



T.C.
NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DURUMU,
EKONOMİYE VE ÇEVREYE ETKİLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Buhari DEMİRBAŞ

Niğde
Ocak, 2022

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DURUMU,
EKONOMİYE VE ÇEVREYE ETKİLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Buhari DEMİRBAŞ

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ayşe TOPAL
Üye : Prof. Dr. Okyay UÇAN
Üye : Doç. Dr. Alptekin ULUTAŞ

Niğde
Ocak, 2022

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Durumu, Ekonomiye ve Çevreye Etkilerinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde tez yazım kılavuzuna uygun olarak tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullandıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 13.01.2022

Buhari DEMİRBAŞ



ÖN SÖZ

Yüksek lisans dönemimden tez yazım aşamasının tamamlanmasına kadar her konuda destek olan, tecrübe ve bilgilerini esirgemeyen, çalışmanın her aşamasında gösterdiği yoğun ilgi ve sabır ile bana yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşe TOPAL'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Aynı zamanda beni yüksek lisans eğitimine teşvik eden, akademik anlamda bütün bilgi ve birikimini bana aktararak önderlik yapan Sayın Doç. Dr. Murat TOKSARI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmanın analiz aşamasında göstermiş olduğu yardım ve desteklerinden dolayı değerli kız arkadaşıma ve eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, maddi ve manevi her konuda bana destek olan değerli aileme gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Buhari DEMİRBAŞ

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DURUMU, EKONOMİYE VE ÇEVREYE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

DEMİRBAŞ, Buhari
İşletme Anabilim Dalı
Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ayşe TOPAL
Ocak 2022, 81 sayfa

Günümüzde artan nüfus, küreselleşme ve sanayileşmenin bir sonucu olarak enerji ihtiyaçları gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla fosil yakıtlardan enerji üretimi doğal çevrede büyük tahribata ve zarara neden olmaktadır. Bu sebeple, yenilenebilir enerji kaynakları büyük önem taşımaktadır ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar artmaktadır. Aynı zamanda enerji, sosyal refahın ve ekonomik gelişmişlik düzeyinin önemli göstergelerinden birisidir. Ülkelerin ekonomide rekabet avantajı için temiz, kolay ve ucuz elde edilebilen enerji kaynaklarından yararlanmaları kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenle enerji, ekonomik büyümenin hız kazanması ile birlikte tüketimde de artışa neden olmuştur.

Bu çalışmada amaç, Türkiye’de kullanılan yenilenebilir enerjinin ekonomiye ve çevreye olan etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, 1990-2019 yılları arasında Türkiye’de tüketilen enerji miktarlarının hem ekonomiye hem de çevre kirliliği olarak ele alınan sera gazı emisyonuna etkisi Zaman Serisi Modeli ile analiz edilmiştir. Çalışmada enerji tüketiminin etkisini ölçmek için değişkenler arasında Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri ile durağan seriler elde edilmiştir. Daha sonra Granger Nedensellik analizi için uygulanan Johansen Eş Bütünleşme testi uygulanarak uzun dönemli ilişki tespit edilmiştir. Analiz Granger Nedensellik analizi ile tamamlanmıştır. Nedensellik sonucuna göre ise, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye çift yönlü, sera gazı emisyonuna ise tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme, Çevre Kirliliği

ABSTRACT
MASTER'S THESIS

**ASSESSMENT OF RENEWABLE ENERGY IN TURKEY, ITS EFFECTS ON
ECONOMY AND ENVIRONMENT**

DEMIRBAS, Buhari
Department of Business Administration
Production Management and Marketing
Supervisor: Assist. Prof. Ayşe TOPAL
January 2022, 81 pages

The need to energy is increasing day by day as a result of growth in population, globalization and industrialization. Therefore, energy production from fossil fuels causes great destruction and damage to the natural environment. For this reason, renewable energy sources are of great importance and investments in renewable energy sources are increasing. In addition, energy is one of the important indicators of social welfare and economic development level. It is inevitable for countries to benefit from clean, easy and cheap energy sources for competitive advantage in the economy. For this reason, energy has caused an increase in consumption along with the acceleration of economic growth.

The aim of this study is to investigate the effect of renewable energy used in Turkey on the economy and the environment. For this purpose, the effect of the amount of energy consumed in Turkey between the years 1990-2019 on both the economy and greenhouse gas emissions, which is considered as environmental pollution, has been analyzed with the Time Series Model. In order to measure the effect of energy consumption in the study, stationary series were obtained with Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) unit root tests among the variables. Afterwards, the long-term relationship was determined by applying the Johansen Co-Integration test applied for Granger Causality analysis. The analysis is completed with Granger Causality analysis. According to the causality result, a bidirectional causality relationship was found from energy consumption to economic growth, and a unidirectional causality relationship to greenhouse gas emissions.

Keywords: Renewable Energy, Economic Growth, Environmental Pollution

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Yöntem.....	2
1.4. Çalışmanın Literatüre Katkısı	3

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DURUMU

2.1. Enerji Kavramı.....	5
2.2. Enerji Kaynakları	6
2.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	7
2.2.1.1. Doğalgaz	7
2.2.1.2. Kömür	7
2.2.1.3. Petrol.....	8
2.2.2. Türkiye’de Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarının Durumu	9
2.2.2.1. Türkiye’de Doğalgaz Üretimi ve Tüketimi.....	9
2.2.2.2. Türkiye’de Kömür Üretimi ve Tüketimi.....	11
2.2.2.3. Türkiye’de Petrol Üretimi ve Tüketimi	15

2.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	17
2.2.3.1. Hidroelektrik	17
2.2.3.2. Güneş Enerjisi	18
2.2.3.3. Rüzgâr Enerjisi.....	19
2.2.3.4. Jeotermal Enerji	20
2.2.3.5. Biyokütle Enerji	21
2.2.3.6. Hidrojen	22
2.2.4. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu	24
2.2.4.1. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Üretimi	24
2.2.4.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretimi.....	27
2.2.4.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Üretimi	30
2.2.4.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji Üretimi	32
2.2.4.5. Türkiye’de Biyokütle Enerji Üretimi.....	34
2.2.4.6. Türkiye’de Hidrojen Enerji Üretimi	36

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİNİN ÇEVREYE VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE ETKİLERİ

3.1. Yenilenebilir Enerjinin Çevreye Etkileri	38
3.1.1. Hidroelektrik Enerjisinin Çevreye Etkileri.....	38
3.1.2. Güneş Enerjisinin Çevreye Etkileri	39
3.1.3. Rüzgâr Enerjisinin Çevreye Etkileri.....	41
3.1.4. Jeotermal Enerjinin Çevreye Etkileri	42
3.1.5. Biyokütle Enerjisinin Çevreye Etkileri.....	44
3.1.6. Hidrojen Enerjisinin Çevreye Etkileri	45
3.2. Yenilenebilir Enerjinin Türkiye Ekonomisine Etkileri.....	46
3.2.1. Hidroelektrik Enerjisinin Ekonomiye Etkileri.....	46

3.2.2. Güneş Enerjisinin Ekonomiye Etkileri	47
3.2.3. Rüzgâr Enerjisinin Ekonomiye Etkileri.....	48
3.2.4. Jeotermal Enerjinin Ekonomiye Etkileri	49
3.2.5. Biyokütle Enerjisinin Ekonomiye Etkileri.....	50
3.2.6. Hidrojen Enerjisinin Ekonomiye Etkileri	51

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

AMPIİRİK ARAŞTIRMA

4.1. Araştırmanın Amacı ve Hedefi	52
4.2. Literatür Taraması.....	53
4.3. Veri Seti ve Araştırma Modeli.....	55
4.3.1 Birim Kök Testleri.....	57
4.3.2 Johansen Eş Bütünleşme Testi	59
4.3.3 Granger Nedensellik Testi	61
4.4. Bulgular	62
SONUÇ.....	68
KAYNAKÇA.....	70

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Türkiye’de Yıllara Göre Doğalgaz Tüketimi	10
Tablo 2: Türkiye’de Sektörlere Göre Doğalgaz Tüketimi	11
Tablo 3: 2021 Yılı TKİ Kümülatif Kömür Üretimleri.....	12
Tablo 4: Hidrojenin Tarihsel Gelişimi	23
Tablo 5: Hidrojenin Fiziksel Özellikleri	23
Tablo 6: Türkiye’deki En Büyük 10 Hidroelektrik Santralleri	26
Tablo 7: Türkiye’nin Jeotermal Enerji Santralleri (JES)	32
Tablo 8: Türkiye’nin Jeotermal Enerji Doğrudan Tüketim Kapasitesi.....	32
Tablo 9: Türkiye’de Üretim Lisansı Alan Jeotermal Enerji Santralleri.....	33
Tablo 10: Türkiye’de Ön Lisans Alan Jeotermal Enerji Santralleri	33
Tablo 11: Türkiye’de Devrede Olan Jeotermal Santraller	34
Tablo 12: Türkiye’nin Biyokütle Kaynakları ve Yıllık Potansiyeli.....	35
Tablo 13: Değişkenlere Ait Açıklayıcı Bilgiler	56
Tablo 14: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	62
Tablo 15: Değişkenlerin Korelasyon Matrisi Sonuçları	62
Tablo 16: ADF Birim Kök Test Sonuçları.....	64
Tablo 17: PP Birim Kök Test Sonuçları	65
Tablo 18: Uygun Gecikme Uzunluğunun Tespiti.....	65
Tablo 19: Johansen Eş Bütünleşme Testi Sonuçları	66
Tablo 20: Vektör Hata Düzeltme Modeli Sonuçları	67
Tablo 21: Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Dünya’da Kişi Başına Düşen Elektrik Tüketimi (MWh).....	6
Şekil 2: Türkiye Kişi Başına Düşen Elektrik Tüketimi (MWh).....	6
Şekil 3: Türkiye’nin Yıllara Göre Doğalgaz Üretimi.....	10
Şekil 4: Türkiye’de Taş Kömür Üretimi	12
Şekil 5: Türkiye Kömür İthalatı	13
Şekil 6: Kömür İthalatında Ülke Payları (2019).....	13
Şekil 7: Sektörlere göre Taş Kömürü Tüketimi	14
Şekil 8: Kömür Arzının Sektörlere Göre Tüketim Dağılımı (2018)	15
Şekil 9: Türkiye’de Ham Petrol Rezervi	16
Şekil 10: Türkiye’de Ham Petrol Üretimi	16
Şekil 11: Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyeli	24
Şekil 12: Türkiye’de Birincil Enerji Üretiminin Kaynakları İçinde Hidroelektrik Enerjisinin Kurulu Gücü.....	25
Şekil 13: Türkiye’de Enerji Türlerinin Kaynakları İçinde Hidroelektrik Enerjinin Üretim Miktarı	26
Şekil 14: Toplam Güneş Radyasyonu	27
Şekil 15: Türkiye Güneşlenme Süreleri (saat).....	28
Şekil 16: Yıllara Göre Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretim Miktarı.....	29
Şekil 17: Türkiye Güneş Enerji Santrallerinin Kurulu Gücü	29
Şekil 18: Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Santralleri İçin Yıllık Kurulum (MW)	30
Şekil 19: Türkiye’de İşletmedeki Kurulu Rüzgâr Gücünün Bölgelere Göre Dağılımı	31
Şekil 20: Türkiye’de Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulu Gücü.....	31
Şekil 21: Zaman Serisi Grafikleri.....	63

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADF	: Augmented Dickey-Fuller
AHP	: Analitik Hiyerarşi Projesi
AIC	: Akaike Bilgi Kriteri
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
AŞ	: Anonim Şirketi
BEPA	: Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası
DF	: Dickey-Fuller
DSİ	: Devlet Su İşleri
EIA	: Energy Information Administration
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GES	: Güneş Enerji Santralleri
GSMH	: Gayrisafi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
HES	: Hidroelektrik Santral
HQ	: Hannan-Quinn Bilgi Kriteri
ICHET	: Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
JES	: Jeotermal Enerji Santralleri
JESDER	: Jeotermal Elektrik Santral Yatırımcıları Derneği
LR	: LR Test İstatistiği
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
PP	: Phillips-Perron
PV	: Fotovoltaik
SIC	: Schwarz Bilgi Kriteri
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

TOPSIS	: Technique For Order Preference by Similarity to An Ideal Solution
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TTK	: Türkiye Taş Kömürü
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
VAR	: Vector Autoregression
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Destekleme Mekanizması
YEP	: Yeni Ekonomi Programı



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Önemi

Günümüzde kullanılan enerji ihtiyacı devamlı olarak artış içerisinde. Bunun nedeni olarak dünya nüfusunun sürekli artması gösterilebilir. Nüfusun artması ile birlikte insan ihtiyaçlarının da artması daha fazla enerji gereksinimini doğurmuştur. Geçmişten günümüze kadar birçok alanda enerjiden faydalanılmıştır. Buharlı makinelerden elektrikle çalışan makinelere kadar birçok alanda enerji oldukça fazla kullanılmaktadır. Söz konusu enerji yüzyıllarca fosil yakıtlardan (petrol, kömür, doğalgaz) elde edilmektedir. Ancak son yüzyılda nüfusun artması ve teknolojinin gelişmesi ile beraber fosil yakıt kullanan araç ve gereçlerin kullanımında hızlı bir artış meydana gelmiştir. Bu artış beraberinde çevre ve sağlık ile ilgili birçok sorunu da ortaya çıkarmıştır. Bu sorunlar yaşam kalitesini düşürerek insan hayatına ciddi zararlar vermektedir. Aynı zamanda bazı ülkelerde fosil yakıt rezervlerinin bulunmaması o ülkeleri dışa bağımlı yapmakta ve ekonomilerini olumsuz olarak etkilemektedir.

Fosil kökenli enerji kaynaklarının ortaya çıkarmış olduğu sorunlardan en önemlisi olarak çevreye vermiş olduğu zarar gösterilebilmektedir. Ekosistem, ozon tabakası, küresel ısınma vb. gibi birçok çevresel soruna neden olmakla birlikte doğal hayatın dengesini bozacak atıklar ve zehirli gazlar salınmaktadır. Bunun yanı sıra fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi ve kullanım ömürlerinin bitme tehlikesi de başlıca sorunlar arasında yer almaktadır. Tüm bu sorunlara çözüm olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır.

Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve talebin artması ile enerji ihtiyacının karşılanması için son yıllarda birçok yenilenebilir enerji çeşitlerinden yararlanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak kullanılan bu enerji kaynakları; rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji, biyokütle enerji, güneş enerjisi ve hidrojen enerjidir.

Çevresel problemlere ek olarak, dünyada enerji kaynakları bakımından dışa bağımlılığı azaltmak ve çevreye olan zararları en aza indirmek isteyen ülkeler de yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımları arttırmaktadır. Fosil yakıt açısından yetersiz konumda olan ancak güneş enerjisi, hidrojen enerji, jeotermal enerji, rüzgâr

enerjisi, biyokütle enerji ve hidroelektrik enerji kaynakları bakımından oldukça zengin olan Türkiye’de de yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yatırımlar önem kazanmıştır.

Bu çalışmanın önemi ise yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımların ülke ekonomisine ve çevreye etkisinin araştırılmasıdır. Bu bağlamda çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarındaki tüketimin çevreye ve ekonomiye nasıl bir etkinin olacağı incelenecektir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Geçmişten günümüze kadar kullanılan enerji, teknolojinin de gelişmesiyle birçok alanda daha önemli hale gelmiştir. Adam Smith’ten bu yana iktisatçılar işgücü, doğal kaynak ve sermaye üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu etkenler 17 ve 18. yüzyıllarda ülkeler için ekonomilerini etkileyen en önemli unsurlar haline gelmiştir. 19. yüzyılda ise, sanayileşmenin artması ile birlikte enerji de bu girdiler arasında yerini almıştır. Dolayısıyla, ülkeler için üretim ve tüketim faaliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturan enerjinin 19. yüzyılda girdi olarak gerekli konuma gelmesi, enerjinin ekonomiye etki edebileceği konusunu gündeme getirmiştir.

Enerji, gün geçtikçe ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen etkenler arasında yer almıştır. Teknolojinin de giderek gelişmesi ile birlikte enerjiye daha çok ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. İnsan hayatında enerji; ısınma, beslenme, barınma, ulaşım, aydınlatma vb. gibi birçok faaliyetlerin devamlılığı için kullanılmasının yanı sıra yaşam koşulları için gerekli olan araçların üretilmesi ve bu araçların kullanılması için de gerekli konumdadır. Dolayısıyla enerji insan hayatının hemen hemen her alanında ihtiyaç duyulan bir kaynak olmuştur. Bu sebeple teknolojik gelişmeler, piyasada oluşan rekabet şartları, nüfusun hızla artması ve iş imkânlarının gelişmesi gibi nedenler enerji tüketimini daha çok arttırmıştır. Enerji tüketiminin artması ve birçok alanda kullanılması ile birlikte çevreye olan etkileri de ekonomiye etkileri kadar geçmişten bu yana araştırma konusu olmuştur. Bu nedenle çalışmada Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminin hem çevre bazında hem de ekonomi bazında ele alınarak ne yönde bir etkisinin olacağını araştırılması amaçlanmaktadır.

1.3. Yöntem

Araştırma yapılırken uygulanacak olan yöntem Zaman Serisi Analizleri olup Türkiye’deki yenilenebilir enerji tüketimleri ile çevre kirliliği ve ekonomik büyüme

verileri analiz edilecektir. Zaman serisi analizi daha çok literatürde ekonomik verilerin analizinde kullanılmakta ve değişkenler arasındaki etkiyi ölçmektedir. Aynı zamanda uzun dönemli ilişkilerin incelenmesinde ve tek bir ülke bazında çalışıldığında Zaman Serisi modeli kullanılmaktadır. Birden fazla ülke baz alınarak yapılan çalışmalarda ise Panel Veri Analizi yöntemi kullanılmaktadır.

Zaman serisi ile yapılacak olan ekonometrik çalışmalarda analize dâhil edilen değişkenlerin zaman serisi özelliklerinin bilinmesi ve bu özelliklere göre analizin yapılması gerekmektedir. Zaman serisi yönteminin en önemli yönlerinden biri, bu değişkenlerin durağan (stationary) veya durağan olmama (nonstationary)larıdır. Ekonometrik olarak anlamlı sonuçlara ulaşmak için ele alınan değişkenlerin durağan olmaları gerekmektedir (Karahan, 2014: 127). Bu nedenle zaman serisi kullanılarak yapılan analizlerde ilk olarak değişkenlerin durağan olup olmadıkları belirlenmelidir. Bunun için çalışmada ilk olarak durağanlık testi için Augmented Dickey-Fuller (ADF) Testi ve Phillips-Perron (PP) Birim Kök testleri uygulanmıştır. Durağanlık testleri sonucunda değişkenler arasında eş bütünleşme olup olmadığı Johansen Eş Bütünleşme Testi ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Granger Nedensellik analizi test edilmiştir.

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının tek bir etkisine bakılmayıp iki etkiye birden bakılarak analiz yapılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimlerinin çevreye etkisi sera gazı emisyon verisi ile ekonomiye etkisi ise ekonomik büyüme (GSYİH-Gayrisafi Yurtiçi Hasıla) verisi ile incelenerek 1990-2019 yılları arası araştırmaya dahil edilmiştir.

1.4. Çalışmanın Literatüre Katkısı

Çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili literatürde sıkça karşılaşılan araştırmalardan farklı bir konuya değinilmiştir. Türkiye’de kullanılan ve çevreye daha az zararları bulunan yenilenebilir enerji türleri ile ilgili farklı ülkeler baz alınarak yapılmış çalışmalar, yenilenebilir enerjilerin ekonomiye katkıları ve yenilenebilir enerji yatırımları gibi birçok konuda araştırmalar yapılmıştır. Literatürde olan çalışmalarda yenilenebilir enerji türleri ile birçok faktör ele alınarak incelemeler yapılmıştır. Literatürde daha çok ekonomik açıdan çalışmaların yanı sıra yenilenebilir enerji türleri ayrı ayrı ele alınarak birçok konu irdelenmiştir. Bu nedenle literatürde yenilenebilir enerji türleri ile ilgili herhangi bir analizinin bulunmadığı bir çalışma

yürütülecektir. Çalışmada Türkiye’de kullanılan yenilenebilir enerjilerin tek bir etkisine bakılmayıp hem ekonomik büyümeye hem de çevreye olan etkisinin olup olmadığı araştırılacaktır. Çalışma Zaman Serisi Analizi ile yürütülerek ele alınan yıllar arasında yenilenebilir enerjinin nasıl bir seyir izlediği analiz edilmiş olacaktır. Dolayısıyla çalışmanın literatüre katkısı, yenilenebilir enerji tüketiminin yıllar bazında ekonominin büyümesi ve çevre kirliliğine olumlu ve olumsuz etkisi konusunda araştırmanın yapılmasıdır. Bu sebeple yenilenebilir enerji tüketiminin etkileri göz önüne alınarak daha doğru kararlar verilmiş olacak ve bu etkilere göre çalışmalar yürütülecektir.



İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DURUMU

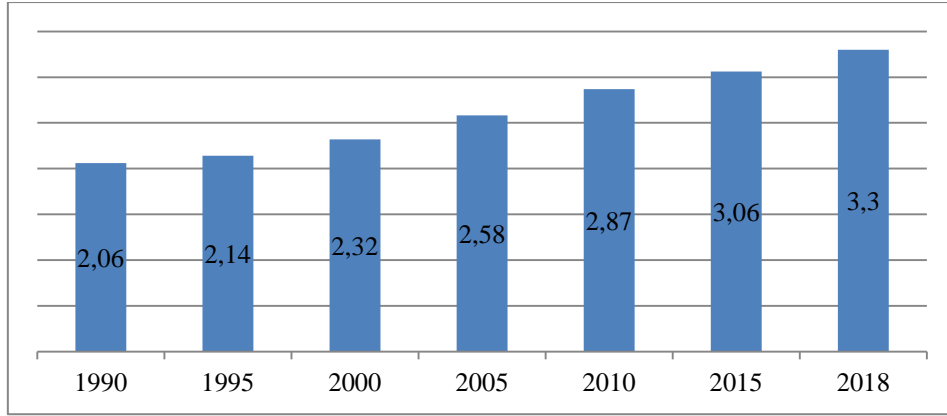
2.1. Enerji Kavramı

Dünyanın meydana gelmesi ve sonrasında insanların var olmasından bu zamana dek geçen zamanda enerji kavramı, insan hayatında belirgin bir şekilde etkisini göstermiştir. Bu etkiye neden olan en temel konu ise enerjinin farklı şekillere dönüşerek kullanılabilmesinden kaynaklanmaktadır (Erdoğan, 2014: 41).

Zaman içerisinde farklı şekillerde meydana gelen enerji, insan hayatını daha kolay hale getiren ve insan ihtiyaçlarını en uygun şekilde karşılayan çok önemli bir kaynaktır. İşi yapma durumunu kolay bir şekilde açıklayan enerji; elektrik, ısı, hareket, ışık, kimyasal, yer çekimi ve nükleer enerji şekillerinde görülebilmektedir (Süngü, 2020: 8).

Bir ülkenin yaşam koşullarının enerji bakımından göstergeleri, o alanda bulunan enerji kaynağının yoğunluğuyla beraber kişi başına düşen toplam enerji tüketimidir. Yaşam koşulları açısından bir devletin enerji yoğunluğunun az ve ortalama kişi başına düşen enerji miktarının fazla olması beklenir. Türkiye'de kişi başı kullanılan enerji ile dünyada kullanılan enerji miktarında sürekli artışlar meydana gelmiştir. Yıllara göre meydana gelen bu artışlar aşağıdaki şekillerde Türkiye ve dünyada olmak üzere ayrı ayrı gösterilmektedir (Erdoğan, 2020: 3).

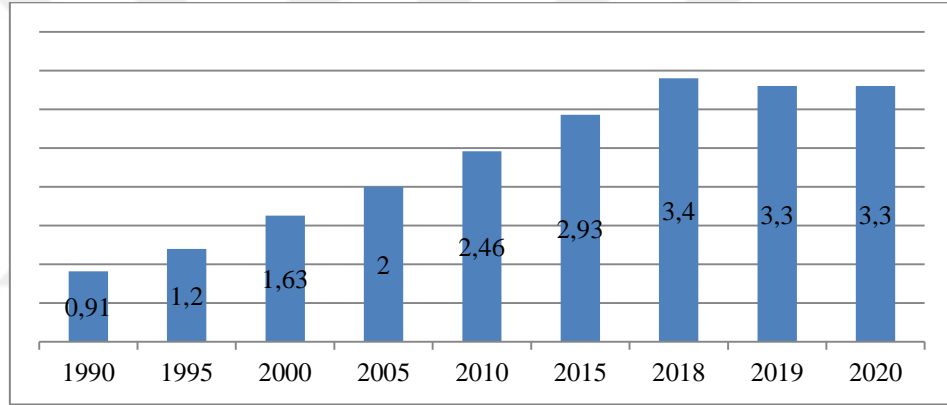
Dünya'da 1990 ve 2018 yılları arasındaki kişi başı tüketilen elektrik miktarı Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde kişi başı elektrik tüketiminde 1990 yılından 2018 yılına kadar sürekli bir artış olduğu görülmektedir. Bu artış 2018 senesinde 1990 senesinde kullanılan kişi başı kullanılan enerji miktarına göre %60 olmuştur.



Şekil 1: Dünya’da Kişi Başına Düşen Elektrik Tüketimi (MWh)

Kaynak: Yıldırım (2020)

Türkiye’de 1990 ve 2020 yılları arasındaki kişi başı elektrik tüketimi Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2: Türkiye Kişi Başına Düşen Elektrik Tüketimi (MWh)

Kaynak: İEA (2021)

Türkiye’de tüketilen elektrik enerjisi miktarı yıllar içerisinde hızlı artış göstermektedir. Bu artış miktarı 2018 senesinde 1990 senesine oranla %273 oranında olmuştur. 2019 ve 2020 yıllarında ise 3,3 MWh seviyesine düşerek her iki yılda da sabit düzeyde ilerlemiştir. Türkiye’de görülen bu artışın sektörel bazda değerlendirildiğinde en çok ticaret ve kamu hizmetleri sektöründe artış olduğu görülmüştür. Türkiye gibi gelişmekte olan birçok ülkede temel dinamik bu şekildedir (İEA (2021)).

2.2. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerji olmak üzere ikiye ayrılır.

2.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları, doğada oluşması çok uzun yıllar süren, rezervleri sınırlı durumda olup bu rezervlerinde hızla tükendiği enerji kaynağıdır. Yenilenemeyen enerji kaynakları iki türe ayrılmaktadır. Bunlardan ilki doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil kaynaklardır, bir diğer türü ise nükleer enerjilerdir (Adıyaman, 2012: 8).

Yenilenemeyen enerji kaynaklarından fosil enerji kaynakları dünyada olduğu gibi Türkiye’de de enerji tüketiminde geniş bir yer tutmaktadır. Ortadoğu ve Kafkasya gibi yerlerde fosil yakıtlar bakımından zengin olmalarına rağmen Türkiye’nin jeolojik yapısı nedeni ile bu tarz enerji kaynaklarına çok fazla rastlanılmamaktadır. Türkiye sadece linyit rezervleri bakımından kendi istek ve ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir (Yılmaz, 2012: 38).

