ve termal enerji kaynaklarına gerekli yatırımların yapılmasının gerekliliği belirtilmektedir. SKH 7

kapsamında gelişmekte olan ülkelerin tamamında temiz enerjiyi temin edecek altyapının genişletilmesi ve teknolojinin arttırılması, büyümeyi teşvik edeceği gibi çevreye de katkıda bulunabilecek kritik öneme sahip olan bir hedef olarak ön plana çıkmaktadır (Çevreciyiz, 2017). 2030 yılına kadar SKH 7 çerçevesinde ulaşılması istenen hedefler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Çevreciyiz, 2017);

- Güvenilir, uygun fiyatlı ve çağdaş enerji hizmetlerine evrensel çapta erişimin sağlanması.
- Yenilenebilir enerjinin küresel enerji kaynakları içindeki payının büyük oranda artması.

  Enerji verimliliğinde küresel iyileşme hızının iki katına çıkarılması.
- Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğinin yanı sıra gelişmiş ve daha temiz fosil yakıt teknolojilerini de kapsayacak biçimde temiz enerji araştırmaları ve teknolojilerine erişimi kolaylaştırmak amacıyla uluslararası işbirliğinin geliştirilmesi ve enerji altyapısı ve temiz enerji teknolojileri yatırımlarının desteklenmesi.
- Gelişmekte olan, gelişmişlik düzeyi en az, gelişmekte olan küçük ada devletleri, kara ile çevrili gelişmekte olan ülkelerde ve karayla çevrili gelişmekte olan ülkelerde, sürdürülebilir modern enerji hizmetlerinin sağlanması amacıyla altyapının oluşturulması ve teknolojinin iyileştirilmesi.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Bu bölümde ilk olarak Türkiye'nin enerji yapısı açıklanmakta, ardından Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ve Türkiye'nin enerji taahhütleri detaylandırılmakta, daha sonra Türkiye'de karbon salımının durumuna yer verilmektedir. Son olarak da Türkiye'de ekonomik büyümenin çevre kirliliğine etkisi belirtilmektedir.

3.1. TÜRKİYE'NİN ENERJİ TAAHHÜTLERİ

Son yirmi yılda, Türkiye'nin enerji talebi OECD ülkeleri arasında enerji talebi açısından en hızlı yükselen ülke haline gelmiştir. Özellikle doğal gaz ve elektrik açısından artan talep konusunda, Türkiye dünya genelinde Çin'den sonra ikinci ülke konumunda bulunmaktadır. Enerji talebini karşılamak için yaklaşık olarak %74 oranında Türkiye dışa bağımlı haldedir ve bu durum enerji stratejisinin uluslararası alandaki ilişkileri önemli hale getirmektedir.

2015 senesinde Paris'te Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21. Taraflar Konferansında Paris Anlaşması kabul edilmiştir. 2015 yılında Türkiye bu anlaşmayı kabul etmiş ve 2016 yılında imzalamıştır. Paris Anlaşması çerçevesinde, iklim değişikliği ile etkili bir şekilde mücadele edebilmek için 2053 yılında Türkiye tarafından net sıfır emisyon hedefi açıklanmıştır. Bu kapsamda gerekli çalışmalar başlatılarak, taslak bir şekilde İklim Kanunu tasarlanmıştır. Dahası, 12. Kalkınma Planında (2024-2028) "Çevrenin Korunması" kapsamı dahilinde, iklim değişikliğine uyum için çeşitli strateji ve planların hazırlanmasına ve sera gazı emisyonlarının aza indirilmesine yönelik tedbirler alınmıştır (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024). Paris Anlaşmasına ek olarak ulusal hedefler çerçevesinde ise alınacak olan önlemler ve uyum çalışmalarıyla birlikte 2030 senesi sera gazı salım değerinin 929 milyon ton CO_2e değerinde tutulabileceği öngörülmektedir (ÇŞB, 2015).

2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi kapsamında enerji, sanayi, hizmetler ve ulaştırma olmak üzere tüm sektörlerde yapısal dönüşümler gerçekleştirilmesi ve bu sayede beşeri sermayenin güçlendirilmesi, çevre dostu teknolojilerin kullanılması

ve işgücü piyasasının yeşil çevre dönüşümüne uyum sağlaması gibi hedeflere ulaşılması hedeflenmektedir. Bunların yanı sıra, enerji verimliliği, enerji güvenliği ve yenilenebilir enerji alanlarında gerekli yatırımlar gerçekleştirilerek ülkenin enerji yapısının çevre dostu bir sisteme doğru dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Fosil yakıtlara olan bağlılığın en aza indirilmesi için hem rüzgâr hem güneş hem jeotermal hem de hidrolik gibi yenilenebilir enerji çeşitlerinin kullanımının yaygınlaştırılması odak noktasına alınmıştır. 2023 yılı haziran ayında kurulu yenilenebilir enerjinin payı %53 iken, 2035 yılı hedefi kapsamında bu oranın %65'e arttırılması hedeflenmiştir. 2022 yılında %42 olan yenilenebilir enerjinin toplam elektrik üretimi içerisindeki payının, 2028 yılında %50'ye ve ardından 2035 yılında ise %55'e yükseltilmesi hedefine odaklanılmıştır. Değişken yenilenebilir enerji türleri kapsamında, kurulu rüzgar gücünün 2.5 ve kurulu güneş enerjisi gücünün ise 5 katına çıkarılması üzerinde durulmaktadır.

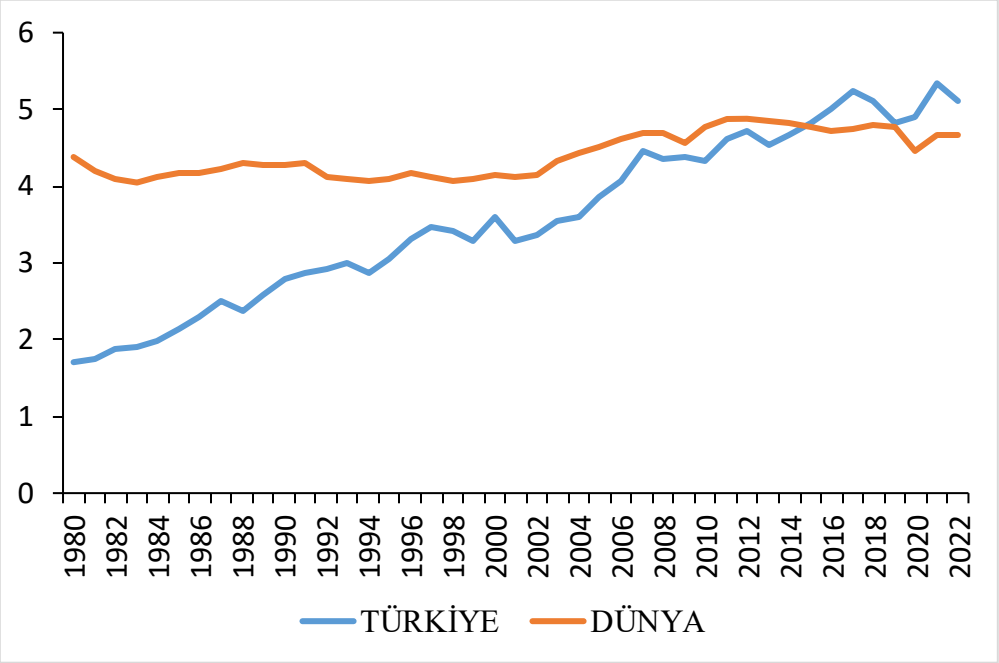
3.2. Türkiye'de Karbon Salımının Durumu

Yaklaşık 200 yıl önce sanayi devriminden itibaren sera gazı emisyonları artış göstermeye başlamıştır. Günümüzde de küresel olarak ortaya çıkan sanayileşme, hızlı nüfus artışı, şehirleşme ve yüksek enerji talebi sera gazı salımını, özellikle de CO_2 emisyonunu yüksek oranda arttırmıştır. Sera gazı salımının yükselmesi, küresel düzeyde olduğu gibi Türkiye'de de iklim şartlarını ve sürdürülebilir kalkınma gelişimini tehdit etmeye başlamıştır (Sel ve Tekgün, 2022).

1980 döneminden günümüze kadar Türkiye ekonomisi, dışa açık bir ekonomi politikası izlediğinden kaynaklı olarak global düzen ile bütünleşmiş bir biçimde büyüme gösteren yapıya sahip olmaktadır. Mevcut durum ülkedeki üretim ve tüketim potansiyelini arttırarak enerji talebini arttırmıştır. Bunun sonucunda, küresel ısınma ve çevresel sorunlar giderek artış göstermiştir. Dolayısıyla, küresel çapta atılan adımlar ve sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde alınan kararlar, ekolojik bir dengenin sağlanmasını temin ederek yeşil bir ekonomiyi amaçlamaktadır (Sel ve Tekgün, 2022).

Grafik 1'de 1980-2022 döneminde kişi başına düşen CO_2 emisyon düzeyleri Türkiye ve Dünya özelinde gösterilmektedir.

