



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE
EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: PANEL VERİ ANALİZİ**

DUYGU ÜMRAN ARSLAN

**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
EKONOMETRİ BİLİM DALI**

EYLÜL 2021



**YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: PANEL VERİ ANALİZİ**

Duygu Ümran ARSLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
EKONOMETRİ BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Duygu Ümran ARSLAN

23.09.2021

YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: PANEL VERİ ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Duygu Ümran ARSLAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Eylül 2021

ÖZET

Son yıllarda enerji ekonomik büyümenin belirleyici etkenlerinden biri haline gelmiştir. Artan çevre bilinci ve enerjide dışa bağımlılığı azaltma ihtiyacı ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bu çalışmada G20 platformuna üye 16 ülke için 2000 – 2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi panel veri analizi yöntemi ile incelenmiştir. Breusch - Pagan Lagrange Çarpımı testi ile serilerde yatay kesit bağımlılığının olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç doğrultusunda durağanlık ve eşbütünleşme ilişkisinin tespitinde yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil testlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Uygulanan Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı doğrulanamamıştır. Değişkenler arasındaki kısa dönemli nedensel ilişkiyi tespit etmek amacıyla serilerin birinci farkı alınarak heterojen paneller için kullanılan Dumitrescu - Hurlin (2012) Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır. Ayrıca parametrelerin heterojen olduğu Delta Testi uygulanarak doğrulanmıştır ve bu sonuç ilgili nedensellik testinin kullanımının uygun olduğunu göstermektedir. Son olarak Hausman Testi sonuçları doğrultusunda kısa dönemli ilişki modeli Sabit Etkiler yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Elde edilen katsayı kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin büyüme oranında meydana gelecek %1 değişim, GSYİH'nın büyüme oranı üzerinde % 0,0401 oranında değişime neden olacağını göstermektedir. Bu doğrultuda ülkelerin yenilenebilir enerji konusundaki AR-GE çalışmalarını ve yatırım desteklerini arttırmaları önerilebilir.

Bilim Kodu : 110602
Anahtar Kelimeler : Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Panel Veri Analizi
Sayfa Adedi : 115
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Seher Nur SÜLKÜ

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH: PANEL DATA ANALYSIS

(M. Sc. Thesis)

Duygu Ümran ARSLAN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES

September 2021

ABSTRACT

In recent years, energy has become one of the determining factors of economic growth. Increasing environmental awareness and the need to reduce foreign dependency in energy have led countries to renewable energy sources. In this study, the effect of renewable energy consumption on economic growth was analyzed by using panel data analysis method on annual data of 16 countries that are the members of the G20 platform, for the 2000 - 2019 period. Breusch - Pagan Lagrange Multiplier test confirmed the presence of cross-sectional dependence in the series. In line with this result, for the determination of stationarity and cointegration relationship, a second-generation test that take the cross-sectional dependency into account was selected. The Westerlund (2007) panel cointegration test did not confirm the existence of a long-term relationship between the variables. In order to determine the short-term causal relationship between variables, Dumitrescu - Hurlin (2012) Granger causality test, which is used for heterogeneous panels, was applied by taking the first difference of the series. The results reveal the existence of a one-way causality relationship from renewable energy consumption to economic growth in the short run. Heterogeneity of the parameters was verified by applying the Delta Test; and this result shows that the use of the selected causality test is appropriate. In line with the Hausman Test results, the short-term relationship model was estimated using the Fixed Effects method. The coefficient obtained shows that, in the short term, a 1% change in the growth rate of renewable energy consumption will cause a change of 0.0401% on the growth rate of GDP. Based on this result, it can be suggested that countries increase their R&D studies and investment supports on renewable energy.

Science Code : 110602
Key Words : Renewable Energy Consumption, Economic Growth, Panel
Data Analysis
Page Number : 115
Supervisor : Prof. Dr. Seher Nur SÜLKÜ

TEŞEKKÜR

Değerli katkılarıyla bu çalışmaya yön veren ve her zaman daha fazla çalışmaya motive eden değerli Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Seher Nur SÜLKÜ'ye, jüride yer alan ve bu çalışmanın kalitesinin artmasına katkıda bulunan Doç. Dr. Ceylan Yozgatlıgil ve Doç. Dr. Atilla Gökçe'ye samimi ilgilerinden dolayı saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimimin başlangıcından itibaren bilgi birikimini ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Serdar KILIÇKAPLAN'a, değerli katkılarından dolayı başta Sayın Ahmet Gökhan GÖKDOĞAN olmak üzere eğitimim boyunca her türlü desteği sağlayan saygıdeğer yöneticilerime ve iş yükümü hafifleten tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Çalışma boyunca manevi desteklerini esirgemeyen ve birçok katkıda bulunan çok değerli arkadaşlarım Tamer ALTINTAŞ ve Cüneyt ŞANLI'ya ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak yaşamını bize adayarak bizim için her türlü fedakarlığı yapan değerli annem Emine ARSLAN'a, hayatımın her noktasında desteklerini daima hissettiren biricik ablam Merve DİLBEROĞLU ve kıymetli eşi M. Uğur DİLBEROĞLU'na sevgilerimi ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİNİN KAVRAMI, ÖNEMİ VE ENERJİ KAYNAKLARI	5
2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	8
2.1.1. Kömür	8
2.1.2. Petrol.....	11
2.1.3. Doğal Gaz	13
2.1.4. Nükleer Enerji.....	14
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	16
2.2.1. Güneş Enerjisi.....	17
2.2.2. Rüzgar Enerjisi	19
2.2.3. Hidrolik Enerjisi	22
2.2.4. Jeotermal Enerjisi	24
2.2.5. Biyokütle Enerjisi	26
2.2.6. Dalga (Gel-Git) Enerjisi	28
3. EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI VE YENİLENEBİLİR ENERJİ.	31
3.1. Ekonomik Büyümenin Kaynakları.....	31
3.2. Ekonomik Büyümenin Temel Teorileri	33

	Sayfa
3.2.1. Neoklasik Büyüme Teorisi (Solow Modeli).....	37
3.2.2. İçsel Büyüme Teorisi.....	38
3.3. Ekonomik Büyümenin Ölçülmesi.....	40
3.4. Ekonomik Büyümede Yenilenebilir Enerjinin Önemi.....	41
3.4.1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelik Yapılan Çalışmalar.....	45
4. ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ; TEORİK YAKLAŞIMLAR.....	55
4.1. Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi İlişkisine Dair Literatür Taraması.....	57
5. EKONOMETRİK YÖNTEM; PANEL VERİ ANALİZİ.....	65
5.1. Panel Veri Tahmin Yöntemleri.....	67
5.1.1. Sabit Etkiler Modeli.....	67
5.1.2. Rassal Etkiler Modeli.....	68
5.1.3. Hausman Test.....	70
5.2. Yatay Kesit Bağımlılığı (Birimler Arası Korelasyon).....	71
5.3. Panel Birim Kök Testleri.....	72
5.3.1. Birinci Nesil Birim Kök Testleri.....	73
5.3.2. İkinci Nesil Birim Kök Testleri.....	73
5.3.2.1. Yatay kesit genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin (CIPS) birim kök testi.....	74
5.4. Panel Eşbütünleşme.....	76
5.4.1. Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi.....	76
5.5. Panel Nedensellik.....	79
5.5.1. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi.....	81
6. UYGULAMA.....	83
6.1. Veri Seti ve Model.....	83
6.2. Yatay Kesit Bağımlılık Test Sonuçları.....	86

	Sayfa
6.3. CIPS Panel Birim Kök Test Sonuçları	87
6.4. Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları.....	88
6.5. Panel Nedensellik Testi Sonuçları	88
6.6. Sabit Etkiler ve Rassal Etkiler Panel Veri Model Tahmini.....	89
6.7. Hausman Testi Sonuçları	92
7. SONUÇ	93
KAYNAKÇA.....	97
EKLER.....	107
EK-1. 6094 Sayılı Kanun Eki I Sayılı Cetvel	108
EK-2. 6094 Sayılı Kanun Eki II Sayılı Cetvel.....	109
EK-3. Literatür Özeti	110
EK-4. Değişkenlere Ait Betimleyici İstatistikler	114
ÖZGEÇMİŞ	115

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Başlıca büyüme teorileri, kaynakları ve özellikleri	34
Çizelge 6.1. Değişkenlerin tanım tablosu	84
Çizelge 6.2. Breusch - Pagan LM test sonuçları.....	86
Çizelge 6.3. CIPS birim kök testi sonuçları.....	87
Çizelge 6.4. Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi sonuçları	88
Çizelge 6.5. Delta homejenlik testi sonuçları	88
Çizelge 6.6. Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi sonuçları	89
Çizelge 6.7. Panel veri modelleri tahmin sonuçları.....	90
Çizelge 6.8. Hausman test sonuçları.....	92

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının dönüştürülebilirlik açısından sınıflandırılması.....	7
Şekil 2.2. Enerji kaynaklarının kullanılışları açısından sınıflandırılması	7
Şekil 2.3. Türkiye kömür santralleri haritası.....	10
Şekil 2.4. Türkiye potansiyel güneşlenme atlası.....	18
Şekil 2.5. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli (50mt yükseklik rüzgar hızı haritası)	21
Şekil 2.6. Türkiye'nin jeotermal kaynakları ve uygulama haritası	25
Şekil 3.1. Türkiye'de enerji üretimi, enerji arzı ve tüketimi (1980-2018, ktep).....	42
Şekil 3.2. G-20 ülkeleri için 2018 yılı itibariyle enerji üretiminin enerji tüketimini karşılama oranı(%).....	43
Şekil 3.3. Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan küresel karbondioksit salınımı (1980-2018, milyon ton)	44
Şekil 3.4. Yakıtların küresel karbondioksit salınımı (1980-2018, milyon ton)	45
Şekil 3.5. Türkiye'de yenilenebilir enerji sektörüne yönelik hedefler, uygulanan politika ve teşvikler.....	46
Şekil 3.6. Türkiye'de yenilenebilir enerjiye dayalı toplam kurulu güç (2011-05.2021)	51
Şekil 3.7. Türkiye'de kaynak bazında yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güç (2011-05.2021)	52
Şekil 3.8. Türkiye'de kaynak bazında yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güç (Mayıs -2021).....	53

KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADF	: Geliştirilmiş Dickey Fuller
AIC	: Akaike Bilgi Kriteri
ARDL	: Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model
BEPA	: Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
BGR	: Federal Yerbilimleri ve Hammadde Enstitüsü
BP	: British Petroleum
CCR	: Kanonik Eşbütünleşik Regresyon
CIPS	: Yatay Kesit Genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin (CIPS) Birim Kök Test İstatistiği
CSP	: Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi
DF	: Dickey Fuller Birim Kök Testi
DOLS	: Dinamik En Küçük Karaler Modeli
ECM	: Hata Düzeltme Modeli
EİA	: ABD Enerji Bilgi İdaresi
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ	: Enerji piyasaları İşletme A.Ş.
FE	: Sabit Etkiler Modeli
FMLOS	: Tamamen Geliştirilmiş En Küçük Kareler
G-20	: 20 Maliye Bakanları ve Merkez Bankası başkanları grubu
GEPA	: Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GWEC	: Global Rüzgar Enerjisi Konseyi
H	: Hausman Test İstatistiği

Kısaltmalar	Açıklamalar
HAC	: Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent
HES	: Hidroelektrik Santral
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir enerji Ajansı
kWH	: KiloWatt Saat
LM	: Lagrange Çarpanı test istatistiği
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
LSDV	: Kukla Değişkenli En Küçük Kareler
MS-VAR	Markov Rejim Değişim Modeli
MW	: MegaWatt
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OLS	: Sıradan En Küçük Kareler
PV	: Fotovoltaik
RE	: Rassal Ekler Modeli
RECAI	: Yenilenebilir Enerji Ülke Çekiciliği Endeksi
RG	: Resmi Gazete
REN21	: 21. Yüzyıl için Yenilenebilir Enerji Politikası
REPA	: Türkiye Rüzgar Enerji Potansiyeli Atlası
RES	: Rüzgar Enerjisi Santali
SEM	Yapısal Eşitlik Modeli
TESAM	: Türkiye Ekonomik Siyasal ve Stratejik Araştırma Merkezi
TMMOB	: Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TSKB	: Türkiye Sınai ve Kalınma Bankası
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
UGETAM	: Uluslararası Gaz Eğitim Teknolojileri ve Araştırma Merkezi
UNDP	: İnsani Kalkınma Raporu
VAR	: Vektör Otoregresif Model
VECM	: Vektör Hata Düzeltme Modeli
WNA	: Dünya Nükleer Derneği
YEKA	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması
YKB	: Yatay Kesit Bağımlılık

1. GİRİŞ

Tüm dünya ülkelerinde ve Türkiye’de özellikle Sanayi Devriminden sonra yaşanan ekonomik ve siyasi gelişmeler, hızlı nüfus artışı, artan şehirleşme, teknolojik gelişmeler ve refah seviyesinin yükselmesi enerjiye olan talebin hızla artmasını beraberinde getirmiştir. Ülkeler artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yoğun bir şekilde fosil yakıt tüketimine başvurmuşlardır. Enerjinin önemli bir girdi olarak üretim sürecine dahil olması, sosyal gelişme, ekonomik büyüme ve kalkınma açısından oldukça önemli ve vazgeçilmez bir unsur haline gelmesini kaçınılmaz kılmıştır.

Enerji, sahip olduğu önemi nedeniyle ulusal ve uluslararası gündemde yerini almıştır. Dolayısı ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi ve bu ilişkinin yönü devletler için enerji politikaları açısından önemli hale gelmiştir (Şengül, Tuncer, 2006). Bu durumun da etkisiyle 21.yy’da enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların sayısında artış gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmalardan bazılarında enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönlü etkilediği ortaya çıkarılırken, bazı çalışmalarda ise tam tersine ekonomik büyümenin enerji tüketimini pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Diğer bazı çalışmalarda değişkenler arasında çift yönlü ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca sayıca az olsa da literatürde iki değişken arasında nedensellik ilişkisi tespit edilemeyen çalışmalar da bulunmaktadır.

Fosil enerji kaynaklarının dünya üzerinde eşitsiz dağılmış olması, gelecekte tükeneyeceğinin tahmin edilmesi devletlerin enerji politikaları üzerine büyük etki etmiştir; ülkeleri alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Ayrıca ülkelerin enerji kaynaklarına sahip olma arzusu uluslararası bir düzeyde rekabet ortamı yaratmıştır.

Özellikle 1850’li yıllarda Sanayi Devrimi ile artmaya başlayan sera gazı salınımı 21.yy’ın başlarında tehlikeli bir hal almaya başlamıştır ve dünyamızın karşı karşıya kaldığı küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununu beraberinde getirmiştir. Canlı yaşamı üzerine doğrudan etki eden küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları gündemde önemli bir yer edinmiştir. Bu iki çevre sorunu nedeniyle gelecekte canlı yaşamının ciddi bir tehlike altına girmesi beklenmektedir (Aksay vd. 2005).

Artan çevre bilinci ve sürdürülebilir büyüme ve kalkınmanın sağlanması amacıyla ulusal ve uluslararası birçok çalışma yürütülmüş ve konferanslar düzenlenmiştir. 1980 yılında yayınlanan Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve Dünya Koruma Stratejisi bu amaçla atılan uluslararası öncü adımdır. Ekolojik süreçlerin korunmasını ve ekonomi ile çevre arasındaki ilişkinin gözardı edilmemesini önermektedir.

Ortak Geleceğimiz - Brundtland Raporunda (1987) ilk kez sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya atılmıştır ve çevresel gelişme ile arasındaki ilişkinin önemine dikkat çekmektedir. 1992’ de Rio Konferansı gerçekleştirilmiştir. Konferansta Gündem 21 adlı belge ile çevre ve kalkınma konuları çerçevesinde stratejik planlar sunulmuştur. Kyoto Protokolü 1997’de imzalanan küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelenin sınırlarını belirtmektedir ve taraflar üzerinde bağlayıcı yükümlülükler getirmiştir (Bozdoğan, 2010).

Çevreyi korumak adına uluslararası düzeyde atılan bu adımların yanında ülkeler gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakacak şekilde sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlamak ve yakın gelecekte tükenmesi muhtemel olan fosil kökenli enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının milli bir kaynak olması nedeniyle ithalat giderlerini azaltarak ülke ekonomisine katkı sağladığı görülmektedir.

Yenilenebilir enerjinin taşıdığı bu önemden hareketle bu çalışma G-20 ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu amaçla 2000 - 2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılmaktadır. Ayrıca oluşturulan ekonometrik modelin açıklayıcı gücünü arttırmak amacıyla modele sabit sermaye oluşumu ve total işgücü değişkenleri dahil edilmiştir.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde enerji kavramı açıklanmış, yenilenemeyen ve yenilenebilen enerji kaynakları üzerinde ayrı ayrı durulmuştur. Üçüncü bölümde ekonomik büyüme kavramına, büyüme kaynaklarına, temel büyüme teorilerine ve enerji tüketimi ile ilişkisine değinilmiştir. Ayrıca bu bölümde Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik destek ve teşviklerden bahsedilmiş, bu destekler sonucunda artan kurulu güç detaylarına değinilmiştir. Dördüncü bölümde literatür araştırması yapılmış ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalara ait detaylara yer verilmiştir. Beşinci bölümde çalışmada kullanılan panel veri analiz yöntemine dair teorik bilgiler açıklanmıştır. Altıncı bölümde uygulanan analizlere dair

sonuçlar sunulmuştur. Son olarak yedinci bölümde ise elde edilen analiz sonuçları detaylandırılarak yorumlanmış ve önerilerde bulunulmuştur.



2. ENERJİNİN KAVRAMI, ÖNEMİ VE ENERJİ KAYNAKLARI

Günlük hayatımızda sıkça kullanılan enerji kavramının literatürde birçok farklı tanımı bulunmaktadır. Enerji, en basit haliyle hareket ettirici güç olarak tanımlanabilir. Maddesel bir varlık olarak gözlemlenemeyen enerji, cisimlerin veya nesnelerin iş yapabilme yeteneğinin ölçülmesidir (Konstantin, 2018: 110).

Enerji, yönü ve doğrultusu tanımlanabilir bir nicelik olmadığından skaler bir büyüklüktür, yalnızca miktar ve birim olarak ifade edilebilmektedir. Enerji kullanım alanına göre; Kalori (cal), Joule (J), Kilo Watt Saat (kWh), British Thermal Unit (Btu) gibi birimlerle ifade edilmektedir (Heinberg ve Fridley, 2016: 16).

Enerji dünya üzerinde potansiyel, kinetik, mekanik, ısı, ışık, elektrik, kimyasal, nükleer ve ses enerjisi gibi farklı formlarda bulunabilir. Bir cismin kütlesi ve hızından dolayı sahip olduğu enerji kinetik enerji olarak adlandırılırken, cismin konumu ve durumu nedeniyle sahip olduğu enerji potansiyel enerji olarak adlandırılmaktadır. Bir cismin aynı anda hem kinetik hem de potansiyel enerjiyi bünyesinde barındırması nedeniyle sahip olduğu toplam enerjiye mekanik enerji adı verilmektedir. Isı enerjisi, cisimlerin sıcaklığı nedeniyle oluşan enerji türüdür. Işık enerjisi, diğer enerji türlerinin ışığa dönüştürülmesiyle ortaya çıkmıştır. Cisimlerin sahip olduğu elektronların etkileşimi sonucu açığa çıkan enerji türü ise elektrik enerjisidir. Kimyasal bir maddede meydana gelen reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkan enerji kimyasal enerji olarak adlandırılmaktadır. Nükleer enerji, atomun parçalanmasıyla ortaya çıkan yoğun ısı enerjisidir. Ses enerjisi ise cismin salınımı veya titreşimi ile meydana gelen enerji türüdür (Keskinkılıç, 2019).

Her ne kadar enerji tüketimi şeklinde bahsedilse de termodinamiğin birinci yasası yani enerjinin korunumu yasasına göre enerji yok olmaz. İzole bir sistem içerisinde giren ve çıkan enerjinin toplamında bir değişiklik olmayacağını ileri süren bu yasaya göre enerji, ancak başka bir forma dönüşebilir. Termodinamiğin ikinci yasasına göre ise enerjinin tamamı faydalı işe çevrilemez, bir kısmı sistemin içsel bütünlüğünü sağlamak için kullanılır.