2.2.1.1. Doğalgaz

Doğalgazı tanımlamak gerekirse kokusu olmayan, renksiz ve havayla kıyaslandığında daha hafif bir enerji kaynağıdır. Yer altı kaynağı olarak bilinen doğalgaz genellikle petrolün çok olduğu yerlerde bulunmaktadır. Doğalgazın yeraltından çıkarılma şekli petrol çıkartma işlemine çok benzemektedir. Yeraltından çıkartma işlemi gerçekleştirildikten sonra boru hattı ile taşımacılığı yapılmaktadır.

Dünya üzerinde tahmini olarak 76 trilyon metreküp doğalgaz rezervi bulunmaktadır. Bu rezervlerin büyük bir kısmı Rusya’da bulunmaktadır (Erdoğan, 2014: 51).

Doğalgaz diğer fosil yakıtlara kıyasla çevreye daha az zarar vermektedir. Doğalgaz enerjisi kullanımı bakımından 21. yy en değerli enerji kaynağından birisidir. Ülkemizde ilk kez doğalgaz üretimi Trakya civarında gerçekleşmiş ve üretilen doğalgaz Hamitabat ve yakın çevresinde bulunan sanayilerde kullanılmıştır (Şahin, 2007).

2.2.1.2. Kömür

Kömür bataklık olan yerlerde biriken bitkiler ile oluşan tabakaların değişime uğraması ile oluşmaktadır. Kömürün dünya ekonomisindeki yeri buharlı makinelerin icadı ile büyük çaplara ulaşmıştır. Kömürün elektrik ve ısıya dönüştürülebilmesi ile birlikte artan insan nüfusunun da etkisi ile kömürün önemi oldukça artmıştır. Kömür

üretimi dünya çapında 50'den fazla ülkede yapılmaktadır (Karaaslan ve Aydın, 2020: 1354).

Türkiye'de yenilenemeyen enerji kaynakları içerisinde en önemli paya sahip olan enerji çeşidi kömürdür. Türkiye'de üretilen kömür çok çeşitli şekilde kullanılmaktadır; elektrik üretimi, çimento üretimi, demir-çelik üretimi ve konutların ısıtılması. Dünya Enerji Konseyinin raporuna göre dünyada bulunan kömür rezervi yaklaşık olarak 861 milyar ton civarındadır. Türkiye ise yaklaşık 15,2 milyar tonluk kömür rezervi ile dünya rezervlerinin yaklaşık %1,7'sine sahip ülke konumundadır. Türkiye mevcut üretim-tüketim şartlarına göre yaklaşık olarak 167 yıl kadar yetebilecek kömür rezervine sahiptir. Bu kömür rezervlerinin 1,3 milyar tonu maden kömürü, 13,9 milyar tonu ise linyit kömüründen oluşmaktadır (Yılmaz, 2012: 38).

Türkiye'de en büyük kömür rezervleri Zonguldak havzasındadır. Tarihi Osmanlı İmparatorluğuna kadar uzanan bu havzada Üzülmüş, Amasra, Karadon, Armutçuk ve Kozluk sahalarında üretime devam edilmektedir (Karabulut, 2000).

Kömür madenciliğine başlanılan günden bu yana en yüksek kömür üretimi 1975 yılında 4,8 milyon ton kömür ile gerçekleşmiştir. Fakat daha sonraki yıllarda kömür üretimi 2,5 milyon ton civarına kadar gerilemiştir. Maden çıkartmadaki bu önemli düşüşün en önemli nedenlerinden birisi, maden çıkartmak için daha derine inilmesinin gerekmesi ve daha derine inmenin de oldukça maliyetli olmasından kaynaklanmaktadır. Bu düşüşün neticesinde Türkiye kendi üretmiş olduğu kömür ile ihtiyacını karşılayamaz hale gelmiştir ve bu ihtiyacı karşılayabilmek için ithalata yönelmiştir. Bu kapsamda da ilk kömür ithalatı 1973 yılında 16 bin ton kömür ithalatı ile başlamıştır. Devamında artmaya devam eden kömür ithalatı 2012 yılına gelindiğinde 30 milyon tonu görmüştür. Kömür ithalatı yapılan ülkelerin başında Rusya gelmektedir. Arkasından sırasıyla ABD (Amerika Birleşik Devletleri), Avustralya ve Güney Afrika Cumhuriyeti gelmektedir (Yılmaz, 2012: 38).

2.2.1.3. Petrol

Petrol hidrokarbondan meydana gelmektedir. İçerisinde barındırdığı bileşenler kükürt, nitrojen ve oksijendir. Petrolün sıvı, gaz ve katı halleri de bulunmaktadır. Petrolün oluşumu ise bitkisel ve hayvansal kalıntıların çok uzun sürelerde fosilleşmesiyle meydana gelmektedir (Adıgüzel, 2018: 6).

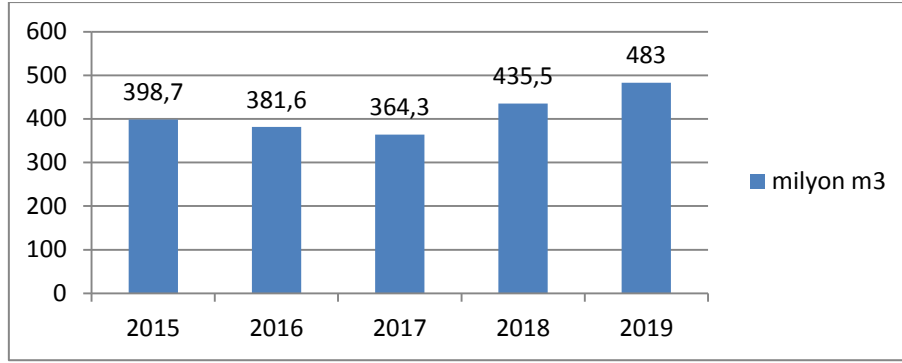
Türkiye’de petrol aramaya başlanan ilk dönem Osmanlı imparatorluğunun son dönemleridir. Osmanlı imparatorluğu sınırları içerisinde ilk petrol araması Musul, İskenderun ve Trakya’da yapılmıştır. Petrol arama faaliyetleri Cumhuriyetin ilk zamanlarında Güneydoğu Anadolu bölgesine doğru kaydırılmış ve 1940 senesinde Raman 1 kuyusunda keşfedilmesiyle neticelendirilmiştir (Doğanay, 1998).

Türkiye’de ilk petrol üretimi 1946 senesinde 544 ton ile olmuştur. İleriki zamanlarda ise Türkiye’de petrol üretimi artmış ve 1991 senesinde 4,4 milyon ton seviyesini görerek tarihinin en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Bu seneden sonra Türkiye’deki petrol üretimi azalmaya başlamış ve 2012 senesinde 2,3 milyon ton seviyesine kadar gerilemiştir. Türkiye’de üretilen petrolün %70’ini yani (1,7 milyon tonunu) Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) büyük bir kısmını Güneydoğu Anadolu bölgesindeki alanlardan karşılamıştır. 1954 senesinde petrol yasası yürürlüğe girmiş ve Türkiye petrol bölgelerini 18’e ayırarak yerli ve yabancı özel işletmelerin petrol bulmalarına ve petrol üretilmelerine müsaade etmiştir. Günümüzde ilk sıralarda bulunan TPAO ile birlikte başka birçok işletme de petrol çıkarma ve işleme faaliyetinde bulunmaktadır (Yılmaz, 2012: 39).

2.2.2. Türkiye’de Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarının Durumu

2.2.2.1. Türkiye’de Doğalgaz Üretimi ve Tüketimi

Türkiye’de üretilen doğalgazın yıllara göre dağılımı Şekil 3’te gösterilmiştir. Bu şekilden görüldüğü üzere, doğalgaz üretiminde 2015-2017 yılları arasında bir düşüş olmuş ve 2018 yılı itibariyle de doğalgaz üretimi yükselişe geçmiştir. EPDK (Enerji Piyasası Denetleme Kurumu)’nın raporuna göre (EPDK, 2020) Türkiye’de üretilen ve satışa sunulan doğalgaz miktarı yaklaşık olarak 474 milyon Sm³ olarak açıklanmıştır. Fakat Türkiye’de tüketilen doğalgaz miktarı ise yaklaşık 45,3 Sm³ olduğu bilinmektedir. Bu rakamlara bakıldığında Türkiye’de üretilen doğalgaz, ülke ihtiyacını karşılamakta yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle Türkiye’deki doğalgaz açığını karşılamak için de doğalgaz ithal edilmektedir. Bu kapsamda en çok doğalgaz ithal ettiğimiz ülke ise Rusya’dır.



Şekil 3: Türkiye'nin Yıllara Göre Doğalgaz Üretimi

Kaynak: ETKB (2020)

Türkiye'de doğalgaz tüketimine bakıldığında ise genellikle artış trendi görülmektedir. Fakat Tablo 1'de görüldüğü üzere birkaç yıl bir önceki yıla göre düşüş gösterdiği dönemlerde olmuştur.

Tablo 1: Türkiye'de Yıllara Göre Doğalgaz Tüketimi

Yıllar İtibariyle Türkiye'nin Doğalgaz Tüketimi		
Yıl	Tüketim(m3)	Değişim
2005	27,3	22,8%
2006	31,0	13,3%
2007	35,4	14,2%
2008	36,9	4,2%
2009	35,2	-4,5%
2010	37,4	6,2%
2011	43,7	16,8%
2012	45,2	3,5%
2013	45,9	1,5%
2014	48,7	6,1%
2015	48,0	-1,5%
2016	46,4	-3,3%
2017	53,9	16,1%
2018	49,3	-8,4%
2019	44,9	-9,0%
2020	47,7	6,5%

Kaynak: GAZBİR (2020)

Yukarıdaki veriler incelendiğinde, doğalgaz tüketiminin her yıl bir önceki yıla göre çok büyük düşüş göstermediği anlaşılmaktadır. Yaşanılan ufak çaplı düşüşler ise iklim şartları başta olmak üzere o yılki doğalgaz fiyatlarının artması, doğalgaz kullanarak üretim yapan büyük bir fabrikanın kapanması gibi birçok nedenden dolayı gerçekleşmiştir. Aynı şekilde doğalgaz tüketimindeki yükselişler de soğuk ve uzun

süren bir kışın etkisi, doğalgaz ile üretim yapan yeni fabrikaların açılması ve o yılki doğalgaz ücretlerinde indirimlerin olmasından dolayı da yaşanmış olabilmektedir.

Türkiye’de doğalgaz sadece konutlarda kullanılmamaktadır. Sanayi ve başka birçok alanda da doğalgaz kullanılmaktadır. Bu duruma ilişkin son 6 yılda hangi sektörde ne kadar doğalgaz kullanıldığına dair bilgiler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Türkiye’de Sektörlere Göre Doğalgaz Tüketimi

Türkiye’de Doğalgaz Tüketiminin Sektörel Dağılımı (milyar m3)			
Yıllar	Santraller	Sanayi	Konut
2015	19,0	14,0	11,0
2016	16,7	14,0	11,6
2017	20,4	13,5	13,3
2018	18,2	12,0	12,7
2019	11,2	12,4	14,5

Kaynak: GAZBİR (2019)

Yukarıdaki tablo incelendiğinde santrallerdeki doğalgaz tüketimi 2017 yılında en yüksek seviyesine ulaşmakta ve 2019 yılına kadar düşerek devam etmekte bu nedenle de 2019 yılında en düşük seviyesine ulaştığı görülmektedir. Sanayi sektörü incelendiğinde doğalgaz tüketimi ilk iki yıl sabit kalmakta ve sonraki yıllar düşerek devam etmektedir. Konut sektöründe ise bu oranlar her yıl farklı düzeylerde seyir izlemekte ve 2019 yılında 14,5 seviyesine çıkarak en yüksek tüketim oranına ulaşmaktadır.

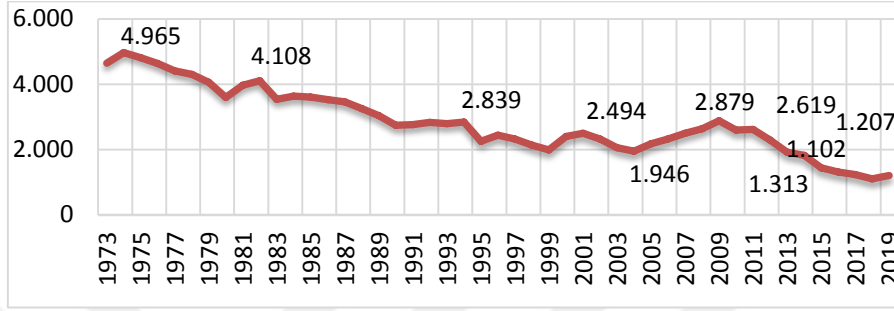
2.2.2.2. Türkiye’de Kömür Üretimi ve Tüketimi

Ankara – Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ)’nin Kömür (Linyit) Sektörü Raporuna göre 2018 yılında 81,08 milyon ton linyit üretilmiştir. Taşkömürü üretimi ise 1,10 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve 1,75 milyon ton da asfaltit üretilerek kömür üretimi bir önceki seneye göre %13,28 oranında artış göstererek toplamda 83,9 milyon tona ulaşmıştır. 2016 yılında üretilen ve satışa hazır taşkömürü miktarı 1,3 milyon ton olduğu açıklanmış, 2017 yılında ise 1,2 milyon tona düşmüş ve 2018 yılında da 1,1 milyon tona kadar düştüğü görülmüştür. 2018 yılında Zonguldak Havzası’nın, Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılama noktasındaki katkısı binde 4,6 düzeyine kadar gerilemiştir (TKİ, 2020).

Türkiye 2019 yılı kömür üretimi; 83,69 milyon ton linyit, 1,21 milyon ton taş kömürü ve 2,19 milyon ton asfaltit olmak üzere 2018 yılına göre %3,75 oranında artış

göstererek toplam 87,09 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılı verilerine bakıldığında ise kömür üretiminin; 63,30 milyon ton linyit ve asfaltit, 1,08 milyon ton taş kömürü olmak üzere 64,38 milyon ton şeklinde gerçekleşmiştir. 2019 yılına göre azalma görülmüştür (TKİ, 2020).

Türkiye’de yıllara göre taş kömürü üretimindeki değişim miktarları Şekil 4’te ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4: Türkiye’de Taş Kömür Üretimi

Kaynak: TKİ (2020)

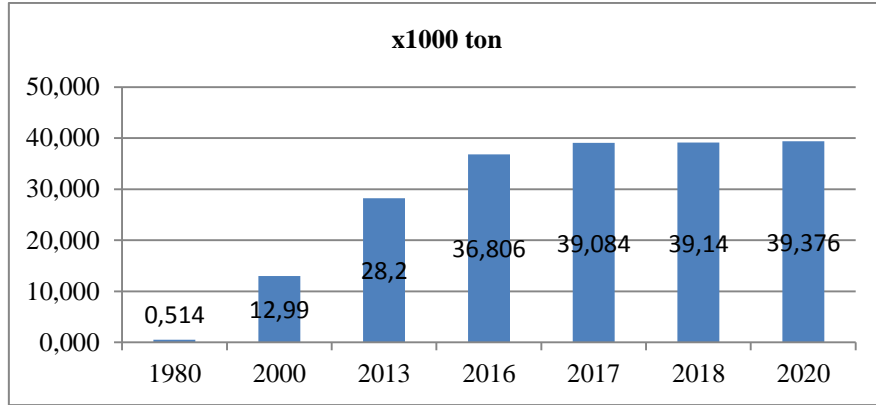
Türkiye’de kümülatif kömür üretimleri incelendiğinde TKİ’de 2021 yılında yapılan üretim ile satılabilir kömürün 12.426.481 tonu açık işletmeler ve 6.023.356 tonu ise yer altı işletmecilik yöntemleri ile meydana getirilmektedir. Kurum, açık işletme üretimlerinin büyük çoğunluğunu kendisi yapmaktadır. TKİ kömür üretimlerine ayrıntılı olarak aşağıdaki tabloda yer verilmiştir. TKİ Kurumunca 2021 senesinde üretilen kömür üretim miktarları Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3: 2021 Yılı TKİ Kümülatif Kömür Üretimleri

2021 Yılı	Üretim Yöntemi	Tüvenan (Ton)	Satılabilir (Ton)
Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi	Açık İşletme	2.763.681	
	Yeraltı İşletmesi	5.401.641	
	Toplam	8.165.322	
Çan Linyitleri İşletmesi	Açık İşletme	2.318.754	2.273.304
Garp Linyitleri İşletmesi	Açık İşletme	1.096.381	
	Yeraltı İşletmesi	557.598	
	Toplam	1.653.979	
Kontrol Müd. Rödovensli Sahalar	Açık İşletme	6.247.665	
	Yeraltı İşletmesi	64.117	
	Toplam	6.311.782	
TKİ TOPLAM	Açık İşletme	12.426.481	
	Yeraltı İşletmesi	6.023.356	
	Toplam	18.449.837	

Kaynak: TKİ (2021)

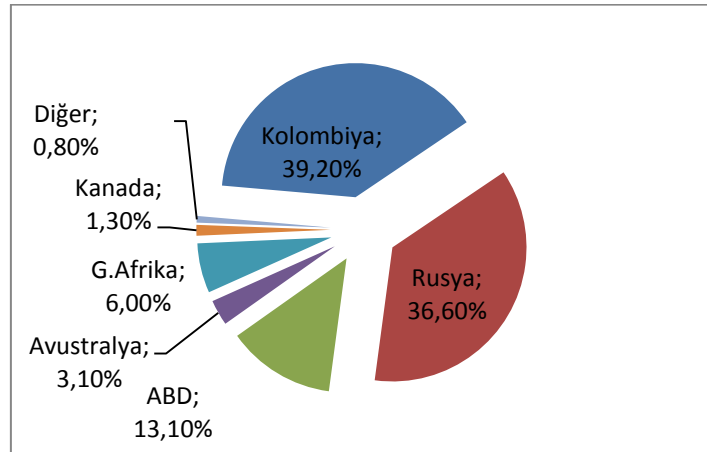
1980’li yıllarda Türkiye’de üretilen kömürün yetersiz kalması sebebi ile 1980’li yıllarda ilk ithalat başlamıştır. 2000’li senelerde ise ithal kömür 10 bin tonun üzerine ulaşmıştır. 2016 senesinden itibaren giderek artan bir seyir izleyen kömür ithalatı 2020 senesinde en yüksek seviyesine ulaşarak 39,3 bin ton seviyelerine yükselmiştir.



Şekil 5: Türkiye Kömür İthalatı

Kaynak: TKİ (2020)

2019 senesinde en çok kömür ithalatında bulunan devlet Kolombiya olmuştur. Bahsi geçen bu yılda Kolombiya’dan yapılan kömür ithalatı %39,20 ve Rusya’dan gerçekleştirilen kömür ithalatı ise %36,60 olmuştur. Bu iki devleti %13,10 ile ABD, %3,10 ile Avustralya ve %6,0 ile Güney Afrika takip etmektedir.

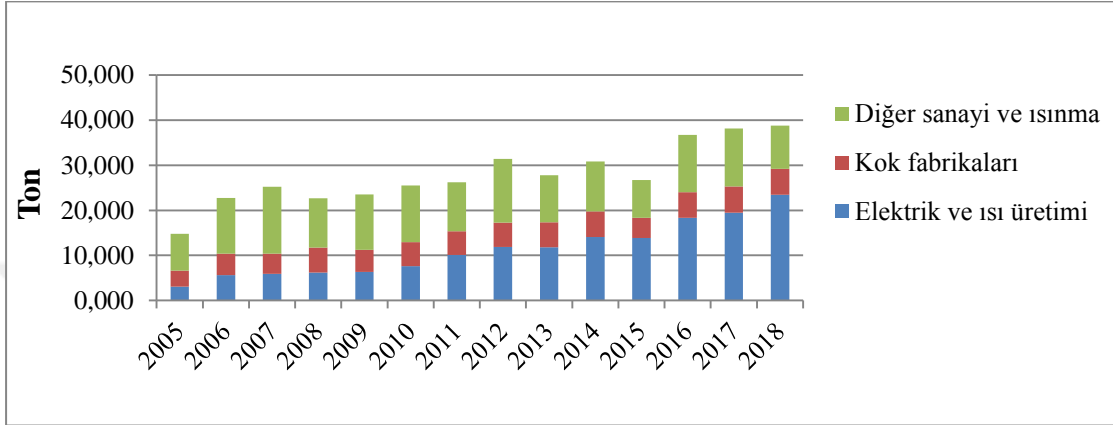


Şekil 6: Kömür İthalatında Ülke Payları (2019)

Kaynak: TKİ (2020)

Türkiye’de 2018 senesinde kullanılan kömür miktarının 39,5 milyon tonu Türkiye’de üretilmiş olmak üzere toplamda 122 milyon tonu bulmuştur. Bir önceki seneye göre 2018 senesinde taş kömürü tüketimi %1,7 ve linyit tüketimi ise %12,9 oranında artmıştır. Toplamda kullanılan kömür tüketimi ise %9,1 düzeyinde artış

göstermiştir. 2018 senesinde taş kömürü talebinin %60,2 oranında elektrik ve ısı üretiminde %8,9 oranında ise ısınma amaçlı kullanılmıştır. Kok fabrikalarının payı %14,6 ve diğer sanayinin payı ise %14,5 seviyesindedir. Taş kömürü tüketiminde elektrik ve ısı üretiminin payı gün geçtikçe artmaktadır. 10 sene öncesinde %20 seviyesinde olan pay 2018 senesinde %60 düzeylerini bulmuştur (TMMOB, 2020). Sektörlere göre taş kömürü tüketimleri Şekil 7’de gösterilmektedir.



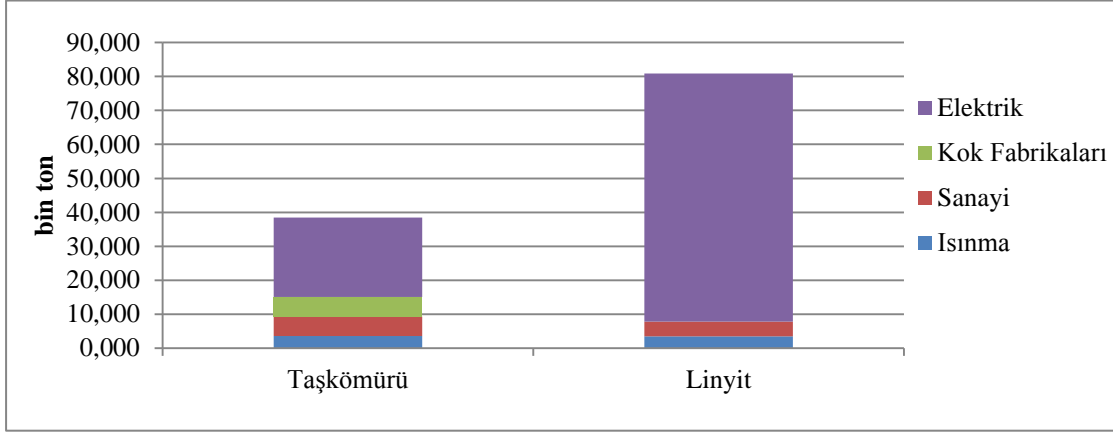
Şekil 7: Sektörlere göre Taş Kömürü Tüketimi

Kaynak: TMMOB (2020)

Türkiye’de çıkartılan linyit kömürleri elektrik üretmek amacı ile termik santrallerde, sanayi sektöründe ve ısınma amaçlı olarak binalar ve iş merkezlerinde kullanılmaktadır. Linyitin elektrik üretimi amaçlı tüketim payı, 1970’li senelerin başlarında ısı değer bazında %20’ler seviyesindeyken bu zamandan sonra düşüşe geçmeye başlayarak, aynı dönem içerisinde konut ve hizmetlerin payı %42’den %7’ye ve sanayi sektörlerinin payı da %36’dan %13’e kadar düşmüştür. Bu durum 2001 senesinden itibaren tersine işleyerek ve elektrik üretiminde kullanılan miktarın görece düştüğü görülürken, sanayi sektörleri ile konut ve hizmetlerde tüketim oranları artmıştır.

Şekil 8’de taşkömürü ve linyitin 2018 yılında sektörlere göre dağılımı verilmiştir. 80,9 milyon ton toplam linyit talebinin %90,9’u elektrik üretimi için kullanılmıştır. Sanayide tüketimi ise %4,9 ve konut-iş yerlerinde tüketim oranı ise %4,2 seviyesindedir. Bununla birlikte, elektrik üretiminde tüketilen linyitlerin ısı değerleri sanayi ve ısınmada tüketilen kömürlere oranla daha az seviyededir. Toplam ısı değer bazında hesaplama yapıldığında 2018 senesinde talep edilen linyitin %78,8’i elektrik üretiminde, %11,1’i sanayi sektörlerinde ve %9,6’sı da konut ve iş

yerlerinde kullanılmıştır. Aynı senede 1,583 bin ton asfaltit arzının %73,1'i elektrik üretimi, %26,2'si sanayi ve geride kalan kısmı ısınma için kullanılmıştır.



Şekil 8: Kömür Arzının Sektörlere Göre Tüketim Dağılımı (2018)

Kaynak: TKİ (2020)

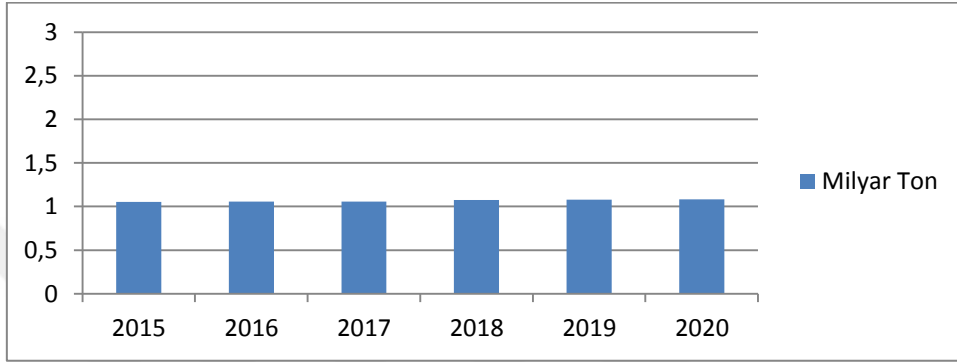
2.2.2.3. Türkiye’de Petrol Üretimi ve Tüketimi

Türkiye’de çok fazla petrol yatakları bulunmamaktadır. Bulunan petrol yataklarının büyük bir kısmı ise Güneydoğu Anadolu bölgesinde Diyarbakır, Batman ve Adıyaman illerinde yer almaktadır. Bu sebeple, Türkiye’de üretilen petrol ülke ihtiyacının çok az bir kısmını karşılamaktadır. Kalan kısmı ise ithal edilmektedir. Türkiye-Irak boru hattı ile Irak’tan gelen petrolerin belirli bir bölümü Yumurtalık limanına gönderilmektedir. Azerbaycan petrolü ise Bakü-Tiflis-Ceyhan petrol boru hattı aracılığı ile İskenderun körfezine gönderilmektedir (TMMOB, 2017).