Grafik 1: *Kişi başına düşen Karbon Emisyonu (ton), Türkiye ve Dünya*



Kaynak: Our World in Data (2024). https://ourworldindata.org/grapher/co2-per-capita-marimekko

Grafiğe göre, dünyada CO_2 emisyon salınım düzeyi yüksek ve ortalama bir seyir göstermektedir. 1980 yılında Dünyada kişi başına düşen CO_2 emisyon düzeyi 4.38 ton iken, 2012'de 4.87 tonlara kadar artış göstermiştir. 2020 senesinde küresel çapta patlak veren Covid-19 pandemi süreci ile birlikte sanayi faaliyetlerinin ve ulaşımın durma seviyesine gelmesi ile karbon salımı düşüş göstermiştir ve kişi başına düşen CO_2 emisyonu 4.46 tonlara kadar azalmıştır. 2022 yılına gelindiğinde ise bu seviye 4.65 ton olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye'nin kişi başına düşen karbon salımı incelendiğinde ise, 1980 yılından 2022 yılına kadar yükselen bir trend içerisinde olduğu görülmektedir. 2015 ve 2019 yılında Türkiye seviyeleri dünya seviyesi ile denklik göstermektedir. 1980 senesinde kişi başına düşen CO_2 emisyonu 1.70 ton iken, 2022 senesinde 5.10 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu durum, 1980-2022 döneminde Türkiye'de kişi başına emisyon seviyesinin yaklaşık %200 artış gösterdiğini kanıtlamaktadır. 2022 yılı

verileri dikkate alındığında, Türkiye'deki kişi başına düşen CO_2 seviyesinin 2022 yılındaki dünya seviyesinden yüksek olduğu görülmektedir.

Özellikle Türkiye'de CO_2 emisyon düzeyleri GDP ile yakından bağlantılıdır. Kriz dönemleri dikkate alındığında, Türkiye'de üretim seviyelerinde meydana gelen duraksamalar sadece ekonomik faaliyetler açısından değil, aynı zamanda çeşitli sektörler bazında da CO_2 emisyonları açısından da kendini göstermiştir. Örneğin, 2001 yılında Türkiye ekonomisinde yaşanan derin kriz sonucunda, Türkiye IMF'in gözetimi altında çeşitli ekonomik ve mali reformlar gerçekleştirmiştir. Bu bağlamda, 2000 yılında CO_2 emisyon seviyesi 3.58 ton iken, 2001 yılında bu değer 3.28'lere gerilemiştir. 2008 küresel finansal krizi ise Türkiye'de reel sektörü de etkisi altına almış ve dolayısıyla imalat sanayi kapasite kullanımı gerilemiştir. Bu durum sanayi sektöründen kaynaklanan emisyon seviyelerinde de gerilemeye ortaya çıkmasına yol açmıştır. Genel düzeyde incelendiğinde Türkiye'de 2008 yılında 4.45 ton olarak gerçekleşen CO_2 emisyonu 2009 yılında 4.35 tona gerilemiştir. 2019 yılında gerçekleşen Covid-19 salgını dönemi dikkate alındığında ise, Türkiye'de ulaşım ve sanayi sektöründen kaynaklanan emisyonlarda azalma olmasına rağmen, genel CO_2 emisyon seviyesi artış göstermiş ve 2019'da 4.77 ton iken 2020 yılında 4.90 ton seviyesine yükselmiştir. Dünyada bu dönemde emisyon seviyesinde azalma varken, Türkiye'de bu söz konusu olmamıştır. 2020 yılındaki Dünya CO_2 seviyesinden yaklaşık %10 daha yüksektir. Bu durum, salgın boyunca emisyon seviyelerinin artmasının çoğunlukla elektrik ve ısınma için kullanılacak enerji üretiminden kaynaklandığı söylenebilmektedir.

3.3. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ PAYI

Temiz enerjiye geçiş sürecinde, Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarını karbon içermeyen doğalarından dolayı öncelikli tutmaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye'de yer alan elektrik santrallerinin kurulu gücü, 2024 yılının temmuz ayı ile birlikte 112.999 megavat (MW) seviyesine varmıştır ve santrallere verilmiş olan teşvikler ile yükseliş eğiliminin sürdüğü görülmektedir (TSKB, 2021).

Türkiye, 100 gigavat (GW) kurulu gücü ile Avrupa'nın 6. büyük elektrik pazarıdır. Yenilenebilir enerji türleri açısından incelendiğinde, dünyada iyi

sıralamalar elde etmeye başlamıştır. Türkiye'nin enerji üretim kapasitesinin yaklaşık %56'sı hidrolik, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle santralleri şeklinde tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından meydana gelmektedir. Bu durum Türkiye'yi dünyada 11'inci büyük yenilenebilir enerji üreticisi konumuna taşımaktadır (International Trade Administration, 2024). Türkiye, hidroelektrik kurulu gücü açısından dünyada 9. sırada; rüzgar enerji kapasitesi açısından dünyada 16. sırada; güneş enerjisi kapasitesi ile dünyada 16. sırada ve jeotermal enerji kapasitesi açısından dünyada 4. sırada yer almaktadır.

Tablo 1: *Türkiye'de Yenilenebilir Enerjinin Elektrik Kapasitesindeki Payı (%)*

Yıllar	**(%)**
2000	41,40
2001	41,60
2002	38,81
2003	35,67
2004	34,65
2005	33,53
2006	32,62
2007	33,44
2008	34,26
2009	34,69
2010	35,07
2011	36,07
2012	38,87
2013	39,91
2014	40,19
2015	43,09
2016	43,88
2017	45,48
2018	47,69
2019	48,64
2020	51,30
2021	53,27
2022	53,89
2023	55,10
2024	59,32

Kaynak: IRENA (2025). https://pxweb.irena.org/pxweb/en/IRENASTAT/IRENASTAT__Power%20Capacity%20and%20Generation/

2025 yılı Mayıs ayında Türkiye'de kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı dikkate alındığında ise %27.1'i hidrolik enerji, %20.6'sı doğal gaz, %19'u güneş enerjisi, %18.4'ü kömür, %11.2'si rüzgar enerjisi, , %1.5'i jeotermal enerji ve %2.2'si diğer kaynaklardan oluşmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2025).

Tablo 1, Türkiye'de enerji kapasitesindeki yenilenebilir enerjinin payını yüzdelik oranda göstermektedir. 2000 yılında yenilenebilir enerjinin elektrik kapasitesindeki payı %41,4 olarak gerçekleşmiştir. Yıllar itibariyle yenilenebilir enerjinin payının kısmen düşme eğiliminde olduğu görülse de tekrar aşama aşama yükseldiği görülmektedir. 2024 yılına gelindiğinde, yenilenebilir enerjinin Türkiye'de elektrik kapasitesindeki payının %59.3'e yükseldiği görülmektedir. 2000 yılından 2024 yılına kadar toplamda yaklaşık %43.2 oranında arttığı görülmektedir. Bu durum, Türkiye'nin net sıfır emisyon ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda doğru adımlar attığını ve yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması için gerekli aksiyonların alındığını göstermektedir. Ayrıca, Türkiye'nin enerji yapısının giderek karbonsuz enerji kaynaklarına doğru kaydığını söylemek mümkündür.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE SKH-7 FAKTÖRLERİNİN VE ÇEVRESEL KUZNETS EĞİRİSİNİN AMPİRİK OLARAK İNCELENMESİ

4.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Enerji ve sürdürülebilir kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki literatürde tartışılan önemli bir konudur. Bu bağlamda, çeşitli ülke ve ülke grupları ele alınarak farklı dönemler bazında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmalar, enerji-sürdürülebilirlik ilişkisi için farklı sonuçlar elde etmişlerdir.

4.1.1. Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliğini İnceleyen Çalışmalar

Çağlar ve Mert (2017) 1960-2013 yıllarını kapsayan dönemde Türkiye'de KBG ve CO_2 emisyonu arasında ters U-şekilli eğrinin varlığını tespit ederek ÇKE'nin geçerliliğini vurgulamışlardır.

Pata (2018) Türkiye'de 1971-2014 döneminde KBG ve CO_2 emisyonu arasında ters U şekilli bir eğrinin varlığını doğrulayarak ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu bulmuştur.

Erdogan vd. (2020) 1990-2014 periyodunda 25 OECD ülkesi için yaptıkları analiz sonucunda ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı bulgusunu tespit etmişlerdir.

Dogan ve Inglesi-Lotz (2020) Avrupa ülkeleri kapsamında 1980-2014 periyodu için gerçekleştirdikleri çalışmalarında, U şekilli bir ilişkinin varlığını tespit ederek ÇKE'nin geçerliliğini reddetmişlerdir.

Yurtkuran (2021) 1995-2016 döneminde Türkiye'de ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Özbek ve Oğul (2022) Türkiye ekonomisine ait 1990-2018 döneminde ÇKE hipotezinin hem kısa hem de uzun dönemde geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Efeoğlu (2022) çalışmasında Türkiye'nin de içerisinde yer aldığı E7 ülkelerinde 1989-2016 yılları arasında ters U ilişkisinin KBG ve CO_2 emisyonu için geçerli olduğunu tespit etmiş ve dolayısıyla ÇKE hipotezinin desteklendiği sonucuna varmıştır.