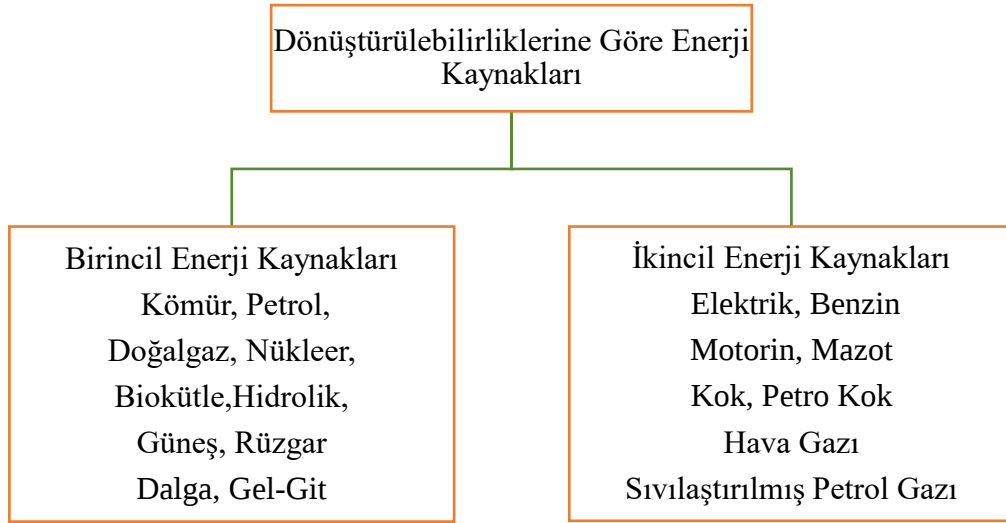
Bahsi geçen iki yasanın sonucunda ekserji ve anerji olmak üzere karşımıza iki kavram çıkmaktadır. Farklı bir forma dönüştürülebilir kısmı; ekserji kullanılabilen enerjiyi ifade ederken, anerji dönüştürülemeyen, kullanılamayan kısmı ifade etmektedir. Anerjiye dönüşen

kısım yok olmuş değildir, ancak kullanılamaz. Dolayısıyla enerji, ekserji ve anerjinin bütünüdür (Kantarmacı, 2019: 3).

Enerji dünya üzerinde yaşamın başlangıcı ile birlikte var olmuş bir olgudur. İnsanoğlu hayatını devam ettirebilmek için yaşamın her noktasında enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu enerji ihtiyacı tarihin ilk çağlarında bedensel güç ile karşılanırken daha sonraki süreçte hayvan gücünden yararlanılarak karşılanmıştır. Ateşin bulunması, kömürün kullanılması ve buhar enerjisinin keşfi ile ilk insanların ihtiyaç duydukları enerjiyi karşılama biçimlerinde ciddi bir gelişim kaydedilmiştir. Teknolojinin gelişimi birçok farklı enerji kaynağının keşfedilmesini beraberinde getirmiştir ve çeşitliliği arttırmıştır (Karaarslan, Gezen, 2017).

Enerji kaynakları doğada halihazırda var olan ve herhangi bir yöntem yardımıyla enerji üretilmesini sağlayan kaynaklardır. Günlük yaşamın devamlılığı için birçok alanda ihtiyaç duyduğumuz enerji dünya üzerinde farklı formlarda bulunabilir ve çeşitli teknolojik yöntemler kullanılarak dönüştürülebilir.

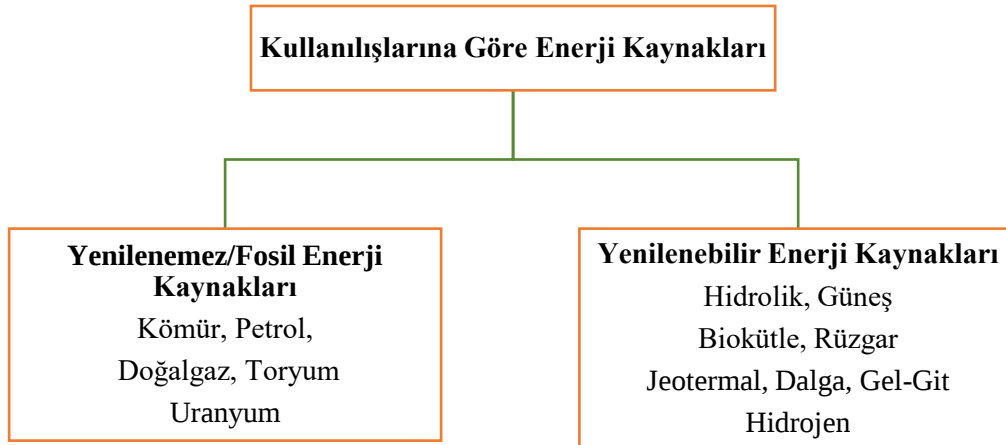
Doğada bulunan enerji biçimlerinin çeşitlilik göstermesi nedeni ile enerji kaynaklarını birçok farklı kategoriye göre sınıflandırmak mümkündür. Ancak literatürde sıklıkla dönüştürülebilirlik açısından; birincil ve ikincil olarak, kaynak türü bakımındansa; yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları olarak sınıflandırıldığı görülmektedir.



Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının dönüştürülebilirlik açısından sınıflandırılması

Kaynak: <https://www.eia.gov/energyexplained/index.php> (Erişim tarihi:29.02.2020).

Birincil enerji kaynakları herhangi bir yapısal değişim geçirmeden, ayrıştırma ve temizleme haricinde herhangi bir dönüşüme uğramadan tabiatta var olan ve ihtiyaç duyulması halinde direkt olarak kullanılabilen kaynaklardır. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarının kullanılması ya da çeşitli kimyasal yöntemlerin uygulanması ile elde edilen enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynakları kendi aralarında yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır (Asya, 2019). Yukarıdaki sınıflandırmayı değerlendirecek olursak; çeşitli dönüştürme yöntemlerinin kullanılması nedeniyle ikincil enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarına göre daha maliyetlidir denebilir.



Şekil 2.2. Enerji kaynaklarının kullanılışları açısından sınıflandırılması

Kaynak: <https://www.eia.gov/energyexplained/index.php> (Erişim Tarihi:29.02.2020)

Çalışmanın devamında yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları detaylı bir şekilde açıklanacak, çevre ve ülke ekonomisi açısından avantaj ve dezavantajları ortaya konulacaktır.

2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Doğal oluşumları itibariyle tüketildikten sonra tekrar yerine getirilemeyen ya da tekrar yerine getirilmesi oldukça uzun yıllar alan kaynaklar yenilenemez enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. Bu enerji kaynakları aslında teorik anlamda yenilenebilirken, bu sürecin milyonlarca yılda kendini tamamlaması nedeniyle yenilenemeyen enerji kaynakları şeklinde isimlendirilmelerine neden olmuştur. Yenilenemeyen enerji kaynakları literatürde konvensiyonel enerji kaynakları, fosil kökenli kaynaklar, geleneksel enerji kaynakları şeklinde de sıklıkla isimlendirilmektedir.

Yer altında milyonlarca yıl boyunca hayvan ve bitki kalıntılarının fosilleşmesiyle oluşan ve fosil yakıtlar olarak da adlandırılan kömür, doğalgaz ve petrol yenilenemeyen enerji kaynaklarının başlıca örneği olarak sıralanabilir (Khare vd. 2019). Ayrıca nükleer enerji hammaddeleri kapsamına giren uranyum ve toryum da yenilenemeyen enerji kaynaklarının birer örneğidir.

2.1.1. Kömür

Havadaki oksijenle doğrudan doğruya yanabilen kömür; bitkisel kökenli organik ve inorganik maddeler bileşimi olan bir madendir. Kömür, bataklık ortamlarındaki bitki kalıntılarının uygun şartlar altında (nemli ve sıcak iklimin bulunması, yeterli organik maddenin ortama gelmesi, bataklık suyunun PH dengesinin sağlanması gibi) milyonlarca yıl boyunca fiziksel ve kimyasal olarak reaksiyonuyla oluşmaktadır. Kömür kimyasal yapısı itibariyle içerisinde yüksek oranda karbon, hidrojen, oksijen, kükürt ve azot elementlerini içermektedir. Ayrıca kömürün yapısında kil ve kum gibi inorganik maddeler de bulunabilir. Kömür içerdiği karbon oranı, üretebileceği ısı miktarı ve kullanım alanlarına göre değişiklik gösterdiğinden aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır;

Antrasit; % 86 - % 97 oranında karbon içerir ve diğer kömür sınıflarına göre en yüksek ısıtma değerine sahiptir. Yanma işlemi sonucunda açığa çıkan enerjinin yüksek

olması nedeniyle oldukça değerli bir türdür. Antrasit esas olarak metal endüstrisi tarafından kullanılır.

Bitümlü kömür; % 45 - % 86 oranında karbon içerir, yaklaşık 300 milyon yıllık, en bol bulunan tür ve en uzun gömülü fosil yakıtlardan biri olma özelliğine sahiptir. Bitümlü kömür elektrik üretiminde, demir ve çelik ve kok üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır.

Alt bitümlü kömür; % 35 - % 45 karbon içerir ve bitümlü kömürden daha düşük bir enerji değerine sahiptir. Kömürün en yaygın kullanılan türüdür.

Linyit; % 25 - % 35 karbon içerir. Linyit kömür yatakları nispeten genç olma eğilimindedir ve aşırı ısı veya basınca maruz kalmamıştır. Bu nedenle tüm kömür sınıflarında en düşük enerji içeriğine sahiptir (EİA; E.T.25.03.2020).

Kömür, demir - çelik gibi sektörlerde yaygın kullanımı ve küresel elektrik üretiminin üçte birinden fazlasını karşılaması nedeniyle enerji sektöründe oldukça önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda en büyük ve yaygın küresel rezervlere sahip olan kömür, küresel birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 28' ini oluşturmaktadır. Ayrıca kömür petrolden sonra en önemli ikinci enerji kaynağıdır (BGR, 2009).

Kömür rezervi birçok ülkede bulunmasına rağmen yaklaşık % 67' si ABD, Rusya, Avustralya ve Çin' de bulunmaktadır. BP 2018 Dünya Enerji İstatistik Görünümü Raporuna göre 2017 yılı itibariyle kesinleşmiş dünya kömür rezervleri % 41 'i Asya - Pasifik' te, % 25' i Kuzey Amerika' da % 21,6' sı Bağımsız Devletler Topluluğu'nda, % 9,7' si Avrupa' da %2,8' i ise Ortadoğu, Afrika, Orta ve Güney Amerika' da bulunmaktadır.

Toplam dünya kömür rezervlerinin yaklaşık % 3,2' si ülkemizde bulunmaktadır. Şekil 2.3.' de ülkemiz kömür yakıtlı santrallerinin dağılımı haritası verilmiştir. Afşin - Elbistan havzası ülkemiz linyit rezervinin yaklaşık %46' sını oluştururken; 1865 yılından günümüze kadar yaklaşık 400 milyon tonun üzerinde kömür üretimiyle ülkemiz ekonomisi üzerinde önemli bir rol oynayan Zonguldak ve civarındaki rezervler ülkemize ait en önemli rezervleri oluşturmaktadır. Ayrıca havzadaki görünür taşkömürü rezervi yaklaşık 506 milyon ton iken toplam kömür rezervi yaklaşık 1,30 milyar tondur (TTK, 2018).



Şekil 2.3. Türkiye kömür santralleri haritası

Kaynak: <http://cografyaharita.com/haritalarim/4eturkiye-komur-santraller-haritasi.png>

Ülkemiz için 2017 yılı itibariyle toplam birincil enerji tüketiminde kömürün payı 145,3 MTEP ile % 27' dir. Ayrıca 2018 itibariyle kömüre dayalı kurulu santral gücü 18.997 MW ile toplam kurulu gücün yaklaşık % 21' ine denk gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu güç 10.203 MW ile % 11.5 iken ithal kömüre dayalı kurulu güç 8.794 MW ile % 10 şeklindedir (ETKB, E.T. 25.03.2020).

Kömür kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Öztürk, 2013: 5):

Avantajları

- Esas itibariyle enerjisini güneşten almaktadır.
- Kömürün kullanıldığı tesislerin kurulumu basittir.
- Tesisler hemen her bölgede kolaylıkla tasarımlanabilir.
- Yalnız başına kömür kullanılarak çok fazla miktarda elektrik üretilir.
- Transferi ve dağıtımı kolaydır.
- Çıkarılma ve işlenmeleri geleneksel olmayan diğer enerji türlerine göre daha ucuzdur.

Dezavantajları

- Kömür oluşumu milyonlarca yıl sürdüğünden yenilenemeyen enerji türüdür.
- Yakılma işlemi sonucunda karbondioksit ve kükürt ortaya çıkar.
- Sera gazı salınımına ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Küresel ısınma üzerinde artırıcı etkisi vardır.
- Güç tesislerinde oldukça fazla miktarda yakıt gereksinimi duyulduğundan düzenli bir şekilde kömür ulaştırılması gerekmektedir.
- Dünya üzerinde rezervleri eşit bir şekilde dağılmamıştır.
- Gelecekte kömür rezervlerinin tükenecek olması nedeniyle fiyatları giderek artmaktadır.

2.1.2. Petrol

Petrol hidrojen ve karbondan oluşan ayrıca içerisinde bir miktar nitrojen, oksijen, kükürt, demir, magnezyum, kalsiyum, fosfor ve vanadyum çok az bir miktarda da çinko ve kobalt elementlerini barındıran oldukça karmaşık bir bileşimdir. Sudan daha yoğun bir kıvamı ve kendine has bir kokusu olan, koyu renkli, işlenmemiş, yer altından çıkarılan doğal yanıcı bir maddedir. Ham petrolün meydana gelişi bitki ve hayvan kalıntılarının durgun deniz ve göl gibi ortamların tabanında milyonlarca yıl boyunca birikmesiyle gerçekleşmiştir. Akarsu ve rüzgarlar bu havzalara kum, çamur, kil ve çeşitli iyon taşımışlardır. Bu maddeler milyonlarca yıl süren birikme ve çökme ile buna ek olarak artan ağırlık ve basınç nedeniyle birbirlerine tutunarak tabakalar haline gelmiştir. Tabakalardaki gözenekli boşluklar zamanla suyun etkisiyle sıkışmıştır, tabakalarda artan basınç, ısı ve çeşitli bakteriler sebebiyle kimyasal bozunma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu kimyasal bozunmalar sonucunda ham petrol oluşmaktadır (Öztürk, 2013: 6-8).

Petrolün kullanım alanı çok yaygın olmasına rağmen ham petrolün kullanım alanı çok sınırlıdır. Ham petrolün rafine edilmesi sonucunda kullanım alanı genişler ve daha değerli maddeler elde edilir. Bunlar üretim sırasıyla, rafineri yakıt gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), nafta, normal benzin, süper benzin, kurşunsuz benzin, solvent, jet yakıtı, gazyağı, motorin, kalorifer yakıtı, fuel oil, asfalt, madeni yağ ve diğerleridir (TESAM, E.T.25.03.2020).

1950' de petrol toplam birincil enerji arzının yaklaşık olarak % 30' unu karşılarken bu oran 1973' te yaklaşık % 50' lere kadar yükselmiştir. 1973' te yaşanan petrol şoku nedeniyle bu oran oldukça az bir düşüşle yaklaşık % 48' e gerilemiştir. Yaşanan 1980 ikinci petrol şoku ise bu oranın % 40' a kadar düşmesine neden olmuştur. Fakat hala dünya birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 30,5' ini oluşturması nedeniyle dünya genelinde en önemli enerji kaynağı petroldür ve mevcut durumunu gelecek yıllarda da koruyacağı öngörülmektedir. 2017 yılı itibariyle dünya genelinde kesinleşmiş petrol rezervi 1,7 trilyon varil olarak açıklanmıştır. Petrol rezervlerinin yaklaşık yarsına sahip olan Orta Doğu Bölgesi % 47,6 ile başı çekerken Orta Doğu Bölgesini sırasıyla % 19,5' lik rezerv ile Orta ve Güney Amerika, % 13,3' lük rezerv ile Kuzey Amerika takip etmektedir. Ayrıca Avrasya % 8,5, Afrika % 7,5, Pasifik % 2,8 ve Avrupa % 0,8' lik paya sahiptir (BGR, 2009: 31).

Ülkemizde ise 2017 yılı itibariyle üretilebilir ham petrol rezervi 324 milyon varildir. Bu üretilebilir ham petrol rezervinin kalan ömrü yaklaşık 18 yıldır. Ülkemizde keşfedilmiş petrol sahalarının % 93' ü rezervi 25 milyon varilden az; küçük saha, % 7' si ise rezervi 25 milyon varilden daha büyük; orta büyüklükteki saha sınıfına girmektedir. Rezervi 500 milyon varilden daha büyük olan büyük saha sınıfına giren petrol sahamız bulunmamaktadır (TP, 2019).

Petrol kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar kömür ile benzer olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir (Öztürk, 2013: 5):

Avantajları

- Esas itibariyle enerjisini güneşten almaktadır.
- Petrol sıvı formda boru hatlarıyla taşınabilir.
- Otomotiv sektöründe çok fazla petrol türevi yakıtlar kullanılmaktadır.
- Yalnız başına petrol kullanılarak çok fazla miktarda elektrik üretilebilir.
- Çıkarılma ve işlenmeleri geleneksel olmayan diğer enerji türlerine göre daha ucuzdur.

Dezavantajları

- Petrol oluşumu milyonlarca yıl sürdüğünden yenilenemeyen enerji türüdür.
- Yakılma işlemi sonucunda karbondioksit ve kükürt meydana çıkar.

- Sera gazı salınımına neden olur, çevre kirliliğine neden olmaktadır ve küresel ısınma üzerinde arttırıcı etkisi vardır.
- Taşınması sırasında meydana gelebilecek sızıntılar çevreyi olumsuz etkiler.
- Dünya üzerinde rezervleri eşit bir şekilde dağılmamıştır.
- Gelecekte petrol rezervlerinin tükenecek olması nedeniyle fiyatları giderek artmaktadır.

2.1.3. Doğal Gaz

Petrolün bir türevi olan doğal gaz, fosil kökenli bir enerji kaynağıdır. Bileşiminde metan, etan, azot, propan, bütan, karbondioksit, hidrojen-sülfür ve helyum gazlarını bulunduran oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Doğal gaz fiziksel yapısı itibariyle renksiz, kokusuz, zehirsiz ve havadan hafif bir gazdır. Ancak güvenlik açısından tehlike arz etmemesi adına özel olarak koku verici maddeler içerisine ilave edilmektedir. (EİA, E.T.29.03.2020).

Doğal gaz da petrol ve kömür gibi bitki ve hayvan kalıntılarının yer altında milyonlarca yıl boyunca fosilleşmesiyle oluşmaktadır. Doğal gaz yer altından çıkarıldığı haliyle kullanılamamaktadır. Ham doğal gaz saflaştırılarak kullanıma hazır hale getirilmektedir. Yaygın bir kullanım alanı olan doğal gaz evlerimizde ısıtma ve soğutma, sıcak su elde etme ve besinlerin pişirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Küçük sanayi, atölye ve fırınlarda, demir-çelik sanayinde, cam yapımında, sulu kazanlarla buhar üretiminde, temiz bir ısı kaynağı olması nedeniyle aletlerin mikropplardan arındırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca doğal gaz elektrik üretiminde ve petrokimya sanayinde de kendisine geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Ugetam, 2016). Doğal gaz yandığında kül, karbonmonoksit ya da kükürt bileşenlerinin salınmasına neden olmadığından görece temiz bir enerji olması ve depolanması açısından diğer fosil yakıtlara göre daha ekonomik olması nedeniyle küresel anlamda tüketimi en fazla artan enerji kaynağıdır (Akpınar ve Başbüyük, 2011).

2017 yılı itibariyle kesinleşmiş doğal gaz rezervleri 193,5 metreküp olarak belirlenmiş olup, bu rezervlerin %40,9'u Orta Doğu Bölgesi'nde, %30,6'sı Avrasya'da, %10'u Asya Pasifik'te, %7,1'i Afrika'da %5,6'sı Kuzey Amerika'da, %4,2'si Orta ve Güney Amerika'da ve %1,5'i ise Avrupa'da bulunmaktadır. Ülkemiz için kalan üretilebilir

doğal gaz rezervi ise 2017 yılı itibariyle 4,8 milyar metreküptür ve bu rezervlerin yaklaşık 13,5 yıllık ömrü bulunmaktadır (TP, 2019).