Türkiye’nin petrol durumu İran, Irak ve Suriye gibi komşu devletlerle kıyaslandığında oldukça yetersizdir. Bu durumun en önemli nedeni ise Türkiye’nin jeolojik durumudur. “Petrolün bir arazide bulunabilmesi için kum taşı gibi gözenekli kayaların üzeri kil gibi geçinimsiz katmanlarla kapanmış olmalıdır”. Petrolün yoğun olduğu bölgelerde arazileri düzken Türkiye’de araziler dağınaktır. Yeraltında meydana gelen petrol depoları levha çarpışmaları ve bunun neticesinde dağ oluşumu ile küçük küçük parçalara bölünerek dağılmaktadır. Türkiye’nin dağlık arazisi, komşu ülkelerin sınırında düzlüğe dönüşmektedir. Petrolün yoğun olduğu ülkelerde bu jeolojik olaylar meydana gelmediği için oldukça büyük ve yüzeye yakın petrol depoları meydana gelmektedir. Komşu ülkelerde 100 ila 1000 metre arasında petrol bulunabilirken Türkiye’de 3000 ila 4000 metre derinliklerde bulunmaktadır (Köse, 2019: 27).

Nüfus artış oranının ve ekonomik büyümenin yüksek olması sebebiyle ülkede petrole olan gereksinim giderek daha da artmaktadır. Bu petrol ihtiyacının artması nedeniyle de Türkiye petrolü ithal eden ülkeler arasında 13.sıraya yükselmiştir (Safarlı, 2019: 28).

Türkiye petrol rezervleri bakımından diğer ülkelere göre daha azdır. Bu petrol rezervleri yıllar bazında incelendiğinde 2015-2020 yılları arasındaki veriler Şekil 9’da gösterilmiştir.

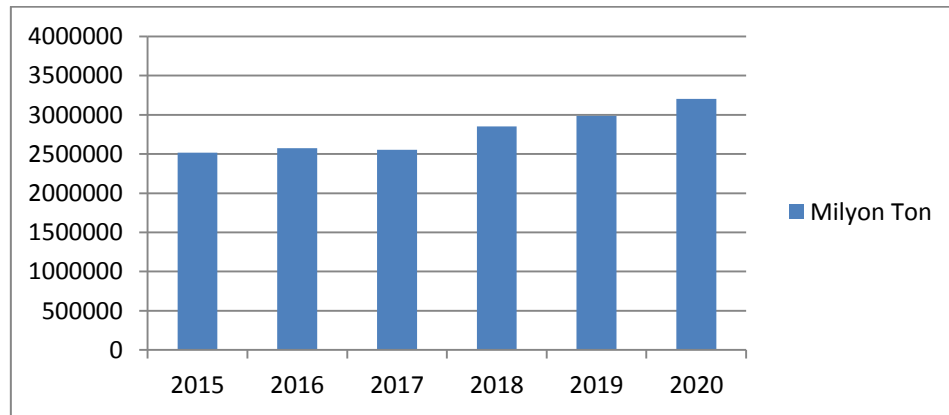


Şekil 9: Türkiye’de Ham Petrol Rezervi

Kaynak: MAPEG (2020)

Türkiye ham petrol rezervleri incelendiğinde 2015 yılından 2020 yılına kadar çok fazla artış yaşanmamakla birlikte aynı seviyelerde seyir izlemiştir. Türkiye’nin petrol rezervinin en yüksek seviyesi 2020 yılında gerçekleşmiştir. Bu oran 2015 yılında 1.053 milyar ton iken 2020 yılında 1.081 milyar tona ulaşmıştır.

Türkiye ham petrol üretimi incelendiğinde ise, yıllar itibarıyla artış gösterdiği görülmektedir. 2015-2020 yılları petrol üretimleri Şekil 10’da gösterilmektedir.



Şekil 10: Türkiye’de Ham Petrol Üretimi

Kaynak: MAPEG (2020)

2019 yılı ham petrol üretimi incelendiğinde toplam da 2.984.800 ton ham petrol üretimi gerçekleştirilmiştir. 2020 senesinde ise toplam 3.202.924 ton ham petrol üretilmiştir. Bu durumda 2020 yılında üretilen petrol, 2019 senesinde üretilen petrole göre artış göstermiştir (MAPEG, 2020).

2.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerjinin birçok tanımı bulunmaktadır. Bunlardan birisi doğal yaşamda devamlı ve birbirini tamamlayacak şekilde ortaya çıkacak akımlardan oluşturulacak enerji yenilenebilir enerjidir. Bir başka tanımı ise, “kullanıldıkça aynı miktarda kendini tamamlayan enerjidir” denilebilmektedir (Erdoğan, 2014: 12).

Dünya’da fosil kaynakların gün geçtikçe azalması ve ileriki zamanlarda enerji ihtiyacını karşılayamaması nedeni ile yenilenebilir enerji önem kazanmıştır. Günümüzde küresel elektrik üretiminde YEK (Yenilenebilir Enerji Kaynakları)’lerin durumu dünya elektrik üretiminin yaklaşık olarak 1/4’ünü karşıladığı görülmektedir (Karagöl ve Karavaz, 2017: 197).

Yenilenebilir enerji kaynakları, kullanılan enerjiye denk ve kaynağın tükenme hızından daha hızlı kendini yenileyip aynı kalan kaynaklardır. Fosil yakıtların çevreye olan etkileri ve çok maliyetli olması da yenilenebilir enerjinin önemini arttırmıştır (Kaya, 2018: 32). Tüm dünya gelişmişlik durumlarına bakmadan yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimi için en etkin ve verimli bir şekilde çalışmaktadır. Türkiye’nin coğrafi yapısı ise yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi için oldukça uygundur (Karaaslan ve Aydın, 2020).

Yeryüzünde birçok yenilenebilir enerji kaynağı bulunmaktadır ancak bunlardan en çok kullanılan türleri hidroelektrik, güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve hidrojen enerjisidir.

2.2.3.1. Hidroelektrik

Hidroelektrik enerjisi suda oluşan hareketlerle meydana gelen mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesidir. Yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerjisini üretmenin en bilinen ve en güçlü yöntemi ırmakların üzerine barajlar kurarak suyu belli bir alanda toplayarak ve bu toplanan sudan meydana gelen enerjiden yararlanılarak elektrik enerjisi üretilmesidir (Damgacı, 2017: 631). Hidroelektrik üretiminde su; cebri boru ya da kanal aracılığıyla yüksek bir kottan tribünlere doğru itilir ve bu alanda mekanik enerjiye çevrilir. Meydana gelen bu

mekanik enerji jeneratörlerin dönmesiyle birlikte elektrik enerjisini üretmektedir (Akdoğan, 2006).

Hidroelektrik enerji santralleri başka enerji kaynaklarına göre daha az riskli olması ve daha çevrecil olması yönüyle kendisini öne çıkarmaktadır. Elektrik üreten hidroelektrik santraller çevreye temiz, yenilenebilir, yakıt gideri olmayan, verimliliği yüksek, enerji fiyatı açısından önemli, ömrü uzun, işletme giderleri az ve en önemlisi ülkeleri dışa bağımlı kılmayan yerli enerji kaynaklarıdır (Erdoğan, 2014: 58).

İlk hidroelektrik santral (ilk elektrik santrali) 1882 senesinde Londra'da kurulmuştur. 20.yy'ın ilk evrelerinden itibaren hidroelektrik tüketimi artmaya başlamıştır ve bu durum petrolün birincil enerji hammaddesi olduğu sürece kadar devam etmiştir. Bu devam eden süreç içerisinde Avrupa ve Amerika'da barajlar ve HES (Hidroelektrik Santral)'ler kurulmuştur. Elde edilen bu tecrübe ile hidroelektrik enerji tesis elemanlarının inşası ve üretimi bir iş alanı durumuna gelmiş ve bunun neticesinde bütün dünyaya donanım ve bilgi sunmuştur (Mercan, 2014: 5).

2.2.3.2. Güneş Enerjisi

Bir yıldız türü olan güneş 4 milyar seneden daha uzun zamandır yanmakta olan bir füzyon reaktörüdür. Dünya için önemli olan güneş enerjisi ise güneşin iç çekirdeğinden çıkan füzyon gücüdür. Güneş enerjisi o kadar güçlüdür ki 1 dakika içerisinde tüm dünyanın enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir (Aydın, 2020: 17).

Güneş gezegenimizin ışık ve ısı ihtiyacını karşılamaktadır. İnsanlar güneş enerjisinden etkili bir şekilde faydalanmakta geç kalmış olsalar da yapılan önemli çalışmalar geleceğe umutla bakmamızı sağlamaktadır. Gezegenimize gelen güneş ışınlarının tahmini olarak %30'luk kısmı yansılardan dolayı dünya atmosferine girmeden uzay boşluğuna geri gitmektedir. Geride kalan %70'lik kısım ise atmosferin içine alınarak yeniden uzay boşluğunun derinliklerine doğru uzun boylu dalga ışınlar şeklinde yayılmaktadır. Dünya yüzeyi hayatın devam edebilmesi için yeterli ve dengeli bir düzeyde ve hatta devamlı bir şekilde ışınım almakta ve yansıtmaktadır. Dünyamıza gelen bu enerji seviyesi gücü çok yüksektir. Yapılan bir araştırmaya göre 1 metre kare başına yaklaşık olarak 1,35 kW güneş enerjisi elde edilmektedir. Bu yapılan araştırma sonucunda 1 yılda dünyaya gelen güneş enerjisinin yaratmış olduğu enerji dünyadaki bilinen bütün kömür rezervlerinin yaratacak olduğu enerjiden 50 kat daha fazladır (Erdoğan, 2014: 16).

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde var olan füzyon reaksiyonu olan hidrojen gazının helyuma çevrilmesi sonucunda meydana çıkan etkili bir enerji çeşididir. Bu enerji dünyamıza güneş ışınları aracılığıyla ulaşmaktadır ve bu enerjiden faydalanmak amacı ile çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin en önemlisi, güneş enerjisini direkt olarak ısı enerjisine çevirmek ya da dolaylı bir şekilde elektrik enerjisine çevirerek kullanmaktır (Koç ve Kaya, 2015: 36).

Güneş enerjisinin temiz ve yenilenebilir enerji olma özelliği vardır. Gücü sınırsız ve çevre dostudur. Güneş enerjisinin küresel kapasitesi son zamanlarda önemli derecede artmıştır (Aydın, 2020: 55). Tüm bu anlatılanlarla birlikte güneşten gelen ışınımın dünyamıza gelmesi coğrafi, mevsimsel ve günlük etkenlerden dolayı farklılık gösterebilmektedir. Bu durumlar güneş enerjisini aralıklı, değişken, dağınık ve düşük yoğunluklu vb. özellikler katarken, çok güçlü bir enerji kaynağı olmasını etkilememektedir (Nuri, 2008).

2.2.3.3. Rüzgâr Enerjisi

İnsanoğlu yıllarca rüzgârdan gemileri hareket ettirmek için, yel değirmenlerinde un üretmek için ve buna benzer birçok çeşitte faydalanmıştır. Günümüzde ise hızla artan elektrik tüketimini karşılayabilmek için rüzgâr enerjisinden yararlanılmaktadır (Nuri, 2008).

En değerli yenilenebilir enerji çeşidinden bir tanesi olan rüzgâr enerjisi güneşin yeryüzünü değişik şekilde ısıtmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda yer yüzeyinin farklı seviyelerde ısınması havanın basınç, sıcaklık ve nem değerlerinde farklılıklar oluşturması nedeniyle basınç değişiklikleri olmakta ve bu durumda havanın hareketini sağlamaktadır. Yüksek basınçtan alçak basınca doğru olan bu hava hareketi rüzgârdır. Rüzgâr tribünleri de rüzgârın hızından meydana gelen kinetik enerjiyi ilk olarak mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürerek elektrik üretir (Koç ve Şenel, 2013: 32).

Kara, deniz ve havanın sıcaklık oranları birbirinden farklıdır. Bu farklılığın nedeni ise basınçtan kaynaklanmaktadır ve bu basınç farklılıklarına bağlı olarak rüzgârlar oluşmaktadır. Bu rüzgârlardan mekanik veya ısı enerjisi elde edilebilir. Rüzgârdan elde edilecek olan enerji rüzgâr hızıyla bağlantılıdır. Rüzgârın hızı yükseklikle gücü ise hızının küpü ile orantılı olarak artmakta ve rüzgârın sağlayacağı enerji esme saatine ve şiddetine bağlı olmaktadır (Durak, 2005: 18).

Rüzgâr enerjisi kirliliğe neden olmayan, tamamen doğal ve tükenmesi öngörülme-yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi dünyamızda doğal bitki örtüsüne, insan yaşamına, atmosferde yüksek derecede ısınmaya ve asit yağmurları gibi olumsuz etkilere sebep olan bir enerji çeşidi değildir. Tüm bunlara ek olarak yenilenemeyen enerjilerden tasarruf sağlar, herhangi bir radyoaktif etkiye sahip değildir ve teknolojisi hızlı gelişmektedir. Rüzgâr enerjisi hızlı ve kolay olarak elektriğe çevrilebilmektedir (Güler, 2005: 209).

2.2.3.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji yer yüzeyinin derinliklerinde oluşan ısının oluşturduğu, mevcut sıcaklığı daima 20 dereceden yüksek, sıradan yeryüzü ve yer altı sularına göre daha çok erimiş mineral, çeşitli şekilde tuzlar ve gazları içinde barındıran bir enerji çeşididir. Jeotermal enerji çoğunlukla ısınmada, elektrik üretiminde ve birçok sanayi tesislerinde enerjinin hammaddesi şeklinde kullanılan, kimyasal madde üretimine olanak sağlayan ve bunlara ek olarak turizm ve sağlık turizmi içinde kullanılmaktadır. Genel olarak bakıldığında basınç altındaki su ve buharla birlikte devamlı yüzeye aktarılan ısı enerjisidir (Öztürk, 2008:367).

Jeotermal enerji dünyanın oluşumu ile beraber minerallerin radyoaktif bozulmasından dolayı yer kabuğunun içinde devamlı olarak üretilmektedir. Dünyamızın yer kabuğu ve çekirdeği ile arasındaki sıcaklık değişikliği yer kabuğuna çekirdekte sürekli ısı şeklinde termal enerji yayılmasına neden olmaktadır. Jeotermal enerjinin pratik kullanımı için 4 ana yöntem vardır. Bunlar ısı pompaları, doğrudan kullanım, enerji santrali ve geliştirilmiş jeotermal düzeneklerdir. Jeotermal enerji oldukça büyük, sürekliliği olan ve iklim koşullarından etkilenmeyen önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Jeotermal santrallerin kurulumunda belirli sınırlamalar vardır ve bu santrallerin kurulumu o bölgedeki arazi istikrarını kötü yönde etkileyebilmektedir. Bu kurulan jeotermal enerji santrallerinden çok az şekilde nitrit oksit, metan, karbondioksit ve kükürt yayılmaktadır (Süngü, 2020: 14).

Yer kabuğunda tahminen dünya enerji ihtiyacını daha fazla karşılayabilecek daha fazla miktarda ısı mevcuttur. Yeryüzünün ısı kaynağı olan çekirdeğin sıcaklığı yeryüzünün kabuğunu oluşturan mantolara oranla çok daha sıcaktır yalnız bu derinliklere inmek imkânsızdır. Yüzeyin derinliklerindeki radyoaktif değerlerin tam olarak bilinmediği için ve buna benzer birçok belirsizliklerden dolayı yeryüzünün

toplam ısı potansiyelini belirlemek çok zordur ve buna ek olarak toprağın daha alt kısımlarında maddelerin özellikleri bilinmediği ve yüzeydeki özellikleriyle farklılık gösterebileceği düşünülmektedir (Erdoğan, 2014: 33).

2.2.3.5. Biyokütle Enerji

Biyokütle doğal bir şekilde meydana gelen bitkisel ve hayvansal kökenli organik maddelerdir. Pratikte bakıldığında biyokütle çerçevesinde genellikle orman ve tarım ürünlerinin artıklarından oluştuğu anlaşılmaktadır (Bozkurt, 1980:94).

Biyokütle enerjisi geleneksel olarak ateşin bulunduğu günlerden itibaren farkında olunan ve kullanılabilen enerji çeşididir. Modern bir şekilde biyokütle enerji tüketimi 21.yy da başlamıştır. Biyokütle enerjisinin modern şekilde kullanıldığı çeşitleri; biyodizel, biyodimetileter, biyogaz, biyoyağ, biyomentanol ve biyoetanol gibi yakıt türleridir. En çok kullanılan çeşitleri ise biyogaz, biyodizel ve biyoetanoldür (Akova, 2008).

Biyodizel; hayvansal yağlar, kolza, soya, günebakan ve aspir gibi yağlı tohumlar kullanılarak üretilmektedir. Biyoetonanın üretimi ise buğday, içinde şeker bulunan mısır, şeker pancarı gibi tarımsal ürünlerin fermantasyonu neticesinde meydana getirilmektedir. Biyogaz ise organik olan maddelerin bitkisel, hayvansal ve sanayi atıkları gibi atıkların oksijensiz durumlarda fermantasyonu ile meydana gelen çoğunluklu olarak karbondioksit ve metan gazıdır. Biyogaz üretimi organik maddelerin hem enerjiye çevrilmesine hem de bu atıkların toprağa kazandırılmasına yardımcı olmaktadır (Öğüt, 2007:130).

Genel olarak biyokütle enerjisi yaşamımızda var olan organik atıkların fosilleşmeden önce yanma tepkimesine uğrayarak elde edilmektedir. Biyokütle kaynakları 4 gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar (Büyükikiz, 2019: 10);

1. Bitkisel biyokütle kaynaklar

Aşağıda bitkisel biyokütle kaynaklarına örnekler verilmektedir:

- ✓ Bitkisel ve tarımsal atıklar (Sap, saman, dal, odun, kök, kabuk vb.)
- ✓ Tohumu yağlı olan bitkiler (Günebakan, soya fasulyesi, kanola çiçeği vb.)
- ✓ Proteinli bitkiler (Fasulye, bezelye vb.)
- ✓ Nişasta ve şekerli bitkiler (Şeker pancarı, buğday, patates, mısır vb.)
- ✓ Elyaf bitkileri (Miskantus, sorgum, kenah, kenevir, keten vb.)

2. Organik çöpler şehir ve sanayi atıklarından oluşan biyokütle kaynakları

Organik çöpler, şehir ve sanayi atıklarından oluşturulan biyokütle kaynakları, kanalizasyon ve dip çamurları, kâğıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, endüstriyel ve evsel atıklar, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıklarıdır.

3. Orman ürünlerinden meydana gelen biyokütle kaynakları

Bu tür kaynakları odunsal ve ormansal atıkları meydana getirmektedir.

4. Hayvansal biyokütle kaynakları

Sığır, at, koyun ve tavuk gibi hayvanların dışkıları, hayvanların kesim sırasında meydana gelen atıklar ve hayvansal ürünlerin işlenmesi esnasında meydana gelen atıklardır.

2.2.3.6. Hidrojen

Periyodik sistemin ilk elementi konumunda bulunan hidrojenin çekirdeğinde bir proton ve orbitalinde bir elektron bulunmaktadır. Evrende bulunabilirlik açısından en çok bulunan hidrojen elementidir ve çevreyle oldukça uyumludur ve doğada da birleşik şekilde çok yaygın bulunmaktadır. Mesela suyun içerisinde hidrojen, oksijen ile birleşik bir şekildedir ve suyun içerisinde %11,2 oranında hidrojen bulunmaktadır. Ayrıca hidrojen insanların bedeninin tahmini olarak %10'unu oluşturmakta, ham petrol ve kömürün içerisinde karbonla birleşmiş şekilde bulunmaktadır. Bununla birlikte kil ile mineraller çoğunlukla oksijenle birleşmiş şekilde önemli derecede hidrojen barındırırlar. Hatta bütün nebati ve hayvani maddeler bile karbon, oksijen, azot, kükürt gibi elementlerle birleşik şekilde bulunan hidrojeni bünyelerinde bulundururlar.

Hidrojen doğal bir yakıt değildir ve birincil enerji kaynaklarından faydalanılarak farklı hammaddelerden meydana getirilebilen sentetik bir yakıt türüdür. Hidrojen yakıt olarak ilk olarak ABD'de 1956 senesinde denenmiştir ve günümüzde de uzay mekiklerinde ve uzay araştırma roketlerinde yakıt için kullanılmaktadır (Kükürer, 2007: 30). Tablo 4'te hidrojenin tarihsel gelişimi gösterilmiştir (Şenaktaş, 2005: 25).

Tablo 4: Hidrojenin Tarihsel Gelişimi

Tarih	Bilim Adanı	Destek
16.yy	Paracelsus	Hidrojen gazının tabiatı ortaya çıkarılmış
16.yy	Van Helmot	Hidrojen havanın özel bir türü olarak tanımlanmış
1671	Robert Boyle	Demir tozu+ seyreltik asit reaksiyonunda hidrojene rastlanmıştır
1766	Henry Cavandish	Hidrojen gazının özellikleri tanımlanmıştır
1783	Lavoisier	Hidrojen gazının adı verilmiştir
1820	Anonim	Hidrojenin yenilenebilir enerji olarak kullanılma fikri doğmuştur
1911	Carl Bosh	Hidrojen gübre üretiminde kullanılmıştır
1970	Enstitüler	Hidrojen, enerji taşıyıcı olarak düşünülmüştür
1974	T. Nejat Veziroğlu	Çağdaş boyutta hidrojen enerjisi kullanılmaya başlanmıştır ve ilk defa bilimsel arenada tartışılmıştır

Kaynak: Şenaktaş (2005)

Hidrojen tüketimi başka gazlara göre daha karmaşık ve farklıdır. Hidrojen molekülleri, boru hatları, bağlantılar, vana gibi materyaller bileşenlerin seçimi ve üretim esnasında çok dikkatli olunmalıdır. Bu yüzden bileşenlerin seçimi oldukça önem arz etmektedir. Hidrojen bir yerden başka bir yere gönderilirken herhangi bir sızıntı olmaması için boru hatları çok kalın ve özenli bir şekilde oluşturulmaktadır. Bunun sebebi de hidrojenin temas materyali üzerinde dejeneratif görüngüler sebep olabilmesindedir. Hidrojen enerjisinin birçok fiziki özellikleri bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Habash, 2018: 4).

Tablo 5: Hidrojenin Fiziksel Özellikleri

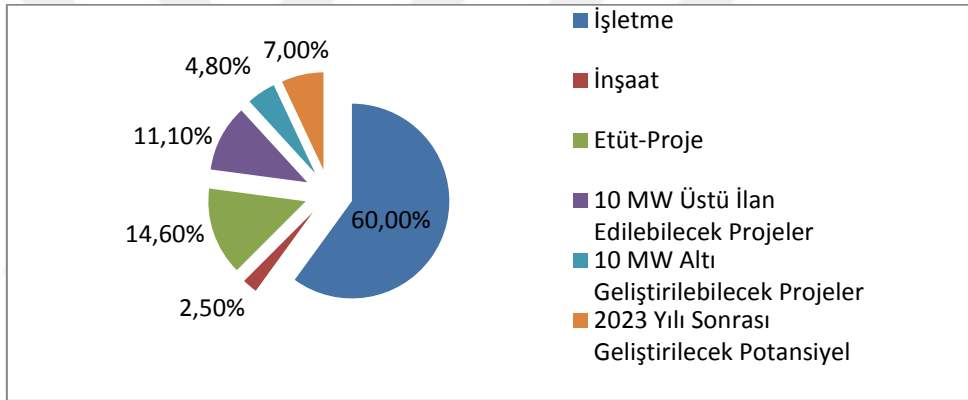
STP Gaz fazlı erime noktası	14,025 K
Kaynama noktası	20,268 K
Molar hacmi	11.42 – 10 ⁻³ m ³ mol
Buharlaştırma entalpisi	0,44936 kJ/mol
Füzyon entalpisi	0,05868 kJ/mol
Yoğunluk	0,0899 kg/m ³
Ses hızı	298.15 K’ da 1270 m/s
Elektronegativite	2.2 (Pauling ölçeği)
Özgül ısı kapasitesi	14304 J/(kgK)
Elektrik iletkenliği	Tatbik Edilemez
Isı iletkenliği	0,1815 W/(mK)
İyonizasyon enerjileri	1312,06 kJ/mol
Alt kalorifik değer	110,9 – 10,1 (MJ/kg – MJ/Nm ³)
Asgari ateşleme enerjisi	0.02 mJ
Stokiyometrik alev hızı	2.37 m/s
Yoğunluk	0.084 kg/Nm ³
Kaynama noktası	20.4 K
Kritik nokta	32.9 K
Özgül ısı	14,9 kJ/(kg K)
Tutuşabilirlik sınırları (Hacim yüzdesi ile)	4 – 75%

Kaynak: Habash (2018)

2.2.4. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu

2.2.4.1. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Üretimi

Türkiye teknik şekilde değerlendirildiğinde hidroelektrik enerji üretimi potansiyelinin %1,5’i Avrupa potansiyelinin ise %12,6’sıdır. Türkiye sahip olduğu bu potansiyelle ülkeler arasında Rusya’nın arkasında 2. sıraya sahiptir. Fakat Türkiye bu potansiyele rağmen potansiyelinin gelişimi bakımından tatmin edici bir seviyede değildir. Uluslararası Enerji Ajansına (IEA) göre 2020 senesi ve sonrasında enerji tüketiminde dünya çapında hidroelektrik enerjisinin payı ve diğer yenilenebilir enerjilerin payı 2016 senesine göre %53 oranında artış göstereceği düşünülmüştür. Bu her güçteki hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilmesi şeklinde yorumlanabilmektedir (Türkoğlu Elitaş, 2016: 18). Türkiye’nin hidroelektrik potansiyeli Şekil 11’de gösterilmiştir.



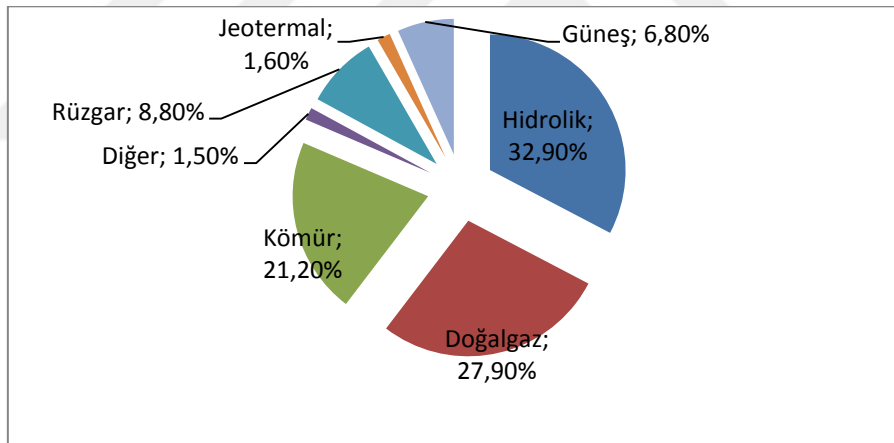
Şekil 11: Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyeli

Kaynak: DSI (2020)

Yenilenebilir enerji, doğada devamlılığı bulunan kaynaklardan meydana gelen enerjidir. Küresel iklim değişikliğinde enerji üretiminden kaynaklı etkenin azaltılması için temiz yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmiştir. Bu açıdan bakıldığında hidroelektrik enerji üretiminin çoğaltılması iklimsel değişikliklerin azaltılmasında önemli bir etken olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, kullanılan enerji çeşitliliğinin çoğaltılması ve yerli enerji kaynaklarının kullanılması mevzuu enerji güvenliği için kabullenilen en etkili unsurlardan bir tanesidir. Bu açıdan incelendiğinde hidroelektrik potansiyelinden en yüksek seviyede faydalanılması gerektiği görülmektedir (Yılmaz, 2015: 87).