Dallı ve Kütükçü (2023) 1974-2019 yıllarında Türkiye'de ÇKE hipotezinin hem kısa hem de uzun dönemde geçerli olduğu bulgusuna ulaşmışlardır.

Acaroğlu vd. (2023) 1971-2015 döneminde ÇKE hipotezinin Türkiye'de varlığını ortaya çıkarmışladır.

Massagony ve Budiono (2023) 1965-2020 dönemi aralığında Endonezya'da ÇKE hipotezinin geçerliğini araştırmışlar ve kısa dönemde hipotez geçerli iken uzun dönemde ÇKE hipotezinin geçersiz olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Daştan ve Eygü (2024) Türkiye'de 1980-2018 yılları arasında ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Erdogan (2024) 1992-2020 döneminde 13 Afrika ülkesini incelediği çalışmasında ÇKE hipotezinin geçerliliği sonucunu ortaya koymuştur.

Arjun ve Mishra (2025) Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu BRICS-T ülkeleri için 1990-2022 yıllarında ÇKE hipotezinin geçerliliğini tespit etmiştir.

4.1.2. Yenilenebilir Enerjinin Çevre Üzerindeki Etkisini İnceleyen Çalışmalar

Acaravcı ve Erdoğan (2017) 1992-2013 dönemi için yenilenebilir enerji üretimi, çevre kirliliği üzerinde negatif etkiye sahipken, kişi başı gelir, çevre kirliliği üzerinde pozitif etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Batmaz vd. (2019) 1985-2014 yılları içerisinde Türkiye'de yenilenebilir enerji ve CO_2 emisyonu arasındaki ilişkinin yönünü incelemişler ve yenilenebilir enerji kullanımından CO_2 emisyonuna tek yönlü nedensel bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Forbes ve Zampelli (2019) İrlanda için gerçekleştirdikleri çalışmada, 2015-2018 döneminde rüzgar enerjisinin CO_2 emisyonlarını yaklaşık %15 oranında azalttığını kanıtlamışlardır.

Okumuş (2020) Türkiye'de 1968-2014 yılları arasında yenilenebilir enerjinin kısa dönemde emisyonları azaltmakta etkili olduğu, ancak uzun dönem bazında bu etkinin anlamsız olduğu sonucuna varmıştır.

Kuşkaya ve Bilgili (2020) 1989-2017 dönemi aylık veriler kullanarak, Amerika Birleşik Devletlerin (ABD)'de hidroelektrik enerji kullanımı ile CO_2 emisyonu arasındaki bağlantıyı incelemişler ve 2015 yılında değişkenler arasında negatif bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir.

Atay Polat ve Çuhadar (2021) Merkezi ve Doğu Avrupa ülkelerinde 1995-2018 döneminde hem demokrasi hem de yenilenebilir enerjinin sera gazı emisyonu ve CO_2 emisyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. Merkezi ve Doğu Avrupa ülkelerinde demokratik kurumların gelişimi ve yenilenebilir enerji yatırımlarına ağırlık verilmesi ve çevresel tahribatların önlenmesine katkı sunabileceğini tespit etmişlerdir.

Özpolat ve Özsoy (2021) 1990-2015 döneminde Türkiye'de yenilenebilir enerjinin karbon emisyonunu azalttığı bulgusunu elde etmişlerdir.

Zhu vd. (2021) çalışmalarında 1991-2018 dönemi için dünyada en fazla güneş enerjisi tüketen 10 ekonomide güneş enerjisinin CO_2 emisyonuna etkisini araştırmışlar ve güneş enerjisinin karbon emisyonlarını sekiz ülkede minimize ettiğini tespit etmişlerdir.

Güney ve Üstündağ (2022) 37 ülkeyi baz aldıkları çalışmalarında 2000-2019 yılları arasında rüzgar enerjisinin CO_2 emisyonlarını başarılı bir şekilde sınırladığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Namahoro vd. (2023) çalışmalarında dünyada en fazla rüzgar enerjisi kullanan 41 ülkede 1997-2018 yıllarını kapsayan dönemde rüzgar enerjisi tüketiminin CO_2 emisyonu emilimini azalttığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Tekbaş ve Tutumlu (2023) 1995-2019 döneminde Türkiye'de yenilenebilir enerjinin CO_2 emisyonu üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Eryer (2024) 1990-2020 yıllarını kapsayan dönemde Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin CO_2 emisyonu üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir.

Kamacı (2024) ABD'de 1971-2014 yılları arasında modern yenilenebilir enerji türü olan hidroelektrik enerjisinin CO_2 emisyonu üzerindeki etkisini araştırmış ve emisyon seviyesini azaltıcı etkisini ortaya çıkarmıştır.

Güney ve İnce (2024) 2000-2019 periyodunu baz alarak 26 ülke için gerçekleştirdikleri çalışmalarında, güneş enerjisi kullanımının CO_2 emisyonunu etkili bir şekilde azalttığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Pata ve Pata (2025) Amerika'da çeşitli yenilenebilir eneri türlerinin sürdürülebilir kalkınma ve çevresel kalite üzerindeki etkisini 1990-2022 dönemini ele alarak incelemişlerdir. Güneş enerisi, rüzgar enerjisi ve biyokütle enerjinin çevresel kaliteyi arttırdığı ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağladığını tespit etmişlerdir.

4.1.3. Enerji Yoğunluğunun Çevre Üzerindeki Etkisini İnceleyen Çalışmalar

Shahbaz vd. (2015) 12 Sahra altı Afrika ülkesinde 1980-2012 yılları arasında enerji yoğunluğunun emisyonları arttıran bir faktör olduğunu bulmuşlardır.

Dogan ve Karay (2019) 1971-2015 yılları arasında Türkiye'de enerji yoğunluğunun CO_2 emisyonunu arttırdığını tespit etmişlerdir.

Rahman vd. (2022) en büyük 25 gelişmekte olan ekonomiyi baz alarak 1990-2018 dönemi için gerçekleştirdikleri analiz sonucunda enerji yoğunluğunun karbon yoğunluğunu desteklediği sonucunu raporlamışlardır.

Shokoohi vd. (2022) Ortadoğu'da kalabalık nüfusa sahip 3 ülke olan İran, Irak ve Türkiye'de, 1971-2015 yılları arasında enerji yoğunluğunun CO_2 emisyonunu arttırarak çevresel sürdürülebilirliğe olumsuz etkide bulunduğunu ileri sürmüşlerdir.

Islam ve Rahaman (2023) Körfez İş Birliği Konseyi ülkeleri için gerçekleştirdikleri çalışmalarında 1995-2019 yıllarında enerji yoğunluğunun CO_2 emisyonu artışına katkı sağladığı sonucuna varmışlardır.

Nwani vd. (2023) 45 gelişmekte olan ve geçiş ülkelerinde 1995-2017 dönemi içerisinde enerji yoğunluğunun üretim ve tüketim bazlı CO_2 emisyonu üzerindeki etkisini ayrı ayrı incelemişler ve pozitif yönlü bir ilişki tespit etmişlerdir.

Oluç (2023) enerji yoğunluğunun Türkiye'de karbon ayak izini 1965-2016 dönemi içerisinde azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Zhang vd. (2023) 1990-2020 yılları özelinde Fas'ta enerji yoğunluğunun CO_2 emisyonu artışını destekleyen bir faktör olduğu sonucuna varmışlardır.

Aydın (2024) 1990-2020 döneminde enerji yoğunluğu, yenilenebilir enerji geçişi ve küreselleşmenin E7 ülkelerinde çevre kalitesi üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Bulgular, enerji yoğunluğu ile yenilenebilir enerji geçişi arasındaki dengeyi vurgulayarak, olumsuz etkileri azaltmak ve sürdürülebilir kalkınma yollarını teşvik etmek için stratejik müdahalenin önemini vurgulamaktadır.

Dunyo vd. (2024) 2000-2020 periyodunda düşük ve yüksek gelirli olmak üzere toplam 58 ülke için gerçekleştirdikleri analiz sonucunda, hem düşük hem de yüksek gelirli ülke grubunda enerji yoğunluğunun emisyon artışını destekleyen bir faktör olduğu bulgusuna ulaşmışlardır.

Tao vd. (2024) 2006-2017 döneminde 30 Çin eyaleti için gerçekleştirdikleri çalışmada, enerji yoğunluğunun bölgesel CO_2 emisyonu yoğunluğunu arttığı sonucuna varmışlardır.

Li vd. (2024) 2002-2020 periyodunda 38 ülkede enerji yoğunluğunun emisyon seviyesinde artışa yol açtığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Somoye (2024) Türkiye'de 1970-2021 yıllarını kapsayan dönemde enerji yoğunluğunun CO_2 emisyonunda artışa yol açtığı bulgusuna ulaşmıştır.