Doğal gaz kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Avantajlar

- Doğal gaz daima kullanıma hazırdır. Depolama gerektirmez.
- Kömür ve petrole göre daha ucuzdur.
- Yanma verimi yüksektir.
- Yanma işleminden sonra kükürt salınımına neden olmaz.
- Tesis bakım maliyetleri azdır (Ugetam, 2016: 12).

Dezavantajları

- Düşük seviyede de olsa karbon içerdiğinden diğer fosil yakıtlara göre azda olsa sera etkisi ve karbondioksit salınımına neden olmaktadır.
- Transferi esnasında sızıntı oluşması patlamalara ve çevresel açıdan önemli tahribata neden olabilir.
- Rezervi sınırlıdır ve dolayısıyla tükenebilir enerji kaynağıdır.
- Rezervi olmayan ülkeler için kullanımı dışa bağımlılığı arttırmaktadır (Öztürk, 2013).

2.1.4. Nükleer Enerji

Nükleer enerji atomun çekirdeğinde gerçekleşen füzyon (birleşme) ve fisyon(parçalanma) tepkimeleri sonucunda meydana gelen enerji çeşididir ve yenilenemeyen enerji türünün bir örneğidir. Nükleer yakıt (uranyum / toryum), nükleer reaktörde gerçekleşen füzyon ve fisyon sonucu ortaya çıkan nötronlarla çarpışarak ısı ve ışınım enerjisini açığa çıkarır. Dolayısıyla nükleer enerji artık ısı enerjisine dönüşmüştür, ortaya çıkan muazzam ısı buhar jeneratöründe su buharı üretilmesini sağlar. Su buharı turbo-jeneratöre yönlendirilir ve burada elektrik enerjisine dönüşür (ROSATOM, E.T.31.03.2020).

Ülkeler 1973 ve 1980 yıllarında yaşanan petrol şoku sonrasında nükleer santrallerin kullanımına yönelmiştir. Nükleer enerji fosil yakıt rezervlerine sahip olmayan ülkeler açısından alternatif bir enerji kaynağı olmuştur. 1979 yılında ABD’de yaşanan Three Mile Island (TMI) ve 1986 yılında Sovyet Rusya’da gerçekleşen Çernobil nükleer kazaları nükleer enerji sektöründe yavaşlamaya neden olmuştur. Ancak fosil yakıtlara göre çevreye zararlı gaz salınımına neden olmaması, 7/24 elektrik üretiminin sağlanabilmesi ve mevsimsel koşullardan etkilenmemesi nedeniyle nükleer enerji kullanımı tüm dünyada devam etmektedir.

2019 yılı itibariyle küresel elektrik üretiminin %10’ u nükleer santrallerden karşılanmaktadır. Elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı açısından % 72 ile Fransa ilk sırada yer alırken sırasıyla %35 ile Ukrayna, %40 ile İsveç, %39 ile Belçika, %28 ile Avrupa Birliği, %24 Güney Kore ve %19 ile ABD takip etmektedir. Toplamda 31 ülkede 450 adet nükleer reaktör işletmededir ve 19 ülkede olmak üzere 52 adet nükleer reaktörün inşası devam etmektedir (ETKB; E.T.31.03.2020).

Ülkemizde nükleer enerji santrali kurulumuyla ilgili birçok girişimde bulunulmuştur. Bu girişimler ancak 2010 yılında Rusya Federasyonu ile imzalanan anlaşmayla hayata geçirilmeye başlamıştır. Mersin – Gülnar ilçesinde 2018 yılında temeli atılan Akkuyu Nükleer Enerji Santralinin ilk ünitesinin inşası devam etmektedir. Akkuyu sahası toplam 4 ünite ile 4800 MW kurulu güce sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. İkinci ve üçüncü ünitenin inşasına 2020, dördüncü ünitenin inşasına ise 2021 yılında başlanacağı öngörülmektedir. Birinci ünitenin 2023 yılında işletmeye açılması planlanmaktadır. 4 güç ünitesinin de üretime geçmesi durumunda yılda 35 milyar kWh elektrik üretileceği ve bu üretim hacminin Türkiye’nin elektrik ihtiyacının yaklaşık %10’unu karşılayacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde diğer bir nükleer enerji santrali projesi olan Sinop Nükleer Santrali için 2013 yılında Fransız-Japon konsorsiyumu ile işbirliği anlaşması imzalanmış olup, çalışmalar hala devam etmektedir (WNA, 01.05.2020).

Nükleer enerji kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Muradov, 2012: 109):

Avantajları

- Fosil yakıtlara göre çok daha az karbondioksit salınımına neden olur.
- Sera gazı salınımı az olduğundan küresel ısınma üzerinde hızlandırıcı etkisi düşüktür.
- İhtiyaç duyulacak yakıtı depolamak göreceli olarak kolay ve ekonomik olduğundan nükleer santraller enerji arz güvenliğini sağlamaktadır.
- Hammadde maliyet fiyatları oldukça düşüktür. Az miktarda hammadde kullanılmaktadır.
- Hazır bir teknolojidir, geliştirme aşaması tamamlanmıştır.
- Enerji verimliliği oldukça yüksektir.

Dezavantajları

- Üretilen nükleer atıklar oldukça tehlikelidir. Bu atıkların ne şekilde imha edilmesi gerektiği sorusu halen net bir cevaba ulaştırılamamıştır.
- Üretim aşamasında ortaya çıkan radyoaktivite doğa ve insanoğlu için oldukça tehlikelidir.
- Nükleer santrallerde kaza riski yüksektir. Deprem, heyelan, çığ gibi doğal afetler kaza riskini arttırdığından santral yeri seçiminde bu özellikler dikkate alınmalıdır.
- Yüksek güvenlik tedbirlerine rağmen hala çok riskli bir teknolojidir. %100 güvenli bir nükleer santral bulunmamaktadır. Japonya ve Çernobil'de yaşanan nükleer santral kazalarının etkileri uzun yıllar boyunca devam etmektedir.
- Nükleer santral kurulumu bürokratik ve teknik detayların sağlanabilmesi açısından uzun yıllar almaktadır. Kısa sürede santral kurulumu sağlanamamaktadır.

2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Doğada her daim var olan doğal kaynaklardan elde edilebilen, insan ve çevre açısından fosil yakıtlar ve nükleer enerji kaynaklarına göre daha az zararlı olan kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının literatürde sıklıkla temiz enerji kaynakları ya da alternatif enerji kaynakları olarak isimlendirildiği görülmektedir. Bu kaynakların en önemli ortak özelliği sürekli bir şekilde yenilenebilen doğal süreçlerden elde edilmeleridir. Güneş, hidrolik, rüzgar, jeotermal, biyokütle, ve dalga(gel-git) enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarının başlıca örnekleridir (Öztürk, 2013: 14).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının temiz, güvenilir ve sürdürülebilir olması gibi özelliklerinin yanı sıra karbon salınımının fosil yakıtlara göre daha az olması, fosil kaynaklı enerjiye bağımlılığı azaltarak rezervlerin korunmasına yardımcı olması, fosil yakıtlara bağlı fiyat dalgalanmalarının önüne geçmesi açısından oldukça önemlidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil kaynaklara göre nispeten eşit dağılmıştır. Herhangi başka bir ülke tarafından ambargo koyulamaz ya da kontrol edilemez. Yerli bir enerji türü olması açısından dışa bağımlılığı azaltması noktasında ülke ekonomilerine önemli katkı sağlamaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji üretim santralleri ülkeler için yeni bir istihdam alanı yaratmaktadır.

2.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş dünyamız için en büyük ve vazgeçilmez bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtlar da dahil olmak üzere tüm enerji türlerinin ana kaynağı güneştir. İnsanoğlu güneşten yüzyıllardır faydalanmaktadır. Güneş enerjisinden ısı ve elektrik enerjisi olmak üzere iki şekilde yararlanmak mümkündür (Khare vd., 2019).

Güneş Hücreleri; fotovoltaiik (PV) güneş elektriği sistemleri olarak isimlendirilir. Yarı iletken malzemeler içeren bir yapıyla güneş enerjisi direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürülür.

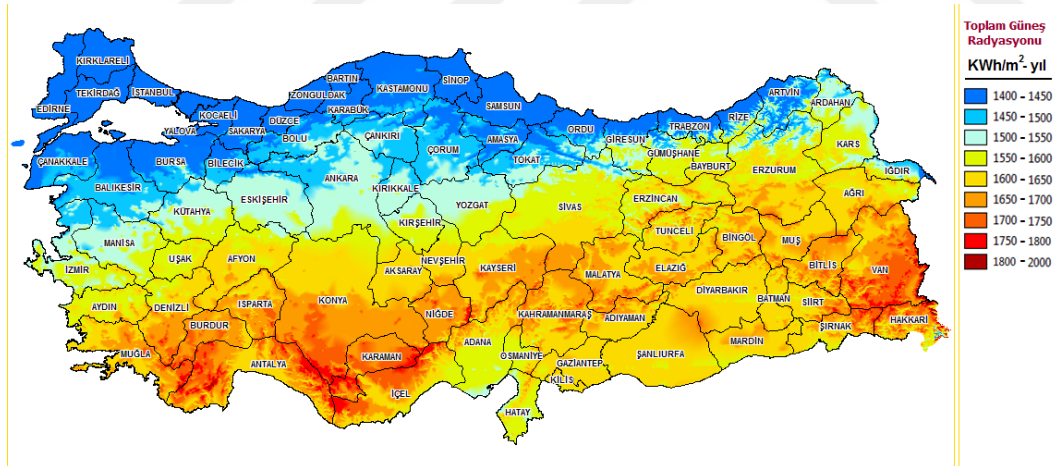
Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP); bu yapı güneş enerjisini öncelikli olarak ısı enerjisine dönüştürmektedir. Isı enerjisi doğrudan kullanılabileceği gibi santral sayesinde yüksek ısıyı elektrik enerjisine dönüştürebilen bir sistemdir.

Güneş enerjisi üretim aşamasında düşük maliyetli hale gelecek olsa da elektrik üretim sisteminin kurulumu için ciddi mali alt yapıya ihtiyaç duyulması nedeniyle geçmişte elektrik üretiminde yaygın bir kullanım alanı bulamamış daha çok ısıtma amaçlı kullanılmıştır (Mahmutoğlu, 2013; 22). Ancak son yıllarda PV teknolojisinde yaşanan gelişmeler, verimliliğin artması, güç sistemlerinin artan talep karşısında üretim kapasitesinin artması maliyetlerin hızla düşmesini sağlamıştır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı tarafından 2015’de yayınlanan rapora göre kurulum maliyeti % 75 oranında azalmıştır. Bu

sayede güneş enerjisine dayalı elektrik enerjisi üretim kapasitesi hızla artmaktadır (IRENA, 2015: 79).

Güneş enerjisinin ısı ve elektrik enerjisi dışında geniş bir kullanım alanı vardır. Sebze meyve kurutmada, evler için su ısıtma ve yemek pişirmede, sokak aydınlatmada, trafik sinyal ışıklarında, ülkemizde özellikle Akdeniz bölgesinde sebze meyveleri dona karşı korumada güneş enerjisinden yararlanılmaktadır (Yazgan, 1983). Elektrik üretiminde güneş enerjisinin kullanımı hemen her ülkede yapılmaktadır. Küresel anlamda bakıldığında 218 yılı itibariyle 78 GW'yi aşan kurulu güce sahip olan Çin bu konuda dünya lideridir. Sırasıyla ABD, Japonya, Almanya, Hindistan ve İtalya Çin'i takip etmektedir (REN21, 2019).

Ülkemiz coğrafi konumu itibariyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip avantajlı ülkeler arasındadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli Atlası (GEPA)'na göre ülkemizde yıllık güneşlenme süresi toplam 2.737 saattir ve güneş enerjisinin yıllık toplam 1.527 kWh/m^2 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.4. Türkiye potansiyel güneşlenme atlası

Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>

Şekil 2.4.' te görüldüğü gibi ülkemizde en çok güneş alan bölgeler Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleridir. Sırasıyla Doğu Anadolu, İç Anadolu, Ege, Marmara ve Karadeniz takip etmektedir. Gerekli yatırımların yapılması halinde ülkemizde güneş enerjisinden yılda ortalama 1.100 kWh/m^2 elektrik üretileceği tahmin edilmektedir.

Güneş enerjisi kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kocakuşak, 2018: 33-34):

Avantajlar

- Temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- Doğal bir kaynak olması nedeniyle çevreye zararı yoktur.
- Kullanım alanları geniştir.
- GES'lerin kurulumu hızlı ve basit şekilde yapılabilmektedir.
- GES'lerin bakımı kolay ve düşük maliyetlidir.
- Sistem kapasitesi ihtiyaca göre ayarlanabilir.
- Enerji sektörü açısından dışa bağımlılığı azaltır.

Dezavantajları

- Sistemin çevresinin açık olması ve gölgelenmemesi gerekir.
- Güneşlenme devamlılık taşımadığından depolanması gerekir fakat depolama olanakları kısıtlıdır.
- Enerji ihtiyacının arttığı kış aylarında güneş ışınlamı azdır hatta geceleri yoktur.

2.2.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgârın ana nedeni dünyamıza gelen güneş enerjisinin yeryüzünün farklı bölgelerini eşit ölçüde ısıtmamasıdır. Bölgesel ısınmadaki farklılık yine bölgesel olarak havanın sıcaklığı, nem oranı ve hava basıncı arasında da bir farklılık yaratmaktadır. Isınarak yükselen sıcak hava kütlesi alçak basıncı, soğuyarak ağırlaşan hava ise alçalarak yüksek basıncı oluşturur. Yüksek basınçlı havanın, alçak basınçlı bölgeye doğru hareketine rüzgâr denir. Rüzgârın hızı ve yönü bölgeler arasındaki basınç farkına, basınç merkezlerinin birbirine göre konumuna, dünyanın dönüş yönüne ve yeryüzü şekillerine göre değişmektedir. Rüzgârın hızı hava tahminlerini, uçak ve deniz taşımacılığını, bitkilerin büyüme hızını ve rüzgârdan elde edilen enerji miktarını etkiler (Öztürk, 2013: 176).

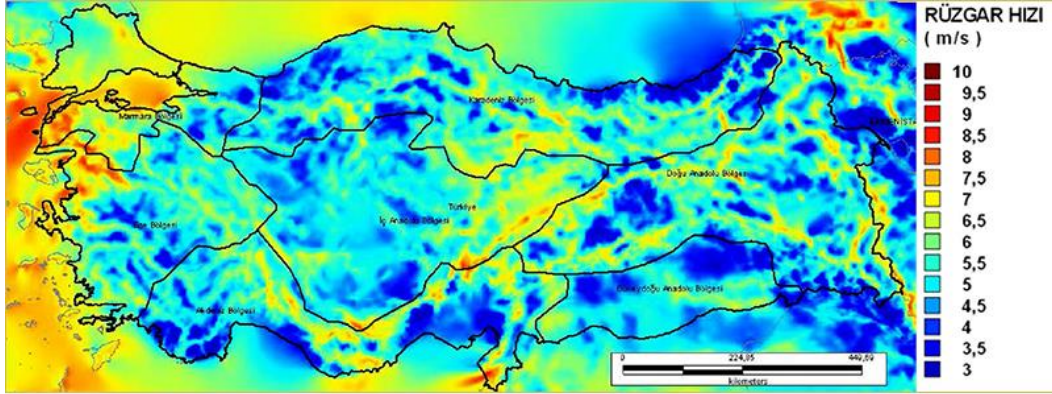
Rüzgâr enerjisi tarihin ilk çağlarında yel değirmenleri yardımıyla besinlerin öğütülmesi sağlanarak kullanılmıştır. Ayrıca denizyolu taşımacılığında, yelkenli gemilerde

veya teknelerde rüzgârın itme gücünden yararlanılmıştır. Günümüz teknolojinin ürünü rüzgâr türbinleri sayesinde elektrik üretimi sağlanarak rüzgâr enerjisi farklı bir boyut kazanmıştır.

Rüzgâr türbini hareket halindeki havanın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye çevrilir ve ardından jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Türbin pervaneler, jeneratör ve kule olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. Ayrıca dişli kutusu, frenleyici sistem, kontrol-kumanda sistemleri, yönlendirme mekanizması, anemometre ve rüzgârgülü gibi alt sistemlere sahiptir. Enerji üretimi hava hareketi nedeniyle pervanelerin dönmesiyle başlar ve bu dönme hareketinin etkisiyle elde edilen enerji gövdede bulunan dişli kutusuyla jeneratöre aktarılır. Jeneratöre aktarılan enerji burada elektrik enerjisine dönüştürülür (EİA, E.T. 05.05.2020).

2018 yılı itibariyle rüzgâr enerjisi kurulu gücü küresel toplam kapasite artışı 2017'ye göre yaklaşık % 10 artış göstererek 51,3 GW' dir. Küresel toplam kurulu güç 591 GW'yi aşmıştır. 21,2 GW ile Çin ve 7,6 GW ile ABD yeni kapasite içerisinde en büyük paya sahip ülke konumunu korumaktadırlar. Rüzgâr enerjisi toplam kurulu gücü küresel açıdan incelendiğinde Çin en büyük paya sahip ülkedir. Çin'i ABD, Almanya, Hindistan ve İspanya takip etmektedir. İlk beş ülke dünyadaki toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücünün %72' sine sahiptir (GWEC, 2019).

Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından birçok Avrupa ülkesine göre yüksek değerlere sahip olmasına rağmen potansiyelin az bir kısmı kullanılmaktadır. Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)'na göre ülkemizin mevcut rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.5. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli (50mt yükseklik rüzgar hızı haritası)

Kaynak: <https://eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/REPA> E.T. 05.05.2020.

Şekil 2.5. incelendiğinde Marmara Bölgesinin en yüksek rüzgâr enerjisi potansiyeline sahip bölge olduğu görülmektedir. Ayrıca Batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi çevresi ve Antakya yakınlarındaki bölgeler de yıllık ortalama rüzgâr hızı en yüksek bölgelerdendir. Türkiye'nin orta kesimlerinde genel olarak orta şiddette rüzgârın görüldüğü söylenebilir.

Rüzgar enerjisi kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Walker,2016: 63):

Avantajları

- Hammadde ve yakıt ihtiyacı yoktur.
- Sera gazı salınımına ve çevre kirliliğine yol açmaz. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynağıdır.
- Sürekli ve güvenilir enerji kaynağıdır.
- Doğal bir enerji kaynağı olması nedeniyle dışa bağımlılığı azaltır.
- Yeni istihdam alanları yaratır.
- Rüzgar türbinlerin kurulumu oldukça kısa bir sürede tamamlanabilmektedir.
- Türbinlerin ömrü ortalama 20-30 yıldır.

Dezavantajları

- Türbinler için oldukça geniş bir alan gerekmektedir.
- Türbinler kurulum aşamasındaki maliyetleri yüksektir.
- Yerleşim alanlarına yakın kurulan türbinler gürültü ve görüntü kirliliği oluşturmaktadır. Ayrıca türbinler kuşların ölümüne sebep olmaktadır.
- Bölgesel olarak değişse de genel olarak verim düşüktür.
- Türbinler elektromanyetik alanı etkileyerek radyo ve televizyon alıcılarında parazitlenmeye neden olabilir.

2.2.3. Hidrolik Enerjisi

Hidrolik enerji suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen yenilenebilen bir enerji türüdür. Hidroelektrik santrallerde akarsular yeryüzü şekillerinin etkisiyle oluşan yükseklik farkından ve yerçekimi kuvvetinden yararlanılarak belirli bir yükseklikten basınçlı bir şekilde düşürülür. Bu esnada suyun potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşerek türbinin içine girer ve türbinin dönmesini sağlar. Türbinin dönmesiyle elde edilen mekanik enerji türbine bağlı bir jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür (TMMOB, 2011). Hidroelektrik santralleri üzerine kuruldukları suyun özelliği, suyun düşü yüksekliği, santral kapasitesi gibi farklı kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür. Üzerine kuruldukları suyun özelliklerine göre HES'ler akarsu tipi(barajsız) ve rezervuarlı (barajlı) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır;

Akarsu Tipi(Barajsız) HES; Akarsu bir kanal veya tünel yardımıyla meyil kazandırılarak basınçlı borudan geçirilir. Türbine ulaştırılan suyun enerjisi mekanik enerjiye çevrilir ve jeneratör yardımıyla elektrik enerjisi elde edilir. Üretilen enerji miktarı mevsimsel farklılıklara göre değişiklik göstermektedir.