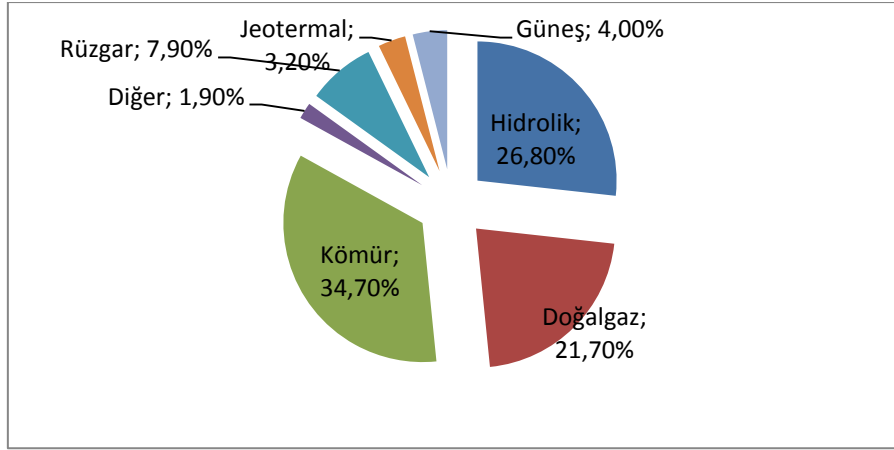
Türkiye’de üretilen hidroelektrik enerjisi birincil enerji kurulu gücü içerisinde %32,9’luk bir paya sahipken, tüketimin ise %3,9’luk kısmını karşılamaktadır.

Türkiye'nin toplam yenilenebilir enerji üretimi 2018 yılında 59,9 milyar kWh, 2019 yılında ise hidroelektrik kaynaklı elektrik üretimi 68.452 GWh değerinde olmuştur. Hidroelektrik enerji santralleri 2018 yılında toplam 28.291 MW'lık kurulu güce sahipken, 2019 yılında kurulu gücü 28.437 MW değerine yükselmiştir. Türkiye'de bulunan toplam hidroelektrik santralleri ise 653 adet olmuştur (ETKB, 2020). Türkiye'de iklime bağlı olarak seneden seneye hidroelektrik üretimi değişkenlik göstermektedir (Yılmaz, 2012). Şekil 12'de hidroelektrik enerjinin 2020 yılındaki kurulu güç değerlerine bakıldığında ise birincil enerji üretim kaynakları içindeki payı %32,9 olarak gerçekleşmiştir. Dolayısıyla birincil enerji kaynakları içerisinde en büyük paya sahip konumdadır. Şekil 13'e bakıldığında ise enerji kaynakları arasında hidroelektrik enerjinin üretim kapasiteleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en büyük paya %34,7 oranı ile kömür, %26,8 oranı ile hidroelektrik ve %21,7 oranı ile doğalgaz sahiptir (DSİ, 2020). Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki diğer kaynakların üretim payları ise daha az oranlara sahip olarak; sırasıyla rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve jeotermal enerji şeklinde devam etmektedir.



Şekil 12: Türkiye'de Birincil Enerji Üretim Kaynakları İçinde Hidroelektrik Enerjinin Kurulu Gücü

Kaynak: DSİ (2020)



Şekil 13: Türkiye’de Enerji Türlerinin Kaynakları İçinde Hidroelektrik Enerjinin Üretim Miktarı

Kaynak: DSi (2020)

Türkiye’de kurulu olan hidroelektrik santrallerinde en büyük kurulu güce sahip olan 10 santral Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6: Türkiye’deki En Büyük 10 Hidroelektrik Santralleri

Göl	Kurulu Güç (MW)	Yer
Atatürk Barajı	2.405	Şanlıurfa
Karakaya Barajı	1.800	Diyarbakır
Keban Barajı	1.330	Elazığ
Ilısu Barajı	1.209	Mardin
Altinkaya Barajı	703	Samsun
Birecik Barajı	672	Şanlıurfa
Deriner Barajı	670	Artvin
Yukarı Kaleköy Barajı	627	Bingöl
Beyhan Barajı	582	Elazığ
Oymapınar Barajı	540	Antalya

Kaynak: Enerji Atlası (2021)

Hidroelektrik santral çeşitleri şunlardır (İncitaş, 2021):

- ✓ **Su Tutma Tesisleri:** Barajlar inşa edilerek büyük su rezervuarı oluşturulmaktadır. Hidroelektrik santrallerden en çok bilinen ve kullanılan şekli baraj kurulumudur. Barajlarda tribünler vardır ve bu tribünlerden geçen su ile elektrik enerjisi meydana getirilmektedir.
- ✓ **Pompalama Tesisleri:** İnşa edilen barajların alt bölümlerinde başka bir su rezervuarı bulunarak pompalama tesisleri inşa edilir. Bu tesisler su tutma tesislerine benzemektedir. İleriki dönemlerde ihtiyaç duyulması durumunda buralarda depolanan su üst rezervuara pompalanmaktadır.

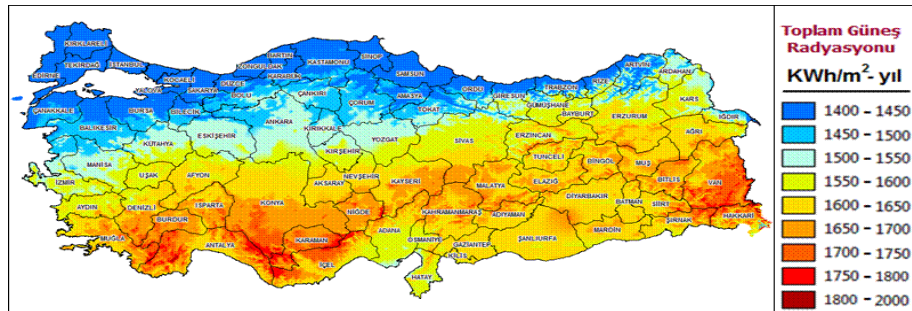
- ✓ **Akar Su Tesisleri:** Doğal su debisinden meydana gelen elektrik enerjisidir. Bunun için baraj kurulmaz.

Hidroelektrik santrallerinin tüketim alanları ise şöyledir (İncitaş, 2021):

- ✓ **Elektrik Üretimi:** Hidroelektrik santrallerinin asıl kurulum amacı elektrik enerjisi üretmektir. Diğer enerji kaynaklarına göre maliyetinin düşük olması ve çevreye zararının az olması nedeni ile HES'ler daha çok tercih edilmektedir. Nükleer ve fosil yakıtlar gibi insan sağlığı ve doğayı tehdit etmemesinden dolayı HES'lerin kurulumu çoğalmaktadır.
- ✓ **Tarım:** Hidroelektrik enerji ile sulanabilir tarım alanları genişlemiştir. Akarsuyun gücünden faydalanılarak un üretimi yapılabilir. Geçmiş tarihe bakıldığında HES'ler sayesinde tarımsal sulama yapan ilk medeniyet Mısır uygarlığıdır.
- ✓ **Endüstriyel Kullanım:** Geçmiş medeniyetlere bakıldığında hidroelektrik tesislerin kurulmasıyla köruk sürüldüğü bilinmektedir.
- ✓ **Enerji Açığının Kapatılması için Kullanımı:** Fosil yakıt kaynaklarının gün geçtikçe azalmasından dolayı doğal enerji türlerine olan rehavet artmıştır. Bu durumda rüzgâr ve güneş enerjisine ek olarak suyun gücünden de faydalanılmaktadır. HES'lerden sağlanan elektrik ülkemiz için önemli bir enerji kaynağıdır.

2.2.4.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi Üretimi

Türkiye 36-42 kuzey enlemleri ile 26-45 doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Türkiye'nin bu coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli başka birçok ülkeye göre Türkiye'ye daha büyük avantajlar sağlamaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli Şekil 14'te gösterilmiştir.



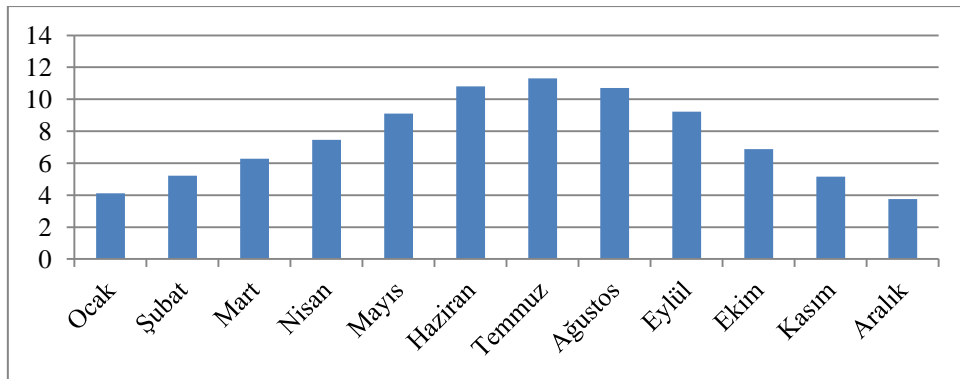
Şekil 14: Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: GEPA (2020)

Türkiye’de 1960’lı senelerin başlarından bu yana güneş enerjisi alanında çalışmalar başlamıştır. Türkiye’de güneş enerjisinin ısıl uygulamaları ile alakalı çalışmalar 1970’li senelerden itibaren gelişmeye başlamıştır. Güneş enerjisi ile alakalı ilk ulusal kongre 1975 senesinde İzmir ilinde olmuştur. İlk pasif güneş enerjisi uygulaması 1975 senesinde Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde kurulmuştur. 1978 senesinde Ege Üniversitesine bağlı tek güneş enerjisi enstitüsü kurulmuştur. 1977-1985 seneleri arasında Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü tarafından güneş enerjisi düşük sıcaklık uygulamaları ve endüstriyel ısıl enerji gereksiniminin modellenmesi amacıyla projeler oluşturulmuştur. Türkiye’de ilk olarak fotovoltaik güç sistemi destekli su pompası sistemi 1988 senesinde Ege Üniversitesi Güneş Enerji Enstitüsünde kurulmuştur. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye’deki ilk şebeke bağlantısı olan 4,8 kWp’lik fotovoltaik güç sistemi Didim’de inşa edilmiştir (Kaplukan, 2014: 70).

Türkiye’de güneş enerjisi alanında çalışmalar 2011 senesine kadar Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktaydı. 2 Kasım 2011 tarihinden itibaren ise güneş enerjisi alanındaki çalışmalar ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)’ye bağlı durumda olarak Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafınca sürdürülmektedir (Çeçen, 2018: 116).

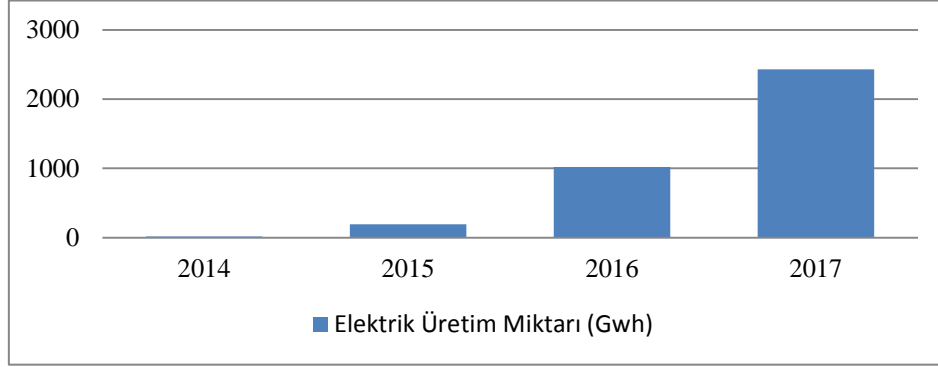
Türkiye’nin yıllık güneşlenme durumu Haziran-Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek seviyede Aralık ve Ocak ayları en düşük olan aylardır. Bu durum yıldan yıla değişiklik gösterse de ortalama olarak yıllık güneşlenme süresi 2.737 saattir. Bu da ortalama günde 7,5 saat demektir. Şekil 15’te aylara göre güneşlenme süreleri gösterilmektedir (Altuntaş, 2019: 78).



Şekil 15: Türkiye Güneşlenme Süreleri (saat)

Kaynak: Altuntaş (2019)

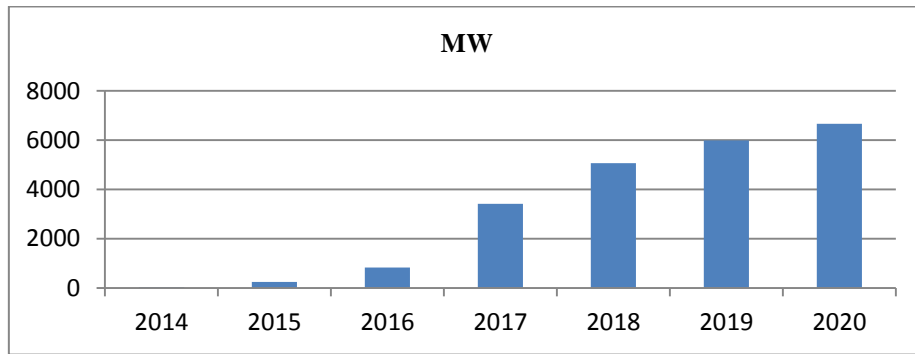
Şekil 16’da ise 2014 ve 2017 yılları arasında güneş enerjisi ile elektrik üretim miktarı gösterilmektedir (Akçay, 2019: 27).



Şekil 16: Yıllara Göre Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretim Miktarı

Kaynak: Akçay (2019)

2020 yılı Ağustos sonu itibariyle Türkiye toplam kurulu gücü 95.890,6 MW olurken kurulu gücün 6.667,4 MW’lık kısmı güneş enerji santrallerinden (GES) sağlanmıştır. 2021 yılı Temmuz ayında güneş enerjisinde kurulu gücü 7.324,1 MW’a ulaşmıştır. Kurulu gücün 698,5 MW’sunu lisanslı santraller, 6.625,6 MW’sunu ise lisanssız santraller oluşturmaktadır. Bu dönemde güneş enerjisinin toplam kurulu güç içindeki payı %7,5’i yenilenebilir enerji kurulu gücündeki payı ise %14’e ulaşmıştır. Güneş enerjisi kaynaklarında Temmuz ayı sonu itibariyle elektrik üreten santral sayısı 7.995’e ulaşmıştır. 2021 Eylül ayında güneş enerjisi kurulu gücü 866,9 MW artış ile 7.534,3 MW değerine ulaşmıştır (TEİAŞ, 2021). 2014 ve 2020 yılları arasında Türkiye güneş enerjisi kurulu gücündeki artış Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 17: Türkiye Güneş Enerji Santrallerinin Kurulu Gücü

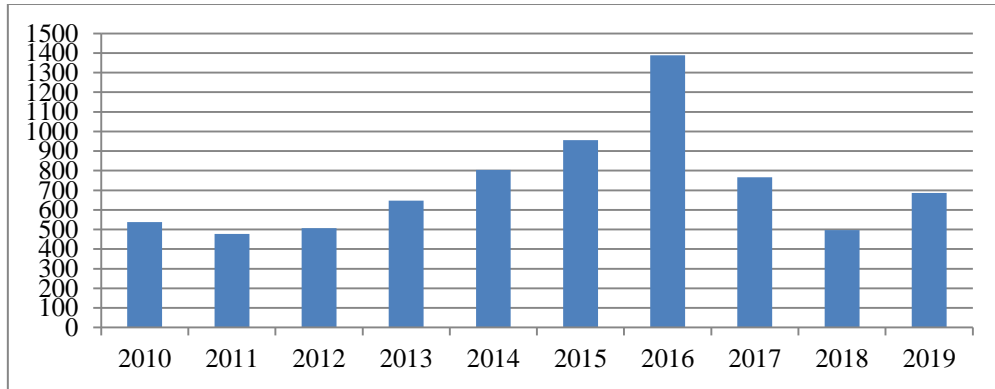
Kaynak: TEİAŞ (2021)

2.2.4.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Üretimi

Türkiye birçok yenilenebilir enerjide olduğu gibi rüzgâr enerjisi konusunda da oldukça avantajlı bir jeopolitik bir konuma sahiptir (Bekar, 2020: 3). Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları içinde gelişme potansiyeli en yüksek olan enerji çeşidi rüzgâr enerjisidir. Bu durumun en büyük nedenlerinden biri ise Türkiye’nin 3 tarafının denizle kaplı olması ve bu sayede denizlerden gelen hava akımlarına maruz kalmasıdır.

Türkiye’de kurulan ilk rüzgâr enerjisi santrali Çeşme Germiyan’da kurulmuş ve ikinci kurulan santral de aynı yıl içinde kurulan Çeşme Alaçatı santralidir. Çeşme Germiyan santralinin gücü 1,7 MW iken Çeşme Alaçatı santralinin gücü ise 7,2 MW’tır. Bunlarla birlikte ülkemizdeki en büyük rüzgâr enerjisi santrali Balıkesir Şanlı’da bulunan santraldir (Koçarlan, 2010: 7).

Şekil 18’de 2010 ve 2019 yılları arasında kurulan rüzgâr enerjisi santralleri gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere Türkiye geçmiş yıllarda rüzgâr enerjisi santrali konusunda oldukça düşük seviyede iken 2016 senesinde çok daha yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bunun en büyük nedeni ise Türkiye’nin önceki yıllarda rüzgâr enerjisi potansiyelinin farkına varılamaması ve bu santrallerin kurulumu için yeterli desteğin verilmemesindedir (Özarlan, 2017: 45).

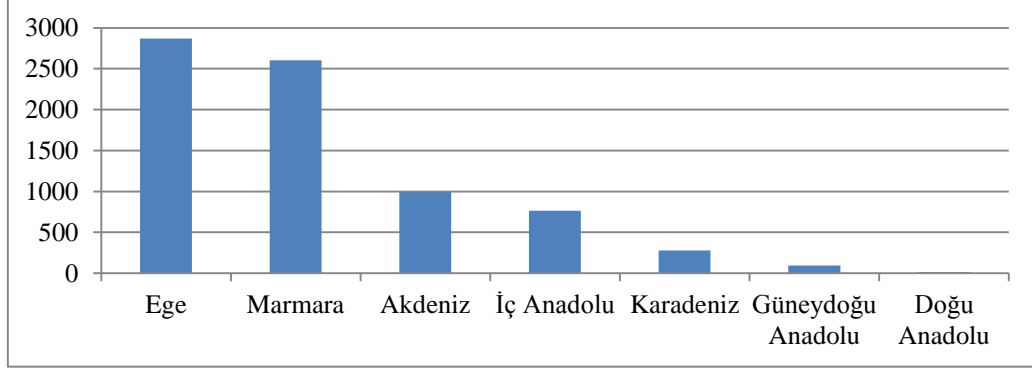


Şekil 18: Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Santralleri İçin Yıllık Kurulum (MW)

Kaynak: TÜREB (2020)

Şekil 19’dan da görüleceği üzere Türkiye’nin coğrafi bölgelerine göre rüzgâr enerjisi gücü farklılık göstermektedir. Denize kıyısı olan bölgelerde rüzgâr gücü daha yüksektir. Türkiye’nin iç ve doğu bölgelerinde ise rüzgâr gücü daha düşüktür ve bu

nedenle de Türkiye’deki rüzgâr enerji santrallerinin büyük çoğunluğu ve gücü yüksek olan santraller Ege ve Marmara bölgesinde bulunmaktadır (İlkılıç, 2016: 10).

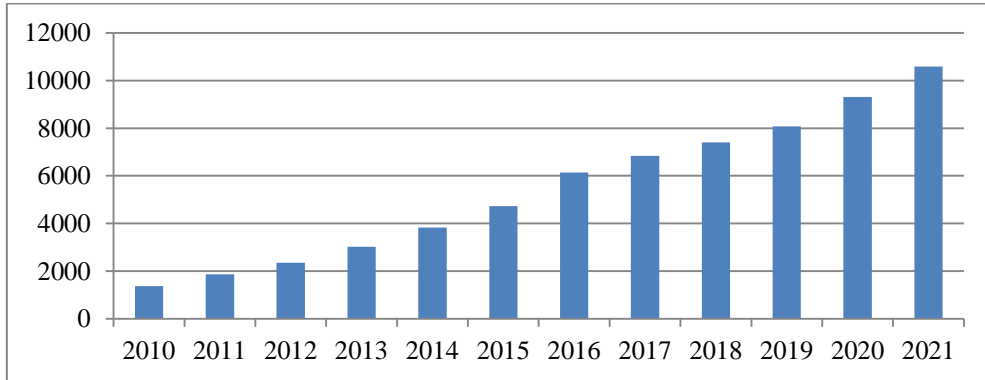


Şekil 19: Türkiye’de İşletmedeki Kurulu Rüzgâr Gücünün Bölgelere Göre Dağılımı

Kaynak: TÜREB (2020)

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB)’in 2018 senesi başında yayınlamış olduğu Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu’na göre 1998 senesinde 8,7 MW kurulu olan güç 2017 senesinde 6.843,3 MW seviyesine ulaşmıştır. 2017 senesi içerisinde 766 MW rüzgâr enerji santrali işletmeye alan Türkiye Avrupa’da 4. Dünya’da ise 8. sırada yer almıştır (TÜREB, 2021).

Şekil 20 ise Türkiye’de 2010 ve 2021 yılları arasındaki rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücünü vermektedir. Bu verilere baktığımızda Türkiye’de kurulu enerji gücünün her yıl yükseldiği ve 2021 yılında bu değer 10.585,14 seviyesine ulaştığı görülmektedir.



Şekil 20: Türkiye’de Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulu Gücü

Kaynak: TÜREB (2021)

2.2.4.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji Üretimi

Türkiye’de ilk olarak 1960’lı yıllarda jeotermal arama çalışmalarına başlanmıştır. Açılan ilk kuyu ise 1963 senesinde İzmir’in Balçova ilçesinde bulunmaktadır. Başlarda arama çalışmaları, elektrik üretimi için potansiyeli fazla olan yüksek ısı derecesi olan sahalar üzerine odaklanılmış ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Teşkilatı ile beraber yapılan çalışmalar neticesinde 1968 senesinde ısı derecesi yüksek bir jeotermal alan olan Kızıldere sahası bulunmuştur. İleriki zamanlarda yapılan çalışmalarda 1960 ve 1970’li senelerde bulunan ve üzerinde çalışılan orta derecede sıcak alanlar olarak kabul edilen yine İzmir’in Balçova ve Seferihisar yaklaşık 150 derecelik alanlardır. 1980’li yıllarda keşfedilen, birisi yüksek sıcaklı ve bir diğeri orta sıcaklıklı olarak kabul edilen 2 jeotermal saha daha keşfedilmiştir. Bunlardan yüksek sıcaklıklı olanı Germencik’te ve orta sıcaklıklı olanları ise Salavatlı ve Simav sahalarıdır (Korkmaz Başel, 2010: 21). 1980 yılından bu yana keşfedilen bazı jeotermal enerji kaynakları Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7: Türkiye’nin Jeotermal Enerji Santralleri (JES)

Yer	İşletmeye Alındığı Yıl	Kurulu Kapasite (MWe)
Efeler (Aydın)	2014	115
Mehmethan (Aydın)	2016	25
Kızıldere (Denizli)	1984	15
Dora 2 (Aydın)	2010	9.5
Sultanhisar (Aydın)	2017	7.5
Tuzla (Çanakkale)	2010	7.5

Kaynak: Zaim ve Çavşı (2018)

Türkiye’de bulunan bu jeotermal enerjinin tüketim alanlarına bakıldığında ise genellikle termal alanlarda tüketildiği görülmektedir. Türkiye’de jeotermal alanlar genellikle orta ve düşük sıcaklıktadır ve bilinen jeotermal alanların neredeyse hepsi doğrudan tüketim için elverişlidir. Tablo 8’de doğrudan tüketim kapasiteleri gösterilmektedir.

Tablo 8: Türkiye’nin Jeotermal Enerji Doğrudan Tüketim Kapasitesi

Kullanım Yeri	Kurulu Kapasite, MWt
Bölgesel Isıtma	1205
Termal ve Sağlık Tesisleri	420
Sera	820
Termal Su Isıtma (Kaplıca)	1005
Toplam	3450

Kaynak: ETKB (2021)

2020 yılı itibariyle Türkiye’de kayıtlı olarak 63 adet jeotermal santrali vardır. Üretilen elektrik enerjisinin tüketilen elektrik enerjisine oranı %3,25’tir. Şuanda bulunan kurulu santrallerin güç ve proje kapsamındakilere bakılırsa; faaliyette olan jeotermal santrallerin mevcut gücü 1.613 MWe’dir (ETKB, 2020). 2019 yılında ön lisans alan santraller %20’sini oluşturarak 396 MWe kapasitesindedir. %8.1’lik kısmını yapım aşamasındaki santraller oluşturmaktadır ve %61 MWe kapasitesindedir. %5,2’si üretim lisansı alınan santrallerdir ve 104 MWe kapasitesindedir. Henüz yapım aşamasında olanlar ise %1’lik kısmı oluşturmaktadır ve 20 MWe kapasitesindedir (Enerji Atlası, 2021). Tablo 9, 10 ve 11 ise lisans, ön lisans ve devrede olan jeotermal enerji santrallerinden bazıları gösterilmektedir.