4.2. ARAŞTIRMA BOŞLUĞU VE LİTERATÜRE KATKI

Türkiye'de modern yenilenebilir enerji ve enerji yoğunluğunun emisyonlar üzerindeki etkisi incelenerek literatürdeki boşluğun doldurulması amaçlanmaktadır. Enerji literatüründe yer alan çalışmalar daha çok yenilenebilir enerji kullanımının çevresel etkileri üzerine odaklanmıştır ve modern yenilenebilir enerji tüketiminin çevre üzerindeki etkisi çoğunlukla göz ardı edilmiştir. Özellikle, SKH 7 kapsamında yer alan faktörler olan modern yenilenebilir enerji kullanımı ve enerji yoğunluğunun Türkiye'de çevresel sürdürülebilirliğe etkisini analiz eden ilk çalışma olma niteliğini taşımaktadır. Çalışma, analiz sonucunda Türkiye'nin SKH 7'yi gerçekleştirmede hangi seviyede olduğuna dair detaylı bulguların sağlanmasına ve kapsamlı bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlamaktadır.

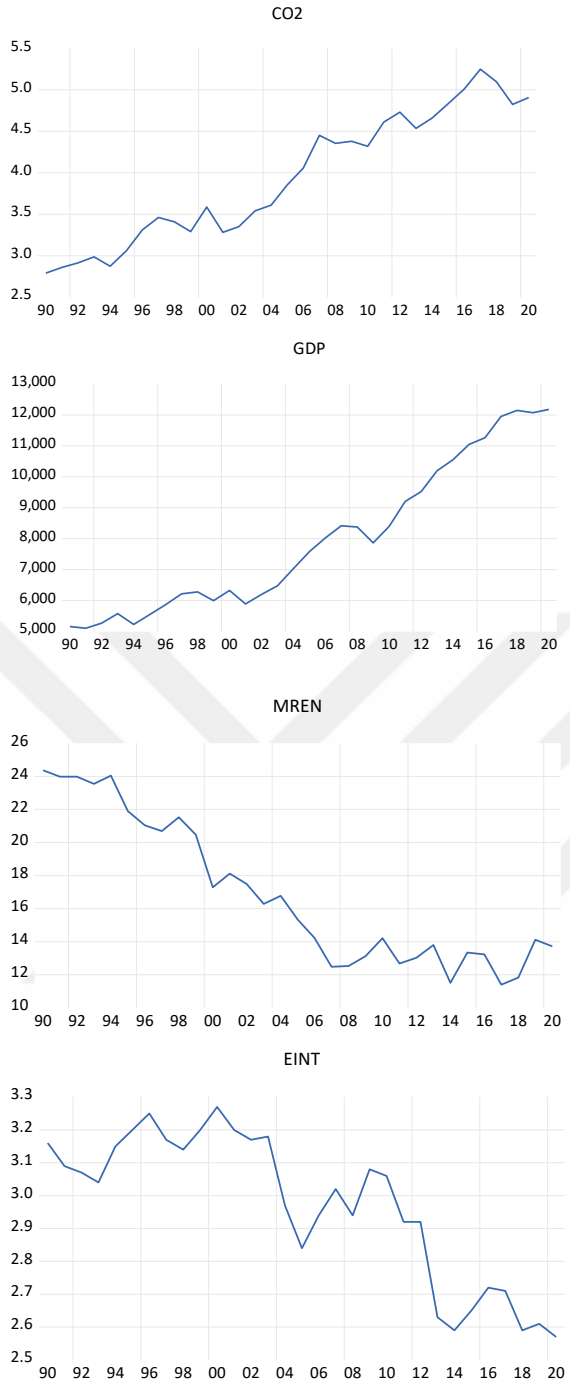
4.3. AMPİRİK ANALİZ

4.3.1. Veri seti ve Model

Çalışma SKH 7 içerisinde yer alan modern yenilenebilir enerji ve enerji yoğunluğunun Türkiye özelinde incelenmesini amaçlamaktadır. Modern yenilenebilir enerji; hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve jeotermal enerjiyi kapsarken, biyokütle ve atıkları kapsamamaktadır. Biyokütle ve atıklarla kıyaslandığında, modern yenilenebilir enerji kaynakları karbon içermeyen yapıları ve daha yüksek verimlilikleri açısından karakterize edilmektedir. Buradan hareketle, çalışmada modern yenilenebilir enerji ve enerji yoğunluğunun karbon emisyonu üzerindeki etkisi Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde 1990-2020 dönemini baz alınarak analiz edilmektedir. Karbon emisyonu (kişi başına metrik ton) ve gayrisafi yurt içi hasıla (kişi başına 2015$) Dünya Bankası veri tabanından, modern yenilenebilir enerji ve enerji yoğunluğu verileri ise Uluslararası Enerji Ajansından elde edilmiştir. İlgili veriler kullanılarak, çalışmanın ampirik modeli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur;

$$LnCO2_t = \varphi_0 + \varphi_1 LnGDP_t + \varphi_2 (LnGDP)_t^2 + \varphi_3 LnMREN_t + \varphi_4 LnEINT_t + \varepsilon_t \qquad (1)$$

Denklem 1'de CO2 karbon emisyonunu, GDP ve GDP^2, gayrisafi yurtiçi hasıla ve gayrisafi yurtiçi hasılanın karesini, MREN modern yenilenebilir enerjiyi ve EINT enerji yoğunluğunu ifade etmektedir. φ_0 sabit terim, ε_t ise hata terimidir. φ_1, φ_2, φ_3, ve φ_4 ise ilgili değişkenlere dair uzun dönem katsayıları belirtmektedir. Ln, değişkenlerin logaritmik dönüşümlerinin gerçekleştirildiğini göstermektedir. Serilerin düzey değerlerinin zaman içerisindeki seyirlerini görmek için grafikleri Şekil 7'de sunulmaktadır.



Şekil 7: *Serilerin Düzey Değerlerinin Grafikleri*

Şekil 7'de yer alan CO2 ve GDP değişkenleri pozitif trende sahiptir ve 1990 yılından 2020 yılına kadar artış eğilimi göstermektedir. CO2 değişkeni GDP değişkenine göre nispeten daha dalgalı bir artış sergilemektedir. Bu değişkenlerin aksine, MREN ve EINT değişkenleri ise negatif trende sahiptir ve 2020 yılına kadar dalgalı bir düşüş eğilimi göstermektedir.

Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler de elde edilmiş ve Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2'de yer alan istatistiki bulgulara göre, en yüksek ortalamaya sahip olan değişken GDP iken, EINT en düşük ortalama değerine sahiptir. Maksimum değeri en yüksek değişken GDP, en düşük değişken ise EINT'dir. Minimum değerlerine bakıldığında, GDP en yüksek minimum değere sahiptir ve EINT en düşük minimum değere sahiptir. Çarpıklık değerlerine göre, CO2 ve EINT değişkenleri negatiftir ve bu, değişkenlerin sola basık olduğunu göstermektedir. Aksine, GDP ve MREN ise pozitif basıklık değerine sahiptir ve bu değişkenler sağa basıktır. Basıklık açısından, bütün değişkenlerin değerleri 3'ün altındadır. Bu durum, değişkenlerin normal dağılıma göre daha basık olduğunu ifade etmektedir. Jarque-Bera (JB) test değerleri ve ilgili olasılık değerlerine göre, bütün değişkenlerin %1 anlamlılık düzeyinde normal bir dağılıma sahip olduklarını göstermektedir.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

	LnCO2	**LnGDP**	**LnMREN**	**LnEINT**
Ortalama	1.3522	8.9397	2.7917	1.0854
Ortanca	1.3494	8.9331	2.7304	1.1118
Maksimum	1.6580	9.4075	3.1933	1.1847
Minimum	1.0263	8.5372	2.4336	0.9439
Std. Sapma	0.2016	0.2958	0.2556	0.0784
Çarpıklık	-0.1077	0.2589	0.2966	-0.6203
Basıklık	1.6006	1.6769	1.6277	1.9636
Jarque-Bera	2.5892	2.6072	2.8870	3.3757
JB olasılık	0.2739	0.2715	0.2360	0.1849
Gözlem sayısı	31	31	31	31

4.3.2. Çalışmanın Yöntemi

4.3.2.1. Augmented Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi

ADF birim kök testi, Dickey ve Fuller (1981) tarafından ileri sürülen ve bir zaman serisinin durağan durumda olup olmadığının araştırılmasına dair geliştirilen temel zaman serisi analizlerinde yaygın olarak kullanılan bir testtir. Zaman serisi analizlerinde, makroekonomik ve finansal değişkenlerin durağanlığının test edilmesi en önemli koşullardan birisidir (Tarı, 2002, s.371-372). Durağanlık, bir serinin varyansının, ortalamasının ve otokorelasyon yapısının zamanla sabit kalmasına dayanmaktadır. Granger ve Newbold (1974) serilerin durağan olmaması, yani birim kök içermesi, analiz sonuçlarının güvenilir ve anlamlı değil yanıltıcı

olabileceğini ileri sürmektedirler. Bu test ile bağımlı değişkenin gecikmeli farklarının modele dahil edilmesiyle otokorelasyon etkin bir şekilde düzeltilebilir. ADF birim kök testi 2 numaralı denklem ile uygulanır:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + z_t + w\gamma_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \mu_i \Delta y_{t-i} + v_t \qquad (2)$$

Denklem 2'de yer alan α_0 sabit terimi, Δ fark terimini, w ise birim kök ile ilgili katsayıyı, Δy_{t-i} ise otokorelasyon sorununu ortadan kaldırmak için ilgili değişkenin fark gecikmeli değerini belirtmektedir. İlgili değişkenin birim kök içermesi H_0: w=0 hipotezi ile durağan olduğu ise H_1: w<0 alternatif hipotezi ile ifade edilmektedir.