Rezervuar (Barajlı) HES; Akarsu üzerine barajlar yapılarak yapay bir göl meydana getirilir ve suyun bu alanda birikmesi sağlanır. Su yine çeşitli iletim yapıları yardımıyla türbine iletilerek potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüştürülür ve jeneratör yardımıyla elektrik enerjisi elde edilir. Suyun sahip olduğu potansiyel enerjisi nedeniyle kurak geçen dönemlerde de depo tipi santrallerde elektrik üretimi yapılabilir.

Dünyada üretilen toplam yenilenebilir enerji kaynaklı elektriğin yaklaşık %71'i hidrolik kaynaklıdır. Dolayısıyla hidroelektrik enerji en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır. 2018 yılı itibarıyla Çin hidroelektrik üretiminde en büyük kapasiteye sahip ülke konumundadır ve Brezilya, Kanada, ABD, Rusya, Hindistan, Norveç, Türkiye, Japonya ve Fransa hidroelektrik üretimindeki toplam kapasite büyüklüğü açısından ilk 10 ülke olarak sıralanmaktadır (REN21, 2019).

Enerji üretiminde büyük bir öneme sahip olan HES'lerin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Currie, 2012: 14-26; Pandey ve Karki, 2017: 375):

Avantajları

- Herhangi bir yakıtı ihtiyaç duyulmadığından zararlı gaz salınımına ve çevre kirliliğine sebep olmaz, temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- Hızlı, güvenli ve sürekli hizmet vermeyi sağlar.
- Tarım alanlarının zamanında ve yeterli sulanmasını sağlar.
- Yerleşim ve tarım alanlarını taşkınlardan korur.
- Su üzerinde balıkçılık, ulaşım ve su sporları gibi bazı faaliyetlerin gelişmesini sağlar.
- İşletme bakım maliyeti düşüktür, işletme ömrü uzundur.
- Doğal bir kaynak olması sebebiyle enerji sektöründe dışa bağımlılığı azaltır.
- Kurulduğu bölge açısından istihdam üzerinde olumlu etki yaratır.

Dezavantajları

- Santrallerin kurulum maliyeti yüksektir ve kurulum süresi oldukça uzundur.
- Kurulduğu bölge açısından çevredeki doğal dengeyi bozar.
- Mevsimsel koşullara bağlı olarak üretim miktarı değişir.
- Göl sahası içerisinde kalan yerleşim yerleri, tarım alanları ve doğal kaynaklar kullanılamaz hale gelir ve bu da göçe sebep olabilir.
- Kıyı erozyonunu arttırabilmektedir.

Bahsi geçen bu avantaj ve dezavantajların yanında ülkemizde HES'lere karşı oluşan toplumsal tepkiden söz etmek mümkündür. HES inşaatlarının ekolojik ve toplumsal yaşam

üzerinde yaratabileceği olumsuz etkiler HES'lere karşı toplumsal tepkilerin ortaya çıkmasını beraberinde getirmiştir. Özellikle inşaat sırasında bölgenin florasında ve faunasında meydana gelen bozulmalar (ağaç kesilmesi, erozyon ve toprak kaybı vb.), inşaat atıklarının akarsu yatağına bırakılmasıyla ortaya çıkan kirliliğin ekosistemi olumsuz etkilediği yadsınamaz bir gerçektir. Ayrıca işletme döneminde bölgedeki ekolojik dengenin korunması ve yaşamın devamlılığının sağlanması için akarsuyun doğal yatağına bırakılacak minimum debi, diğer bir ifadeyle can suyu konusunda enerji üreten şirketlerin inisiyatifine bırakılmadan sağlıklı işleyen bir kontrol mekanizmasına ihtiyaç olduğu ortadadır. Ülkemizde gerek inşaat aşamasında gerekse işletme aşamasında etkin planlama ve denetimden uzak, mühendislik normlarına aykırı yatırımların varlığı, sağlıklı değerlendirilmeyen fizibilite raporları ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliğinin sık sık değiştirilmesi HES'lere karşı oluşan tepkiyi iyice güdülemiştir (TMMOB, 2010).

Ülkemiz elektrik ihtiyacının küçümsenemeyecek bir kısmını hidroelektrik enerjisinden karşıladığı göz önüne alındığında yatırımların herhangi bir kamusal zarar yol açmayacak şekilde hayata geçirilmesi ve gerekli denetim mekanizmalarının uygulanması halinde ülke ekonomisine katkı sağlayacak önemli bir kaynak olduğu ortadadır.

2.2.4. Jeotermal Enerjisi

Jeotermal enerji yerkürenin çekirdeğinde bulunan magma tabakasının yeraltı sularını sürekli olarak ısıtmasıyla oluşmaktadır. Isınan yeraltı suları bazen yüksek basınç ve sıcaklık nedeniyle doğal olarak yeryüzüne çıkabilirken bazen de çeşitli teknikler yardımıyla çıkarılmaktadır (Arslantaş, 2019).

Jeotermal enerji yalnızca elektrik enerjisine çevriminde kullanılmakla kalmayıp, elde edilen suyun sıcaklık derecesinin getirdiği farklılıklarla göre yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Konutların, caddelerin ve pistlerin ısıtılmasında, kimyasal madde üretiminde ve kuru buz elde edilmesinde, yiyecek kurutma, sterilizasyon, konservecilik, ağaç, boya ve deri sanayinde, soğutma tesislerinde ve birçok endüstriyel uygulamalarda, sera ısıtma, hayvan barınakları, balık çiftlikleri, mantar üretimi, toprak ıslahı ve sulama gibi tarımsal faaliyetlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Jeotermal sular turistik tesisler ve termal tedavi merkezleri açısından da oldukça önemlidir. Ayrıca elde edilen yeraltı suları diğer

Jeotermal enerji kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Özüğurlu, 2019: 49-50):

Avantajları

- Keşfedilmiş en çevre dostu enerji kaynağıdır. Zararlı gaz salınımına ve çevre kirliliğine neden olmaz.
- Direkt olarak kullanılabileceği gibi elektrik enerjisine dönüştürülebilir ve bu dönüştürme sırasında buharlaştırma için herhangi bir yakıta gerek duyulmaz.
- Doğal bir kaynaktır ve dışa bağımlılığı azaltmaktadır.
- Güneş, rüzgar ve dalga enerjisinin aksine hava koşullarından etkilenmez.
- Doğrudan elde edilebildiği için maliyeti düşüktür.
- Verimliliği yüksektir ve üretiminde israf söz konusu değildir.
- Jeotermal santrallerin bakım maliyetleri oldukça düşüktür.
- Turizm ve enerji sektörü açısından yeni istihdam alanı sağlamaktadır.

Dezavantajları

- Üretilen enerjinin kullanılacağı yere iletilmesi açısından verimlilik sağlanamayabilir. Bu amaçla özel yöntemler kullanılmasını zorunlu kılar.
- Elektrik enerjisine dönüştürülürken verim düşüktür bu sebeple dönüşüm sistemleri çevreye atık su bırakır.
- Yapılarında zararlı bazı kimyasallar bulundurmaktadır.
- Yer altından alınan kaynak suyu o bölgede çökme gibi doğal afetlere sebep olabilir.

2.2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvansal atıklar, evsel organik atıklar (meyve ve sebze artıkları), gıda ve orman yan ürünleri gibi organik maddelerin güneş enerjisini fotosentez yardımıyla kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu elde edilen enerji türüdür. Kimyasal yapısı itibarıyla karbon, hidrojen, azot, kükürt, oksijen ve uçucu maddeler içermektedir (Akdağ, 2007). Biyokütleden ısı ve elektrik üretmek amacıyla yararlanılmaktadır. Biyokütle kaynaklarından biyodizel, biyoetanol ve biyogaz olmak üzere farklı özelliklerde yakıtlar üretilmektedir;

Biyodizel; yağlı tohum bitkilerinden(kanola, fındık, ayçiçek, soya, aspir vb.) ve hayvansal yağların bir katalizörle metanol ve etanol ile tepkimesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kızartma yağları, donmuş yağlar ve hayvansal yağlar da biyodizelin hammadde olarak kullanılabilir. Bileşiminde petrol içermez fakat petrol ile karıştırılabilir.

Bioetanol; mısır, patates, buğday, şeker pancarı gibi nişasta içeren tarım ürünlerinden elde edilmektedir. Nişastanın şekere dönüştürülmesinin ardından uygulanan fermantasyon sonucu ortaya çıkmaktadır. Temiz, renksiz ve sıvı bir forma sahip olan etanol benzinle doğrudan karıştırılarak kullanılmaktadır.

Biyogaz; organik atıkların oksijensiz bir ortamda fermantasyonu ile oluşmaktadır. Renksiz, kokusuz, havadan hafif bir gazdır. Bileşiminde metan, karbondioksit, hidrojen, azot, su buharı ve hidrojen sülfür bulunmaktadır (Öztürk, 2013: 365-396).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA)'na göre Türkiye biyokütle enerjisi potansiyeli 15.627.331 TEP olarak belirlenmiştir. Biyodizel işleme lisansı sahibi firma sayısı 8, biyoethanol işleme lisansı sahibi firma sayısı 5 ve biyokütle kaynaklı elektrik üretim santral sayısı 199' dur.

Biyokütle enerjisi kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Öztürk, 2013: 15):

Avantajlar

- Hemen her yerde yetiştirilebilir.
- Üretim ve çevrim teknolojileri iyi bilinmektedir.
- Düşük ısı şiddeti yeterlidir.
- Her ölçekte enerji verimi için uygundur.
- Kolay depolanabilir.
- Yerli ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- Çevre açısından daha az zararlı etkileri vardır.
- İstihdam alanı yaratmaktadır.

Dezavantajları

- Çevrim verimleri düşüktür.
- Su ihtiyacı çok fazladır.
- Geniş yerleşim alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Tarım alanları için rekabet oluşturmaktadır.

2.2.6. Dalga (Gel-Git) Enerjisi

Rüzgârın okyanus ve denizlerde meydana getirdiği dalga hareketinden elde edilen enerjidir. Rüzgârın oluşturduğu sürtünme dalgaların su yüzeyinin altında da hareket enerjisinin oluşmasını sağlar. Dalgaların oluşturduğu kinetik enerji bir türbin yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür.

Dünyamızın %80'inin su ile kaplı olduğu ve bu suların %97'sinin denizleri oluşturduğu göz önüne alındığında dalga enerjisi ciddi bir potansiyel oluşturmaktadır. Ancak yatırım aşamasında yüksek maliyetli olması nedeniyle hala kullanımı çok sınırlıdır. 2018 yılındaki ek 2 MW kapasite ile yılsonu itibarıyla dalga enerjisinden elde edilen enerji kapasitesi 532 MW' ye ulaşmıştır (REN21, 2019).

Dalga enerjisi kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Öztürk, 2013: 15):

Avantajları

- Temiz, sınırsız ve ucuz enerji kaynağıdır.
- Nüfus yoğunluğu kıyıda toplanmış ülkeler açısından üretilen yerde tüketileceğinden uzun iletim hatlarına ihtiyaç duyulmaz.
- Dalyan görevi görerek denizdeki balık popülasyonunun artmasına yardım eder, ekolojik dengeye katkı sağlar.
- Deniz üzerine kurulduğu için tarım arazileri üzerinde olumsuz etki yaratmaz.
- Her zaman kesintisiz ve kaliteli enerji üretirler.

Dezavantajları

- Sistemler kıyıya yakın olmalıdır. Kıyıdan uzak uygulamalar denizcilik açısından olumsuz etki yaratabilir.
- Sistem kötü hava koşullarından zarar görebilir.
- Yeni bir teknoloji olduğundan yeterli teknik eleman bulunması zordur.
- Yatırım aşamasında oldukça maliyetlidir.





3. EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI VE YENİLENEBİLİR ENERJİ

Literatürde ekonomik büyüme kavramının farklı birçok tanımını görmek mümkündür. Ekonomik büyüme, belirli bir dönem içerisinde bir ülkenin mal ve hizmet üretim kapasitesindeki artış anlamına gelmektedir (Peterson, 1976: 387). Bir ekonomide üretim kapasitesindeki artışın beraberinde getirdiği milli gelirdeki ya da kişi başına gelirdeki artışı da ifade etmektedir (Denison, 1962). Dolayısıyla ekonomik büyüme nicel bir kavramdır. Ekonomik büyüme belirli bölgeler ve sektörleri değil, bir ülke ekonomisinin bütününe kapsadığından makro bir olgudur (Dinler, 2013: 616-623).

Günlük yaşamda sıkça birbirinin yerine kullanılan ekonomik büyüme ve ekonomik kalkınma kavramları anlam farklılıklarına sahiptir. Ekonomik kalkınma kavramı, ekonomik büyümeye ek olarak gelir adaletsizliğinin azaltılması, bireylerin ortalama eğitim seviyesinin artırılması, ekonomik ve sosyal özgürlüğün sağlanması, insan haklarının garanti altına alınması, işsizliğin azaltılması, sosyal hizmetlere erişimin artması gibi toplumsal alanları da kapsamaktadır (Seyidoğlu, 2006). Dolayısıyla ekonomik kalkınma kavramı nitel bir kavramdır ve ekonomik büyüme kavramından daha geniş kapsamlı bir anlam ifade etmektedir.

3.1. Ekonomik Büyümenin Kaynakları

Ekonomik büyümenin uzun dönemde farklı birçok kaynağı mevcuttur. Ekonomik büyüme üzerine birçok çalışma yapan Barro (1996) tarafından 100 ülke ekonomisi üzerine yapılan çalışmada GSMH'nın büyüklüğü, beşeri sermaye seviyesi, verimlilik oranı, kamu harcamaları, hukuksal düzen, dış ticaret hadleri, yatırım oranları ve bölgesel değişiklikler ekonomik büyümenin temel kaynakları olarak belirlenmiştir. Ayrıca Barro fiyat istikrarı ve düşük enflasyon, dış ticaret dengesinin sağlanması, ortalama insan yaşamının uzaması ve düşük doğurganlık oranı, temel eğitimin artırılmasına yönelik uygulanan hükümet politikalarının kişi başına düşen gelirin artmasına katkı sağladığını ifade etmektedir. Bilim insanları ekonomik büyümenin kaynaklarına farklı derecede önem verdiğinden bu konuda bir fikir birliği oluşmasa da sıklıkla iş gücü, sabit sermaye, doğal kaynaklar ve teknoloji büyümenin temel kaynakları olarak sıralanmaktadır (Boldeanu ve Constantinescu, 2015).

Ekonomik büyümeyi etkilen en önemli unsurlardan biri işgücü miktarı ve işgücünün kalitesidir. İşgücü bir ülkedeki çalışabilir yaştaki nüfusu ifade etmektedir. Nüfus artışı tüketim açısından ele alındığında pazarın genişlemesine neden olurken, üretim açısından ele alındığında üretilecek mal ve hizmet için gerekli olan işgücünün oluşması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla nüfus arz ve talep bakımından ekonomi üzerinde dinamik etkilere sahiptir ve aynı şekilde ekonomi nüfus yapısı üzerinde etkilidir. Nüfus artışı sonucu işgücünün artması ancak emeğin marjinal verimliliğini ortalama verimlilikten daha hızlı arttırdığı sürece ekonomik büyüme üzerine pozitif etki edecektir. Ayrıca nüfus artışı bağımlı nüfus oranını arttırarak ve yenilenemeyen doğal kaynakların azalmasına neden olarak ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Backer vd., 1999).

Mal ve hizmetlerin üretimi aşamasında kullanılarak üretime katkı sağlayan ve insan tarafından üretilen aletler, makinalar, sanayi gereçleri, tesisler ve fabrikalar fiziki sermayeyi oluşturan varlıklardır. Sermaye oluşumu gelecekteki geliri ve üretimi arttırmak amacıyla mevcut gelirin bir kısmının tasarruf edilerek yatırımlara dönüştürülmesini ifade etmektedir. Mal ve hizmet üretimi işgücü ve sermaye unsurlarının aynı anda sürece dahil olmasıyla gerçekleşmektedir. İşgücü karşısında mevcut sermaye kısıtlıysa ya da sermaye oluşumu yetersizse üretkenliğin sağlanmasını beklemek gerçekçi değildir (Alkin, 2008: 462). Dolayısıyla sermaye ekonomik büyümeyi hedefleyen ülkeler için en önemli kaynaklardan biridir.

Üretim faktörleri arasında yer alan doğal kaynaklar insan üretimi olmayan, zaten doğada hali hazırda bulunan ve ihtiyaç duyulması halinde kullanıma hazır durumda olan varlıkları ifade etmektedir. Bu varlıklar toprak, su, yer altında bulunan madenler, fosil yakıtlar ve ormanlardır. Büyümenin kaynakları arasında önemli bir yeri olan doğal kaynakların ülkede bolca bulunması ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ancak bu kaynaklar ekonomik büyümenin sağlanmasında tek başına yeterli değildir. Ayrıca doğal kaynakların dünya üzerinde eşit bir şekilde dağılmamış olması ve nüfus artışına da bağlı olarak yenilenemeyen doğal kaynakların tükenebileceği konusu göz önüne alındığında doğal kaynaklar ülke ekonomisi üzerinde bir kısıt oluşturabilir (Nordhaus, 1992).

Teknoloji mal ve hizmetlerin üretiminde gerekli olan teorik ve teknik bilgiye ek olarak üretimin planlanmasından dağıtımına kadar organizasyon sürecinin tümünü kapsamaktadır. Teknolojik gelişme ekonomik büyümenin temel kaynaklarından biridir.

Teknolojinin gelişmesi üretimin sürekli hale gelmesini ve üretimden dağıtıma tüm süreçlerde zaman ve kaynak kayıplarını minimuma indirerek verimliliğin artmasını sağladığından ekonomik büyüme üzerine pozitif etki etmektedir (Romer, 1990).

Bahsi geçen büyümenin temel kaynaklarının varlığı ekonomik büyümeye tek başına neden olmaz. Bu kaynakların maksimum faydayı sağlayacak şekilde bir araya getirilerek üretim sürecine dahil edilmesi ve tüketicilerin sürekli değişen taleplerine uygun arzı gerçekleştirebilecek girişimcilerin bulunması önemlidir (Baumol ve Strom, 2007). Ayrıca kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasıyla üretim sürecinin daha verimli hale gelmesini sağlayan beşeri sermayenin bulunması gerekmektedir. Beşeri sermayeye bağlı olarak toplumsal fayda, yaşam standartları ve refah düzeyi de artış gösterir. Beşeri sermaye üretime katılan işgücünün bilgi, beceri, tecrübe ve eğitim yoluyla kazanılan bir takım yeteneklerin bütünü olarak tanımlanabilmektedir. Bu nedenle eğitim alanındaki yatırımlar ekonomik büyüme üzerinde oldukça büyük bir öneme sahiptir (Mincer, 1984). Bireyler ve toplumlar arasındaki ilişkileri düzenleyen kurallar bütününe ifade eden kurumsal yapı ekonomik büyümenin diğer kaynaklarından biridir. Ekonomik istikrarın sağlanması kadar önemli bir diğer konu ise siyasal istikrarın sağlanmasıdır. Bir ülkede yaşanan siyasal belirsizlik üretim organizasyonunu olumsuz etkileyebilmektedir, fiyat istikrarı üzerinde bozucu etki yaratmaktadır ve ekonomik durgunluk veya krizler gibi nedenlerle yatırım kararları üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu açıdan bakıldığında hükümet faktörü ekonomik büyümenin önemli bir diğer kaynağıdır (Fosu, 1992). Ayrıca toprak kalitesi ve tarımsal faaliyetler, ulaşım ve iletişim maliyetleri açısından sahip olunan coğrafya ve kültürel özellikler de ekonomik büyüme ve gelişmeye etki eden bir kaynak olarak ele alınmaktadır (Franke ve Nadler, 2008). Fabrika ve işletmelerin etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak için elektrik ve su gibi temel ihtiyaçların sağlanması, üretilen mal ve hizmetlerin tüketiciye ulaştırılmasını sağlayacak şartların güvenli bir şekilde temin edilmesi için yeterli altyapının kurulması geliştirmekte olan ülkeler için ekonomik büyümeye katkı sağlayan bir kaynak olarak değerlendirilebilir (Stern, 1991).