Tablo 9: Türkiye’de Üretim Lisansı Alan Jeotermal Enerji Santralleri

	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Mis 3 Jeotermal Santrali	Manisa	Soyak Enerji	48 MW
2	Greeneco 5 Jeotermal Santrali	Denizli	Greeneco Enerji	28.05 MW
3	Alaşehir 2 Jeotermal Santrali	Manisa	Zorlu Enerji	24.9 MW
4	Gök Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	İn-Altı Termal Turizm	3 MW

Kaynak: Alper (2019)

Tablo 10: Türkiye’de Ön Lisans Alan Jeotermal Enerji Santralleri

	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Sarı Zeybek JES	Aydın		54 MW
2	Efe 8 JES	Aydın	Güriş Holding	50 MW
3	Mis 2 Jeotermal Santrali	Manisa	Soyak Enerji	48 MW
4	Efe 9 JES	Aydın		36 MW
5	Ala 2 Jeotermal Santrali	Manisa	Maspo Enerji	30 MW
6	Greeneco 6 Jeotermal Santrali	Denizli	Greeneco Enerji	26 MW
7	Kubilay 2 JES	Aydın		24 MW
8	Transmark Jeotermal Enerji Santrali	Çanakkale		19 MW
9	Özmen 3 Jeotermal Enerji Santrali	Manisa	Özmen Holding, Sis Enerji	18.62 MW
10	GCL ND M1 JES	Aydın	GCL ND Enerji	13.43 MW

Kaynak: Alper (2019)

Tablo 11: Türkiye’de Devrede Olan Jeotermal Santraller

	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Kızıldere3 JES	Denizli	Zorlu Enerji	165 MW
2	Efeler Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Güriş Holding	115 MW
3	Kızıldere 2 Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	Zorlu Enerji	80 MW
4	Pamukören Jeotermal Santrali	Aydın	Çelikler Enerji	68 MW
5	Galip Hoca Germencik JES	Aydın	Güriş Holding	47 MW
6	Alaşehir Jeotermal Enerji Santrali	Manisa	Zorlu Enerji	45 MW
7	Maren Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	44 MW
8	Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	MB Holding	34 MW
9	Melih Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	33 MW
10	Greeneco 3 Jeotermal Santrali	Denizli	Greeneco Enerji	26 MW
11	Greeneco Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	Greeneco Enerji	26 MW
12	Efe 7 Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Güriş Holding	25 MW
13	Enerjeo Kemaliye Santrali	Manisa	Enerjeo Kemaliye Enerji Üretim	25 MW
14	Ken 3 JES	Aydın	Kipaş Holding	25 MW
15	Mehmethan Jeotermal Santrali	Aydın	Kipaş Holding	25 MW

Kaynak: Alper (2019)

2.2.4.5. Türkiye’de Biyokütle Enerji Üretimi

Son zamanlarda fosil yakıtların azaldığı görülmekte olup buna önlem olarak tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yenilenebilir enerji çalışmaları hız kazanmış ve biyokütle enerjisine dayalı enerji üretimi oranının artırılması için hedefler belirlenmiştir. Türkiye biyokütle enerjisi üretimi için gerekli olan bitkilerin yetiştirilmesi için uygun toprak ve iklim koşullarına sahip olması ve atıl durumda bulunan büyük miktardaki biyokütle potansiyeli nedeni ile Türkiye biyokütle enerji kaynakları açısından iyi durumda olan ülkelerden birisidir (Kaygusuz ve Türker, 2002).

Türkiye’de bulunan biyokütle kaynakları 4 ana grupta incelenmektedir. Bunlar:

- Ormansal biyokütle kaynakları,
- Bitkisel biyokütle kaynakları,
- Kentsel atıklar,
- Hayvansal biyokütle kaynaklardır.

Biyokütle enerjisi dünya enerji kaynaklarının %10’luk bir kısmını oluşturmaktadır. Fakat bu miktarın büyük bir kısmı klasik yöntemlerle yakılarak ısınma için kullanılmaktadır. Bu durum Türkiye’de de aynı durumda olup meydana

gelen biyokütle kaynaklarının önemli bir kısmı genellikle kırsal alanlarda ısınma ve yemek pişirme gibi ihtiyaçları karşılamak için verimsiz bir şekilde kullanılmaktadır. Biyokütle enerji kaynaklarından daha etkin bir şekilde yararlanmak için YEP (Yeni Ekonomi Programı)'te belirtilen hedefler arasında biyokütle enerjisine dayalı olarak elektrik üretimi amacıyla mevcut kurulu güç üretim kapasitesini 1000 MW (4533 GWh)'e çıkarmaktır (Aslantaş, 2018: 52).

Tablo 12: Türkiye'nin Biyokütle Kaynakları ve Yıllık Potansiyeli

Biyokütle Kaynakları		Atık Miktarı (ton/yıl)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Bitkisel Biyokütle	Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, Ayçiçek, soya vb.)	62.206.754	1.462.159
	Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı vb.)		
	Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus vb.)		
	Protein bitkileri (bezelye, fasulye vb.)		
	Bitkisel ve tarımsal artıklar (dal, sap, saman, kök, kabul vb.)		
Ormansal Biyokütle	Odun ve orman atıkları (enerji ormanları ve enerji bitkileri, çeşitli ağaçlar)	4.800.000	859.899
Hayvansal Biyokütle	Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar	193.878.079	1.084.506
Kentsel Atıklar	Kanalizasyon ve dip çamurları, kâğıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, endüstriyel ve evsel atık sular, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıkları	32.170.975	485.858
Toplam		293.055.808	3.892.422

Kaynak: ETKB (2020)

Türkiye'de biyogaz sektörü başta İstanbul, Samsun, Ankara, Gaziantep ve Kayseri şehirleri olmak üzere çöplerden biyogaz meydana getirilmesi, orman ve su işleri bakanlığı tarafından Anadolu'nun birçok yerinde sürdürülen gazifikasyon, demonstrasyon projeleri ve özel kurumlarda devam etmekte olan çok az sayıda olsa da nitelikli biyogaz projelerinde meydana gelmektedir. 22,6 MW'lık elektrik üretebilme sistemine sahip olan Ankara Mamak çöplüğünden üretilen elektriğin yanında oluşan atık ısı çöplük arazisinde oluşturulan seralarda kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak toplamda 2000 metre kareyi tamamlanabilecek havuzlarda verimli bir biyoyakıt hammaddesi olan algler (su yosunu) yetiştirilmektedir (Tuçbilek, 2015: 32).

Genel bir bakışla biyogaz sektörü Avrupa'da bulunan en büyük çöp biyogaz tesisine sahip olan şehir İstanbul'dur denilebilir. Biyokütle enerjisi oldukça temiz bir çevre sağlarken üretim sonrasında atıklar organik gübreye çevrilmektedir. Türkiye'nin hayvansal atık potansiyeline baktığımızda meydana getirilebilecek biyogaz miktarını 1,5 veya 2 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) olduğu düşünülmektedir. Türkiye'nin biyokütle kaynakları hayvan, tarım, orman ve organik şehir atıklarından meydana gelmektedir. Türkiye'nin atık potansiyeli tahmini olarak 8,6 MTEP olup bu potansiyelin 6 MTEP'i ısınmak için kullanılmaktadır (Gökmen, 2015: 27).

Türkiye'de 2000'li yıllarda başlayan biyodizel sektörü günümüzde hala riskli bir sektör konumundadır. Türkiye'de 56'sı lisanslı olmak kaydıyla 200 tesisten fazla biyodizel tesisi oluşturulmuştur. Bu kurulan tesislerin toplam kapasiteleri 1,5 milyon ton civarındadır ama Türkiye'de yeteri kadar hammadde olmadığı için birçok tesis kapanmıştır. Türkiye'de sadece yerli tarım ürünlerinden aktif bir şekilde biyodizel üreten tek bir firma vardır. Bu firma (DB Tarımsal Enerji Sanayi ve Ticaret AŞ.) İzmir'de faaliyet göstermektedir. Bu firma Uşak'tan Siirt'e Eskişehir'den Turhal'a kadar bulunan verimsiz arazilerde meydana getirilen aspir bitkisi ile biyodizel üretmektedir. Firma yılda 20 bin ton olan üretim kapasitesini yılda 80 bin tona çıkarmayı hedeflemektedir (Türkoğlu Elitaş, 2016: 40).

2.2.4.6. Türkiye'de Hidrojen Enerji Üretimi

Türkiye'nin 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları raporunda, hidrojen teknolojisi konu edinilmiş ve resmileşen kalkınma planında hidrojen enerjisinin önemi belirtilmiştir. Hidrojen enerjisi ne üniversitelerde ne de araştırma kuruluşlarında çok etkili bir şekilde değerlendirilmemiştir. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde hidrojen enerjisi konusunda Uluslararası Enerji Ajansı programları çerçevesinde çalışma yapmak istese de 1996 senesinde bahsi geçen işbirliği sonlandırılmıştır. Hidrojen enerjisi ilk olarak Birleşmiş Milletler yardımı ile ICHET (Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi) projesi dâhilinde İstanbul'da kurulmuştur. 1996 senesinin Kasım ayında Viyana'da gerçekleştirilen 16. Endüstriyel Kalkınma Kurulu toplantısında Birleşmiş Milletler yardımı ile Türkiye'de ICHET kurulması kararlaştırılmıştır. ICHET'in kurulma sebebi gelişmiş olan ve gelişmekte olan devletlerarasında hidrojen teknolojileri için aracılık etmek, hidrojen teknolojilerinin

ilerlemesini sağlamak ve AR-GE (Araştırma ve Geliştirme) çalışmalarını takip etmektir (Şenaktaş, 2005: 128).

Hidrojenin büyük bir çoğunluğu kimyasal bileşiklere bağlıdır. Bu sebeple büyük ölçekli kullanım için hidrojen; su, doğalgaz, kömür ve bitkiler gibi kaynaklardan elde edilebilmektedir. Bu esnada önemli miktarlarda enerji tüketimi gerçekleştirildiğinden, hidrojen enerji kaynağı olmaktan çok enerji taşıyıcı olarak görülmektedir. Bu nedenle de hidrojenin nasıl ve ne koşullarda üretildiği büyük önem taşımaktadır (Çevik, 2017: 34).

Türkiye’de hidrojen yakıtı için kullanılacak kaynaklar jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, deniz/dalga enerjisi, güneş enerjisi ve hala meydana getirilemeyen nükleer enerjidir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde uzun sürelerde fotovoltaiik güneş hidrojen sistemi kullanılması önerilmektedir. Bu sistemle elde edilebilecek elektrik enerjisi ile suyun elektrolizinden hidrojen üreten bu yöntem ile bir metre küp olan 108.7 kg hidrojen elde edilebilir ve bu miktarda 422 litre benzine denktir. Türkiye’nin hidrojen üretimi için başka bir avantajı ise Karadeniz’de bulunan depolanmış hidrojenlerdir. Karadeniz’in suyunda %90 oranında anaerobiktir ve hidrojen sülfid bulunmaktadır (Şenaktaş, 2005: 128).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİNİN ÇEVREYE VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE ETKİLERİ

3.1. Yenilenebilir Enerjinin Çevreye Etkileri

3.1.1. Hidroelektrik Enerjisinin Çevreye Etkileri

Su kaynaklı hidroelektrik santrallerin sera gazı etkisi bulunmamaktadır ve karbon emisyonları oldukça düşük seviyededir. Hidroelektrik santrallerin çevreye olan etkileri inşaat aşaması, işletme aşaması ve kapanış sonrası etkiler olarak üç ana başlık altında incelenmektedir (Velioğlu, 2019: 11):

1) İnşaat aşamasındaki HES'lerin çevreye etkileri: İnşaat sırasında yapılan kazı ve dolgu çalışmalarında toprağın sıyrılması nedeni ile heyelan ve erozyon meydana gelme riski artmaktadır. İnşaat aşamasında meydana gelen toz ve gaz emisyonları civardaki yerel halka ve çevrede yapılacak tarımsal faaliyetler üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir. İnşaat esnasında meydana gelen gürültüler nedeniyle bölgede bulunan çevre halkı ve o civardaki yaşayan hayvanlar etkilenmektedir. İnşaat sırasında meydana gelen hafriyatın bilinçsiz bir şekilde dere yataklarına, küçük göletlere ve doğal yaşamı etkileyebilecek herhangi bir yerlere dökülmesi bu yerlerdeki yaşayan hayvanların yaşam alanlarına etki etmektedir. İnşaat alanına ulaşım sağlamak amacıyla yol yapılması da doğal çevreyi etkilemektedir. HES'lerde üretilen elektrik enerjisinin taşınması amacı ile kurulan yüksek gerilim hatları ve bu yüksek gerilim hatlarının kurulumu sırasında dikilen demir direklerin ve kullanılan elektrik tellerinin buldukları yerlerdeki ağaçların kesilmesi de çevreye zarar vermektedir.

2) HES'lerin işletilmesi sırasındaki çevresel etkileri: Büyük ölçekli hidroelektrik santrallerinde nem oranında değişimler ve rüzgâr hızının artması gibi çok küçük iklimsel değişiklikler meydana gelebilmektedir. Kurulan barajlar nedeni ile akarsuların akış hızının düşmesi nedeni ile sudaki çözülmüş oksijen miktarı azalır. Su sıcaklığı seviyesinde düşüşler olabilir ve bu nedenle de suda yaşayan canlıların etkilenmesine neden olabilir.

3) Kapanış sonrası olası etkiler: Barajın kapanış işlemleri barajın inşaat sürecinde meydana gelen etkilerle benzerlik göstermektedir. Bu süre içerisinde oluşabilecek olumsuz etkenlere karşı önlemler alınmalıdır.

Hidroelektrik santrallerinin çevreye olan olumlu ve olumsuz etkileri özetle şunlardır:

- ✓ HES'ler doğa dostudur. Herhangi bir sera gazı emisyonu bulunmamaktadır. Üretiminde hiçbir yakıt kullanılmadığı için kirliliğe neden olmaz.
- ✓ Akarsuların meydana getirdiği erozyon oluşumunu önler. Ülkemizde akarsuların debi oranı yüksek olduğu için erozyon önemlidir ve tehditir. Hidroelektrik santraller için kurulan barajlar ve yapılan bentler suyun hızını düşürerek erozyonun durdurulmasında önemli katkı sağlar (Kızılel, 2016: 23).
- ✓ Büyük çaplı barajların su biriktirmesi esnasında çevrelerindeki canlıların yok olmasına neden olabilmektedir.
- ✓ Doğru bir şekilde projesi yapılmayan veya yapılan projesine uygun inşa edilmeyen barajların yıkılması esnasında barajı beslemekte olan nehrin mansabı tarafındaki yerleşim alanları ciddi bir şekilde sel tehlikesi altında kalabilmektedir (Üst, 2018: 44).

Hidroelektrik enerji üretim esnasında herhangi bir zehirli atık oluşturmamaktadır. Bu nedenle fosil kaynak kullanan santrallere göre sera gazı salınımı oldukça düşük düzeydedir. Ancak inşaat sürecinde çevreye etkileri çok fazla olmaktadır. HES'lerin bünyesinde bulunan regülatörler de su alma yapılarıyla baraj konumunda oldukları için akarsuların bütünlüklerini ve yapısını bozmaktadır. HES'ler ile barajlar iklimsel, ekolojik, sosyo-kültürel ve hidrolik etkilere neden olmaktadır (Kenet, 2020: 84).

3.1.2. Güneş Enerjisinin Çevreye Etkileri

Güneş enerjisi santralleri gürültü çıkarmazlar. Enerji üretimi sırasında sadece güneşten faydalanırlar ve hiçbir şekilde yenilenemeyen herhangi bir kaynağı ihtiyaç duymazlar. Enerji üretimi esnasında sıvı, katı ya da gaz atıklar meydana getirmezler. Üretim sırasında çevresel kirlilik meydana getirmeyen bu santrallerde en çok dikkat edilmesi gereken alanlar imalat, montaj, bakım ve bertaraf süreçleridir. İçerisinde düşük miktarlarda zehirli kimyasallar barındıran fotovoltaik kirler çevreye sızabilir. Bu santraller kapasitelerine bağlı olarak kapladıkları alanlar değişse de çoğunlukla PV

(Fotovoltaik) santraller geniş alanlara inşa edilmektedir ve bu duruma bağlı olarak ekoloji, hayati ve topografyayı etkilemektedirler. Bundan dolayı verimsiz ve işlenmeyen topraklara kurulması tercih edilmektedir (Uzun, 2015: 102).

Günümüzde yeni yeni gelişen yenilenebilir enerji uygulamaları fosil ve nükleer yakıtlara oranla birçok çevresel ve sosyal sorunlara daha güvenilir ve sağlıklı çözümler sunmaktadır. Güneş enerjisi özellikle sürekliliği, bolluğu, yakıt masrafının olmayışı ve tüm yeryüzüne yayılmış olması nedeni ile diğer geleneksel enerji kaynaklarına oranla belirgin çevresel, sosyal ve ekonomik avantajlar sağlamakta ve bu şekilde insan faaliyetlerinin devamlılığının gelişmesine katkı vermektedir. Doğal kaynakların korunmasındaki faydasının yanı sıra güneş enerjisi sera gazı ve diğer zehirli gaz emisyonlarının engellenmesine suyun ve toprağın kalite derecesinin yükselmesine fayda sağlamaktadır. Bunlara ek olarak sosyoekonomik açıdan enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, istihdam kaynağı oluşturması, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi gelişmekte olan devletlerde kırsal alan elektrifikasyonunun hızlandırılması ve enerji piyasalarının serbestleştirilmesi gibi faydaları bulunmaktadır (Çeçen, 2018: 109).

Güneş enerjisi üretiminin çevreye bazı zararları bulunmaktadır. Öncelikle enerjinin üretim taşı fotovoltaik hücrelerin yapımında kullanılan yüksek miktar kristal silikon içerisinde bulunan silikon tetra klorürün çok zehirli olduğu insan sağlığı için tehdit oluşturduğu, bitkisel ve hayvansal tahribat meydana getirdiği, kullanılan başka maddelerden birisi olan kadmiyum telürid içerisinde bulunan kadmiyum metalinin ekolojik besin zincirinde toplanması bilimsel araştırmalar sonucunda araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. Hücre üretim alanlarında kullanılmakta olan kimyasal ve zararlı maddelerin hava ile temas etmesi durumunda ciddi derecede kirlilik meydana getirirken panel kullanımlarında olabilecek kırılma ve parçalanma gibi durumlarda bu maddelerin toprak ve insan ile olan teması sonucunda sorunlar meydana gelebilmektedir. Özellikle silikon haricinde kurşun, arsenit, bakır, galyum, selenyum içeren hücreler tehlike oluştururken üretim sürecinde yer alan silika tozu, silan, diboran, fosfin gibi maddeler ve çeşitli solventlerin salınımları havayı ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Güneş Enerji Santralleri'nin (GES) kurulum güçlerine bağlantılı olarak kapladıkları yer ışık yansımaya alanlarını direkt etkilemektedir. Büyük yerlerde kurulan GES'lerin meydana getirmiş olacağı büyük ışık yansımaları ve ısınımalar temel dengeye etki ederek kurulan bölgelere göre göç eden kuşların yollarını

şasırtmasına ve habitatın bozulmasına neden olarak böceklerin ölmesine neden olabilmektedir (Doğan, 2019: 27).

Güneş enerji santrallerinin avantaj ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır (Gülsever, 2020: 25):

- ✓ Güneş enerjisi üretim sürecinde çevresel olarak tehlike arz eden maddelerin dâhil edilmesini gerektirmemektedir.
- ✓ Güneş panellerinin çalışması atmosfere hiçbir şekilde zarar vermez çünkü enerji emisyonlar olmadan fiziksel işlemlerle üretilir.
- ✓ Pil ömrünün uzun yıllar sürmesi ve bakımının kolaylığı çevreyi olumlu olarak etkiler.
- ✓ Güneş enerji santralleri küresel ısınmaya neden olmaz.
- ✓ Üretim sırasında herhangi bir fosil yakıt kullanılmaz.
- ✓ GES'lerin hava kalitesi, yer yüzeyi ve yeraltı suyu kalitesi üzerinde hiçbir kötü etkisi yoktur. Sadece arazi kullanımı ve buna bağlı arazi vasıf değişikliği peyzaj üzerindeki etkiler parlama ve kamaşma etkisi vardır.
- ✓ Geniş alana ihtiyaç duyduklarından tarıma elverişli arazilerde kurulması durumunda tarımsal üretimin azalmasına neden olurlar.

3.1.3. Rüzgâr Enerjisinin Çevreye Etkileri

Rüzgâr enerji santrallerinin kurulum süreleri oldukça kısadır ve maliyetleri de düşüktür. İşletimleri sırasında doğaya sera gazı salmamaları, türbin maliyetleri dışında çok maliyetli olmaması, tüketiminin fazlaşması nedeni ile türbin maliyetlerinin de gün geçtikçe azalması, türbinlerin kurulduğu alanların tarım ve hayvancılık çalışmalarının işlevselliğini kaybetmemesi gibi nedenlerle de dışa olan bağımlılığı düşürmek için tercih edilen santrallerdendir. Bunların yanı sıra rüzgâr enerji santralleri oldukça geniş alanları kaplamaktadır. Kanatlarının etrafında sürüklenen havadan dolayı güç halinde olan kuşların türbinlere sürüklenmesi ve pervanelere çarparak ölmelerine neden olabilmektedir. Gürültü ve görsel açıdan kirlilikte yaratabilmektedir (Uzun, 2015: 104).

Rüzgâr enerji santrallerinin çevreye fazla bir etkisi bulunmamaktadır. En büyük etkilerinden birisi pervanelerin dönmesi sonucunda oluşan gürültü kirliliğidir. Bunun yanında kurulacak alanlarda varsa ağaçların kesilmesine ve bu nedenle de o ağaçlık

alandayayayan hayvanların yaşam alanını etkilemesi çok büyük oldukları için görsel olarak etkilemesi ve çok büyük alanları kullanmasıdır (Toker, 2017: 25).

Rüzgâr enerji santrallerinin çevreye karşı olan avantajları aşağıda maddeleşmiştir (Özarlan, 2017: 30):

- ✓ Rüzgâr enerjisini kullanarak elektrik üreten türbinler üretim esnasında sadece rüzgârdan faydalandıkları için atmosfere herhangi bir zehirli gaz salmazlar.
- ✓ Rüzgâr enerjisi santrallerindeki türbinlerin ömürlerini tamamladıktan sonra sökülmeleri durumunda kullanmış oldukları alanlar kolay bir şekilde eski haline döndürülebilmektedir.
- ✓ Rüzgâr enerji santrallerinde yapılan üretimler hiçbir şekilde iklim değişikliğine neden olmazlar.
- ✓ Asit yağmurları gibi duruma neden olmazlar.
- ✓ Hiçbir şekilde su kirliliğine yol açmazlar.
- ✓ Radyasyon gibi etkileri bulunmamaktadır.

Rüzgâr enerji santrallerinin çevreye karşı olan dezavantajları ise aşağıda maddeleşmiştir (Karadağ, 2009: 35):

- ✓ Gürültü kirliliğine neden olmaktadırlar.
- ✓ Kimilerine göre görsel ve estetik açıdan rahatsızlık vermektedir.
- ✓ Televizyon ve radyo alıcılarında parazitlere neden olabilirler.
- ✓ Denizlerde kurulan “offshore” rüzgâr türbinleri kıyı balıkçılığını etkilemektedir.
- ✓ Kuş ölümlerine neden olabilmektedir.

3.1.4. Jeotermal Enerjinin Çevreye Etkileri

Jeotermal enerji doğru ve düzgün bir şekilde kullanıldığında çevreye en az seviyede zarar veren yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Fakat yanlış kullanıldığında ise çevreye zarar verebilmektedir. Bu zararlar çevresel etkiler, termal, hava, su, toprak ve gürültü kirliliği olarak sınıflandırılabilir. Kuyular (yüzey ekipmanları yoluyla), separatörler, buhar boruları, silencerler, kondenserler (yoğuşmuş buhar atımı yoluyla) soğutma kuleleri, reenjeksiyon sistemleri başlıca kirlenici kaynaklardır. Jeotermal enerjisinden elektrik enerjisi üretiminden dolayı meydana gelen etkiler ise; sondaj süresince ekosistemin zarar görmesi, kuyu sondajları boyunca jeotermal sıvı, su ve toprağın kirlenebilme riski tesis işletmesi süresince CO₂ ve H₂S emisyonları, jeotermal sıvının ekstraksiyonu nedeniyle göçük riski doğrudan

akarsulara deşarj yolu ile yoğun su kirliliğine, asit yağmurları nedeniyle toprağın, ağaçların, tarımsal ürünlerin, göller ve akarsuların etkilenmesi şeklinde, yaşam döngüsü ve küresel etkileri olarak sıralanabilir. (TMMOB, 2019).

Jeotermal enerjinin birçok üstünlüğünün bulunmasına rağmen çevre için bazı olumsuzlukları vardır. Bu etkilere değinilmek gerekirse jeotermal akışkanların büyük ölçülerde kimyasal madde, gaz, çözünmüş katı atık ve tuz barındırması çevreye kötü yönde etkileri olarak bilinmektedir. Çevreye zarar veren bu maddeler fosil yakıtların çevreye vermiş oldukları zararlarla kıyaslandığında daha düşük seviyededir ve bu etkinin doğru teknoloji kullanılması durumunda en az seviyeye indirilebileceği saptanmıştır (Kayabaşı, 2009: 15).

Jeotermal enerji uygulamalarının çevreye fiziksel ve kimyasal olarak iki farklı şekilde etkileri vardır. Bu etkilerden fiziksel etki bir jeotermal bölgenin bulunması için yapılan çalışma, jeotermal sahanın geliştirilmesi ve kullanılması süre zarfı içerisinde jeotermal kaynağın etrafındaki fiziksel çevrenin etkilenmesi şeklinde belirtilmektedir. Fiziksel etki jeotermal enerji arama sürecinde çevreye çok fazla etki etmemektedir. Fakat jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretmek amacı ile santral kurulması süreci ve elektrik üretme sürecinde çevreye olan etki daha yüksektir. Bahsettiğimiz fiziksel etkilere örnek olarak sondaj donanımının kurulması, boru hatlarının döşenmesi ve santrallerin işletilmesi sırasındaki etkiler gösterilebilir. Bunlara ek olarak yüksek oranda yeraltı sularının çekilmesi halinde yüzeyin çökmesi, ısıl kirlenme, küçük çaplı depremlerin meydana gelmesi, sismik aktivitelerin tetiklenmesi ve jeotermal santrallerinden meydana gelen gürültü nedeniyle meydana gelen gürültü kirliliği fiziksel etkilere örnek olarak gösterilebilir. Bu etkilerden bir diğeri olan kimyasal etkilere ise bu enerji kaynaklarının işletilmesinden dolayı meydana gelen katı atıklar ve gaz emisyonu olarak belirtilmektedir. Normalde jeotermal kaynaklarda katı atıktan söz edilmez ama bazı jeotermal akışkanlıkların yüksek olması yani akışkanlıkların fazla mineralizasyona sahip olması katı atığı meydana getirir. Ama bu katı atıklar fosil kaynakların atıklarına göre daha az çevreye zarar vermektedir (Kolomoyets, 2010: 34).

Jeotermal enerji üretiminin çevreye olan belli başlı etkileri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır (Karabatak, 2018: 92):

- ✓ İklim değışikliklerine pozitif etki sağlaması,

- ✓ Konut ısıtmasında meydana gelen sera gazı salınımının azalması,
- ✓ Fosil kaynak araması nedeni ile arazi tahribatının önlenmesi,
- ✓ Temiz enerji ile sürdürülebilir gelişme,
- ✓ Uygun fizibilite planlanması.