4.3.2.2. ARDL Yaklaşımı

ARDL yaklaşımı Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilmiştir ve zaman serisi analizlerinde değişkenler arasında kısa ve uzun dönemli bir ilişkinin varlığını araştırmada etkili bir eşbütünleşme yöntemidir. Geleneksel eşbütünleşme testlerine kıyasla, ARDL yaklaşımı sınırlı ve küçük gözlem sayısına sahip olan örneklemlerde daha güvenilir ve anlamlı bulgular sağlamaktadır. Dahası, bu yöntem sayesinde değişkenler düzey değerinde, birinci farkında ya da düzeyde ve birinci farkında olarak eşbütünleşme analizine dahil edilebilmektedir. Ek olarak, ARDL yöntemi bazı açıklayıcı değişkenlerin içselliğinden bağımsız olarak, tarafsız tahmin sonuçları ve geçerli t-istatistikleri sağlar. Uygun gecikme uzunluğu seçimi sayesinde artık korelasyon ortadan kaldırılır ve içsellik sorunu hafifletilebilir (Harris ve Sollis, 2003; Erdogan vd., 2024).

Bu bağlamda, tezdeki ilgili değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığının test edilmesi için kullanılan kısıtsız hata düzeltme modeli aşağıda yer almaktadır.

$$\Delta CO2_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{a} \alpha_{1i} \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=0}^{b} \alpha_{2i} \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^{c} \alpha_{3i} \Delta GDP^2{}_{t-i} + \sum_{i=0}^{d} \alpha_{4i} \Delta MREN_{t-i} + \sum_{i=0}^{e} \alpha_{5i} \Delta EINT_{t-i} + \delta_1 CO2_{t-1} + \delta_2 GDP_{t-1} + \delta_3 GDP^2{}_{t-1} + \delta_4 MREN_{t-1} + \delta_5 EINT_{t-1} + u_t \quad (3)$$

Denklem 3'te yer alan α_0 sabit terimi ifade ederken; $\alpha_{1,2,3,4,5}$ kısa dönem ilişkiyi temsil eden hata düzeltme katsayılarını; $\delta_{1,2,3,4,5}$ ise uzun dönem ilişkiyi temsil eden uzun dönem katsayıları temsil etmektedir. Δ fark operatörünü ve u_t hata terimini göstermektedir. Analiz için uygun gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriteri (SIC) ile belirlenmiştir. ARDL sınır testi sonucunda değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığını ileri süren H_0 hipotezi ($H_0: \alpha_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = 0$), ilişki olduğunu ileri süren alternatif hipoteze ($H_{alternatif}: \alpha_0 \neq \delta_1 \neq \delta_2 \neq \delta_3 \neq \delta_4 \neq \delta_5 \neq 0$) karşı test edilmektedir. Söz konusu hipotezler, F test istatistiği aracılığı ile test edilmektedir. Elde edilen F istatistik değeri, kritik alt sınır olan I(0)'dan küçükse değişkenler arasında eşbütünleşme ilişki olmadığına, kritik üst sınır olan I(1)'den büyükse eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna varılmaktadır. Uzun dönem ilişkinin ardından değişkenler arasında kısa dönem ilişkinin varlığının tahmin edilmesi için hata düzeltme modeli (ECM) kurulmaktadır.

$$\Delta CO2_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{k} \gamma_1 \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=0}^{l} \gamma_2 \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^{m} \gamma_3 \Delta GDP^2{}_{t-i} + \sum_{i=0}^{n} \gamma_4 \Delta MREN_{t-i} + \sum_{i=0}^{p} \gamma_5 \Delta EINT_{t-i} + \emptyset ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Denklem 4'te $\gamma_{1,2,3,4,5}$ kısa dönem ile ilgili katsayıları, $\emptyset$ ise kısa dönemde meydana gelebilecek bir sapmanın uzun dönemde ne kadar sürede düzeleceğini ifade eden hata düzeltme katsayısını göstermektedir.

4.4. AMPİRİK SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmanın ilk aşamasında değişkenlerin durağanlık durumları birim kök analizi ile araştırılmıştır ve ilgili sonuçlar Tablo 3'te sunulmaktadır. Sabitli modele göre, düzey değerinde değişkenlerin durağan olmadığı, ancak birinci farklarının alınması ile tüm değişkenlerin durağan hale geldiği tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, CO2, GDP, MREN ve EINT değişkenlerinin entegre derecelerinin I(1) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3: ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	**ADF Birim Kök Testi**			
	Düzey		**Birinci fark**	
	T istatistiği	**Olasılık değeri**	**T istatistiği**	**Olasılık değeri**
LnCO2	-1.1359	0.688	-5.7330***	0.000
LnGDP	0.0727	0.958	-5.4036***	0.000
LnMREN	-1.4930	0.523	-5.8816***	0.000
LnEINT	-0.5630	0.864	-5.0565***	0.000

Not: ***, %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Birim kök testi ile değişkenlerin durağanlık durumlarının belirlenmesinin ve tüm değişkenlerin I(1) olduğunun belirlenmesinin ardından, uzun dönemli ilişkinin varlığının araştırılması için ARDL sınır testi kullanılmış ve gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi Kriteri (SCI) vasıtasıyla 2 olarak belirlenmiştir. CO_2, GDP, MREN ve EINT arasındaki eş bütünleşme bağlantısı Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen F-testi kullanılarak araştırılmıştır ve ilgili sonuçlar Tablo 4'te yer almaktadır. Tablo 4'te yer alan bulgulara göre, F istatistiği 33.484 olarak belirlenmiş ve bu istatistiki değer %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde üst sınır kritik değerlerinden yüksektir. Dolayısıyla, değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin saptandığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo 4: ARDL Sınır Testi Bulguları

Ampirik Model	k	F istatistiği	Anlamlılık düzeyi	Sınır testi kritik değerler	
				Alt sınır I(0)	Üst sınır I(1)
LnCO2=f(LnGDP, LnGDP^2, LnMREN, LnEINT)	4	33.484**	10%	2.525	3.56
			5%	3.058	4.223
			1%	4.28	5.84

Not: **, %5 düzeyinde anlamlılık ifade etmektedir.

Tüm değişkenler arasında eş bütünleşme bağlantısının tespitinin ardından, CO2, GDP, MREN ve EINT arasındaki kısa dönem ve uzun dönemli ilişkiyi ortaya çıkaran hata düzeltme ve uzun dönem katsayıları tahmin edilmiş olup ilgili sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Tablo 5'te yer alan A panelinde kısa dönem dinamikleri hata düzeltme katsayısı ile yer almaktadır. Hata düzeltme katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu katsayıya göre, kısa dönemde meydana gelebilecek dengeden sapmaların bir dönem sonra yaklaşık %67.7 azaldığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 5: ARDL (1, 0, 0, 0, 0) Model Sonuçları

A. Hata Düzeltme Modeli				
Değişkenler	**Katsayı**	**St. Hata**	**T-istatistiği**	**Olasılık değeri**
D(LnGDP)	2.936	2.305	1.273	0.2149
$D(LnGDP^2)$	-0.126	0.130	-0.973	0.3401
D(LnMREN)	-0.168***	0.040	-4.164	0.0003
D(LnEINT)	0.629***	0.105	5.973	0.0000
ECM(-1)	-0.677***	0.193	-3.505	0.0018
B. Uzun Dönem Katsayı Tahminleri				
LnGDP	3.336**	1.4987	2.2260	0.0357
$LnGDP^2$	-0.147*	0.0824	-1.7852	0.0869
LnMREN	-0.150***	0.0477	-3.1520	0.0043
LnEINT	0.626***	0.1205	5.1955	0.0000
C	-16.951***	6.8753	-2.4655	0.0212

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

Tablo 5'in B panelinde ise, değişkenlere ait uzun dönem katsayı tahminleri yer almaktadır. Buradaki sonuçlara göre, GDP ve GDP^2 istatistiksel olarak anlamlıdır ve katsayı işaretleri sırasıyla pozitif ve negatiftir. Bu sonuç, Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye'de gelir seviyesi arttıkça çevresel bozulmanın da artacağı, ancak belirli bir kritik dönüm noktasından sonra gelir seviyesi artmaya devam ettikçe çevresel bozulmanın yavaş yavaş azalmaya başlayacağı ortaya çıkmaktadır. Ek olarak, ÇKE dönüm noktası değeri 84606,15$ olarak hesaplanmıştır ve bu değer ilgili dönem aralığında yer almamaktadır. Diğer bir deyişle, Türkiye henüz emisyon salımını azaltabilecek KBG düzeyine ulaşamamıştır ve bundan dolayı ülkede gelir seviyesi arttıkça, CO_2 emisyon seviyesi artmaya devam edecek ve çevresel kirlilik artacaktır.