3.2. Ekonomik Büyümenin Temel Teorileri

Geçmişten günümüze ekonomilerin en önemli konularının başında büyüme gelmektedir. Hemen her ülke için makroekonomik politikaların temelinde ekonomik büyümeyi sağlama amacı öncelikli olarak yer almaktadır. İktisat biliminin ortaya çıkışından

bugüne bilim insanları tarafından ekonomik büyüme kaynaklarına farklı derecede önem verilmesi çeşitli büyüme teorilerinin ortaya çıkmasını beraberinde getirmiştir. İktisat literatüründe farklı birçok ekonomik büyüme teorisinin ortaya konulduğu görülmektedir ve bu teoriler kronolojik olarak Çizelge 3.1.'de özetlenmektedir.

Çizelge 3.1. Başlıca büyüme teorileri, kaynakları ve özellikleri

Büyüme Teorisi	Büyümenin Kaynağı	Büyümenin Özellikleri
Klasik Büyüme Teorileri A. Smith (1776) T.R. Malthus (1799) D. Richardo (1817) K. Marx (1867)	İşbölümü Artık değerin yatırıma dönüştürülmesi Artık değerin yatırıma dönüştürülmesi Sermaye birikimi	Sınırlı büyüme Nüfus Kanunu nedeniyle sınırlı büyüme Tarımda azalan verimler kanunu nedeniyle sınırlı büyüme Kapitalist düzende kar oranlarının düşmesi nedeniyle sınırlı büyüme
J.A. Schumpeter (1911-1939)	Yenilikler	Kararsız büyüme ve denge
Post-Keynezyen Büyüme R. Harrod (1939) E. Domar (1946)	Tasarruf ve yatırım	Kararsız denge
Neoklasik / Dışsal Büyüme R. Slow (1956)	Dışsal olarak kabul edilen nüfus ve teknoloji	Teknolojik gelişmenin kısıtlı olması nedeniyle geçici büyüme
Yeni / İçsel Büyüme Teorileri P. Romer (1986) R. Lucas (1998) R. Barro (1990)	Fiziki ve beşeri sermaye, kamu sermayesi ve mali araçlar	Büyümenin içsel oluşu, devletin yenilenmesi ve tarihsel değişimin dikkate alınması

Kaynak: Berber (2006: 52) ve Mızrak (2007: 21).

Adam Smith tarafından 1776 yılında yayınlanan *The Wealth of Nations* başlıklı eser İktisat bilimi ve Klasik İktisat düşüncesinin temeli niteliğindedir. Smith eserinde büyümenin kaynakları olarak sermaye birikimi ve sanayileşmeye dayalı işbölümünü tanımlamaktadır. Smith'in önerdiği büyüme modeline göre işbölümü emeğin verimliliğini arttıracaktır ve dolayısıyla üretimin artması, zenginleşme ve refah artışı sağlanacaktır. Smith sermaye

birikiminin ve nüfusun arttığı sürece ekonomik büyümenin sürekli artacağını bir süre sonra verimde mutlak artış sağlanamayacağından karların duracağını ve bunun sermaye birikimini etkileyerek ekonomik durgunluğa sebep olacağını ileri sürmektedir (Hiç, 1994: 26-27).

Malthus Sanayi Devrimi'nin yaşandığı yıllarda sanayileşmenin ve gelişen teknolojinin yanında hızlı bir şekilde artan nüfusa dikkat çekmiştir. Malthus'un büyüme modelinde büyüme kişi başına değerlendirmiştir. Malthus *An Essay on the Principles of Population* adlı eserinde nüfusun sürekli artmasının kıt kaynakların tüketilmesine, gıda yetersizliğine ve dolayısıyla refahın düşmesine neden olacağını belirtmiştir. Ayrıca Malthus nüfus artışına bağlı olarak ekonomideki genel artış olsa bile kişi başı gelirin sabit kalması nedeniyle anlamlı bir büyüme olmayacağını ifade etmektedir. Bu düşünceler temelinde Malthus çeşitli nüfus politikalarıyla devlet müdahalesinin ekonomik büyümede önemli bir kaynak olduğunu savunmaktadır (Malthus, 1798).

Klasik İktisat Teorisine önemli katkıları olan Ricardo tarafından 1817'de yayınlanan *Principal of Political Economy and Taxation* adlı eserde büyüme modellerinde azalan verimler ve fonksiyonel gelir dağılımı ele alınmıştır. Ayrıca ekonomik büyümede emek ve sermayenin yanında toprağın önemi vurgulanmıştır. Tam da Sanayi Devriminin yaşandığı tarihlerde yazılan bu eserde Ricardo üretilen tarımsal ürünlerin daha fazla işgücü, kar ve sermayenin artmasına neden olması için ancak daha verimli topraklarda üretilmesine bağlamaktadır. Dolayısıyla Ricardo kardaki artışı servetin bir sonucu olarak görmektedir. Ayrıca doğal kaynakların tükenecek olması tarımda azalan verimler kanunun geçerli olması nedeniyle büyümenin sürekli bir şekilde sağlanamayacağını ileri sürmektedir (Chiswick, 1971: 27).

Felsefe, psikoloji, sosyoloji, tarih ve iktisat gibi farklı bilim dalları üzerine çalışmalar yapan bilim insanı Karl Marx kapitalizmin yıkılarak yerini sosyalizmin alacağını ileri sürmektedir. Marx'a göre kapitalist sistemde ekonomik büyümenin sürekliliği sağlanabilir ancak sistem içerisindeki zıtlıklar nedeniyle bir süre sonra işçi sınıfının sefaleti artar ve sermaye birikimi daha az kişinin elinde toplanır ve bu durum uzun dönemde talep yetersizliğine neden olarak ekonomik ve sosyal buhranlara neden olur. Temelde Smith ve Ricardo'nun fikirlerinden etkilense de Marx'ın amacı kapitalist üretim sistemini eleştirmektir ve bu büyüme modeli emek-değer teorisine dayandırılmıştır. Emegin

verimliliği arttıkça etkin üretimi sağladığını savunan Marx verimlilik arttıkça artık değerin ve birikimin artacağını ifade etmektedir (Harris, 1972).

İlk kez teknolojik yeniliklerin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkileyeceğini ortaya atan iktisatçı Schumpeter teknolojik gelişmeyi ekonominin itici gücü olarak tanımlamaktadır. Ayrıca teknolojik gelişmeyi sağlayacak girişimciler ekonomik büyümenin tükenmeyen bir kaynağıdır. Schumpeter teknolojik yeniliği üretilen yeni teknolojinin eski teknolojinin yerine geçmesi olarak ifade etmiştir ve bu süreci “yaratıcı yıkım” olarak tanımlamaktadır. Schumpeter’e göre girişimciler ve teknolojik gelişme olduğu sürece kapitalist sistemde ekonomik büyüme sürekli olacaktır. Ancak kapitalist düzende yaşanacak gelir adaletsizliğinin uzun dönemde beşeri sermaye üzerine etki ederek girişimciliği ve teknolojik gelişmeleri kısıtlayacağı ve ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etki yaratacağı ileri sürülmektedir (Aghion, 2002).

Birbirinden bağımsız çalışmalarla 1939’da Harrod ve 1947’de Domar tarafından ortaya atılan büyüme modelleri birbirlerine benzerlikleri nedeniyle sıklıkla birlikte anılmaktadır. Modern büyüme teorisinin ilk dalgası olan Harrod-Domar modeli Keynesyen’ in “Genel Teorisine” dayanmaktadır ve büyüme süreci ilk kez sistematik olarak ele alınmıştır. Bu modellerde uzun dönemde ekonomik büyümenin kararlı ve dengeli bir şekilde gerçekleşip gerçekleşmeyeceği araştırılarak statik olan Keynesyen teoriyi dinamik hale getirilmiştir (Snowdon ve Vane, 2005). Harrod-Domar modelinde büyümenin temel kaynağı tasarruf ve yatırımlar olarak tanımlanmıştır. Ancak modelde sermaye ve emeğin ikame edilebilirliği sıfır kabul edilmiştir ve bu varsayım modelin ampirik çalışmalarda etkin sonuçlar vermemesini beraberinde getirmiştir (Berber, 2006: 136-137).

Çalışmanın bu kısmına kadar temel büyüme teorilerinden Klasik Büyüme Modelleri, Marksist Büyüme Modeli, Schumpeter ve Harrod-Domar Büyüme Modellerine büyümenin kaynakları ve bazı sınırlılıkları itibariyle değinilmiştir. Bu modeller günümüzde öne çıkan Neoklasik Büyüme Teorileri ve İçsel Büyüme Teorilerinin ortaya çıkmasında temel alt yapıyı oluşturmaktadır. Ancak yine de bu modeller günümüzde yerlerini Neoklasik Büyüme Teorileri ve İçsel Büyüme Teorilerine bıraktığından çalışmanın bu kısmında detaylandırılacaktır.

3.2.1. Neoklasik Büyüme Teorisi (Solow Modeli)

1956 yılından Solow tarafından yayınlanan “A Contribution to the Theory of Economic Growth (Ekonomik Büyüme Teorisine Bir Katkı)” adlı eseriyle İktisat literatürüne oldukça büyük bir katkı sağlamıştır. Ayrıca ilgili eserle Nobel Ödülüne sahip olan Solow kendisinden sonra ortaya çıkacak büyüme teorilerine de ışık tutmuştur (Jones, 2001: 20). Solow nüfus ve teknolojik gelişmeleri ekonomik büyümenin kaynağı olarak tanımlamaktadır. Solow ortaya attığı modelini Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dayandırmaktadır ve büyümeyi aşağıdaki gibi açıklamaktadır (Solow,1956).

$$Y_t = A_t f(K_t, L_t) \quad (3.1)$$

“Eş 3.1.” ‘de Y_t t zamanındaki geliri, K_t t zamanındaki fiziksel-maddi sermayeyi, L_t t zamanındaki emeği ve A_t ise t zamanındaki faktör verimliliğini ifade etmektedir. Teknolojik gelişmelerin dışsal olduğu varsayımının yapıldığı bu modelde $A_t=0$ kabul edilmektedir. Bu durumda işgücü başına düşen gelir cinsinden üretim fonksiyonunu yeniden yazmak için Eş 3.1 in her iki tarafının da L ye bölünmesiyle;

$$\frac{Y_t}{L_t} = f\left(\frac{K_t}{L_t}, \frac{L_t}{L_t}\right) \quad (3.2)$$

Elde edilen “Eş 3.2” elde edilir ve bu eşitlik işgücü başına gelirin (y) işgücü başına sermayenin (k) bir fonksiyonu olduğunu ifade etmektedir ve aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir.

$$y = f(k) \quad (3.3)$$

“Eş 3.3” ele alındığında teknolojik gelişmelerin gözardı edildiği modelde işgücü başına düşen sermayede meydana gelecek bir artışın işgücü başına düşen geliri de arttıracığı görülmektedir.

Solow 1957 yılında yayınlamış olduğu çalışmada “Technical Change and Production Function (Teknolojik Değişim ve Üretim Fonksiyonu)” adlı çalışmasında ekonomik büyümeyi gerçekleştiren gelir artışı, sermaye birikimindeki artış, artan tasarruf oranları ve teknolojik gelişmelerle açıklamaktadır. Teknolojik gelişmelerin üretim sürekliliğini ve verimliliği sağlanması açısından ele alacak olursak büyüme üzerindeki etkileri oldukça önemlidir. Teknolojik gelişmeleri modele dahil ederek üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir.

$$Y_t = f(K, AL) = K^\alpha (AL)^{1-\alpha} \quad (3.4)$$

“Eş 3.4” te α sermayenin gelir esnekliğini ifade ederken $(1 - \alpha)$ ise işgücünün gelir esnekliğini ifade etmektedir ve ayrıca $0 < \alpha < 1$ ’dir.

Solow’un büyüme modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır. Ayrıca modelde emek ve sermaye için azalan verimler kanununun geçerli olduğu, ekonominin dışa kapalı olduğu ve teknolojik gelişmişlik düzeyinin tüm ülkeler için aynı olduğu varsayımı da yapılmıştır (Solow, 1957). Ülkelerin teknolojik gelişmişlik düzeyinin aynı olması uzun dönemde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için reel büyüme oranlarının birbirine yakınsayacağını ve aradaki farkın gittikçe azalarak kapanacağını göstermektedir. Bu durum literatürde “yakınsama hipotezi” olarak adlandırılmaktadır (Kibritçioglu, 1998).

3.2.2. İçsel Büyüme Teorisi

Solow tarafından ortaya atılan neoklasik büyüme modelinde teknoloji ve nüfus dışsal bir değişken olarak modele dahil edilmiştir ve Solow teknolojik gelişmeyi açıklamak için gerekli girişimcilik, beşeri sermaye, AR-GE gibi konuları irdeleme gereği duymamıştır. Ekonomik büyümenin dışsal değişkenler tarafından açıklanması ve yakınsama hipotezinin gerçek dünyayla uyuşmaması 1980 li yıllarda Romer ve Lucas öncülüğünde eleştirilmeye başlanmıştır. Romer (1986) ekonomik büyümenin dışsal faktörlerin neden olduğu bir sonuç

olarak değil ekonomik sistemin kendi işleyişinin içsel bir sonucu olarak gerçekleştiğini ileri sürerek Solow modelini eleştirmektedir. Lucas (1988) ise Solow büyüme modelinin genel bir büyüme modeli olmayıp özellikle ABD ekonomisine dair büyümeyi açıklayan ve geliştirmekte olan ekonomilerine dair büyümeyi yansıtmaması nedeniyle eleştirmektedir.

İçsel büyüme modellerinin öncüsü Romer (1986) tarafından ortaya atılan modelde teknolojik gelişme Solow modelinin aksine içselleştirilmiştir. Romer'e göre teknolojik gelişme ekonomik büyümenin itici gücüdür. Teknolojik gelişmenin odak haline geldiği bu modelde ayrıca tasarruf, yatırım, bilgi ve beşeri sermayenin de önemine dikkat çekilmiştir. Teknolojik gelişmelerin altında yatan sermaye birikiminin artması, AR-GE yatırımları ve bu yatırımlar sayesinde elde edilen bilgi ekonomik büyümeyi sürekli kılmaktadır. Nihayetinde artan sermaye birikimi ve teknolojik gelişmeler çıktı verimliliğini artırır ve ekonomik büyüme üzerinde olumlu etki eder (Romer, 1986).

Lucas (1988) tarafından ortaya atılan bir diğer içsel büyüme modeli ise beşeri sermaye modelidir. Lucas modelinde sermayeyi fiziki ve beşeri sermaye olarak iki ayrı şekilde ele almıştır ve beşeri sermayenin tıpkı fiziki sermaye kadar önemli olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca beşeri sermayedeki artışın, bireyin kendi verimliliğinin artırmasını sağlarken aynı zamanda diğer üretim faktörlerinin de verimliliğini arttırdığını ve dolayısıyla ekonomik büyümeye olumlu etkisi olduğunu savunmaktadır (Lucas, 1988).

İçsel büyüme teorilerinden bir diğeri 1990 da Barro tarafından ortaya atılan kamu politikası modelidir. Barro teknoloji, verimlilik ve ekonomik büyüme ilişkilerini kamu harcamalarını da dikkate alarak araştırmıştır. Modelde kamu harcamaları verimli verimsiz olmak üzere iki farklı grupta ele alınmıştır. Kamu harcamalarının bir üretim girdisi olarak ele aldığı bu modelde uygulanan kamu politikalarının ekonomik büyüme üzerinde etkili olduğunu ortaya konmuştur. Barro'ya göre hane halkının faydasını maksimize eden kamu politikalarının uygulanması ve kamu harcamalarının üretken sektörlerle yoğunlaştırılması ekonomik büyüme üzerine etkileri olumludur. Ancak kamu harcamalarının vergilendirme suretiyle özel tasarruftaki azalmayı beraberinde getirmesi ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etki yaratmaktadır (Barro, 1990).

3.3. Ekonomik Büyümenin Ölçülmesi

Ekonomik büyüme kavramının ölçülmesinde kullanılan birçok farklı gösterge bulunmaktadır. Bu göstergeler arasında Gayri Safı Yurt İçi Hasıla (GSYİH) literatürde sıklıkla kullanılan göstergedir. Genellikle bir yıl olmak üzere belirli bir dönem içerisinde ülke sınırları içinde üretilen tüm mal ve hizmetlerin ilgili döneme ait piyasa fiyatı cinsinden parasal değerinin toplamı anlamına gelen GSYİH'nın ölçülmesinde iki farklı yöntem uygulanmaktadır;

Nominal GSYİH: Belirli dönemde üretilen mal ve hizmetlerin üretildiği dönemdeki piyasa fiyatı / cari dönem fiyatı cinsinden parasal değeri ile çarpımlarının toplanmasından elde edilir.

Reel GSYİH: Üretilen mal ve hizmetlerin cari dönemdeki piyasa fiyatları ile çarpılmak yerine seçilen sabit bir döneme ait fiyatlarla çarpılarak toplanmasıyla elde edilir.

Nominal GSYİH cari piyasa fiyatlarıyla hesaplandığından içerisinde enflasyon etkisini / fiyat değişimlerini barındırmaktadır. Yani GSYİH'daki artışın bir kısmı üretilen mal ve hizmetteki artıştan kaynaklanırken bir kısmı da fiyatlardaki artıştan kaynaklanacaktır. Bu nedenle Nominal GSYİH'nın kullanılması sağlıklı sonuçlar doğurmayacaktır. Bu sebeple ekonomik büyüme düzeyinin hesaplanması ve ülkeler arası karşılaştırma yapılmasında Reel GSYİH değerleri kullanılmaktadır.

Reel GSYİH'deki büyüme oranı ekonomik büyümeyi ifade etmektedir ve g_t büyüme oranını ifade etmek üzere aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$g_t = \frac{RGSYİH_t - RGSYİH_{t-1}}{RGSYİH_{t-1}} \times 100 \quad (3.5.)$$

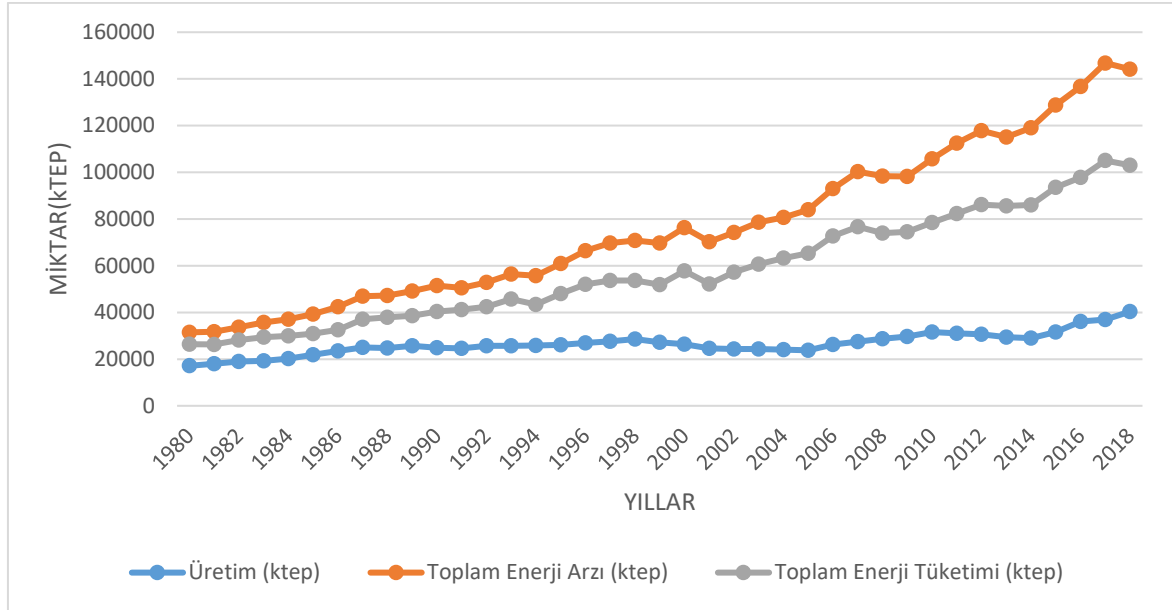
“Eş 3.5.” de $RGSYİH_t$ t dönemindeki reel GSYİH değerini ve $RGSYİH_{t-1}$ ise t-1 dönemindeki (bir önceki takvim yılı) reel GSYİH değerini ifade etmektedir (Yılmaz ve Akıncı, 2012: 10-11).