3.1.5. Biyokütle Enerjisinin Çevreye Etkileri

Uzun zamandır kullanılmakta olan biyokütle enerji kaynağı ekonomik, sosyal ve çevresel bakımdan iyi ve kötü yönleri bulunmaktadır. Biyokütle enerjisi tüketiminde karbondioksit meydana gelmektedir. Meydana gelen bu karbondioksit bitkilerce emilmekte ve fotosentez sürecinden geçmektedir. Bu döngü neticesinde doğaya salınan karbondioksit oranı fosil yakıtlara göre %90 oranında daha azdır. Bu açıdan bakıldığında biyokütle enerjisi tüketiminden meydana gelen çevresel etkilerin fosil yakıtlardan meydana gelen çevresel sorunlardan çok daha az olduğu söylenebilir (Türkoğlu Elitaş, 2016: 26).

Enerji üretiminde kullanılacak olan bitkisel ve hayvansal kaynaklarda fosil yakıtlarda bulunan kükürt ve kanserojen madde bulunmamaktadır. Ama biyokütle enerji üretiminde oluşan atıklardan kurtulmaya çalışılsa da yakılan biyokütle cinsine göre zararlı atıklarda meydana gelebilir. Bitkilerin birçok kimyasallara uğraması nedeni ile atıkların yakılması nedeni ile doğaya zarar verebilecek gazlar meydana gelmektedir. Hayvansal atıkların çoğunluğu ise kırsal alanlarda ısınmak amacıyla yakılmakta ve tarlalarda organik gübre olarak kullanılmaktadır. Biyokütle teknolojileri mevcut sistem ile enerji üretimini arttıramadığı için gelişim gösterememiştir (Uzun, 2015: 108).

Biyokütle enerji diğer yenilenebilir enerjiler arasında teknik potansiyel büyüklüğü ve çeşitli üstünlükleri ile öne çıkmaktadır. Bu enerji çeşidi iklimsel koşullardan çok fazla etkilenmeyip devamlılığı olan ve temiz bir enerjidir. Biyokütle enerji kaynaklarının karbon salınımı nötrdür (Çağal, 2009: 49).

Biyokütle enerjinin çevre ile olan ilişkisi aşağıdaki maddelerde ele alınmıştır (Aslantaş, 2018: 17):

- ✓ Biyokütle enerjisi güvenlidir, çeşitliliği vardır ve çevre dostudur. Biyokütle yakıt amaçlı kullanıldığında ortaya çıkan karbonu emdiği için atmosferdeki karbondioksit miktarını arttırmamaktadır.

- ✓ Biyokütle enerjisi “asit yağmurları, açık maden ocakları, petrol sızıntıları, radyoaktif atıkların yok edilmesi, deniz ve nehirlerin kirlenmesi gibi” çevresel sorunlar meydana getirmez. Bu yönüyle doğal enerji kaynaklarını ve çevreyi kirletmemektedir.
- ✓ Çöplerin biyoyakıtlara dönüştürülebilmesi çöplerin yığın hale gelmesini engeller ve bu sayede çöplerin doğaya vermiş olduğu zararı azaltır.
- ✓ Biyokütle üretimi için enerji bitkileri yetiştirmek amacıyla ormanlar, tropik bitkiler ve doğal bitki örtüsüne zarar vererek alan açılması ekolojik dengeyi kötü yönde etkilemektedir.
- ✓ Çeşitli hayvanlara ev sahipliği yapmakta olan ormanlara biyoyakıt bitkilerin yetiştirilmesi için zarar verilmesi, bu ormanda yaşayan hayvanların yaşam alanlarını ve beslenme kaynaklarını tehlikeye atabilmektedir. Bunlara ek olarak bataklıkların ve ormanların ortadan kaldırılması bu bölgelerde tutulan karbonun atmosfere salınmasıyla birlikte küresel ısınmanın yükselmesine neden olmaktadır.
- ✓ Biyoyakıt bitkilerinin meydana gelmesinde kullanılan azotlu gübreler sera gazı salınımını çoğaltmaktadır ve buna ek olarak azot toprağın mevcut yapısının zarar görmesine ve doğal su kaynaklarına sızarak kirlenmesine neden olabilmektedir.

3.1.6. Hidrojen Enerjisinin Çevreye Etkileri

Günümüzde fosil yakıtlar dünyada enerji ihtiyacının büyük bir çoğunluğunu karşılamaktadır. Ancak fosil kaynaklı yakıtların rezervlerinin az olması ve çevreye verdikleri zararlar göz önüne alındığında fosil yakıtların enerji ihtiyacını karşılamada olumsuz yönleri meydana çıkmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları daha çok tercih edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan hidrojen enerjisi de tercih edilen enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Hidrojen enerjinin diğer kaynaklara göre çevreye zararının az olmasından dolayı birçok ülke hidrojen enerjisi üzerinde çok fazla araştırmalar yapmakta ve hidrojen enerjisi üretim yöntemlerini daha çok geliştirmek için faaliyetler sürdürmektedirler (Çevik, 2017: 33).

Hidrojen temiz bir yakıt çeşididir. Hidrojen yanması ya da yakıt hücrelerinde tüketilmesi sonucu en son ürün olarak yalnızca su elde edilmektedir. Yanma işlemi aşırı sıcaklıkta olursa havada bulunan azot ve oksijenden azot oksit oluşabilir fakat bu

durum diğer yakıtlarla aynıdır ve kontrol altına alınabilmektedir. Başka yakıtlara göre hidrojen elementlerden üretilen kirletici bulundurmamakta ve uçucu organik kimyasallar meydana getirmemektedir (Kılınç, 2008: 32).

Çevre ve hava kirliliğinin insan yaşamı ve sağlığı üzerindeki sorunlarına bakıldığında fosil yakıtlar yerine hidrojen enerjisi tercih edildiğinde insan sağlığı ve yaşamı üzerinde önemli iyileşmeler meydana gelecektir. Hâlihazırda kullanılmakta olan yakıtların birçoğunda yanma sonucunda meydana gelen karbon oksitler, kükürt dioksit, partiküller ve koku hidrojenin bünyesinde bulunmaz. Meydana gelebilecek azot oksit oranı da diğer yakıtlara göre oldukça düşüktür. Yanma ürünü olan su buharının neden olabileceği sera etkisi yeryüzünde 3-4 gün gibi bir süre zarfında kaybolmaktadır. Karbondioksitin kaybolma süresi ise bu süreden 10 bin kat daha fazladır. Uçaklarda yakıt için hidrojen zayıf karışımla yakıldığında daha düşük miktarda azot oksit meydana gelmekte ve yanma ürünü olarak ortaya çıkan su buharı yüksek uçuş irtifalarında sera etkisine neden olmasıyla beraber 6 ay veya 1 yıl aralığında atmosferde kalmaktadır (Şenaktaş, 2005: 31).

3.2. Yenilenebilir Enerjinin Türkiye Ekonomisine Etkileri

3.2.1. Hidroelektrik Enerjisinin Ekonomiye Etkileri

Hidroelektrik enerjisi, yüksek verimi sebebiyle yenilenebilir enerjiler arasında en çok tercih edilen enerji üretim kaynağıdır. Hidroelektrik enerji kaynağından enerji üretimi sırasında çevreye zarar verebilecek herhangi bir yakıt türü kullanılmamaktadır. Bu sebeple hidroelektrik enerji çevre dostu olarak bilinmekte ve enerjisini tamamen su kaynağından elde etmektedir. Hidroelektrik enerji kaynaklarının ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına karşın kullanım ömrü ve bakım-onarım masrafları göz önüne alındığında üretilen enerjinin birim fiyatı diğer enerji kaynaklarından üretilen enerji fiyatına göre çok daha uygun olduğu görülmektedir. *“2015 senesinde dünyada üretilen toplam elektrik miktarının %16,6’sı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin %70’i hidroelektrik enerji kaynakları kullanılarak üretilmiştir”* (Ceyhunlu, 2020: 1).

Ekonomik HES potansiyeli içerisindeki bütün projeler termik santrallere oranla rantabiliteleri daha yüksek olan projelerdir. Hidroelektrik santrallerinden elektrik enerjisi üretimi için tesis inşa etmenin çok uzun sürmesi ve maliyetli olmasından dolayı kısa vadeli değil de uzun vadeli olan yerlere kurulmaktadır. Türkiye’de elektrik

üretiminde dışa bağımlılıktan kurtulmak amacı ile hidroelektrik santralleri büyük öneme sahiptir ve bu doğrultuda hidroelektrik santrallerin kurulumu için geçmiş dönemlerde çeşitli teşvikler verilmiştir. Türkiye'ye son 10 senede elektrik enerjisi piyasasında toplu bir şekilde yapılan radikal değişiklikler ile birlikte hidroelektrik santral kurulumuna olan yatırımlar ve teşvikler önemli ölçüde artmıştır (Taş, 2011: 16).

Hidroelektrik santrallerin kurulmasındaki ekonomik avantajlar aşağıda maddeleşmiştir. Bunlar (Bulut, 2013: 13):

- ✓ Yatırımının büyük bir kısmının yurtiçi harcama olması
- ✓ Yatırım esnasında en az döviz harcaması ve en düşük dışa bağımlılık
- ✓ Ekonomik ömrünün çok uzun olması
- ✓ Döviz giderlerinin ve işletme maliyetlerinin oldukça düşük olması
- ✓ Elektrik üretiminde ucuzluk, rekabet
- ✓ Temiz enerji olmasından dolayı elektrik ihracatı sağlaması
- ✓ İşletmede esneklik, sistemde yük dengelemesi ve frekans ayarı açısından hayati önem.

3.2.2. Güneş Enerjisinin Ekonomiye Etkileri

Son görüşmelere bakıldığında tüm dünyada yatırım önceliği yenilenebilir enerjiye yönelmektedir. Yalnız yatırım anlamında değil yatırımı meydana getirecek ulusal pazarlar anlamında da yenilenebilir enerji ekonomik strateji niteliğindedir. Güneş enerjisi yatırımları başlı başına bir ekonomik bir faaliyettir. Söz konusu bu faaliyet yatırım malının üretilmesi, inşa edilmesi, işletilmesi ve satılmasını kapsamaktadır. Türkiye ekonomisine katkısına bakıldığında her şeyden önce sabit sermaye yatırımdır ve sabit sermaye stokunu artırmaktadır. Özellikle Türkiye gibi fosil yakıtlar konusunda kısıtlı olan ülkeler için yenilenebilir enerji kaynakları çok daha önemlidir. Kıt kaynaklara sahip olan devletlerin fosil yakıtlara alternatif olabileceği düşünülen güneş enerjisi üretimi için Türkiye'de oldukça elverişlidir. Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithal etmektedir. Özellikle elektrik üretiminde doğalgazın kullanılması ve buna alternatif olarak elektrik üretiminde güneş enerjisinin kullanılması dışa bağımlılığı azaltacaktır ve döviz harcamalarından tasarruf edilecektir (İraz vd., 2014: 77).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) tarafından yayınlanan raporda Türkiye'nin fotovoltaik enerji yatırımında 2017 senesinde sahip olduğu toplam 3.422 MW enerji 2018 senesinde 5.064 MW güce çıkartarak dünya sıralamasında 12. sıraya yerleşmiştir (Doğan, 2019: 29).

Güneş enerjisinin ekonomik açıdan avantajları (Kaımbekova, 2020: 34):

- ✓ En büyük faydalarından birisi herhangi bir fosil yakıtta ihtiyaç duymadan sadece güneş aracılığıyla üretilebilmesidir.
- ✓ Dünyadaki enerji krizlerinden etkilenmemektedir.
- ✓ İşletme maliyeti düşük seviyededir.

Güneş enerji santrallerinin ekonomik açıdan dezavantajları (Gülsever, 2020: 25):

- ✓ İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
- ✓ Kış aylarında ışınımın azalmasından dolayı enerji üretimi düşer.
- ✓ Sadece gündüzleri faydalanılabilmektedir.

3.2.3. Rüzgâr Enerjisinin Ekonomiye Etkileri

Enerji ihtiyacının çoğalması ekolojik dengenin zarar görmesinin yanında ekonomik ve sosyal açıdan bazı bozulmalara da neden olmaktadır. Özellikle hammadde fiyatlarındaki artışlar, dengesiz rekabetler, bunun neticesinde dış ticarete dengesizlikler ve sonucunda dışa olan bağımlılık sorununu yanında getirmektedir. Bu durumda rüzgâr enerjisi ekonomik olarak avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar 4 ana başlık altında incelenebilmektedir (Özarıslan, 2017: 55-63).

✓ **Ulusal ekonomi ve GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla):** Rüzgâr enerjisinden üretilen elektrik fiyatlarında düşüğe neden olabilmekte ve düşük elektrik fiyatları da enflasyonu düşürerek, reel geliri yükseltebilecektir. Bu durumda direkt olarak elektriğin yoğun olduğu sektörlerde elektrik üretim artışını tetikleyecek ve bu döngü sayesinde gayrisafı yurtiçi hâsıla rakamlarında artışa katkı sağlayacaktır.

✓ **Refah artışı:** Fosil yakıtlardan üretilen elektriğin ülke içerisine dağıtılması belirli bir maliyete neden olmaktadır. Fakat rüzgâr enerjisi potansiyeli yüksek bölgelerin kalkınması ve refah artışını sağlayacak hem de dağıtım maliyeti olmayacaktır. Bu nedenle rüzgâr enerjisi sayesinde üretilen elektrik bölgesel ve yerel ihtiyaçların karşılanması için masrafsız ve zamanında sunulabilecektir. Bu sayede de

bölgesel gelir dağılımının düzensizliğini yok etmeye yardımcı olacak ve bölgenin kalkınmasına katkı sunabilecektir.

✓ **İş imkânlarının artışı:** Rüzgâr enerjisinin istihdama etkileri genel olarak ihracat alanında sağlanmaktadır. Çoğunlukla sağlanan bu istihdam ara malların üretimi, ürünlerin geliştirilmesi, ön pazarını oluşturma ve teknolojik alt yapının sağlanması gibi alanlarda sağlanmaktadır. Bu durumda hem ithalat maliyetlerini azaltarak bütçe dengesini sağlamakta hem de ülke içerisindeki iş gücü olanaklarını fazlaştırmakla ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır.

✓ **Ulusal ticaretin iyileşmesi:** Rüzgâr enerjisi tüketiminin artması yeni pazarları meydana getirecek, yeni ticaret akışları ortaya çıkaracak ve aynı zamanda enerji üretiminde kullanılmakta olan ekipmanların üretilmesinin yerel kaynaklarla olması ekonomik açıdan önemli fırsat sağlayacaktır. Rüzgâr enerjisi mal ve hizmet piyasası genişledikçe ölçek ekonomisi aracılığıyla üreticilerin teknolojileri daha da ticarileştirmesine neden olacaktır. Bu duruma bağlı olarak azalan maliyetler söz konusu enerjiyi çok daha rekabetçi yapacaktır.

3.2.4. Jeotermal Enerjinin Ekonomiye Etkileri

Türkiye aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer alması ile ve değişen akışkan sıcaklığına bağlı olarak jeotermal enerji kaynakları açısından yeterince zengin olması ile dünya ülkeleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. Türkiye Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında jeotermal enerji rezervleri açısından zengindir ve AB ülkeleri içinde birinci sırada bulunmaktadır. Türkiye'nin jeotermal enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir potansiyele sahip olup, bu potansiyele sahip olan bölgelerin “%79’u Batı Anadolu’da, %8’i İç Anadolu’da, %6’sı Marmara Bölgesi’nde, %6’sı Doğu Anadolu Bölgesi’nde ve %1’i diğer bölgelerde” bulunmaktadır (Çiftçi, 2021: 3-4).

Türkiye jeotermal enerji santralleri bakımından dünyada ilk 10 ülke arasında bulunmasına rağmen jeotermal potansiyelinin sadece %3’ü enerji üretmek için kullanılmaktadır. Dolayısıyla, enerjinin devamlılığını sağlamak ve Türkiye'nin dışa bağımlılığını azaltmak için jeotermal enerji kaynaklarının tüketiminin yaygınlaştırılması ve teşvik edilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin elektrik üretimi için uygun olan JES potansiyelinin yaklaşık 4500 MW olduğu belirtilmiştir. Türkiye’de jeotermal enerji kaynaklarından enerji üretimi

için çalışmalar 20. yüzyılın ikinci yarısında başlamıştır. Fakat kapasite artışına yönelik yatırımlar 2000'li yıllardan sonra hız kazanmaya başlamıştır (Çiftçi, 2021: 3-4).

Türkiye'de jeotermal enerji daha çok (%95) konut ısıtmasında ve termal turizm de kullanılmaktadır. Geri kalan %5'lik jeotermal alanları ise elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Jeotermal enerji kaynaklarının tüketim alanlarına bakıldığında, termal turizm alanında, kimyasal madde üretiminde, ısıtma kaynaklı alanlarda ve elektrik üretiminde kullanıldığı görülmektedir (Erden, 2021: 21).

Türkiye dünyada jeotermal sera ısıtmasında ve 2015'den 2019'a kadar ki süreçte yıllık jeotermal elektrik büyümesinde birinci sırada yer almaktadır. Termal ve ısıtma amaçlı tüketimde ise Türkiye dünyada üçüncü sırada yer almaktadır. Aynı zamanda dünyada jeotermal enerji santralleri genel değerlendirmesinde üçüncü sırada bulunmaktadır (Kozak, 2021: 15).

3.2.5. Biyokütle Enerjisinin Ekonomiye Etkileri

Biyokütle enerjisi üreten tesisler buldukları bölgelerin istihdam ve gelir seviyelerini artırır ve göç olaylarının azalmasını sağlar. Biyokütle enerjisi üretimi ve tüketimi Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı olan ülkeler için önemli bir tasarruf sağlayabilecek enerji çeşididir. Etkin ve verimli bir şekilde kullanıldığında ülkemiz adına önemli bir enerji kaynağı potansiyeli bulunmaktadır. Bunun nedeni de ülkemizin coğrafi açıdan biyokütle tarımına uygun olması ve yeşil alanların çok olmasındandır. Bu nedenle bu enerji çeşidi devamlılığı olan bir enerji çeşididir. Özellikle kırsal alanlar açısından sosyoekonomik gelişimlere faydası olmasından dolayı uygun ve oldukça değerli bir enerji kaynağıdır (Özcan, 2015: 7).

Biyokütle enerjisini ülke ekonomilerine olan katkıları aşağıdaki birkaç madde de belirtilmiştir (Aslantaş, 2018: 17):

- ✓ Enerji tüketiminde dışa olan bağımlılığı azaltır. Yani enerji ithalatını azaltmış olur.
- ✓ Biyokütle kolay bir şekilde bulunabilen ve kullanılabilen bir enerji çeşididir. Bu nedenle de enerji tarımının gelişmesine katkı verir ve istihdam olanağı sağlayan kırsal kesimlerin sosyoekonomik gelişimlerinde ve sanayilerin gelişmesinde etkili olur.

- ✓ Biyokütle enerjisinin en önemli faydalarından birisi fosil yakıtları yakmak amacıyla kullanılan mevcut teknolojiler ile biyokütle enerjisinden elektrik üretilmesidir.

3.2.6. Hidrojen Enerjisinin Ekonomiye Etkileri

Hidrojen enerjisi diğer yakıtlara göre daha pahalıdır. Fakat teknolojik ilerlemeler sayesinde maliyet azaltılırsa uzun dönemlerde hidrojen pazarda önemli rol oynayacaktır. Fosil yakıtlar ve elektrik enerjisinden yararlanılarak hidrojen enerjisi üretilmesi sebebiyle elektrik ve fosil yakıt fiyatlarının artması durumunda hidrojenin de fiyatı artacaktır. Fosil yakıt fiyatlarının artması durumunda hidrojen üretimi ticari açıdan rekabet edebilir duruma gelemeyecektir (Şenaktaş, 2005: 98).

Hidrojen enerjisinin Türkiye ekonomisine olan faydaları aşağıda maddeleşmiştir (Ural ve Karaca, 2016: 147):

- ✓ Fosil kaynaklar için harcanan dövizler azalacak ve belki de 30-40 yıl içerisinde tamamen bitecektir.
- ✓ Yüksek miktarlarda hidrojen enerjisi üretiminde ihracat yaparak döviz kazanılabilmektedir.
- ✓ Hidrojen enerjisi üretim tesisleri depolama, dağıtma ve kullanma endüstrileri yeni istihdam oluşturacaktır.
- ✓ Ülkemiz katma değeri yüksek hidrojen kullanan araç ve gereçleri ihraç eden bir devlet olabilecektir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

AMPİRİK ARAŞTIRMA

4.1. Araştırmanın Amacı ve Hedefi

Günümüzde küreselleşmenin artması ile birlikte sanayileşmiş ülkeler için ekonomi, savunma ve teknoloji ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirlemede en önemli etkenler olmuştur. Ülkelerin büyümesi konusunda enerjinin en önemli girdi olması, enerjiyi günümüzde de önemli kılmıştır. Fakat 19. yüzyılda olduğu gibi enerjinin günümüzde sadece üretim artışı için değil aynı zamanda devamlılığının olması ve çevre dostu olmasına da dikkat edilmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem gün geçtikçe artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil kaynaklara oranla çevre dostu olması, yenilenebilir olması yönünden devamlılık arz eden ve sınırsız kaynaklara sahip olan enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının bu faydalarından dolayı günümüzde de ilgi giderek artmaktadır.

Küreselleşme ile ticaretin gelişmesi ve üretim faaliyetlerinin artmasına paralel olarak giderek artan enerji ihtiyacı da, ülkeleri enerjiye bağımlı duruma getirmiş ve dış açıklar ile karşı karşıya bırakmıştır. En önemli enerji girdilerinin içerisinde bulunan petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil enerji girdileri, ülkelerin enerji ithalatında önemli bir paya sahiptir. Bu girdilerin fiyatlarındaki sürekli artışlar ve istikrarsızlıklar, birçok ülkenin bilançosunda dengesizliklere neden olmuştur. Bu sebeple ülkeler enerji de dışa bağımlılığı en aza indirmek ve çeşitliliğe gitmek için daha avantajlı olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelerindeki nedenlere birçok faktör eklenebilmektedir. Bunlar; girdi fiyatlarındaki sürekli artışlardan oluşabilecek riskleri en aza indirmek, çevre sorunlarını önlemek, fosil yakıtlardan oluşan karbon salınımlarını düşürmek, iş imkânlarında oluşan artış ile ekonomiyi genişletmek ve iş istihdamına olumlu katkı sağlamak. Bunlara bağlı olarak, birçok ülkede yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin özendirildiği ve enerji yatırımlarının teşvik edildiği görülmektedir (Bayraç ve Çildir, 2017: 202).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan talebin artması ve günümüzde daha çok kullanım alanına sahip olması ile birlikte ülkelerin ekonomik yatırımlarında daha çok yer almaya başlamış ve bu da yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik

araştırmaların artmasına neden olmuştur. Bu nedenle yapılan çalışmanın, Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde etkin bir önemi bulunmaktadır.

Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı, Türkiye’de kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının olumlu ve olumsuz etkilerinin ekonomi ve evre üzerinden etkisinin tespit edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda yenilenebilir enerji tüketimleri ile ekonomik büyüme (GSYİH) ve evre kirliliği verileri arasındaki ilişki Zaman Serisi Analizi ile incelenecektir.

4.2. Literatür Taraması

Kraft ve Kraft (1978), enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, ABD ekonomisi için enerji tüketimi ve GSYİH (Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla) verilerini 1947-1974 yılları arasını ele alarak incelemişlerdir. Çalışmanın analizinde Sims Nedensellik yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre GSYİH’den enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Bakırtaş vd. (2000), Türkiye’deki elektrik talebini 1962-1996 seneleri arasındaki verileri ele alarak analiz etmişlerdir. Çalışmada Johansen Eş Bütünleşme ve Hata Düzeltme Modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak elektrik tüketimi ile gelirin uzun dönemde birlikte hareket ettikleri belirlenmiştir. Hata Düzeltme modeline göre ise elektrik tüketiminin gelir esnekliğinin çok yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Soytaş vd. (2001), Türkiye üzerinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 1960-1995 yılları arasındaki veriler Johansen Eş Bütünleşme Analizi ve Vektör Hata Düzeltme (Vector Error Correction) Modeli ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda enerji tüketiminden GSYİH’ya doğru tek yönlü Granger nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Altınay ve Karagl (2005), çalışmalarında 1950-2000 yılları arasındaki elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme verilerini kullanarak Türkiye zerine araştırma yapmışlardır. Çalışmada Granger Nedensellik analizi kullanılmış ve elektrik tüketiminden GSYİH’ya doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Jobert ve Karanfil (2007), Türkiye’yi ele aldıkları çalışmada 1960-2003 yılları arasındaki konut, toplam enerji tüketimleri ve sanayi ile sanayi katma değer ve yıllık reel GSYİH verileri ele alınmıştır. Çalışmada Eş Bütünleşme ve Granger Nedensellik Analizi kullanılmıştır. Analiz sonucunda toplam reel GSYİH ile enerji tüketimi,

sanayi katma değeri ve sanayi enerji tüketiimi arasında nötr bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Menyah ve Wolde Rufael (2010), yapmış oldukları çalışmada CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji tüketiimi, nükleer enerji tüketiimi ve GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisini ABD üzerinde incelemişlerdir. Çalışmada Zaman Serisi Analizi yöntemi kullanılarak 1960-2007 yılları arasındaki veriler analiz edilmiştir. Analiz sonucunda nükleer enerji tüketiiminden CO₂ emisyonlarına ve reel GSYİH'dan yenilenebilir enerji tüketiimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Özata (2010), enerji tüketiimi ile GSMH (Gayrisafi Milli Hâsıla) arasındaki nedensellik ilişkisini 1970-2008 yılları arasında incelemiştir. Analizde Birim Kök Testleri, Granger Nedensellik Testi, uzun dönemli ilişki tespiti için ise Eş Bütünleşme ve Vektör Hata Düzeltme Modeli kullanılmıştır. Analiz sonuçlarından, GSMH ile enerji tüketiimi arasında eş bütünleşme ilişkisinin olduğu ve GSMH'dan enerji tüketiimine tek yönlü Granger nedenselliğin olduğu tespit edilmiştir.

Karahan (2014), çalışmasında 1980-2011 yılları arasındaki enerji tüketiimi ve ekonomik büyüme arasında oluşan nedensellik ilişkisini, ekonomik büyüme, birincil enerji tüketiimi, gayrisafi sabit sermaye oluşumu ve işgücü değerlerini kullanarak araştırmıştır. Analiz için verilerin durağanlığının tespitinde Birim Kök Testlerini, kısa dönemli politika şoklarının tespitinde Etki-Tepki ve Varyans Ayrıştırma modelini, aralarındaki nedensellik ilişkisi için ise Granger Nedensellik Analizini kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda işgücünden GSYİH'ya, sermaye stokuna ve enerji tüketiimine tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Enerji tüketiimi ve ekonomik büyüme arasında ise nedensellik ilişkisine hiçbir şekilde rastlanılmamıştır.