Diğer yandan, modern yenilenebilir enerji katsayısı, istatistiksel olarak anlamlı ve negatiftir. Modern yenilenebilir enerji harcamalarında meydana gelen %1'lik artış, Türkiye'deki karbon emisyonlarını %0.15 azaltmaktadır. Bu sonuç, modern yenilenebilir enerjilerin, daha çok düşük karbon nitelikli ve fosil yakıtlara göre çevre dostu oldukları göz önünde bulundurulduğunda, bu kaynakların kullanımlarındaki artışın Türkiye'de çevresel sürdürülebilirliğe önemli oranda katkı sağladığı görülmektedir. Bu sonuca göre, Türkiye enerji karışımındaki yenilenebilir enerjinin payını arttırmak için yatırımlarını arttırmalı ve bu doğrultuda yenilenebilir kaynakların kullanımının yaygınlaştırılması hem çevresel kirliliğin azaltılmasına hem de SKH 7 ve 13'ün başarılmasında önemli bir yol izlemiş olacaktır.

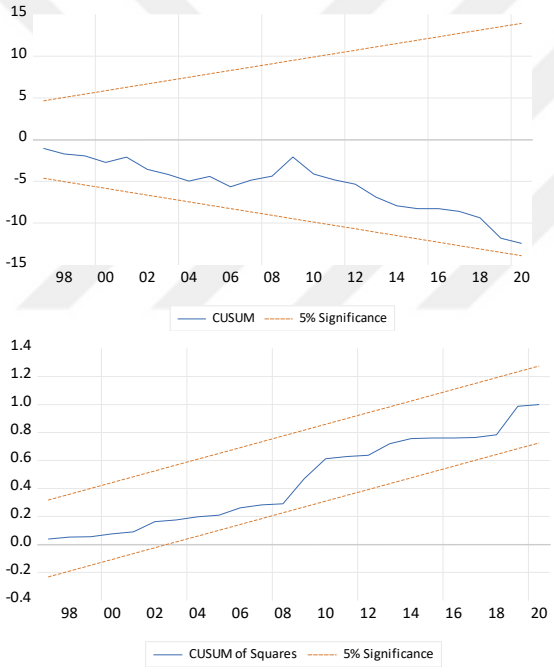
Son olarak, enerji yoğunluğu katsayısı istatistiksel olarak anlamlı ve pozitiftir. Enerji yoğunluğundaki %1'lik bir artış, Türkiye'de karbon emisyonlarını %0.62 oranında arttırmaktadır. Bu, Türkiye'nin enerji yapısı göz önüne alındığında beklenen bir sonuçtur. Türkiye'nin enerji karışımında fosil yakıtlar baskın bir konumda yer almaktadır ve yenilenebilir enerjinin payı çok düşüktür. Dolayısıyla, Türkiye'de enerji yoğunluğu arttıkça, fosil yakıtların kullanımı da artacak ve çevresel kirliliğin git gide artmasına yol açacaktır. Türkiye'deki enerji altyapısının yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına doğru geçişi gerçekleştikçe, bu dönüşüm zaman içerisinde enerji yoğunluğunun çevre kirliliğini arttırıcı etkisinin azalmasına katkı sağlayabilir. Enerji altyapısının dönüşümü ise, Türkiye'de hükümet tarafından enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin ve enerji depolama sistemlerinin teşvik edilmesi ve bunların mevcut enerji sistemi içerisine dahil edilmesinin sağlanması ile gerçekleşebilir. Bu sayede enerji yönetimi güçlendirilerek sektörler açısından enerji verimliliği arttırılabilir.

Çalışma modelinden elde edilen sonuçların güvenilirliği ve sağlamlığını kontrol etmek için değişen varyans, otokorelasyon ve JB normallik testleri kullanılmış ve sonuçlar Tablo 6'da yer almaktadır. Breusch-Godfrey ve LM test sonuçlarına göre modelde değişen varyans ve otokorelasyon sorunu yer almamaktadır. JB normallik testi sonucuna göre ise, modelden elde edilen hataların normal dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6: Tanı Testleri

	ARDL	
	test istatistiği	p değeri
Değişen Varyans (Breusch-Godfrey)	0.518	0.759
Otokorelasyon (LM)	2.457	0.108
JB Normallik	0.865	0.648

Son olarak, modelin sabitliği, kümülatif (CUSUM) ve kümülatif toplam kare (CUSUMSQ) ile test edilmiştir. Şekil 15'de CUSUM ve CUSUMSQ grafiklerinde yer alan çizgiler %5 kritik sınırların içerisinde hareket etmektedir ve bu sonuç, parametrelerin örneklem süresi içerisinde, diğer bir deyişle 1990-2020 döneminde, sabit olduğunu göstermektedir.



Şekil 8: CUSUM ve CUSUMSQ Grafikleri

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ

Dünya nüfusu son dönemde hızlı bir biçimde yükselmekte ve ortaya çıkan bu durum neticesinde sanayileşmenin yanı sıra şehirleşme ve teknoloji de yaygın duruma gelmiştir. Yaşanan duruma paralel biçimde enerji harcaması hızlı bir biçimde artmakta, aynı doğrultu da enerji güvenliğinin önceliği de sürekli biçimde ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda ortaya çıkan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için uzun vadeli olduğu kadar sürdürülebilir enerji politikalarının oluşturulması gerekmektedir. Enerjinin tüketimi, sürdürülebilir iktisadi kalkınma üzerinde etkili olmasının yanı sıra günlük yaşamımızda da farklı alanlarda (termik, ısınma, konut, aydınlatma) kullanılmasıyla beraber etkisini meydana getirmektedir.

Çalışma Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi-7 içerisinde bulunan faktörlerin Türkiye özelinde incelenmesini amaçlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmada modern yenilenebilir enerji ve enerji yoğunluğunun karbon emisyonu üzerinde ortaya çıkan etkisi Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde 1990-2020 dönemini baz alınarak analiz edilmektedir. Çalışmanın ilk aşamasında değişkenlerin durağanlık durumları birim kök analizi ile araştırılmıştır. Sabitli modele göre, düzey değerinde değişkenlerin durağan olmadığı, fakat birinci farklarının alınmasıyla bütün değişkenlerin durağan hale geldiği tespit edilmiştir. CO2, GDP, MREN ve EINT değişkenlerinin entegre derecelerinin I(1) olduğu belirlenmiştir.

Birim kök testi ile değişkenlerin durağanlık durumlarının belirlenmesinin ve bütün değişkenlerin I(1) olduğunun belirlenmesinin ardından, uzun dönemli ilişkinin varlığının araştırılması için ARDL sınır testi kullanılmış ve gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi Kriteri (SCI) vasıtasıyla 2 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin saptandığı sonucuna varılmaktadır.

Modern yenilenebilir enerji katsayısı, istatistiksel olarak anlamlı ve negatiftir. Mevcut sonuç, modern yenilenebilir enerjilerin, daha çok düşük karbon nitelikli ve fosil yakıtlara göre çevre dostu oldukları göz önünde bulundurulduğunda, mevcut kaynakların kullanımlarındaki yükselişin Türkiye'de çevresel sürdürülebilirliğe önemli oranda katkı sağladığı görülmektedir. Türkiye

enerji karışımında bulunan yenilenebilir enerjinin payını yükseltmek amacıyla yatırımlarını arttırmasının yanı sıra mevcut doğrultuda yenilenebilir kaynakların kullanımının yaygınlaştırılmasıyla hem çevresel kirliliğin azaltılmasına hem de SKH 7 ve 13'ün başarılmasında önemli bir yol izlemiş olacaktır.

Son olarak, enerji yoğunluğu katsayısı istatistiksel olarak anlamlı ve pozitiftir. Bu durum, Türkiye'nin enerji yapısı göz önüne alındığında beklenen bir sonuçtur. Türkiye'nin enerji karışımında fosil yakıtlar baskın bir konumda bulunmaktadır ve yenilenebilir enerjinin payı azdır. Bu nedenle, Türkiye'de enerji yoğunluğu yükseldikçe, fosil yakıtların kullanımı da yükselecek ve çevresel kirliliğin artmasına neden olacaktır. Türkiye'deki enerji altyapısının yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına doğru geçişi gerçekleştikçe, mevcut dönüşüm zaman içinde enerji yoğunluğunun çevre kirliliğini yükseltici etkisinin düşmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

Acaravcı, A. ve Erdoğan, S. (2017). Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler için Ampirik Bir Analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi,* 13(19).

Acaroğlu, H., Kartal, H. M., & García Márquez, F. P. (2023). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis in terms of ecological footprint and CO2 emissions through energy diversification for Türkiye. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(22), 63289-63304.

Akiş, E. (2017). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma (İktisat Lisans programı Yayınlanmamış Ders Notları).* İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.

Aksu, C. (2011). Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre.

Ali, A., & Xiangyu, G. (2025). Renewable energy generation, agricultural value added and globalization in relation to environmental degradation in the five most populous countries in Asia. *Energy & Environment*, 36(3), 1484-1508.

Arjun, & Mishra, B. R. (2025). Asymmetric role of environmental policy stringency, fiscal, and monetary policy on environmental sustainability: Evidence from BRICS-T countries. *Natural Resources Forum*, 49(2), 1187-1218.