3.4. Ekonomik Büyümede Yenilenebilir Enerjinin Önemi

1996 yılında yayınlanan Birleşmiş Milletler'in (UNDP) İnsani Kalkınma Raporu'na göre kaçınılması gereken tehlikeli büyüme çeşitleri mevcuttur. Bu büyüme çeşitlerinden geleceksiz büyüme; yenilenemeyen doğal kaynakların tüketilmesi, gelecek nesillere kalacak olan doğanın hiçe sayılması ve çevrenin kirletilmesi pahasına da olsa ekonomik büyümenin sağlanması durumudur. İyi büyüme ise istihdamı teşvik eden, refah artışını adil şekilde dağıtan, toplumsal iş birliğini sağlayan, beşeri gelişmenin geleceğini koruyabilecek özelliklere sahip, fiyat istikrarının bozulmadığı ve ekonomik göstergeler ile makroekonomik dengelerin uyumlu olduğu sürdürülebilir bir büyümedir.

Sürdürülebilir büyümenin sağlanması için enerji kaynaklarının bilinçli bir şekilde tüketilmesinin yanında enerji yoğunluğunun azaltılması ve enerji tasarrufunun sağlanması dolayısıyla enerji verimliliğinin artırılması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması oldukça önemlidir. Enerji verimliliği, mevcut hizmet kalitesi ve yaşam standartlarında, üretim hacmi ve kalitesinde azalmalar meydana gelmeksizin birim başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Kişi başına düşen enerji tüketiminin GSYİH' ye oranlanmasıyla elde edilen enerji yoğunluğunun (TEP/1.000,00\$) düşük olması, verimlilik açısından olumlu algılanmaktadır. Yani diğer bir ifadeyle enerji yoğunluğunun düşük olması aynı miktar enerji ile daha fazla birim iş yapıldığı anlamına gelmektedir (TSKB, 2020).

Enerji tasarrufu ve enerji verimliliği birbirinden farklı anlamları ifade etmelerine rağmen bu iki kavramın ortak amacı enerjinin korunmasıdır. Enerji tasarrufu yaşam standartlarından, üretim hacminden ve kalitesinden bir miktar feragat ederek enerji tüketiminin azaltılmasıdır (Yang, Yu, 2015). Günümüzde enerji tasarrufu konusuna dikkat çekmek üzere ulusal ve uluslararası alanda birçok adım atılmaktadır. Enerji tasarrufu amacıyla bireysel olarak enerji tüketim alışkanlıklarımızda meydana getireceğimiz küçük değişikliklerle bile mevcut kaynaklarımızın korunmasına ve ülke ekonomisine katkıda bulunabileceğimiz unutulmamalıdır. Enerji verimliliği üretimden tüketime kadar kaynakların maksimum seviyede etkinlikle kullanılması anlamına gelmektedir. Ayrıca enerjinin iletim ve dağıtım süreçlerinde meydana gelen kayıplarının engellenmesi kaynakların verimli kullanılmasında etkilidir (TSKB, 2020).

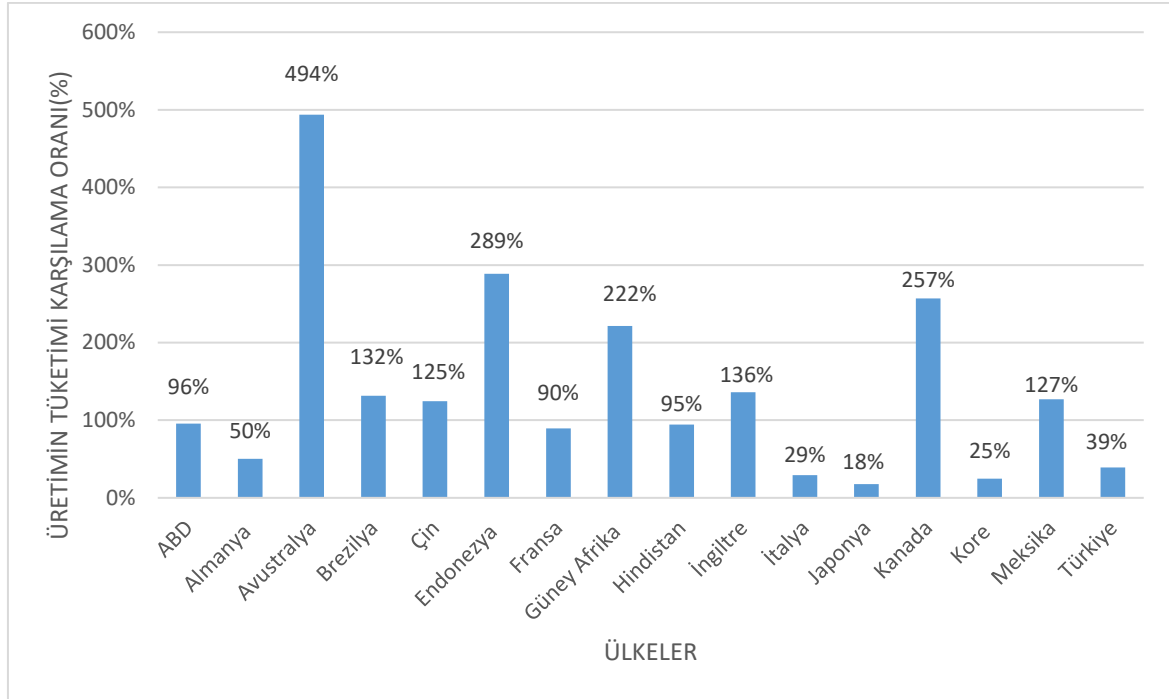


Şekil 3.1. Türkiye’de enerji üretimi, enerji arzı ve tüketimi (1980-2018, ktep)

Kaynak: IEA (2020) *World Energy Balances*’den elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmuştur.

Şekil 3.1.’den görülebileceği gibi ülkemizde 1980-2018 yılları itibariyle toplam enerji tüketimi artan bir trende sahiptir. Ancak ne yazık ki toplam enerji üretimi her dönem için toplam enerji arzının ve tüketiminin oldukça gerisindedir. Ülke nüfusunun hızlı bir şekilde artması, ülkede sanayi sektörünün gelişmesi ve artan şehirleşme enerjiye duyulan ihtiyacı hızlı bir şekilde arttırırken enerji üretiminde ciddi bir artış gözlemlenmemiştir. Ayrıca toplam tüketim ve toplam arz arasındaki farkın açılması enerjinin bir takım kayıplara uğrayarak verimli kullanılmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Ekonomik büyüme açısından oldukça önemli olan diğer bir gösterge ise enerji bağımlılığıdır. Enerji bağımlılığı ülkelerin enerji üretiminin toplam enerji tüketimine oranlanmasıyla elde edilmektedir. Bu oranın % 100 ün altında olduğu ülkeler tüketilenden daha az enerji üretimi yapmaktadır. Diğer bir ifade ile ülke enerji açısından dışa bağımlıdır. Ülkenin enerji arzının kendi talebine yetemeyeceğini gösteren bu gösterge ülke ekonomisine doğrudan etki etmektedir. Ayrıca aşırı dışa bağımlılık enerji faturalarının artmasında, teminde ve dağıtımda aksamalara neden olabileceği için enerji güvenliği ve refah açısından sorun yaratabilecek bir göstergedir (TMMOB, 2018: 1).

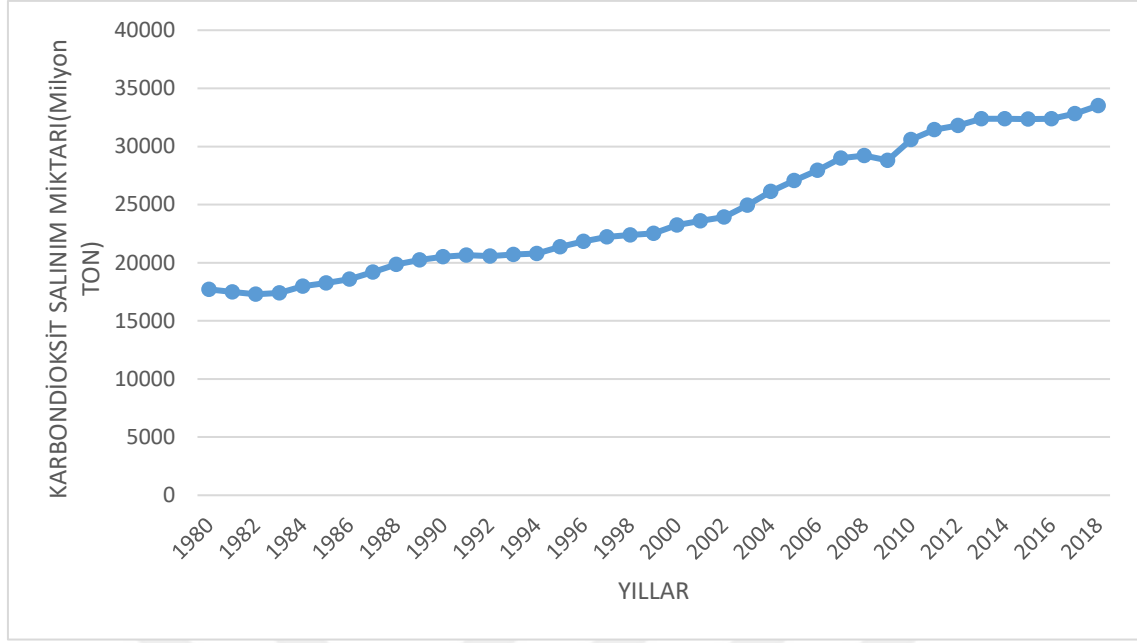


Şekil 3.2. G-20 ülkeleri için 2018 yılı itibariyle enerji üretiminin enerji tüketimini karşılama oranı(%)

Kaynak: IEA (2020) *World Energy Balances (database)* ‘den elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmuştur.

Veri ulaşılabilirliğine göre IEA tarafından yayınlanan World Energy Balances 2020 veri setinden elde edilen verilerle düzenlenen Şekil 3.2. incelendiğinde 2018 yılı itibariyle Avustralya, Brezilya, Çin, Endonezya, Güney Afrika, İngiltere, Kanada ve Meksika toplam enerji üretiminin toplam enerji tüketimini karşılama konusunda başarılı ülkelerdir. Diğer taraftan ABD, Almanya, Fransa, Hindistan, İtalya, Japonya, Kore ve Türkiye enerjide dışa bağımlı ülkelerdir. 2018 yılı itibariyle ülkemizin %61 oranında enerjide dışa bağımlı olduğu görülmektedir.

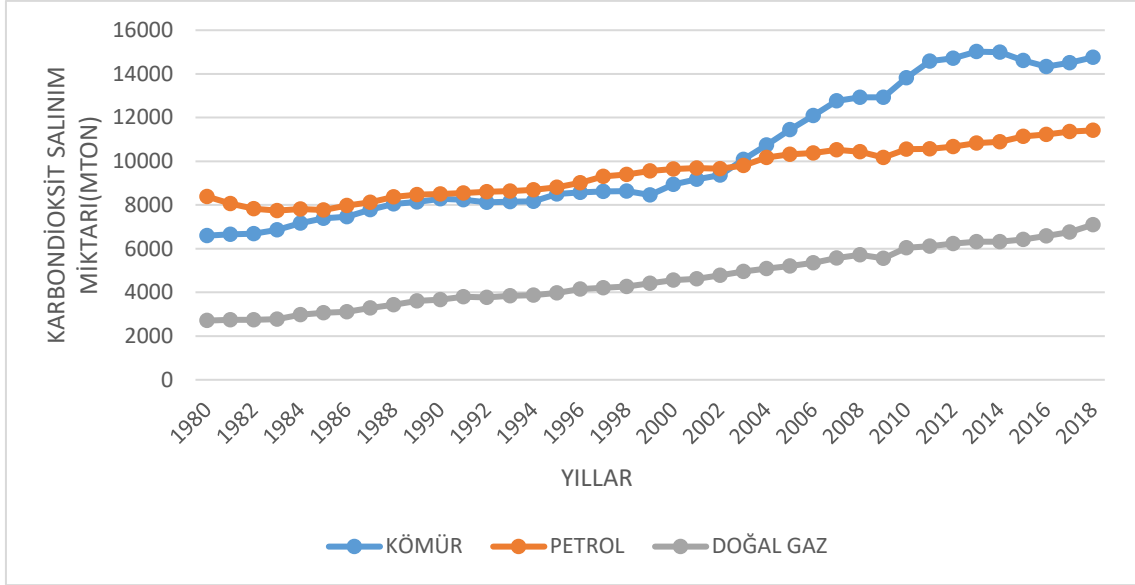
Enerjide dışa bağımlı ülkeler artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere yoğun bir şekilde fosil yakıt tüketimine yönelmişlerdir. Fosil yakıtların kontrolsüz tüketilmesinin yanında hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan şehirleşme, ormanlık alanların bilinçsizce tahrip edilmesi atmosfere salınan insan kaynaklı karbondioksit salınım miktarını daha da arttırmaktadır. Artan karbondioksit salınımı dünya üzerindeki doğal karbon dengesini olumsuz etkilemektedir ve dünyamızın karşı karşıya kaldığı küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununu beraberinde getirmiştir (Aksay vd., 2005).



Şekil 3.3. Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan küresel karbondioksit salınımı (1980-2018, milyon ton)

Kaynak: IEA, (2020). *CO2 Emissions from Fuel Combustion (database)*'den elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmuştur.

IEA tarafından yayınlanan CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2020 veri setinden elde edilen verilerle düzenlenen Şekil 3.3.'e göre Dünya genelinde enerji tüketimi nedeniyle atmosfere salınan karbondioksit miktarının özellikle 1990 yılından dan sonra hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Ayrıca emisyonun 2018 yılı itibariyle 1980'li yıllara göre yaklaşık iki katına çıktığı gözlemlenmektedir. Bu denli büyük bir artışın nedeni üretim faaliyetlerinden kaynaklanan enerji tüketimine bağlanabilir.



Şekil 3.4. Yakıtların küresel karbondioksit salınımı (1980-2018, milyon ton)

Kaynak: IEA, (2020). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion (database)*'den elde edilen verilerle oluşturulmuştur.

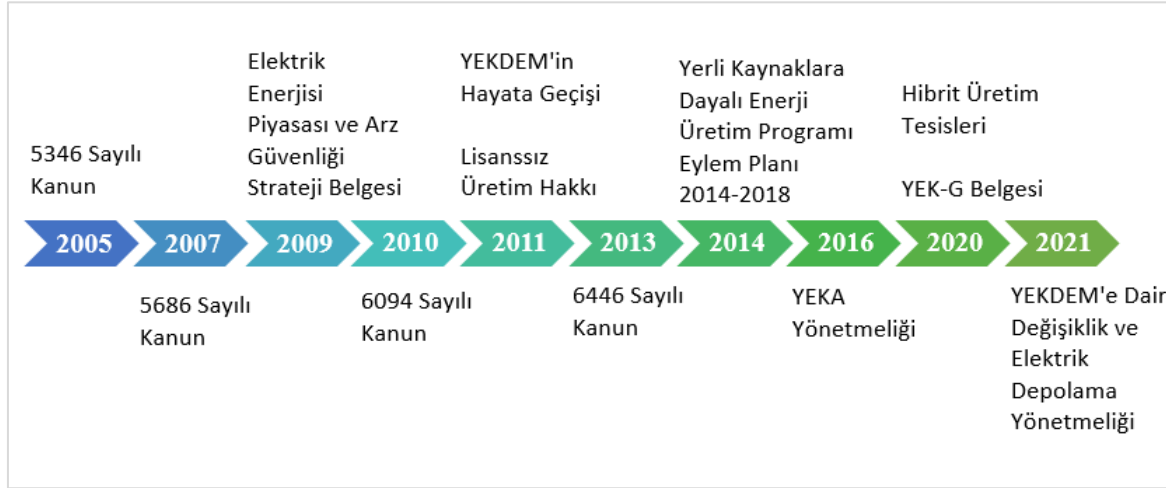
Şekil 3.4.' te 1980'li yıllarda atmosfere salınan karbondioksitin büyük bir kısmının petrolden kaynaklandığı görülmektedir. 1990'lı yıllarda petrol ve kömürün neden olduğu salınım birbirine çok yakın bir boyuta ulaşmıştır. Ancak 2003 yılı ve sonrasında kömür salınım konusunda petrolü geride bırakmıştır. Ayrıca doğal gaz yanmasından kaynaklanan karbondioksit salınımı 1980-2018 dönemi için petrol ve kömüre göre nispeten az olsa da artış göstermiştir.

Enerjinin ülke ekonomisi ve çevre açısından aldığı bu önemli rol nedeniyle ülkeler 21. yy'da enerji politikalarını değiştirmişler, fosil yakıtların kullanımının sınırlandırılması ve yenilenebilir kaynaklı enerji üretiminin arttırılması adına yatırımlarını bu alana kaydırmışlardır.

3.4.1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de çevreyi korumak, yenilenebilir enerjiye dayalı üretimi arttırarak dışa bağımlılığı azaltmak ve enerji arz güvenliğini sağlamak için hukuki düzenlemeler ve teşvikleri kapsayan yenilikçi bir enerji politikası yürütülmektedir. Coğrafi konumu nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin olan Türkiye, milli kaynakları en yüksek seviyede kullanarak maksimum enerji arzını hedeflemektedir. Bu

amaç doğrultusunda ülkemizde yenilenebilir enerji sektörüne yönelik planlamalar, uygulanan destekleme projeleri ve teşvikler Şekil 3.5.'de kronolojik sırayla gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Türkiye’de yenilenebilir enerji sektörüne yönelik hedefler, uygulanan politika ve teşvikler

2005 yılı Mayıs ayı itibariyle yürürlüğe giren 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ülkemizde yenilenebilir enerji sektörüne yönelik yapılan ilk düzenlemedir. Kanun ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kaliteli bir biçimde ekonomiye kazandırılmasını amaçlanmaktadır. Kanunda Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) tanımlanmış, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından üretim lisans sahibi tüzel kişiler adına düzenlenen YEK Belgesi hakkında usul ve esaslar belirtilmiştir. YEK teşviklerinden yararlanmak isteyenler için YEK Belgesinin alınarak 31 Ekim tarihine kadar EPDK’ya başvuru yapmış olması gerekmektedir. Kanun kapsamında YEK Belgesini temin eden üreticiler üretim lisansı için ilk 8 yıl herhangi bir ücret edemeyeceklerdir ve sonraki yıllarda bu ücretin yalnızca %10’u ödenecektir (RG. Tarih: 18 Mayıs 2005, RG. No: 25819).

2007 yılı Haziran ayı itibariyle yürürlüğe giren 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile jeotermal enerji kaynaklarına yönelik düzenleme yapılmıştır. Kanun jeotermal kaynakları çevreyle uyumlu bir şekilde ekonomiye kazandırmayı hedeflemektedir. İlgili kanun ile kaynakla ilgili arama faaliyetleri için 3 yıl süreyle geçerli olacak olan özel lisans alma zorunluluğu getirilmiştir. Ayrıca işletim ve kullanım için de lisans alınması zorunlu tutulmuştur. Kanun kapsamında jeotermal kaynak dağıtımı ve üretimi yapan şirketler sanayi kuruluşu ve atık arıtma kuruluşu olarak

değerlendirilmektedir. Jeotermal kaynak dağıtım ve üretim lisansına sahip üreticilere sanayi kuruluşları ya da atık arıtma kuruluşlarının yararlandığı öncelikle elektrik tarifeleri olmak üzere avantajlı olan diğer tüm teşvik ve haklardan yararlanma hakkı sağlanmaktadır (RG Tarih: 13 Haziran 2007, RG. No: 26551).