Bakırtaş ve etin (2016), 1992-2010 yılları arasındaki verileri üzerinden, G-20 ölkeleri için kişi başına düşen gelirden ortaya çıkan artışın kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiiminde nasıl bir farklılık ortaya çıkaracağını incelemiştir. Analiz için Panel Eş Bütünleşme yöntemi kullanılarak G-20 ölkelerinde yenilenebilir enerji tüketiimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Bayraç ve Çildir (2017), yenilenebilir enerji tüketiiminin kısa ve uzun vadede ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini ele aldıkları çalışmada AB (Avrupa Birliği) üyesi ölkelerin 2006-2015 seneleri arasındaki verilerini analiz etmişlerdir. Çalışma

sonucunda elde ettikleri bulgulara göre enerji üretim miktarıyla GSYİH arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji üretiminde meydana gelen artış kısa ve uzun dönemde GSYİH oranının artmasını sağlayarak ekonomik büyümeye olumlu yönde etki etmiştir.

Kang vd. (2019), yenilenebilir ve fosil kaynak tüketimi, CO_2 emisyonu ve reel GSYİH verileri arasındaki ilişkiyi 1965-2015 yılları arasında ele alarak incelemiştir. Hindistan üzerine yaptıkları çalışmada Zaman Serisi Analizi yöntemini kullanmışlardır. Analiz için yenilenebilir kaynak tüketimi olarak hidroelektrik ve fosil kaynak olarak kömür analize dâhil edilmiştir. Çalışmanın sonucunda hidroelektrik ve kömür tüketimi ile CO_2 ve GSYİH arasında hiçbir nedensellik ilişkisine rastlanılmamıştır. GSYİH'nin ise CO_2 emisyonu üzerinde pozitif yönde bir etkisinin varlığına ulaşılmıştır.

Akusta ve Cergibozan (2020), yapmış oldukları çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin çevreye etkilerini incelemiştir. Bu nedenle 1972-2015 yılları arasındaki “kişi başına çevre üzerindeki baskı, kişi başı reel GSYİH, kişi başı GSYİH'nin karesi, finansal gelişme, dışa açıklık ve yenilenebilir enerjiden elde edilen enerjinin toplam enerjiye oranı” değişkenleri analizde kullanılmıştır. Analizde Johansen ve ARDL Eş Bütünleşme modelleri ile Varyans Ayırıştırma Modeli kullanılmıştır.

Çakır (2021), çalışmasında çevre kirliliğine olan etkiyi sanayileşme açısından gelişen piyasa ekonomileri ile ele almıştır. 1991-2016 yılları arasındaki çevre kirliliği belirleyicilerini sekiz ülke (Türkiye, Endonezya, Güney Afrika, Hindistan, Rusya, Çin, Meksika ve Brezilya) ile analize dâhil etmiştir. Ele alınan ülkelerin dengeli panel verileri, Panel En Küçük Kareler Yöntemi ve nedensellik analizleri ile incelenmiştir. Sonuç olarak, sanayileşmenin çevre kirliliğini arttırdığı belirlenmiştir. Nedensellik testi sonucunda ise, ele alınan belirleyici değişkenler çevre kirliliğine anlamlı bir etki yapmıştır.

4.3. Veri Seti ve Araştırma Modeli

Çalışmada Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimlerinin ekonomik büyüme ve çevre kirliliği üzerinde etkisi olup olmadığı test edilecektir. Bu amaç doğrultusunda Türkiye yenilenebilir enerji tüketim verileri ile ekonomik büyüme ve çevre kirliliği verileri örneklem olarak ele alınmıştır. Analizde ekonomik büyüme verisi olarak kişi

başına GSYİH (Gayrisafi Yurtiçi Hasıla) ve çevre kirliliği verisi olarak sera gazı emisyon verisinin toplam değeri (CO₂ eşdeğeri) analize dahil edilmiştir. Veri seti 1990-2019 yılları arasını kapsamaktadır ve yenilenebilir enerji tüketim verisi EIA (Energy Information Administration), GSYİH verisi World Bank ve çevre kirliliği olarak ele alınan sera gazı emisyon verisi ise TÜİK veri tabanlarından elde edilmiştir.

Araştırma Zaman Serisi Modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ele alınan değişkenlerin düzey değerlerinde çarpıklık ve değişen varyans problemlerinin azalması için doğal logaritmaları alınarak analizlerde kullanılmıştır. Analizde ilk olarak değişkenlerin Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Testi ve Phillips-Perron (PP) birim kök testlerine bakılarak serilerin durağanlıkları analiz edilmiştir. Daha sonra Johansen Eş Bütünleşme Testi ile değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığı test edilmiştir. Eş bütünleşme testi sonrasında ise Granger nedensellik analizi ve etki-tepki analizi uygulanarak çalışmanın sonuçlarına ulaşılmıştır.

Yenilenebilir enerji tüketimlerinin sera gazı emisyonunun analize dâhil edilmesinin nedeni, çevre kirliliği konusunda ana etkiyi oluşturmasıdır. Ayrıca sera gazı emisyonu yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye etkisinde literatürde en çok kullanılan değişkenlerden birisidir. Bu nedenle analiz yapılırken hem ekonomik büyümeye hem de çevreye etkisi aynı anda dikkate alınarak analiz yapılacaktır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ait tanımlar, kısaltmalar ve logaritmik kısaltmalar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 13: Değişkenlere Ait Açıklayıcı Bilgiler

Değişkenler	Kısaltma	Logaritmik Kısaltma
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	ENERJİ	LENERJİ
Kişi Başına GSYİH	GSYİH	LGSYİH
Sera Gazı Emisyonu (CO ₂ eşdeğeri)	SGE	LSGE

Çalışmada değişkenlerin durağan olup olmadıklarını kontrol edebilmek için birim kök testlerinden tercih edilen Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri uygulanmıştır. Bu testlerin uygulanmasının nedeni ise eş bütünleşme testinin yapılabilmesinde serilerin durağan olmasının gerekliliğidir.

4.3.1 Birim Kök Testleri

Zaman serisi analizlerinde serilerin varyans ve ortalaması zaman içerisinde değişiklik göstermiyorsa, iki dönem arasındaki ortak varyans bu ortak varyansın hesaplandığı döneme değil de sadece iki dönem arasında bulunan uzaklığa bağlı olduğu durumlarda seri durağan anlamına gelmektedir. Kısaca, “zaman serisinin durağan olması, ortalaması, varyansı ve otovaryansı tüm zamanlar için sabit durumdadır” (Gujarati, 2005: 713).

Granger ve Newbold (1974), durağan olmayan ve durağanlaştırılmayan zaman serileriyle çalışılması durumunda değişkenler arasında sahte regresyon problemiyle karşılaşılabilceğini göstermişlerdir (Karahana, 2014: 128). Sahte regresyon, gerçekte birbirleriyle ilişkisi olmayan iki değişken arasında yüksek korelasyona rastlanması durumudur. Dolayısıyla herhangi bir analiz sırasında sahte regresyon problemiyle karşılaşmamak için analizde kullanılacak değişkenler durağan değil ise öncelikle durağanlaştırılmaları gerekmektedir. Serilerin durağanlaştırılması için bu değişkenlerin farkları alınmaktadır. Bu durum bütünleşik terimi ile anlatılmaktadır. Serilerin durağanlığını sağlamak için d kez fark alınması durumunda, değişkenin d . dereceden bütünleşik olduğu söylenmektedir. Bu da $I(d)$ şeklinde gösterilmektedir (Kennedy, 2006: 356). Bu nedenle analizde literatürde sıkça kullanılan birim kök testlerinden Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılacaktır.

a. Dickey-Fuller (DF) ve Augmented Dickey-Fuller (ADF) Testi

Dickey-Fuller (DF) testi, durağan olmayan serilerin test edilmesinde kullanılan birim kök testidir. Dickey-Fuller birim kök testinde birinci dereceden otoregresif süreç şeklindeki temel model aşağıdaki gibidir (Dickey ve Fuller, 1979: 427):

$$Y_t = pY_{t-1} + e_t$$

Otoregresif modelde e_t , sıfır ortalama ve sabit varyansa sahip, otokorelasyonsuz olasılıklı hata terimidir. Modele göre, $|p| < 1$ ise zaman serisinin durağan, $|p| = 1$ ise zaman serisinin durağan olmadığını göstermektedir. $p = 1$ olan zaman serisi rassal yürüyüş süreci olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda;

$H_0: |p| = 1$, seri durağan değildir.

$H_1: |p| < 1$, seri durağandır.

Dickey ve Fuller (1979: 428) ayrıca, birim köklerin varlığının tespit edilebilmesi için kullanılacak iki alternatif regresyon modeli önermektedir. İlk model, rassal yürüyüş sürecinde sabit içermektedir:

$$Y_t = \mu + pY_{t-1} + e_t$$

İkinci model ise, sabitin dışında stokastik olmayan zaman trendine yer vermektedir:

$$Y_t = \mu + \beta t + pY_{t-1} + e_t$$

Dickey ve Fuller (1979: 429)'a göre $p = 1$ olması durumunda serinin farkı alınarak dönüştürülmelidir. Fakat serilerin farkı alınırken otokorelasyonun varlığı dikkate alınmalıdır. Fark denklemini yazabilmek için denklemin her iki tarafından Y_{t-1} çıkartılarak yazılabilir:

$$Y_t - Y_{t-1} = (p - 1)Y_{t-1} + e_t$$

$$\Delta Y_t = (p - 1)Y_{t-1} + e_t$$

Dickey-Fuller testi sabit ve trend içerip içermeme durumlarına göre farklı modellerde gösterilmektedir:

- Sabit terim ve trend içermeyen model;

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + e_t$$

- Sabit terim içeren ve trend içermeyen model;

$$\Delta Y_t = \mu + \delta Y_{t-1} + e_t$$

- Sabit terim içermeyen ve trend içeren model;

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + e_t$$

Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilen birim kök testi, bütün serileri birinci dereceden otoregresif süreç olarak ele almaktadır. Dickey ve Fuller (1981), hata teriminin otokorelasyona sahip olması durumunda, otokorelasyonu ortadan kaldırmak için bağımlı değişkenin ilave gecikmeli değerlerini içerecek şekilde Dickey-Fuller birim kök testini geliştirmiştir. Geliştirilmiş Dickey-Fuller birim kök testi olarak adlandırılan model, ilave terimlerdeki gecikme uzunluğu Akaike Bilgi Kriteri (AIC) veya Schwartz Bayesyen Kriteri (SBC) tarafından belirlenmektedir. ADF birim kök testi modelleri ise aşağıdaki gibidir:

- Sabit terim ve trend içermeyen model;

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \alpha_j \Delta Y_{t-j} + e_t$$

- Sabit terim içeren ve trend içermeyen model;

$$\Delta Y_t = \mu + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \alpha_j \Delta Y_{t-j} + e_t$$

- Sabit terim içermeyen ve trend içeren model;

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \alpha_j \Delta Y_{t-j} + e_t$$

b. Phillips-Perron (PP) Testi

Phillips-Perron testi, DF ve ADF birim kök testlerine benzer şekilde birim kökü belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir diğer analiz yöntemidir. Bir testin gücü, yanlış olan hipotezi ret etme olasılığı ile ölçülmektedir. DF-ADF birim kök testlerinin bu açıdan gücü düşüktür. Çünkü bu testler birim kökü ve yakın birim kökü ayırt etmede yetersiz kalmaktadır (Tarı, 2012: 399).

Dickey-Fuller birim kök testinin varsayımlarından birisi hata terimlerinin istatistiki olarak birbirinden bağımsız ve sabit varyansa sahip olduğu şeklindedir. Yani hata terimleri arasında otokorelasyon gözlenmez. Fakat birçok zaman serisinin zayıf bağımlı ve heterojen dağılımlı hata terimlerine sahip oldukları gözlenmiştir. Bu gibi eksiklikler Phillips-Perron tarafından eleştiriye maruz kalmış ve birim kök varlığını test etmek için alternatif bir test geliştirilmiştir. PP birim kök testi, DF ve ADF testlerinin hata terimine yönelik varsayımlarına nazaran daha esnektir (Karahan, 2014: 134).

Özet olarak, ADF testi, bağımlı değişkenin gecikmeli fark terimlerini ekleyerek hata terimlerinde var olabilecek ardışık ilişkiyi hesaba katıp DF testini düzeltir. Phillips-Perron testi, hata terimindeki ardışık ilişkiyi hesaba katmak için gecikmeli fark değerlerini eklemeden kat sayısal olmayan istatistik yöntemlerini kullanır (Gujarati ve Porter, 2012: 758). Sonuç olarak PP testi, DF t istatistikleri geliştirilmesinde hata terimleri varsayımları ile ilgili sınırlamaları dikkate almamaktadır (Tarı, 2012: 400).

4.3.2 Johansen Eş Bütünleşme Testi

Johansen Eş Bütünleşme testinde değişkenler arasında birden çok eş bütünleşme ilişkisinin olabileceği ortaya atılmıştır. Modelde bulunan tüm değişkenlerin içsel

kabul edildiği bu analize göre normalleştirme için değişken seçilmesinin gerekli olmadığı öngörülmektedir. Bu eş bütünleşme testine göre, modelde ikiden fazla değişken sayısı varsa birden fazla eş bütünleştirici vektör bulunma olasılığı vardır. Diğer bir ifade ile modelde kullanılan değişkenler arasında birden fazla denge bulunabilmektedir.

Tüm bu ifadelerden yola çıkarak, değişkenler arasında eş bütünleşmenin var olup olmadığı Johansen Eş Bütünleşme testi ile analiz edilmektedir. “Johansen Eş Bütünleşme testi VAR (Vector Autoregression) analizine dayanmaktadır” (Akusta ve Cergibozan, 2020: 440).

Johansen Eş Bütünleşme modelinde kurulan denklem aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \sum_{j=1}^k \alpha_j Y_{t-1} + \beta x_t + e_t$$

Denklemdaki Y_t ve x_t düzey değerlerinin durağan olmadığı durumda, değerlerin birinci farkları alınıp durağanlaştırılan seriler olmalıdır. Denklemden birinci fark alma işlemi yapıp tekrar düzenlendiğinde ise:

$$\Delta Y_t = \pi Y_{t-1} + \sum_{j=1}^{k-1} r_j Y_{t-1} + \beta x_t + u_t$$

Denklemden $\pi = \sum_{j=1}^k \alpha_{j-1}$ ve $r_j = -\sum_{i=j+1}^k \alpha_i$ dir. Ayrıca $\pi = \alpha \beta$ şeklinde gösterilmektedir. α ve β , rankı r ve boyutu $k \times r$ olan iki matrisi ifade etmektedir. Bu denklemden r , matrisin rankını ifade ederken; β , uzun dönem eş bütünleşme katsayıları matrisini ve α ise hata düzeltme teriminin katsayısını ifade etmektedir (Tarı, 2012: 410).

Özetle Johansen Eş Bütünleşme testi, birden çok değişkenin birbirleri ile birlikte hareket edip etmediklerini test etmek için kullanılmaktadır. Analiz sonucunda, koentegrasyon veya eş bütünleşme (uzun dönem birlikte hareket etmesi) bulunuyor ise neden-sonuç ilişkisi doğrulanmaktadır. Uzun dönemli bir denge ilişkisi, iki ya da daha fazla zaman serisinin eş bütünleşik olması anlamına gelmektedir. Denge ilişkisini ise, değişkenlerin birbirlerinden bağımsız hareket edememesi göstermektedir. Modeldeki değişkenlerin zamanla denge ilişkisine doğru yaklaşması, uzun dönemli dengenin olduğunu göstermektedir (Çavdarlı, 2007: 26).

4.3.3 Granger Nedensellik Testi

Granger Nedensellik testi, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin yönünü belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Granger nedenselliği, bağımlı değişkenin cari değerinin, bağımsız değişkenin ve kendisinin gecikmeli değerleri tarafından belirlendiği görüşüne dayanmaktadır. X ve Y gibi iki değişken arasındaki nedensellik X 'ten Y 'ye doğru ($X \rightarrow Y$) ya da Y 'den X 'e ($Y \rightarrow X$) doğru tek yönlü olabilmektedir. Aynı zamanda çift yönlü nedenselliğin ve hiçbir nedensellik ilişkisinin bulunmadığı durumlarda söz konusudur. Granger nedensellik analizinde doğru ilişkilerin belirlenebilmesi için değişkenlerin başlangıçta durağan olmaları veya fark alma işlemi yapılarak durağanlaştırılmaları gerekmektedir. Çünkü durağan olmayan değişkenlere uygulanan Granger nedensellik analizi sahte nedensellik ilişkilerinin bulunmasına neden olmaktadır (Özata, 2010).

X ve Y gibi iki durağan zaman serisinin bulunduğu Granger nedenselliğin iki değişkenli nedensellik modeli aşağıda gösterilmektedir. Granger nedensellik analizi, bu iki denklemin tahminine dayanmaktadır.

$$Y_t = \sum_{j=1}^k a_j Y_{t-j} + \sum_{j=1}^k b_j X_{t-j} + e_{1t}$$
$$X_t = \sum_{j=1}^k c_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^k d_j Y_{t-j} + e_{2t}$$

Denklemden a_j, b_j, c_j, d_j gecikme katsayılarını, k tüm değişkenler için ortak gecikme derecesini ve e_{1t}, e_{2t} korelasyonsuz beyaz süreçleri göstermektedir (Karahan, 2014: 143).

Yukarıdaki denklemlerin parametrelerine bağlı olarak, Granger nedensellik testi ise şu şekilde gerçekleştirilir:

$$H_0: b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0 \quad H_0: b_1 \neq b_2 \neq \dots \neq b_m \neq 0$$
$$H_1: d_1 = d_2 = \dots = d_m = 0 \quad H_1: d_1 \neq d_2 \neq \dots \neq d_m \neq 0$$

H_0 hipotezinin kabul edilmesi durumunda X_t, Y_t 'nin nedeni değildir. H_1 hipotezinin kabul edilmesi durumunda ise Y_t, X_t 'nin nedeni değildir. Eğer H_0 ve H_1 hipotezlerinin her ikisi de reddedilirse X_t ve Y_t arasında iki taraflı nedensellik ilişkisinin olduğu anlaşılmaktadır (Özgen ve Güloğlu, 2004: 7).

4.4. Bulgular

Çalışmada yenilenebilir enerji tüketimlerinin ekonomiye ve çevreye olan etkileri birlikte incelenecektir. Çevre kirliliği için literatür takip edilmiş ve sera gazı emisyon (CO₂ eşdeğeri) oranı kullanılmıştır. Ekonomik büyüme verisi olarak ise kişi başına GSYİH oranları analize dâhil edilmiştir. Analizde kullanılan değişkenlerin aynı düzeye getirilebilmesi ve aralarında paralelliğin sağlanabilmesi için tüm değişkenlerin logaritması alınmıştır. Böylelikle kullanılan değişkenler aynı düzeye indirgenmiştir.

Tablo 14: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

İstatistikler Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
LENERJİ	30	6.4403	0.2178	6.1027	6.8605
LGSYİH	30	8.6905	0.5915	7.7276	9.4426
LSGE	30	5.8258	0.2810	5.3916	6.2633

Tablo 14’te analizde kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistik tablosu yer almaktadır. Tablo incelendiğinde logaritması alınan değişkenlerden enerji tüketiminin ortalama değerinin 6.4403 olduğu ve pozitif değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ekonomik büyümeye (LGSYİH) bakıldığında ortalamanın enerji tüketimi ve sera gazı emisyonuna göre yüksek olduğu görülmekte ve en yüksek değerinin 9.4426 olduğu görülmüştür. Sera gazı emisyonu ise en düşük ortalamaya sahip olup 0.2810’luk bir standart sapmaya sahip olduğu görülmektedir.

Değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve derecesi hakkında bilgi almak için korelasyon matrisine bakılmaktadır.

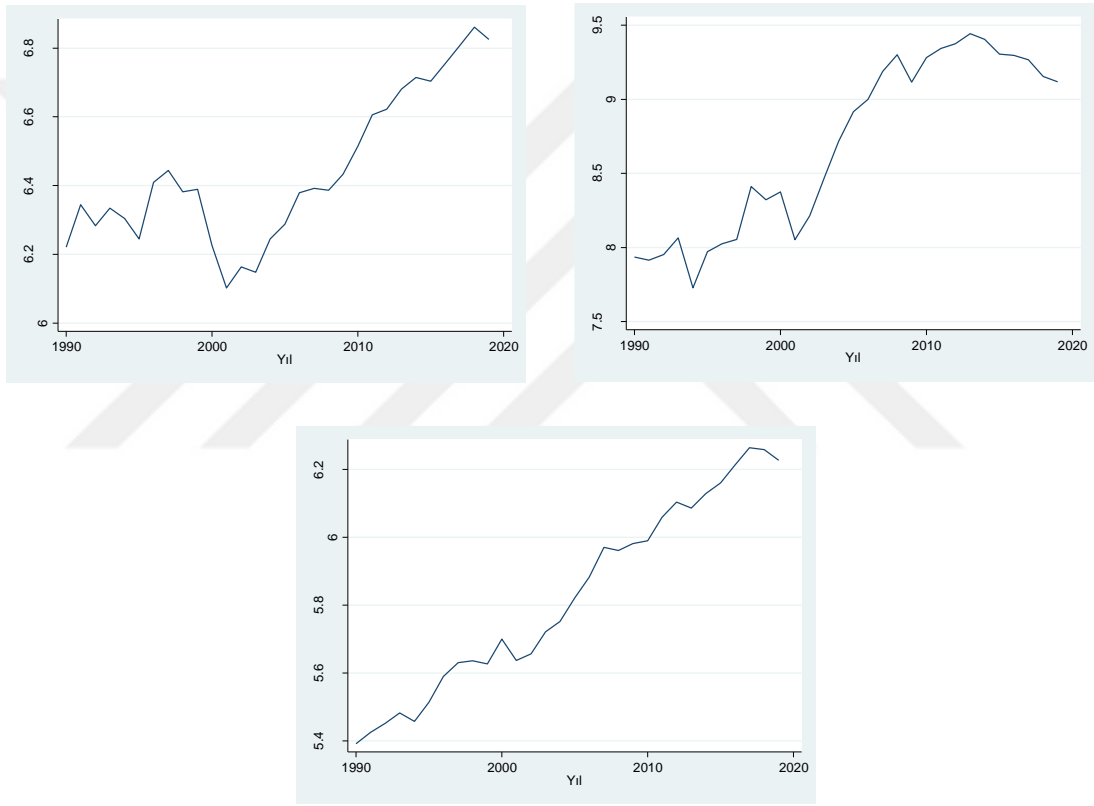
Tablo 15: Değişkenlerin Korelasyon Matrisi Sonuçları

Değişkenler	LENERJİ	LGSYİH	LSGE
LENERJİ	1		
LGSYİH	0.7184	1	
LSGE	0.8363	0.9400	1

Tablo 15’te bağımlı değişken olan enerji tüketimi ile açıklayıcı değişkenler arasında yüksek bir korelasyon olduğu gözlemlenmektedir. Ele alınan dönemler arasında yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde kişi başına GSYİH ve sera gazı emisyonunun pozitif etkisi olduğu görülmektedir.

Analiz için kullanılacak yöntemlerin tanıtılması ve ele alınan değişkenlerin tanımlayıcı istatistik ve korelasyonları hakkında bilgiler verildikten sonra çalışmanın ana modeline geçilmiştir.

Zaman serisi modelinde, değişkenlerin durağan olup olmadıkları ADF ve PP gibi birim kök testleriyle sınanabilirken, zaman serisi grafikleri ile de durağanlık hakkında bilgi alınabilmektedir. Bu nedenle birim kök testlerine başlamadan önce değişkenlerin zaman serisi grafikleri incelenmiştir. Grafiklerden sonra durağanlıkların kesin olarak belirlenmesi için, istatistiksel rakamlar kullanılarak birim kök testleri uygulanmıştır.



Şekil 21: Zaman Serisi Grafikleri

Değişkenlerin zaman serisi grafikleri incelendiğinde modelde kullanılan üç değişkenin de artış gösterdiği görülmektedir. Bu da bize serilerde eğimin olduğunu yani bir trend söz konusu olduğunu söylemektedir. Fakat serilerin durağanlıklarına ilişkin kesin olarak sonuçlara ulaşabilmek için serilere birim kök testleri uygulanmaktadır.

Değişkenlere ait zaman serisi grafikleri incelendikten sonra aralarında kısa ve uzun dönemli ilişkinin tespit edilebilmesi için serilerin birim kök testlerine

bakılmıştır. Birim kök testlerinden ulaşılan sonuçlara göre hangi analiz yönteminin uygulanması gerektiği tespit edilecektir. Analiz için oluşturulan birim kök testi hipotezleri ise şu şekildedir:

H_0 : Birim kök vardır.

H_1 : Birim kök yoktur.

Birim kök testlerinden elde edilen sonuçlar, %5 anlamlılık düzeyinde karşılaştırılmaktadır. Serilerin durağan olabilmeleri için %5 anlamlılık düzeyinden küçük çıkmaları beklenmektedir. Dolayısıyla istatistik değerlerinin küçük çıkması sonucunda birim kökün bulunduğunu gösteren sıfır hipotezi reddedilir ve alternatif hipotez kabul edilerek birim kök yoktur yani seri durağandır sonucuna ulaşılmaktadır. Aşağıdaki tablolarda analiz için tercih edilen ADF (Augmented Dickey Fuller) ve PP (Phillips-Perron) birim kök testleri uygulanmıştır.

Analizde yer alan değişkenlere sabitli-trendli ADF ve PP birim kök testleri uygulanmıştır. Birim kök testleri için modelde Schwarz Bilgi Kriterine göre, 0 gecikme sayısı belirlenmiştir.

Tablo 16: ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Model	Düzy		Birinci Fark*	
		Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
LENERJİ	Sabitli + Trendli	-1.353	0.874	-5.165	0.000
LGSYİH	Sabitli + Trendli	-1.339	0.878	-5.634	0.000
LSGE	Sabitli + Trendli	-2.620	0.270	-5.098	0.000

* %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 16'da tüm değişkenler için hesaplanan olasılık değerleri %5 anlamlılık düzeyinden büyük oldukları için serilerin birim köke sahip olduğunu ifade eden sıfır hipotezi kabul edilmiştir. Bu nedenle seriler $I(0)$ düzeyinde durağan değillerdir. Dolayısıyla serilere birinci fark alma işlemi uygulanarak tüm değişkenlerin birinci farklarına bakılmıştır. Serilerin farklarına bakıldıktan sonra hesaplanan olasılık değerlerinin %5 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Yani sıfır hipotezi reddedilerek alternatif hipotez kabul edilmiştir. Bu nedenle tüm değişkenler birinci farklarında $I(1)$ durağan çıkmışlardır.

Tablo 17: PP Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Model	Düzy		Birinci Fark*	
		Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
LENERJİ	Sabitli + Trendli	-1.353	0.874	-5.165	0.000
LGSYİH	Sabitli + Trendli	-1.339	0.878	-5.634	0.000
LSGE	Sabitli + Trendli	-2.620	0.270	-5.098	0.000

* %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 17’de ise serilerin PP birim kök test sonuçları yer almaktadır. Tabloda tüm değişkenler için hesaplanan olasılık değerleri %5 anlamlılık düzeyinden büyük oldukları için serilerin birim köke sahip olduğunu ifade eden sıfır hipotezi kabul edilmiştir. Bu nedenle seriler $I(0)$ düzeyinde durağan değillerdir. Dolayısıyla tüm değişkenlerin birinci farklarına bakılmıştır. Serilerin farklarına bakıldıktan sonra olasılık değerlerinin %5 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle tüm değişkenler birinci farklarında $I(1)$ durağan çıkmışlardır. Çalışmada yer alan tüm serilerin birinci farklarında durağan olmaları sonucunda eş bütünleşme testlerinin yapılması uygun görülmüştür. Bu nedenle analize Johansen Eş Bütünleşme testi ile devam edilmiştir.