Atay Polat, M. ve Çuhadar, P. (2021). Demokrasi ve Yenilenebilir Enerjinin Çevre Kirliliği Üzerine Etkisi: Görünürde İlişkisiz Regresyon Analizi. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi.* 18(41).

Atıcı, C. ve Kurt, F. (2007). Türkiye'nin Dış Ticareti Ve Çevre Kirliliği: Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı. *Tarım Ekonomi Dergisi*, 13(2).

Aydın, M. (2024). Enerji İkilemi: E7 Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Geçişi, Enerji Verimliliği ve Küreselleşmenin Çevre Kalitesi Üzerindeki Etkisi. *İzmir Journal of Economics,* 39 (4).

Aydın, M., (2016). Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi, *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 14(28).

Başar, S. (2007). *İktisadi Büyümenin Çevresel Etkileri (Birinci Baskı)*. Ankara: İmaj Yayınevi.

Batmaz, T., Bayraç, H. N., & Güllü, M. (2019). TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ BÜYÜME VE KARBON EMİSYONU İLİŞKİSİ. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 645-658.

BP (2020). Statistical Review of World Energy, Erişim: http://www.bp.com, Erişim Tarihi: 31 Ekim 2024.

Bulut, R. (2018). Dünyada Enerji Kaynakları ve Söz Sahibi Ülkeler, *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Kültür ve Ekonomi Dergisi*, 6(67).

Çağlar, A. E., & Mert, M. (2017). Türkiye'de çevresel Kuznets Hipotezi ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salımı üzerine etkisi: Yapısal kırılmalı eşbütünleşme yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 24(1), 21-38.

Çevreciyiz (2017). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri: Erişilebilir ve Temiz Enerji. http://www.cevreciyiz.com/makale-detay/1263/surdurulebilir-kalkinma-hedefleri-erisilebilir-ve-temiz-enerji

Çoban, O., & Kılınç, N. Ş. (2016). Enerji kullaniminin çevresel etkilerinin incelenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (33), 589-606.

Dallı, T., & Kütükçü, E. (2023). Türkiye'de Tarım, Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Tüketimi, Doğrudan Yabancı Sermaye Girişi ve CO2 Emisyonu İlişkisi: ARDL Analizi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 2154-2170.

Daştan, M., & Eygü, H. (2024). An empirical investigation of the link between economic growth, unemployment, and ecological footprint in Türkiye: Bridging the EKC and EPC hypotheses. *Environment, Development and Sustainability*, 26(7), 18957-18988.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.

Dogan, E., & Inglesi-Lotz, R. (2020). The impact of economic structure to the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis: evidence from European

countries. Environmental science and pollution research, 27(11), 12717-12724.

Dogan, N., & Karay, M. (2019). The impact of renewable energy consumption and energy intensity on CO2 emissions from fuel combustions for the case of Türkiye: a cointegration analyses. *BİLTÜRK Ekonomi ve İlişkili Çalışmalar Dergisi*, 1(2), 169-187.

Duman Altan, A. ve Sağbaş, A. (2020). Türkiye'nin Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği Performansı: Mevcut Durum ve Gelecek Projeksiyonu. *Verimlilik Dergisi*, Sayı:1, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayını.

Dunyo, S. K., Odei, S. A., & Chaiwet, W. (2024). Relationship between CO2 emissions, technological innovation, and energy intensity: Moderating effects of economic and political uncertainty. Journal of Cleaner Production, 440, 140904.

Efeoğlu, R. (2022). Çevresel Kuznets eğrisi çerçevesinde sanayileşme, yenilenebilir enerji, enerji tüketimi ve finansal gelişmenin CO2 salınımı üzerindeki etkisi. *Alanya Akademik Bakış*, 6(2), 2103-2115.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2025). Elektrik. https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik#:~:text=2025%20y%C4%B1l%C4%B1%20May%C4%B1s%20ay%C4%B1%20sonu%20itibar%C4%B1yla%20kurulu%20g%C3%BCc%C3%BCm%C3%BCz%C3%BCn%20kaynaklara%20g%C3%B6re,si%20ise%20di%C4%9Fer%20kaynaklar%20%C5%9Feklindedir.

Erdogan, S. (2024). On the impact of natural resources on environmental sustainability in African countries: A comparative approach based on the EKC and LCC hypotheses. *Resources Policy*, 88, 104492.

Erdogan, S., Okumus, I., & Guzel, A. E. (2020). Revisiting the Environmental Kuznets Curve hypothesis in OECD countries: the role of renewable, non-renewable energy, and oil prices. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(19), 23655-23663.

Erdogan, S., Pata, U. K., Okumus, I., & Solarin, S. A. (2024). Uncovering the linkage among tourism diversification, economic development, energy

consumption, population density, technology, and carbon emissions: empirical evidence from New Zealand. Air Quality, Atmosphere & Health, 17(11), 2601-2613.

Ertürk, M. (2020). Türkiye'nin Enerji Stratejisi, *Turan-Sam Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 12(46).

Eryer, A. (2024). Çevre Teknolojileri ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Karbondioksit Emisyonu İle İlişkisi: Türkiye Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 1-17.

Esen, Ş. ve Y. Akça. (2019). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Bakımından Değerlendirilmesi, *6. Uluslararası Muhasebe ve Finans Araştırmaları Kongresi*, Niğde.

Forbes, K. F., & Zampelli, E. M. (2019). Wind energy, the price of carbon allowances, and CO2 emissions: Evidence from Ireland. *Energy Policy*, 133, 110871.

Granger, C. W. J. & Newbold, P. (1974). "Spurious Regressions in Econometrics" Journal of Econometrics, 2, 111–120.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. Working paper No: 3914.

Güney, T., & İnce, D. (2024). Solar energy and CO2 emissions: CCEMG estimations for 26 countries. Journal of the Knowledge Economy, 15(1), 2383-2400.

Güney, T., & Üstündağ, E. (2022). Wind energy and CO2 emissions: AMG estimations for selected countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(15), 21303-21313.

Han, E. ve Kaya, A. A. (2021). *Kalkınma Ekonomisi Teori ve Politika (10. Basım).* Nobel Akademik Yayıncılık.

Harris, R., & Sollis, R. (2003). Applied time series modelling and forecasting. Wiley.

Hill, M. K. (2010). *Understanding Environmental Pollution*. New York, USA: Cambridge University Press.

https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/birincil-enerji-uretimi-i-85806

https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz

https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik#:~:text=2025%20y%C4%B1l%C4%B1%20Ocak%20ay%C4%B1%20sonu%20itibar%C4%B1yla%20kurulu%20g%C3%BCc%C3%BCm%C3%BCz%C3%BCn%20kaynaklara%20g%C3%B6re,%C3%BC%20ise%20di%C4%9Fer%20kaynaklar%20%C5%9Feklindedir.

https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol

https://kadinininsanhaklari.org/savunuculuk/uluslararasi-sozlesmeler-ve-mekanizmalar/surdurulebilir-kalkinma-hedefleri/

https://www.borsaistanbul.com/tr/

https://www.worldbank.org/tr/country/turkey

IEA. (2012). Energy technology perspectives 2012—how to secure a clean energy future.

IEA. (2022). Global hydrogen review. International Energy Agency.

IRENA. (2023). Green hydrogen: A guide to policy making. International Renewable Energy Agency.

International Trade Administration (2024). Electric Power – Renewables, Smart Grid, Energy Storage, Civil Nuclear. https://www.trade.gov/country-commercial-guides/turkey-electric-power-renewables-smart-grid-energy-storage-civil-nuclear

Islam, M. S., & Rahaman, S. H. (2023). The asymmetric effect of ICT on CO2 emissions in the context of an EKC framework in GCC countries: the role of energy consumption, energy intensity, trade, and financial development. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(31), 77729-77741.

İklim Değişikliği Başkanlığı (2024). İklim değişikliği azaltım stratejisi ve eylem planı (2024-2030). https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9

Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20Azalt%C4%B1m%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1%20(2024-2030).pdf

İnan, İ., İ. Akbulut, ve E. Aslan. (2018). Enerji Sorunun Çözümünde Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi, *Türk Dünyası Araştırmaları*, 120(237).

Kamacı, A. (2024). Küreselleşme, hidroelektrik enerji, ekonomik büyüme, CO2 emisyonları ve Ekolojik Ayak İzi ilişkisinin ABD için analizi: Kesirli Fourier ADL eşbütünleşme yöntemi. Sosyoekonomi, 32(59), 249-267.

Kavcıoğlu, Ş. (2019). Yenilenebilir Enerji ve Türkiye, *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 11(21).

Khasanova, S., Alieva, E., & Shemilkhanova, A. (2023). Environmental pollution: types, causes and consequences. In BIO Web of Conferences (Vol. 63, p. 07014). EDP Sciences.

Kılıç, S. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışının Ekonomik Boyutuna Ekolojik Bir Yaklaşım. İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, (47), 201-226.

Koç, E. ve M. C. Şenel. (2013). Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Durumu Genel Bir Değerlendirme, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 54(639), 32-44.

Korkmaz, A. A. ve M.B. Deniz. (2019). Sürdürülebilir Temiz Enerji Biyokütle: Enerji Üretimindeki Payı ve Ekonomiye Katkıları, II. Uluslararası Battalgazi Multidisipliner Çalışmalar Kongresi Tam Metin Kitabı.