Birim kök testlerinden çıkan sonuçlara göre tüm değişkenlerin birinci farklarında durağan olmaları sonucunda uygulanacak olan Granger nedensellik ve VAR analizi gibi uygulamalardan önce değişkenlerin uzun dönemde bir denge ilişkilerinin yani değişkenlerin eş bütünleşik olup olmadıklarının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak uygulanacak testlerin gecikme uzunluklarının belirlenmesi gerekmektedir.

Tablo 18: Uygun Gecikme Uzunluğunun Tespiti

Gecikme Uzunluğu	LL	LR	AIC	HQ	SIC
0	25.7289	NA	-1.7483	-1.7065	-1.6032
1	101.907	152.36	-6.9159	-6.7487*	-6.3352*
2	108.462	13.109	-6.7278	-6.4352	-5.7116
3	122.809	28.694*	-7.1391*	-6.7211	-5.6874
4	130.618	15.618	-7.0475	-6.5040	-5.1603

*Uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Gecikme uzunluğu belirlenirken LR (LR Test İstatistiği), AIC (Akaike Bilgi Kriteri), HQ (Hannan- Quinn Bilgi Kriteri) ve SIC (Schwarz Bilgi Kriteri) gibi kriterler kullanılmaktadır. Bu kriterlerden en çok tercih edilen AIC kriterine göre seçim yapılmıştır. Tablo 18’de en uygun gecikme uzunluğunun 3 olduğu tespit edilmiştir.

Değişkenler arasında uzun dönemli denge ilişkisi Johansen Eş Bütünleşme testi ile analiz edilmiştir.

Tablo 19: Johansen Eş Bütünleşme Testi Sonuçları

İz İstatistiğine Göre Eş Bütünleşme Testi			
Hipotezler	İz İstatistiği	%5 Kritik Değer	Olasılık
r = 0	36.9915	29.68	0.000*
r ≤ 1	6.7719	15.41	0.673
r ≤ 2	2.2798	3.76	0.153
Maximum Özdeğer İstatistiğine Göre Eş Bütünleşme Testi			
Hipotezler	Max. Özdeğer İstatistiği	%5 Kritik Değer	Olasılık
r = 0	30.2197	20.97	0.000*
r ≤ 1	4.4920	14.07	0.673
r ≤ 2	2.2798	3.76	0.153

*Eş bütünleşme ilişkisini göstermektedir.

Tablo 19’da gösterilen eş bütünleşme testi sonuçlarına göre iz istatistik ve maksimum özdeğer istatistik değerlerine göre karşılaştırılması sonucunda %5 anlamlılık düzeyinde 1 tane eş bütünleşmenin olduğunu göstermektedir. Çıkan değerlerde iz istatistik ve özdeğer istatistik değerlerinin kritik değerlerden yüksek ve %5 anlamlılık düzeyinde olasılık değerleri küçük olduğu için eş bütünleşme ilişkisinin olmadığını öne süren sıfır hipotezi reddedilmiştir. Bu nedenle alternatif hipotez kabul edilmiş olup, değerşkenler arasında uzun dönemli ilişki vardır.

Eş bütünleşme testi ile uzun dönemli ilişkinin tespiti sonrasında değerşkenler arasında kısa dönemli ilişkinin tespit edilmesi de gerekli olmaktadır. Bu kısa dönemli ilişkinin tespiti ise VECM Hata Düzeltme modeli ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 20: Vektör Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	T İstatistik
ECM (-1)	-0.0809	0.1318	0.539
LGSYİH	0.3988	0.1202	0.001
LSGE	-1.1913	0.2778	0.000
C	-0.0033	0.0258	0.896

ECM: Hata düzeltme teriminin katsayısını göstermektedir.

Vektör hata düzeltme modeline göre hata terimi katsayısının negatif ve eksi 1 ile sıfır arasında bir değer çıkması beklenmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimlerinin kısa dönemli ilişki analizine göre hata düzeltme teriminin katsayısı -0.08 ve negatiftir. Bu nedenle ortaya çıkan dengesizlik sonraki dönemlerde düzelecektir. Dolayısıyla uzun dönemde oluşabilecek ilişki tutarlıdır. Modelde uzun dönemde ortaya çıkabilecek bir şokun etkisi $1/|0.08|=12.5$ yaklaşık 13 yıl sonra uzun dönem dengesine ulaşacaktır. Tabloda uzun dönemli sonuçlarında yenilenebilir enerji tüketimleri ekonomik büyümeyi pozitif etkilemekte (0.39) ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. Sera gazı emisyon oranını ise negatif yönde (-1.19) istatistiksel olarak anlamlı etkilemektedir.

Modelde yer alan değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin yönünü belirlemek amacıyla Granger nedensellik testi uygulanmıştır.

Tablo 21: Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Hipotezler H_0	Ki-kare	Olasılık	Karar
LENERJİ \longrightarrow LGSYİH	4.45	0.216	H_0 kabul
LGSYİH \longrightarrow LENERJİ	34.50	0.000*	H_0 ret
LENERJİ \longrightarrow LSGE	1.68	0.641	H_0 kabul
LSGE \longrightarrow LENERJİ	4.88	0.180	H_0 kabul
LGSYİH \longrightarrow LSGE	31.61	0.000*	H_0 ret
LSGE \longrightarrow LGSYİH	1.50	0.681	H_0 kabul

*%5 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 21’de nedensellik sonuçlarına göre modeldeki değişkenler arasında nedensellik ilişkisine rastlanılmıştır. Ekonomik büyüme değişkeninden hem yenilenebilir enerji tüketimine hem de sera gazı emisyonuna doğru %5 anlamlılık düzeyinde nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

SONUÇ

Yüzyıllardır dünyada enerji ihtiyaçları fosil enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Fosil enerji kaynakları, hem sınırlı sayıda olmaları hem de doğaya vermiş olduğu zararlar nedeniyle çevre kirliliğine, sera gazı etkisi ile küresel ısınmaya, asit yağmurlarına ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Nüfusun giderek artması ile enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaçta artmaktadır. Nüfusun artması ve sanayi üretimindeki bu artışa bağlı olarak ülkelerin enerji talebinin artmasına neden olmuştur. Bu talebin fosil kaynaklardan karşılanması, ülkeler açısından ekonomik ve devamlılık sağlamamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise, ekonomik yönden avantajlı ve yenilenme hızı daha yüksektir. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi daha çok artmıştır. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak ve çevreye olan zararının önüne geçmek için ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımları arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olan Türkiye’de de bu yatırımlar önem kazanmıştır.

Bu çalışmada Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimlerinin çevre kirliliği ve ekonomik büyümeye etkilerinin olup olmadığı incelenmiştir. Bu nedenle çalışmada 1990-2019 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketim verileri ele alınarak çevre kirliliğine ve ekonomik büyümeye etkisi analiz edilmiştir. Analiz için Zaman Serisi Ekonometrik Analiz yöntemleri uygulanmıştır. Bunlar sırasıyla Birim Kök Testleri, Johansen Eş Bütünleşme Testi ve Granger Nedensellik Analiz yöntemleridir.

Çalışma sonucunda Türkiye’de belirlenen yıllar arasında yenilenebilir enerji tüketimlerinin çevreye ve ekonomiye etki ettiği tespit edilmiştir. Çalışmada öncelikle ADF ve PP sonuçlarına bakıldığında tüm serilerin birinci farklarına bakıldıktan sonra durağan hala geldiği görülmektedir. Bunun üzerine eş bütünleşme ilişkisinin tespiti için Johansen Eş Bütünleşme testi uygulanmış ve yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasında uzun dönemli ilişki bulunmuştur. Diğer bir ifade ile değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettikleri yani aralarında sıkı bir bağın bulunduğu söylenebilmektedir. Son olarak, Granger Nedensellik Analizi ile değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olup olmadığına bakılmıştır. Analiz sonucunda, yenilenebilir enerji tüketiminden hem ekonomik büyümeye hem de çevre kirliliğine nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu nedensellik ilişkisi ekonomik büyümeden hem yenilenebilir enerji tüketimine hem de sera gazı emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik olarak bulunmuştur.

Analiz sonuçlarını genel olarak ele alıp incelediğimizde, Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimlerinin ekonomik büyümeyi olumlu etkilediği yani enerji tüketimlerinin artması ile ekonominin de artacağı söylenebilmektedir. Çevre kirliliği olarak ele alınan sera gazı emisyonu için çıkan sonuçlar incelendiğinde ise, yenilenebilir enerji tüketimlerinin çevre kirliliğine çok az miktarda etki ettiği söylenebilmektedir. Kısaca Türkiye’de yenilenebilir enerji, ekonomiyi olumlu yönde etkileyerek yatırımcıların enerjiye olan ilgilerini daha çok arttıracak ve çevreye olan zararının çok az seviyede olması nedeniyle de daha fazla tercih edilecektir.

Gelecek çalışmalarda yenilenebilir enerji tüketimi ile hem çevre kirliliği hem de ekonomik büyüme farklı ülkeler ile ele alınarak Panel Veri analizi ile test edilerek analizler genişletilebilir. Farklı olarak sadece tek bir yenilenebilir enerjinin (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi vb.) ele alınmasıyla da analizde kullanılan çevre ve ekonomik değişkenler arasındaki ilişki de her enerji çeşidi ile analiz edilebilir.

KAYNAKÇA

- Adıgüzel, E. G. (2018). *Avrupa Birliği'nin Yenilenebilir Enerji Dinamikleri ve Türkiye'nin Uyumunu*. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Adıyaman, Ç. (2012). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları*. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- Ajans Dijital (2018). *Mersin Akkuyu Nükleer Santral Projesi ve Mersin Halkının Görüşleri*. Erişim Tarihi: 03.08.2021, <http://ajansdijital.net/mersin-akkuyu-nukleer-santral-projesi-ve-mersin-halkinin-gorusleri>
- Akçay, M. (2019). *AHP-TOPSIS Hibrit Yöntemi ile Türkiye'de Güneş Enerji Santralleri için Yer Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akdoğan, M. (2006). *Enerji Kaynakları ve Doğu Karadeniz'in Hidroelektrik Potansiyel Dengesi Etüdü*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Ankara: Nobel Yayınları.
- Akusta, E., & Cergibozan, R. (2020). Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyümenin Çevre Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 15(54), 429-461.
- Alper, E. C. (2019). *Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Altınay, G., & Karagöl, E. (2005). Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence From Turkey. *Energy Economics*, 27, 849-856.
- Altun, İ. (2019). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üretiminin Belirleyicileri: Türkiye Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Altuntaş, H. (2019). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Hedef ve Politikaları İle Fotovoltaik Güneş Enerjisinin Gelişimi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Aslantaş, A. (2018). *Dünya'da ve Türkiye'de Biyokütle Enerjisinin Kullanımı ve Potansiyeli*. Yüksek Lisans Tezi, Konya Üniversitesi, Konya Ticaret Odası, Konya.
- Aydın, E. (2020). *Küresel İklim Değişikliğinin Güneş Enerjisi Özelinde Yenilenebilir Enerji Potansiyeline Etkisi ve Arazi Örtüsü ile İlişkisi: Van Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Bakırtaş, İ., & Çetin, M. (2016). Yenilenebilir Enerji Tüketimi İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G-20 Ülkeleri. *Sosyoekonomi*, 24(28), 131-145.
- Bakırtaş, T., Karbuz, S., & Bildirici, M. (2000). An Econometric Analysis of Electricity Demand in Turkey. *METU Studies in Development*, 27, 23-34.
- Bayraç, H., & Çildir, M. (2017). AB Yenilenebilir Enerji Politikalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 201-212.
- Bekar, G. (2020). *Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Sistemleri Yatırımları Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- BEPA (2017). *Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası*. Erişim Tarihi: 01.08.2021, <https://bepa.enerji.gov.tr/>
- Bozkurt, Y., & Kurtoğlu, A. (1980). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 30(2), 92-104.
- Bulut, M. (2013). *Hidroelektrik Enerji ve Hidroelektrik Santrallerde Tribün Tipi Seçiminin Verime Etkisinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Büyükikiz, Ş. (2019). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının AHP ve Bulanık TOPSİS Yöntemleri İle Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ceyhunlu, A.I. (2020). *Hidroelektrik Enerji Santrallerinde Üretilen Enerjinin Kısa ve Uzun Süreli Olarak Tahmin Edilmesi ve Taşkın Riskinin Araştırılması: Doğançay Hidroelektrik Enerji Santralleri Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya.

- Çağal, F. E. (2009). *Biyokütle Enerji Potansiyelinin Türkiye Açısından Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Çakır, F. (2021). *Gelişen Ekonomilerde Sanayileşmenin Çevre Kirliliğine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- Çavdarlı, A.İ. (2007). *Türkiye İmalat Sanayi İçin Bir Kointegrasyon Analizi*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çeçen, M. (2018). *Sürdürülebilir Çevre Vizyonu Açısından Türkiye'nin Enerji Politikalarında Güneş Enerjisinin Geleceği*. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Çevik, M. (2017). *Güneş ve Hidrojen Enerjisi Esaslı Alternatif Hibrit Bir Enerji Sisteminin Geliştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis.
- Çiftçi, C. (2021). *Jeotermal Enerji Sistemlerinde Antimon İçeren Kabuklaşmanın Sentezi ve Kabuklaşmanın Azaltılması İçin Potansiyel İnhibitörlerin Test Edilmesi*. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Damgacı, E. (2017). Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanılarak Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 20(3), 629-637.
- Dickey, D., & Fuller, W. (1979). Distribution Of The Estimators For Autoregressive Time Series With A Unit Root. *Journal Of The American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Doğan, M. (2019). *Güneş Enerjisi Santrallerinin İncelenmesi ve Verimlilik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Doğanay, H. (1998). *Ekonomik Coğrafya II, Enerji Kaynakları (2. Basım)*. Erzurum: Şafak Yayınevi.
- DSİ (2020). *Hidroelektrik Enerji Potansiyelimizin Gelişim Durumunun Grafiği*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://enerji.dsi.gov.tr/Duyuru/Detay/927>

- DSİ (2020). *Kaynaklarına Göre Kurulu Güç Kapasitemiz ve Üretim Miktarı*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://enerji.dsi.gov.tr/Duyuru/Detay/928>
- Durak, M. (2005). Avrupa Birliği Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Küçük Hesler ve Rüzgar Enerjisi Yatırımlarına Verilen Teşvikler. *Meteoroloji Dergisi*, 1, 18-20.
- Enerji Atlası (2021). *En Büyük 10 Hidroelektrik Enerji Santrali*. Erişim Tarihi: 15.8.2021, <https://www.enerjiatlası.com/en-buyuk/hidroelektrik>
- Erden, A. (2021). *Ege Bölgesinde Jeotermal Enerji Kullanımının Tarımsal Alanlar ve Orman Kaynakları Üzerine Etkilerine Yönelik Toplumsal Görüşlerin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Erdoğan, M. (2014). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Termodinamik Analiz Yöntemi ile İncelenerek, Yenilenebilir Enerji Kullanımının Gelecek Projeksiyonlarının Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdoğan, N. (2020). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ile Yenilenebilir Enerji Üretimi Arasındaki Etkileşim ve Finansal Yansımaları*. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- EPDK (2020). *Doğalgaz Piyasası Sektör Raporu*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-95/dogal-gazaylik-sektor-raporu>
- ETKB (2020). *Türkiye Doğalgaz Üretimi*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz>
- ETKB (2020). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Biyokütle*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle>
- ETKB (2021). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Jeotermal*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>
- GAZBİR (2019). *2019 Yılı Doğalgaz Dağıtım Sektör Raporu*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, https://www.gazbir.org.tr/2019-dogalgaz-sektor-raporu/files/downloads/2019_YILI_DOGAL_GAZ_DAGITIM_SEKTOOR_RAPORU.pdf

- GAZBİR (2020). *2020 Yılı Doğalgaz Dağıtım Sektörü Raporu*. Erişim Tarihi: 20.10.2021,
https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/2020_Yili_Dogal_Gaz_Sektoor_Raporu.pdf
- GEPA (2020). *Güneş Enerji Potansiyeli Atlası*. Erişim Tarihi: 15.8.2021,
<https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>
- Gökmen, C. (2015). *Türkiye'nin Bölgelere Göre Enerji Potansiyeli*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Gujarati, D.N. (2005). *Temel Ekonometri*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Gujarati, D.N., & Porter, D.C. (2012). *Temel Ekonometri*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Güler, Ö. (2005). *Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi*. Ankara: V.Enerji Sempozyumu.
- Gülsever, M. (2020). *Güneş Enerjisi Destekli Evsel Elektrik İhtiyacının Matematiksel Modellenmesi-Sistemin Performans Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Habash, R. (2018). *Güneş Tabanlı Hidrojen Enerjisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İEA (2021). *Kişi Başına Elektrik Tüketimi*. Erişim Tarihi: 20.10.2021,
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=TURKEY&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=El ecConsPerCapita>
- İlkılıç, Z. (2016). Türkiye'de Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Enerji Sistemlerinin Gelişimi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2), 1-13.
- İncitaş (2021). *Hidroelektrik Enerjisi Nedir? Nereelerde Kullanılır?*. Erişim Tarihi: 02.08.2021,
<https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/hidroelektrik-enerjisi-nedir-nerelerde-kullanilir#:~:text=Hidrolik%20enerji%20ile%20modern%20tar%C4%B1m,g%C3%BCc%C3%BCnden%20kinetik%20enerji%20elde%20edilir.>

- İraz, R., Altınışik, İ., & Peker, H. S. (2014). Güneş Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler ve Türkiye'deki Durum. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 13(1-2), 69-78.
- Jobert, T., & Karanfil, F. (2007). Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey. *Energy Policy*, 35(11), 5447-5456.
- Kaımbekova, A. (2020). *Güneş Enerjisi Santralleri Kurulumuna Uygun Alanların Uzaktan Algılama ve CBS Yöntemleriyle Belirlenmesi (Türkistan ve Karakanda Kazakistan)*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.
- Kang, S., Islam, F., & Tiwari, A. (2019). The Dynamic Relationships Among CO2 Emissions, Renewable and Non-Renewable Energy Sources and Economic Growth in India: Evidence From Time-Varying Bayesian VAR Model. *Structural Change and Economic Dynamics*, 50, 90-101.
- Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, (29), 70-98.
- Karaaslan, A., & Aydın, S. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(4), 1351-1375.
- Karabatak, İ. (2018). *Jeotermal Enerjinin Konut Isıtması Alanında Kullanımı: Çevresel ve Sosyoekonomik Açından Bir Değerlendirme*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karabulut, Y. (2000). *Türkiye Enerji Kaynakları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Karadağ, H. İ. (2009). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Rüzgar Türbini Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karagöl, E. T., & Karavaz, İ. (2017). Dünya'da ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. *Seta Vakfı Analiz*, 197, 1-30.

- Karahan, M. (2014). *Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İçin Türkiye Üzerine Bir Modelleme*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Kaya, A. (2020). *Güneş Enerjisi Paneli, Kurulum ve Montaj Riskleri*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kaya, T. O. (2018). *Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Önemi*. Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Kayabaşı, R. (2009). Jeotermal Enerji Kullanılarak Termoelektrik Jeneratör İle Elektrik Üretimi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(3), 59-64.
- Kaygusuz, K., & Türker, M. F. (2002). Biomass Energy Potential in Turkey. *Renewable Energy*, 26(4), 661-678.
- Kenet, S. (2020). *Türkiye'de Hidroelektrik Santrallerin Çevresel e Ekonomik Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kennedy, P. (2006). *Ekonometri Kılavuzu*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Kılınç, N. (2008). *Hidrojen Enerjisinin ve Hidrojen Teknolojilerinin Ekonomideki Yeri Pazar Gelişimi ve Pazar Payı Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Kızılel, G. (2016). *Türkiye'deki Hidroelektrik Enerjisi İle Diğer Enerji Türlerinin Karşılaştırılması ve Muğla İlinin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli*. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Koç, E., & Kaya, K. (2015). Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56(668), 36-47.
- Koç, E., & Şenel, M. C. (2013). Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Durumu- Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 54(639), 32-44.
- Koçarlan, G. (2010). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi Çerçevesinde Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Yeri ve Önemi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, (4), 53-61.

- Kolomoyets, S. (2010). *Hukuki Açıdan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Jeotermal Enerji: Avrupa Birliği ve Türkiye Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Korkmaz Başel, E. D. (2010). *Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyelinin Araştırılması*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kozak, M. (2021). *Salar, Sülün ve Karaarслан (Afyonkarahisar) Köyleri ve Çevresinin Jeotermal Enerji Potansiyelinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Köse, K. (2019). *Dünyada ve Türkiye'de Petrol Ürünlerinin Dış Ticareti, Türkiye'de Gümrük İşlem Süreci ve Vergilendirilmesi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On The Relationship Between Energy and GNP. *Journal Of Energy and Development*, 3, 401-403.
- Kurtoğlu, O., & Özal, M. (2010). Nehir Tipi Hidroelektrik Santral Yatırımlarının Yasal Süreç, Çevresel Etkiler, Doğa Koruma ve Ekoturizmin Geleceği Kapsamında Değerlendirilmesi. *3.Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, 2, 688-707.
- Kükreler, B. (2007). *Hidrojen Enerjisinin Gelişme Potansiyeli ve Türkiye Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- MAPEG (2020). *Petrol ve Doğalgaz Üretim İstatistikleri*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, https://www.mapeg.gov.tr/petrol_istatistik.aspx
- Menyah, K., & Wolde Rufael, Y. (2010). CO2 Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in The US. *Energy Policy*, 38(6), 2911-2915.
- Mercan, B. (2014). *Orta Ölçekli Hidroelektrik Enerji Tesislerinin İncelenmesi için Örnek Bir Çalışma-Bağışlı Regülatörü ve Hes*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.

- Nuri, A. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Öğüt, H. (2007). Biyo Yakıtlar. *Ekonomik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 130.
- Özarslan, B. (2017). *Rüzgar Enerjisinin Sürdürülebilir Kalkınma Üzerindeki Ekonomik Etkileri: Türkiye Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Özata, E. (2010). Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkilerin Ekonometrik İncelemesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (26).
- Özcan, B. (2015). *Yenilenebilir Enerjide Mevzuat: Mevzuat Sorunlarına Yönelik Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Özgen, F.B., & Güloğlu, B. (2004). Türkiye'de İç Borçların İktisadi Etkilerinin VAR Tekniğiyle Analizi. *METU Studies In Development*, 31, 93-114.
- Öztürk, H. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı*. Ankara: Teknik Yayınevi.
- Safarlı, S. (2019). *Azerbaycan ve Türkiye'de Petrol İşletmelerinde Finansal Analiz: TŪPRAŞ ve SOCAR'da Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Serpen, U., Aksoy, N., Öngür, T., & Korkmaz Başel, E. D. (2009). Geothermal Energy in Turkey: 2008 Update. *Geothermics*, 38, 227-237.
- Soytaş, U., Sarı, R., & Özdemir, Ö. (2001). Energy Consumption and GDP Relation in Turkey: A Cointegration and Vector Error Correction Analysis. *Economies and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in The Global Environment Proceedings*, 838-844.
- Süngü, M. (2020). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Politikasının Analizi ve Bir Model Önerisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- Şahin, N. (2007). Türkiye'nin Doğalgaz Politikası. *Ekonomik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (1), 113-122.
- Şenaktaş, B. (2005). *Hidrojen Enerjisi Üretim ve Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Tarı, R. (2012). *Ekonometri*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Taş, T. (2011). *Türkiye Liberal Elektrik Piyasasının İşleyişi ve Hidroelektrik Enerjisinin Mevcut Durumu*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TEİAŞ (2021). *Santral Kurulu Güç Raporları*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>
- TKİ (2020). *Kömür Sektör Raporu*. Erişim Tarihi: 18.10.2021, <https://www.tki.gov.tr/yayinlar>
- TKİ (2020). *Türkiye Kömür Üretim İstatistikleri*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://www.tki.gov.tr/istatistikler>
- TKİ (2021). *Aylık Faaliyet İstatistikleri*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://www.tki.gov.tr/istatistikler>
- TMMOB (2017). *Türkiye Petrolleri Raporu*. Erişim Tarihi: 14.6.2021, http://www.tmmob.org.tr/sites/default/files/tpao_raporu_0.pdf
- TMMOB (2019). *TMMOB JES'ler İle İlgili Rapor*. Erişim Tarihi: 10.08.2021, https://www.kmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=4732&tipi=2&sube=0
- TMMOB (2020). *Kömür ve Enerji Raporu*. Erişim Tarihi: 18.10.2021, <https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2020/09/MADEN-M.O-K%C3%96M%C3%96R-VR-ENERJ%C4%B0-RAPORU-2020.pdf>
- Toker, A. M. (2017). *Rüzgar Enerjisi Yatırımlarındaki Risk Faktörleri ve Enerji Üretimi Öngörüsünde Rüzgar Ölçüm Verisinin Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tuçbilek, Ö. (2015). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tarımda ve Kırsal Kalkınmada Kullanımı: Kütahya Simav Jeotermal Seracılık Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.

- TÜREB (2020). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu*. Erişim Tarihi: 18.9.2021, <https://tureb.com.tr//yayin/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-ocak-2020/128>
- TÜREB (2021). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu*. Erişim Tarihi: 20.10.2021, <https://tureb.com.tr//haber/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-temmuz-2021/251>
- Türkoğlu Elitaş, M. N. (2016). *Türkiye'de Biyokütle Enerji Kaynaklarının Araştırılması ve OECD Ülkeleri ile Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Uçan, O., & Koçak, E. (2014). Türkiye'de Dış Ticaret ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 51-60.
- Ural, T., & Karaca, G. (2016). Hidrojen Ekonomisi. *Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi*, 3(2), 145-154.
- Uzun, A. (2015). *Enerji Üretim Santralleri İçinde Jeotermal Enerji Santrallerinin Yeri ve Seçim Kriterleri*. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Üst, İ. (2018). *Maliyetlerine Göre 100 Yıllık Enerji Üretimi Modellemesi ve Hidroelektrik Enerjisinin Rolü*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Velioğlu, B. (2019). *Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)-Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) İlişkisinin İrdelenmesi ve Hidroelektrik Enerjisi Sürecinde SÇD'nin Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldırım, U. (2020). Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Enerji Görünümü (1990-2018): Ne Değişti?. *Politik Ekonomik Kuram*, 4(2), 200-218.
- Yılmaz, D. D. (2015). *Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar ve Hidroelektrik Enerji Üretiminde Birim Maliyetlerin Karşılaştırılmalı Analizi ve Türkiye Uygulaması*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İstanbul.

Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.

Zaim, A., & Çavşı, H. (2018). Türkiye'deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu. *Mühendis ve Makina*, 59(691), 45-58.