Kuşkaya, S. ve F. Bilgili. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynağı Kullanımının Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisinin Araştırılması: Sürekli Dalgacık Uyumu Modeli Yaklaşımı. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(4).

Kuşkaya, S., & Bilgili, F. (2020). Hidroelektrik Enerji Tüketiminin Çevre Üzerine Etkisinin Sürekli Dalgacık Uyumu Modeli ile Araştırılması: ABD Örneği. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (55), 263-284.

Li, R., Wang, Q., & Guo, J. (2024). Revisiting the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis of carbon emissions: exploring the impact of geopolitical

risks, natural resource rents, corrupt governance, and energy intensity. Journal of Environmental Management, 351, 119663.

Massagony, A., & Budiono. (2023). Is the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis valid on CO2 emissions in Indonesia?. International Journal of Environmental Studies, 80(1), 20-31.

Mor, S. (2019). *Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Enerji Tüketimi ve İktisadi Büyüme: BRICS Ülkeleri ve Türkiye (BRICS-T) Üzerine Bir İnceleme: 1994-2018*. (Yüksek Lisans Tezi). T.C. Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars.

Namahoro, J. P., Wu, Q., & Su, H. (2023). Wind energy, industrial-economic development and CO2 emissions nexus: Do droughts matter?. Energy, 278, 127869.

Nwani, C., Bekun, F. V., Gyamfi, B. A., Effiong, E. L., & Alola, A. A. (2023). Toward sustainable use of natural resources: Nexus between resource rents, affluence, energy intensity and carbon emissions in developing and transition economies. Natural resources forum, 47(2), 155-176.

Okumuş, İ. (2020). Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimi, tarım ve CO2 emisyonu ilişkisi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(1), 21-34.

Oluç, İ. (2023). Enerji Yoğunluğu ve Ekonomik Kompleksitenin Karbon Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Yeniden Gözden Geçirilmesi. In: Durgun, B. (ed.), Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi. *Özgür Yayınları*.

Oran, İ. B., (2020). Türkiye'nin Enerji Stratejisi ve Geleceğe Yönelik Hedefler, *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 12(45).

Özbek, S. ve Oğul, B. (2022). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*,14 (26).

Özcan, S. (2020). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerjinin Çevre Kirliliği Üzerindeki Rolü: Çevresel Kuznets Eğrisi Bağlamında Ampirik Bir Analiz*. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Özpolat, A., & Özsoy, F. N. (2021). Yenilenebilir enerji kaynakları çevresel bozulmayı azaltıyor mu? Türkiye örneği. Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD), 13(24), 49-60.

Panayotou, Theodore (1993). "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development", *International Labour Office* (ILO) Wp 238.

Pata, S. K., & Pata, U. K. (2025). Comparative analysis of the impacts of solar, wind, biofuels and hydropower on load capacity factor and sustainable development index. Energy, 319, 134991.

Pata, U. K. (2018). The influence of coal and noncarbohydrate energy consumption on CO2 emissions: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for Türkiye. *Energy*, 160, 1115-1123.

Pesaran, M. H., Shin, Y. & Smith, R. J. (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships" Journal of Applied Econometrics, 16(3), 289-326.

Pirinç, S. (2019). *Çevresel Kuznets Eğrisi Bağlamında Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketiminin CO_2 Salınımı Üzerindeki Etkisi.* (Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ Namık kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekirdağ.

Portney, K. E. (2020). *Sürdürülebilirlik.* Pan Yayıncılık.

Rahman, M. M., Sultana, N., & Velayutham, E. (2022). Renewable energy, energy intensity and carbon reduction: Experience of large emerging economies. Renewable Energy, 184, 252-265.

Rai, P., Gupta, P., Saini, N., & Tiwari, A. K. (2025). Assessing the impact of renewable energy and non-renewable energy use on carbon emissions: Evidence from select developing and developed countries. Environment, Development and Sustainability, 27(2), 3059-3080.

Saatçi, M. ve Dumrul, Y. (2012). Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi İçin Yapısal Kırılmalı Eş-Bütünleşme Yöntemiyle Tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 37.

Saraç, Ş ve Yağlıkara, A. (2017). Environmental Kuznets Curve: The Evidence from BSEC Countries. *Ege Akademik Bakış Dergisi,* 17(2).

Sarıkaya, M. ve Kara F. Z. (2007). Sürdürülebilir Kalkınmada İşletmenin Rolü: Kurumsal Vatandaşlık. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 14(2).

Secretariat of The Economic Commission For Europe Geneva (2003).

Sel, A. ve Tekgün, B. (2022). Anfis Yöntemi İle Türkiye Karbondioksit Salınımı Tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi,* Cilt: 13, Sayı: 34, 486-504.

Shahbaz, M., Solarin, S. A., Sbia, R., & Bibi, S. (2015). Does energy intensity contribute to CO2 emissions? A trivariate analysis in selected African countries. Ecological indicators, 50, 215-224.

Shokoohi, Z., Dehbidi, N. K., & Tarazkar, M. H. (2022). Energy intensity, economic growth and environmental quality in populous Middle East countries. Energy, 239, 122164.

Somoye, O. A. (2024). Assessing the link between energy intensity, renewable energy, economic growth, and carbon dioxide emissions: Evidence from Türkiye. Environmental Quality Management, 34(1), e22220.

Spangenberg, J. H. (2005). Economic Sustainability of The Economy: Concepts and Indicators. *International Journal of Sustainable Development*, 8(1-2).

Şahinöz, A. (2019). SÜRDÜRÜLEMEYEN "SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA". *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 77-101.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020.

Tao, M., Wen, L., Sheng, M. S., Yan, Z. J., & Poletti, S. (2024). Dynamics between energy intensity and carbon emissions: What does the clustering effect of labor and capital play?. Journal of Cleaner Production, 452, 142223.

Tarı, R. (2002). "Ekonometri" Alfa Yayınları, İkinci Basım: İstanbul.

Tekbaş, M., & Tutumlu, H. (2023). Ekonomik Büyüme, Ekonomik Karmaşıklık, Yenilenebilir Enerji Tüketimi Ve Co2 Emisyonu İlişkisi: Türkiye Örneği. Siyaset, *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 11(2), 124-141.

Terzioğlu, H., Arslan, M., & Demirok, H. D. (2019). Rüzgar enerjisi ile elektrik üretimi. Mühendislik Alanında Araştırma Makaleleri, 221.

Tıraş, H. H. (2012). Sürdürülebİlİr kalkınma ve çevre: Teorİk bİr İnceleme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 57-73.

TSKB (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası), (2021). Enerji Görünümü 2021, https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2021.pdf.

Tutulmaz, Onur (2012), "Çevresel Kuznets Eğrisi: Karbondioksit Emisyonu Üzerine Türkiye, Bölge ve Dünya Ülkeleri Üzerinden Analitik Bir Değerlendirme. *Avrasya Etüdleri,* 42(2).

TÜİK (2020). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2018, Türkiye İstatistik Kurumu, http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33624.

UNFCCC (2015). Turkey's Intended Nationally Determined Contribution (INDC), United Nations Framework Convention on Climate Change, https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Turkey/1/The_INDC_of_TURKEY_v.15.19.30.pdf.

Usta, C. (2016). Türkiye'de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Bölgesel Analizi, *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 2/2: 182.

Uysal, D. ve H. Yapraklı. (2016). Kişi Başına Düşen Gelir, Enerji tüketimi ve Karbondioksit (CO2) Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalar Altında Analizi: Türkiye Örneği. *Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi,* Sayı 31.

Ünüvar, İ. ve S. Keskinkılıç. (2020). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi G20 Ülkeleri Örneği (2000-2016), *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 16/2: 252.

Volk, T. (2008). *CO_2 Rising: The World's Greatest Environmental Challenge*. Cambridge: The MIT Press.

Wang, Q., Li, C., & Li, R. (2025). How does renewable energy consumption and trade openness affect economic growth and carbon emissions? International evidence of 122 countries. Energy & Environment, 36(1), 187-211.

Yandle, Bruce, Mijayaraghavan Vijayaraghavan and Madhusudan Bhattarai (20029. Environmental Kuznets Curve: A Primer. *Research Study*, No. 1, Montana, USA: Political Economy Research Center (PERC), http://www.macalester.edu/~wests/econ231/yandleetal.pdf.

Yılmaz, E. A. ve H.C. Öziç. (2018). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Gelecek Hedefleri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3/8: 531.

Yurtkuran, S. (2021). Çevresel Kuznets Eğirisi Hipotezinin Geçerliliği ve Yeşil Lojistik: Türkiye Örneği. *Balıkesir University The Journal of Social Sciences Institute*, 24(45).

Zhang, X., Shi, X., Khan, Y., Khan, M., Naz, S., Hassan, T., ... & Rahman, T. (2023). The impact of energy intensity, energy productivity and natural resource rents on carbon emissions in Morocco. Sustainability, 15(8), 6720.

Zhu, L., Fang, W., Rahman, S. U., & Khan, A. I. (2023). How solar-based renewable energy contributes to CO2 emissions abatement? Sustainable environment policy implications for solar industry. Energy & Environment, 34(2), 359-378.