Dokuzuncu Kalkınma Planıyla uzun dönemde hedefler belirlenmiştir. Mayıs 2009 itibariyle Yüksek Kalkınma Kurulu Kararınca Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi kabul edilmiştir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynakları 2023 yılı hedefleri aşağıdaki gibidir:

- Toplam elektrik enerjisi üretimi içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklı üretimin payının % 30'a kadar yükseltilmesini sağlamak.
- Rüzgar enerjisine dayalı kurulu gücün 20.000,00 MW'a yükseltilmesini sağlamak.
- Hidroenerji potansiyelinin tamamının elektrik üretiminde kullanılması.
- Mevcut jeotermal enerji potansiyelinin işleme alınması.
- Biyoenerji kullanımını arttırmak amacıyla tarım sektörü potansiyelinden daha fazla yararlanılmasını sağlamak.
- Güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik gerekli düzenlemelerin yapılarak altyapının oluşturulması.
- Dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla elektrik üretiminde doğalgaz kullanımını % 30'un altına indirmek (Demir ve Çolak, 2015: 807).

2010 yılında 5346 Sayılı Kanun'da bazı değişiklikler yapılmıştır ve 6094 Sayılı Kanun Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun yayınlanmıştır. Kanun kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. YEKDEM kapsamında YEK Belgeli üretim tesisleri için üretilen elektrik enerjisinin satışında üretim lisans tarihinden itibaren 10 yıl süreyle kaynak bazında farklılaştırılan sabit fiyat garantisi verilmiştir. Bu kapsamda garanti edilen sabit fiyatlar; hidroelektrik ve rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisleri için 7,3 USDcent/kWh, jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisleri için 10,5 USDcent/kWh, biyokütle ve güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için ise 13,3 USDcent/kWh şeklindedir (Bkz. EK-1). Lisans sahibi üretim tesislerinde kullanılan mekanik veya elektro-mekanik aksamın yurtiçinde imal edilmesi halinde tesisin işletmeye girişinden itibaren 5 yıl süreyle sabit fiyat garantisinin

yanında EK-2’de belirtilen yerli katkı ilavesi sağlanmaktadır. Ayrıca kanunda kamu mallarının kullanımında ve arazi kira, irtifak hakkı ve kullanım izin bedelleri için uygulanan %85 oranında indirim yapılması gibi bir takım kolaylıklar sağlanmaktadır (RG Tarih: 8 Ocak 2011, RG. No: 27809). 6094 Sayılı Kanun’a göre üretim tesislerinin YEKDEM’e bir sonraki takvim yılında tabi olmak istemeleri halinde YEK Belgesinin alınarak 31 Ekim tarihine kadar EPDK’ya başvuru yapmış olmaları gerekmektedir. İlk kez 2011 yılında başvurular alınarak YEKDEM uygulanmaya başlamıştır.

İlk kez 2011 yılında 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği (LÜY) yayınlanmıştır. Yönetmelik tüketicinin kendi ihtiyacını karşılamak amacıyla *yalnızca kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla* kojenerasyon tesisi kuran gerçek ve tüzel kişilerin şirket kurmadan veya üretim lisansı almadan elektrik üretimi yapılmasının önünü açmıştır. Lisanssız tesislerde üretilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi değerlendirme çerçevesinde dağıtım sistemine bağlanır ve tedarik şirketi tarafından YEKDEM kapsamında değerlendirilerek 10 yıl süreyle 6094 Sayılı YEK Kanununda belirtilen ve EK-1’de verilen sabit fiyatlarla satın alınır (RG Tarih: 21 Temmuz 2011, RG. No: 28001). 2013 yılında LÜY yeniden düzenlenmiştir. Düzenleme ile tüketicinin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini tüketim noktasına en yakın üretim tesisinden temin etmesi, arz güvenliğinin sağlanması amacıyla küçük ölçekli üretimlerin ekonomiye kazandırılarak etkin bir şekilde kullanılması ve dağıtımda meydana gelebilecek kayıpların en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Bu düzenleme ile azami kurulu güç 500 KW’dan 1 MW’ye yükseltilmiştir. (RG Tarih 2 Kasım 2013 RG No: 28783).

Onuncu Kalkınma Planıyla ekonominin istikrarlı bir şekilde büyümesi için enerji üretiminde yerli kaynakların öncelikli olarak değerlendirilmesi, hem elektrik üretiminde hem de birincil enerji arzında özellikle sürdürülebilir kaynakların kullanılarak dışa bağımlılığın minimuma indirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Yerli Kaynaklara Dayalı Enerji Üretimi Eylem Planı hazırlanmıştır. Plan doğrultusunda belirlenen hedefler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırım projelerinin hızlandırılması amacıyla izin süreçlerinin tanımlanmasını ve takip edilmesini sağlamak.
- Potansiyelin tam olarak tespit edilmesini sağlamak ve bu kapsamda jeotermal aramalarını hızlandırmak.

- Biyokütle, güneş ve rüzgar kaynaklarının birincil enerji üretimi amacıyla değerlendirilmesi için mevcut potansiyeli değerlendirmek.
- Havza planlama/optimizasyon çalışmaları mümkün en kısa sürede tamamlanarak potansiyelin yapılabirlik kriterlerini sağlaması halinde hızlı bir şekilde yatırıma dönüştürmek.
- Kamu elinde bulunan HES'lerin rehabilite etmek ve faaliyetleri Kamu İhale Kanunu kapsamında aksamadan yürütmeye yönelik mevzuat çalışmasını tamamlamak.
- HES'lerin inşa ve işletme aşamasında can ve mal güvenliğini dikkate alarak doğanın korunması açısından denetlenmesi için mevzuat altyapısını oluşturmak (ETKB, 2014).

Ekim 2016'da yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Yönetmeliği yayınlanmıştır. Kanun özel mülkiyete konu taşınmazlar üzerinde büyük ölçüde YEKA oluşturarak kaynakların ekonomiye kazandırılmasını hedeflemektedir. YEKA'larda üretilen elektrik enerjisi şartnamede belirtilen süre boyunca YEKA Kullanım Hakkı sözleşmesinde yer alan fiyat üzerinden YEKDEM kapsamında değerlendirilmektedir. YEKA Yönetmeliği kapsamında ETKB tarafından ilk kez 2017 yılında olmak üzere bugüne kadar açık eksiltme usulüyle 3 ihale gerçekleştirilmiştir. YEKA 'ları yaygınlaştırmak amacıyla alanların hızlı bir şekilde belirlenerek bu ihalelerin belirli aralıklarla tekrar gerçekleştirilmesi ve YEK'e dayalı kurulu gücü arttırmadaki potansiyelimizi doğru şekilde kullanmak ETKB'nin amaçları arasındadır (RG Tarih 16 Ekim 2016 RG No: 29852).

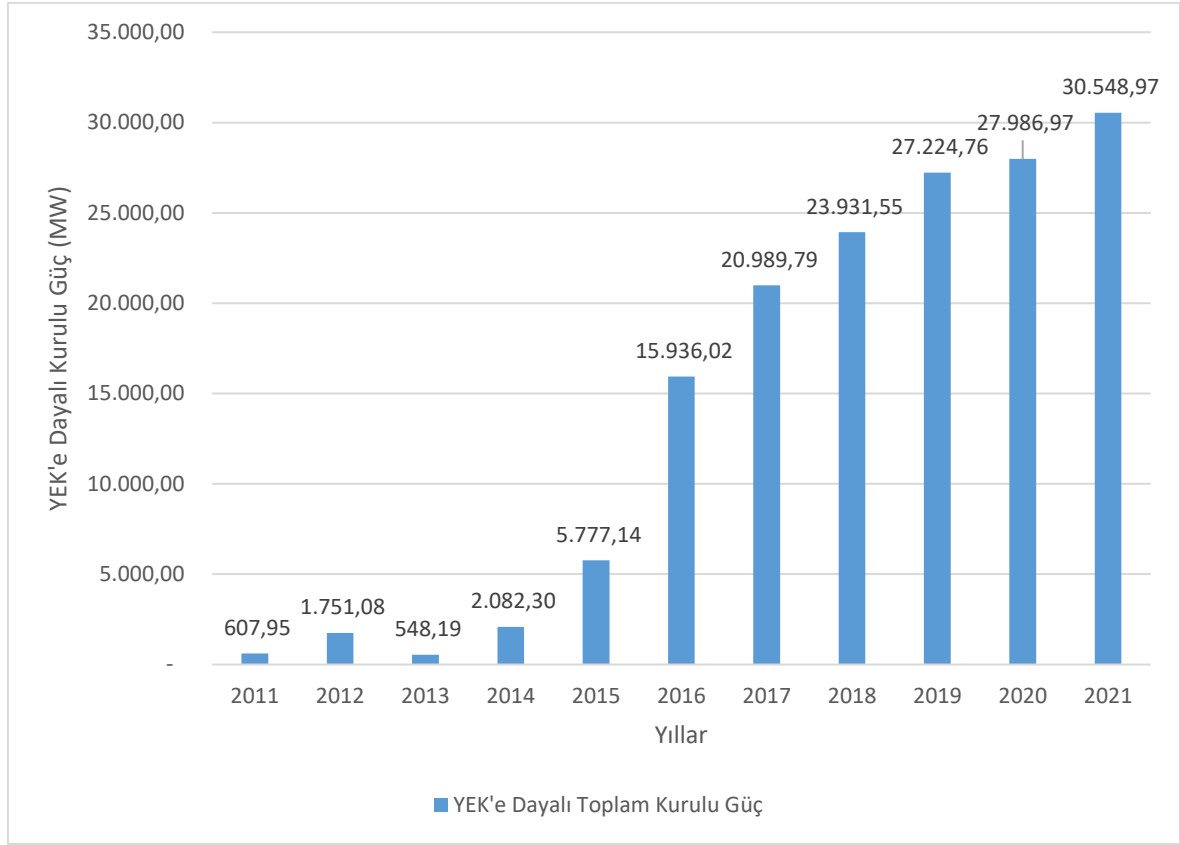
Mart 2020'de Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik yayınlanmıştır. Yönetmelikle bir üretim tesisinde şebekeye tek bir noktadan bağlanmak şartıyla birden fazla kaynaktan üretim yapılabilmesinin önü açılmıştır. İlgili değişiklikle birden fazla yenilenebilir kaynaktan üretim yapılabildiği gibi fosil yakıtlardan elektrik üretimi yapılan tesislerde de yardımcı kaynak olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapılmasını mümkün kılınmıştır. Birden fazla kaynaktan enerji üretimi yapılan hibrit enerji üretim tesislerinde üretilen enerji YEKDEM kapsamında değerlendirilerek 10 yıl süreyle 6094 Sayılı YEK Kanununda belirtilen ve EK-1'de verilen sabit fiyatlarla satın alınır (RG Tarih 08 Mart 2020 RG No: 31062).

2020 Kasım ayında yayınlanan ve 01.06.2021 tarihinde yürürlüğe giren Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesi Yönetmeliği ile üretici ve yeşil tarifeyi tercih eden tüketiciye elektrik enerjisinin yenilenebilir kaynaklardan üretildiğini belgeleme imkanı tanınmıştır. Kanun kapsamında lisans sahibi üretim tesisinde üretilen her 1 MW elektrik için üretim dönemi bitiş tarihinden itibaren 12 ay boyunca geçerli olacak 1 adet YEK-G belgesi temin edilir. Yeşil tarife kapsamında tüketilen elektrik için EPDK tarafından belirlenen tarife fiyatları uygulanacaktır. Kanunda üretim lisansına sahip olmayan üreticilerin yeşil tarife piyasasına katılım sağlayamayacağı belirtilmiştir (RG 14 Kasım 2020 RG NO: 31304).

2021 Mayıs ayında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik yayınlanmıştır. YEKDEM fiyatı yönetmelikte net bir şekilde formülize edilmiştir. Yönetmelik kapsamında geçmişte uygulanan YEKDEM gelirine dair sabit fiyat garantisi ve yerli aksam katkısının Türk Lirası cinsinden hesaplanması kararlaştırılmıştır. Bu doğrultuda LÜY ve YEKDEM kapsamında üretilen enerji 6094 Sayılı YEK Kanununda belirtilen ve EK-1’de verilen fiyatların çarpılması suretiyle enerjinin sisteme verildiği tarihteki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası döviz alış kuru üzerinden Türk Lirası olarak hesaplanan bedeller dikkate alınacaktır (RG 09 Mayıs 2021 RG NO: 31479).

Yine 2021 yılı Mayıs ayında yayınlanan Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği ile YEK’e dayalı üretim yapılan tesislerde elektriksel kurulu gücü aşmamak şartıyla bütünleşik depolama ünitelerinin ve tesislerinin kurulmasına, bunların dağıtım sistemine bağlanmasına ve piyasa faaliyetlerinde kullanılmasına izin verilmiştir (RG 09 Mayıs 2021 RG NO: 31479). Yönetmelik elektrik depolama sistemleri kullanılarak piyasa fiyatlarının düşük olduğu dönemlerde üretilen ve depolanan enerjinin piyasa fiyatlarının yüksek olduğu dönemlerde ticaretinin yapılabilmesine imkan sağladığından kaynakların verimli bir şekilde ekonomiye katılması açısından oldukça önemli olduğu söylenebilir.

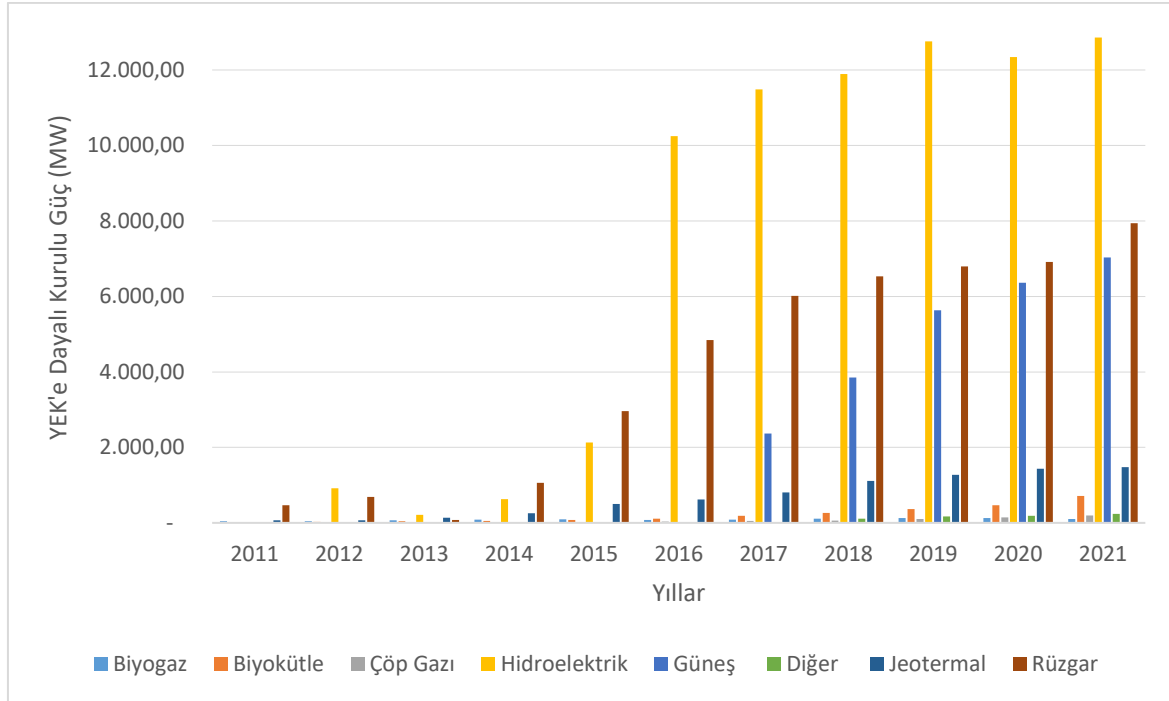
Uygulanan destekleme politikaları ve teşviklerin de etkisiyle ülkemizde YEK’e dayalı elektrik enerjisi kurulu gücü son yıllarda artış göstermiştir. Ülkemizde YEK’e dayalı kurulu güç 2021 Mayıs ayı sonu itibarıyla toplam 30.548,97 MW’ye ulaşmıştır.



Şekil 3.6. Türkiye’de yenilenebilir enerjiye dayalı toplam kurulu güç (2011-05.2021)

Kaynak: EPIAŞ Şeffaflık Platformu <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/uretim/yekdem/kurulu-guc.xhtml>

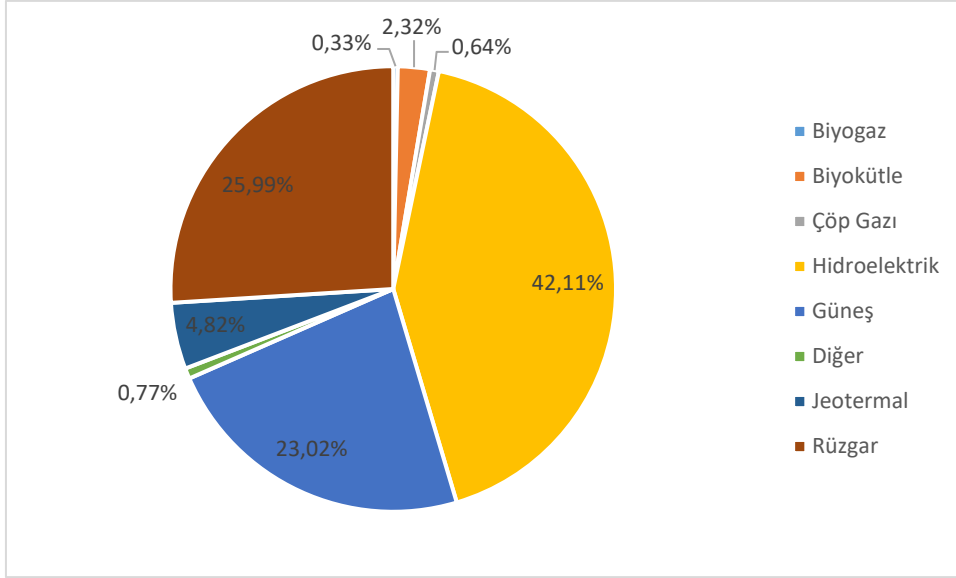
2011 ve 2021 Mayıs ayı için EPIAŞ tarafından sağlanan veriler kullanılarak oluşturulan Şekil 3.6. incelendiğinde artışın özellikle 2015 yılından sonra hız kazandığı göze çarpmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu gücün yaklaşık % 22,29’u lisanssız üretimden, % 77,71’i ise lisanslı üretimden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.7. Türkiye’de kaynak bazında yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güç (2011-05.2021)

Kaynak: EPIAŞ Şeffaflık Platformu <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/uretim/yekdem/kurulu-guc.xhtml>

Ayrıca kaynak bazında değerlendirilecek olursa 2011 ve 2021 Mayıs ayı için EPIAŞ tarafından sağlanan veriler kullanılarak oluşturulan Şekil 3.7. incelendiğinde en dikkat çeken artışların hidroelektrik, rüzgar ve güneş enerjisine bağlı olduğu görülmektedir. Ek olarak bu kaynaklara nispeten az olsa da jeotermal enerjiye dayalı kurulu güçte de artış gözlemlenmektedir.



Şekil 3.8. Türkiye’de kaynak bazında yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güç (Mayıs -2021)

Kaynak: EPIAŞ Şeffaflık Platformu <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/uretim/yekdem/kurulu-guc.xhtml>

EPIAŞ tarafından sağlanan veriler kullanılarak oluşturulan Şekil 3.8.’e göre 2021 Mayıs ayı sonu itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı toplam kurulu gücün nerdeyse yarısını hidroelektrik enerjisi oluşturmaktadır. Hidroelektrik enerjisini sırasıyla rüzgar, güneş ve jeotermal enerji kaynakları takip etmektedir. Biyogaz ve biyokütle kaynaklarının toplam kurulu güç içerisindeki payının ise hala oldukça düşük olduğu açıktır.

Önümüzdeki dönemde Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planına göre 2023 yılına kadar artacak olan enerji talebi de göz önüne alınarak toplam elektrik enerjisi talebinin minimum %30’ unu yenilenebilir kaynaklı enerjiden karşılanması beklenmektedir. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji yatırımları yeterli teşviklerle desteklenmeye devam edecektir. Ayrıca aynı rapora göre enerji verimliliğini arttırmak ve enerji yoğunluğunu en az %20 azaltmak da hedefler arasında yer almaktadır.



4. ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ; TEORİK YAKLAŞIMLAR

Ekolojik iktisat yaklaşımının ve ekolojik büyüme modellerinin ortaya çıkış noktası büyük ölçüde Kenneth Boulding'in *The Economics of the Coming Spaceship Earth* adlı eseridir. Boulding eserinde mevcut ekonomiyi kaynakların korkusuzca tüketildiği ve doğa kirliliğinin dikkate alınmadığı “kovboy ekonomisi” olarak tanımlamaktadır. Artan nüfus, üretim faaliyetleri sonucunda doğal kaynakların hızla tüketilmesi ve başta endüstriyel ve tarımsal atıklar olmak üzere her türlü atığın insan yaşamı ve doğa üzerine tehdit oluşturduğuna dikkat çekmiştir. Hayatta kalabilmeyi daha az doğal kaynak kullanmak ve daha az atık oluşturmaya bağlayan Boulding neden ekonomik büyümenin istenmemesi gerektiğini açıklamıştır (Hussen, 2004: 249). *Silent Spring* adlı eseriyle çevresel kirliliğe dikkat çeken Rachel Carso (1962) ve *The Closing Circle* adlı eseriyle sanayi faaliyetlerinin çevreye verdiği zararlara dikkat çeken Barry Commoner (1971)'in de katkılarıyla Roma Kulübü tarafından 1972'de *Limits of Growth* adlı eser yayınlamıştır. Bu eserde artan nüfusun, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin, doğal kaynakların geri dönüşümü imkansız şekilde tüketilmesi ve oluşan kirliliğin ekonomik büyümeyi sınırlandığına dikkat çekilmiştir. Tüm bunlar çevresel sürdürülebilirliğin ön planda tutulduğu ekolojik büyüme modellerinin oluşturulmasına katkı sağlamıştır.

Klasik, Neoklasik ve İçsel büyüme teorilerinde enerji faktörünün göz ardı edilmesi ilk kez Georgescu – Roegen tarafından eleştirilmiştir. Düşünürlerin ekonomiyi doğadan ve doğal kaynaklardan soyutladıklarını ileri süren Georgescu, enerji kaynaklarının bilinçsizce tüketilerek geri dönüşümü olanaksız şekilde kullanılmasıyla ortaya çıkacak çevresel sorunların ve yıkıcı etkilerin dikkate alınmaması nedeniyle büyümenin sınırsız ve sürdürülebilir şekilde sağlanmayacağını ifade etmektedir. Georgescu “The Entropy Law and the Economic Process (Entropi Yasası ve Ekonomik Süreç)” adlı eserinde termodinamiğin temel kanunlarını ekonomik analizlere uyarlamıştır. Eserinde enerjiyi ekonomik büyümenin temel kaynağı olarak tanımlamaktadır ve enerjinin de emek ve sermaye gibi bir üretim faktörü olarak üretim fonksiyonuna dahil edilmesi gerektiğini ileri sürmektedir (Georgescu-Roegen, 1986).

Doğal kaynakların kullanımına ve enerjiye dikkat çeken Georgescu-Roegen'in başlattığı bu akıma birçok çevre iktisatçısı da destek vermiştir. Daly (1997) da Georgescu

gibi Solow tarafından 1956 da yayınlanan ilk çalışmada doğal kaynakların üretim fonksiyonunda yer almamasını eleştirmektedir. Daly bu modele göre matematiksel olarak doğal kaynaklar olmaksızın dünyanın doğal dengesine devam edebileceği düşüncesinin iddia edildiğini ileri sürmektedir. Ayrıca bu iddiayı un, şeker, yumurta ve elektriğe hiç ihtiyaç duyulmadan yalnızca aşçı ve boş bir mutfak ile kek yapılabileceğine benzeterek eleştirmiştir. Ayrıca Daly üretim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atıkların büyüme teorilerinde yer almamasını da eleştirmiş ve bunu da kek yapım aşamasında hiçbir atığın ortaya çıkmamasına ve dolayısıyla aşçının herhangi bir temizlik yapmasına gerek duyulmamasına benzetmiştir (Daly, 1997).

Neoklsik büyüme modelini enerji faktörünün gözardı edilmesi nedeniyle eleştiren bir diğer iktisatçı ise Beaudreau'dur. Basit fiziksel ilkelerin dikkat almadan yalnızca emek ve sermaye faktörleriyle ifade edilen üretim fonksiyonunun hatalı olduğunu ifade etmektedir. Beaudreau ekolojik büyüme modelinde sadece enerjinin üretken olduğunu, enerjinin ve hammaddenin de üretimin temel bir faktörü olarak üretim fonksiyonunda yer alması gerektiğini ileri sürmektedir (Beaudreau, 1998; 139). Üretim fonksiyonunu kullanarak faktör verimliliğini hesaplayan Beaudreau geleneksel ekonomiye göre emek ve sermayenin marjinal verimliliklerini daha küçük tahmin ederken enerji gücünün çıktı elastikiyetini çok daha büyük hesaplamıştır (Sorrel, Dimitropoulos, 2007: 122).

Bir dizi çalışmayla elde edilen Kummel vd.'nin ekolojik büyüme modelinde (Kummel, 1980; Kummel; 1982; Kummel vd., 1985; Kummel vd., 2002) sermaye, emek ve enerji üretimin fiziksel faktörleri olarak tanımlanmıştır. Kummel vd. (2000)'e göre enerji tüketimi sonucunda üretim gerçekleşmektedir. Modelde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı yapılmıştır ve enerjinin üretim esnekliğinin, toplam maliyetteki oranından farklı olduğu iddia edilmiştir.

Ayres ve Warr (2005)' in önerdiği ekolojik büyüme modelinde bir yenilik yapılmıştır ve enerji verimliliği üretim fonksiyonuna dahil edilmiştir. Modelde enerji yerine enerji ve hammaddenin kombinasyonundan oluşan ve ekserji olarak tanımlanan faydalı işi ifade eden bir ölçüm kullanılmıştır. Ayres ve Warr neoklasik teorinin aksine kaynak akımının büyümenin bir sonucu olduğunu değil ancak nedeni olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca neoklasik üretim fonksiyonunu, aşırı basitleştirilmiş olması nedeniyle büyümeyi açıklamada yetersiz kaldığını ileri sürerek eleştirmişlerdir. Bir üretim faktörü olarak ekserjinin, enerji

yerine modele dahil edilmesinin üretim fonksiyonunu daha kullanışlı hale getirdiğini iddia etmişlerdir (Sorrel, Dimitropoulos, 2007: 124).

Enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki kritik önemi sebebiyle bu konu üzerine birçok çalışma literatüre kazandırılmıştır. Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini araştıran öncü çalışma Kraft ve Kraft (1978) tarafından yürütülmüştür. Çalışmada ABD'ye ait 1947 - 1974 dönemini kapsayan GSMH ve brüt enerji tüketimi verilerini Sims Tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçta GSMH ve enerji tüketimi arasında güçlü istatistiksel ilişki olduğu ve yalnızca GSMH'dan enerji tüketimine doğru nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Kraft ve Kraft'ın çalışmasından yalnızca iki yıl sonra Akarca ve Long (1980) tarafından veri setini iki yıl kısaltarak yine ABD ekonomisi üzerine yapılan çalışmada ise iki değişken arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye dair literatür incelendiğinde bu çelişkinin sürdüğü görülmektedir.

4.1. Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi İlişkisine Dair Literatür Taraması

Yenilenebilir enerjinin doğa ve ülke ekonomileri açısından taşıdığı önemin anlaşılması üzerine özellikle 2000'li yıllardan sonra yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme üzerine yürütülen çalışmalar hızla artmıştır. Çalışmanın bu bölümünde ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkileri inceleyen son dönem çalışmalara yer verilmiştir. Ayrıca bu kısımda değinilen çalışmalara dair tarafımda hazırlanan özet bilgiler tablo haline getirilerek Ek-3'te sunulmuştur.

116 ülke ekonomisi için 2003 yılına ait verilerle Chien ve Hu (2008) tarafından yürütülen çalışmada Yapısal Eşitlik Modellemesi (SEM) kullanılarak yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. GSYİH, yenilenebilir enerji tüketimi, sermaye oluşumu, ticaret dengesi ve enerji ithalatı değişkenlerinin de dahil edildiği analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketimi ve GSYİH arasında doğrudan bir ilişki tespit edilmemiştir. Ancak sermaye oluşumu ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri arasında doğrudan bir ilişkinin varlığı ortaya konmuştur.

Sadorsky (2009a) geliştirmekte olan 18 ülke için 1994-2003 dönemine ait verileri kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri panel

eşbütünleşme analizi ile araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre değişkenler arasında uzun dönemli denge ilişkisi bulunmaktadır. FMOLS ve DOLS tahmincilerine göre uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkisi bulunmaktadır.

G-7 ülkeleri için 1980-2005 dönemine ait veriler kullanılarak Sadorsky (2009b) tarafından yürütülen diğer bir çalışmada modele nüfus, karbondioksit emisyonları ve petrol fiyatları değişkenleri de dahil edilerek yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Uygulanan Pedroni panel eşbütünleşme analizine göre değişkenler arasında uzun dönem denge ilişkisi tespit edilmiştir. FMOLS ve DOLS tahmincilerine göre GSYİH'nın yenilenebilir enerji tüketimi üzerine pozitif bir etkisi bulunmaktadır.

Menyah ve Wolde-Rufael (2010) tarafından yürütülen çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenirken nükleer enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu değişkenleri de modele dahil edilmiştir. 1960 – 2007 dönemlerini kapsayan çalışma ABD ekonomisi için yürütülmüştür. Granger nedensellik testinin uygulandığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir.

Apergis ve Payne (2010a) 1985 – 2005 yıllarını kapsayan 20 OECD ülkesi ve (2010b) 1992 – 2007 yıllarını kapsayan 13 Avrasya ülkesi için yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini panel veri analizi ve hata düzeltme modelini kullanarak test etmişlerdir. İki çalışmanın da sonucunda değişkenler arasında hem kısa dönemde hem de uzun dönemde çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya konmuştur.

27 Avrupa ülkesi için 1997 - 2007 yıllarını kapsayan verileri kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen Menegaki (2011) çalışmasını tek yönlü tesadüfi etkiler modeli, ECM ve panel nedensellik analizlerini uygulayarak yürütmüştür. Elde edilen bulgulara göre hem kısa dönemde hem de uzun dönemde yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir.

Yenilenebilir ve yenilenemez enerjinin GSYİH ve karbondioksit emisyonları üzerine ilişkisini inceleyen Tiwari (2011) çalışmasında 1965-2009 yıllarına ait verileri kullanmıştır.

16 Avrupa ve Avrasya ülkeleri için yürütülen bu çalışmada panel veri analizi uygulanmıştır. Sonuçta yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yenilenemez enerjinin ekonomik büyüme üzerinde negatif etkisi olduğu tespit edilirken karbondioksit emisyonu üzerinde arttırıcı etkisi olduğu da tespit edilmiştir.

Yaptıkları çalışmada Ocal ve Aslan (2013), yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri ülkemiz ekonomisi 1990-2010 dönemi için incelemiştir. Bu amaçla ARDL eşbütünleşme testisini ve Toda - Yamamoto nedensellik analizleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin bulunduğu öne sürülmektedir.

Pao ve Fu (2013) Brezilya ekonomisi için 1980-2010 yıllarına ait verileri kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışmada uygulanan Johansen eşbütünleşme testi değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca uygulanan VECM nedensellik testi sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi söz konusudur.

Kula (2013) tarafından yürütülen çalışmada 19 OECD ülkesine ait 1980-2008 yıllarını kapsayan bir veri seti kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen Kula Panel Eşbütünleşme testini kullanarak değişkenler arasında uzun dönemli ilişki tespit etmiştir. Ayrıca çalışmadan elde edilen bir diğer bulgu ise uzun dönemde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığıdır.

Sebri ve Salha (2014) yürüttükleri çalışmada BRICS ülkeleri için 1971 – 2010 dönemine ait verilerle yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini ARDL Sınır Testi ve VECM Granger Nedensellik testleri ile test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerine etkisinin pozitif yönlü olduğunu göstermiştir. Ayrıca nedensellik testi sonuçlarına göre değişkenler arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Büyükyılmaz ve Mert (2015) çalışmalarında 1960 – 2010 dönemi için yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına GSYİH ve kişi başına karbondioksit tüketimi verilerini kullanmışlardır. MS-VAR yöntemine dayalı Granger Nedensellik testinin uygulandığı bu çalışma sonucunda ulaşılan bulgulara göre yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü Granger nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Nijerya ekonomisi için 1971-2011 yıllarına ait veriler kullanılarak Maji (2015) tarafından yürütülen çalışma yenilenebilir enerji ve nükleer enerji kaynaklı elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi incelenmiştir. ARDL yönteminin uygulandığı bu çalışmada değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucu ortaya konmuştur.

Bhattacharya vd. (2016) yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri Yenilenebilir Enerji Ülke Çekiciliği Endeksi (RECAI) yüksek 38 ülke için incelemişlerdir. 1991 – 2012 dönemi için yürütülen bu araştırmada panel eşbütünleşme ve panel nedensellik analizleri uygulanmıştır. Sonuçta modele dahil edilen ülkelerin % 57'si için değişkenlerin eşbütünleşik olduğu ve uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru nedenselliğin varlığı tespit edilmiştir.

Yürüttükleri çalışmada Bakırtaş ve Çetin (2016) 1992 – 2010 yıllarına ait verileri kullanarak G-20 ülkeleri için EKC hipotezi çerçevesinde kişi başına reel GSYİH ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır. Uygulanan Pedroni panel eşbütünleşme testi göstermiştir ki ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketim miktarı arasında uzun dönemli bir ilişki vardır. Ayrıca ECM kullanılarak uzun dönemli ilişkiler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre uzun dönemde ekonomik büyümede meydana gelecek bir artış yenilenebilir enerji tüketiminde de artışı beraberinde getirecektir.

Inglesi-lotz (2016) tarafından OECD üyesi 34 ülke için 1990 – 2010 dönemini kapsayan şekilde yürütülen çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki panel veri analizi ile araştırılmıştır. Eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesi üzerine Havuzlanmış OLS ile model tahmini sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etki edeceği gözlemlenmiştir.

Yürüttükleri çalışmada Aslan ve Ocal (2016) Avrupa Birliğine yeni üye olan ülkeler için 1990 – 2009 yıllarına ait verileri kullanmışlardır. Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin araştırıldığı bu çalışmada ARDL ve Hatemi-J nedensellik analizleri uygulanmıştır. Uygulama sonucunda çalışmaya dahil edilen tüm ülkelerde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeye pozitif yönde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Nedensellik testi sonucunda ise ülke bazında farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Boontome vd. (2017) yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Tayland ekonomisi için araştırmışlardır. Çalışmaya 1971-2013 yıllarına ait veriler dahil edilmiştir. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Granger testi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ayrımı yapılarak yürütülen bir diğer çalışma Kahia vd. (2017)'ne aittir. Çalışmada MENA ülkelerine ait 1980 – 2012 yıllarına ait veriler kullanılmıştır. Panel Granger nedensellik testi panel ECM uygulanmıştır. Sonuçta hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı ortaya konmuştur. Ayrıca uzun dönemde yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği kanıtlanmıştır.

Almanya ekonomisi üzerine yürütülen çalışmada Rafindadi ve Öztürk (2017), ARDL ve Bayer-Hanck eşbütünleşme testlerini ve VECM Granger nedensellik testlerini kullanmışlardır. 1971-2013 yıllarına ait çeyreklik veriler kullanılarak yürütülen çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde arttırıcı etkisinin olduğu ve değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

Marinaş vd. (2018) Merkezi ve Orta Doğu Avrupa ülkeleri ekonomisi için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışma 1990-2014 dönemine ait veriler kullanılarak yürütülmüştür. Değişkenler arasında hem kısa dönemde hem de uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı ilişkilerin varlığı ARDL yöntemi kullanılarak ortaya konmuştur.

Durğun ve Durğun' un 2018 de literatüre kazandırdıkları çalışmada Türkiye ekonomisi için 1980-2015 yıllarına ait veriler kullanılmıştır. Çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi ARDL Sınır Testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testiyle araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar değişkenlerin eşbütünleşik olduğunu ve yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedenselliğin olduğunu göstermektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini ülkemiz ekonomisi için araştıran bir diğer çalışma ise Bulut ve Muratoğlu (2018)'na aittir. Durğun ve Durğun (2018)'un çalışmasından farklı olarak 1990-2015 yıllarını kapsaya bu çalışmada elde edilen sonuçlar da oldukça farklıdır. ARDL sınır testi ve Hatemi-J Nedensellik testinin uygulandığı bu çalışmada Durğun ve Durğun'un aksine değişkenler arasında ne eşbütünleşme ilişkisi ne de nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Yürüttükleri çalışmada Eren vd. (2019) Hindistan ekonomisi için 1971-2015 yıllarına ait verileri kullanmışlardır. Çalışmada Granger Nedensellik testi uygulanmıştır ve DOLS yöntemi kullanılarak model tahmin edilmiştir. Sonuçta yenilebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca tahmin edilen modele göre yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

Koyuncu ve Bayraç (2020) yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1990 – 2015 yıllarına ait verileri kullanarak Hindistan ekonomisi için araştırmışlardır. Çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki ARDL Sınır Testi kullanılarak ve ayrıca hem uzun dönemli hem de kısa dönemli nedensellik ilişkisi VECM Nedensellik Testi kullanılarak araştırılmıştır. Aralarında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilen değişkenler için kısa dönemde bir nedensellik ilişkisi tespit edilmezken uzun dönemde çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Öztürk ve Saygın (2020) tarafından ülkemiz ekonomisi üzerine yürütülen çalışmada 1978 – 2016 yıllarını kapsayan veriler kullanılmıştır. Çalışmada yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyümeye etkileri incelenmiştir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı ARDL Sınır Testi yöntemiyle ortaya konmuştur. Uzun dönem katsayıları DOLS, FMOLS ve CCR teknikleriyle elde edilmiştir. Ortaya çıkan

sonuçlar hem yenilenebilir enerji tüketiiminin hem de yenilenemeyen enerji tüketiiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Literatür incelendiğinde yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini araştıran çalışmalardan elde edilen sonuçların birbirinden farklı olduğu görölmektedir. Çalışmanın bu kısmında özetlenen çalışmalardan bazılarında yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru, bazılarında ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü, bazılarında ise çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca sayıca az da olsa değişkenler arasında ilişki tespit edilmeyen çalışmaların da bulunduğu görölmektedir. Bu durumun temel sebebi çalışmaya dahil edilen veri setinin ve araştırma yöntemlerinin birbirinden farklı olmasıdır.



5. EKONOMETRİK YÖNTEM; PANEL VERİ ANALİZİ

Ekonometrik analizlerde üç tip veri seti kullanılmaktadır. Yatay kesit verisi olarak adlandırılan ilk veri seti zamanın belirli bir noktasında farklı birimlerden (bireyler, ülkeler, firmalar, hane halkları gibi) elde edilen bilgilerin bir araya getirilmesiyle oluşan serilerdir. Bu tip serilerde zaman sabit kalırken birimlere göre değişimler gözlemlenmektedir. Zaman serisi olarak adlandırılan ikinci tip veri seti tek bir birim için gün, hafta, ay, yıl gibi belirli bir periyodik döneme ait serilerdir. Bu tip veride birim sabit kalmaktadır ve zamana göre değişim gözlemlenmektedir. Son olarak zaman serisi ve yatay kesit serilerinin bir bileşimi olan ve karma veri olarak da adlandırılan panel veri ise belirli bir zaman dilimi içerisinde birimlere ait yatay kesit verilerini içeren seridir. Panel veride aynı anda zamana ve birimlere göre değişimler gözlemlenmektedir (Gujarati ve Porter, 2012: 22).

Panel veri analizinde kullanılan temel model aşağıdaki gibidir:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T \quad (5.1)$$

“Eş 5.1” de;

Y_{it} : bağımlı değişkenin i 'inci birimin t zamanındaki değerini,

X_{it} : bağımsız değişkenin i 'inci birimin t zamanındaki değerini,

α_i : i 'inci birim ve t 'inci zaman için tahmin edilen ve bireysel etkileri içerisinde barındıran sabit,

β_i : bağımsız değişkenin katsayısını ifade etmektedir ve bu sistem $N \times T$ adet gözleme sahiptir.

Aynı anda hem zamana hem de birimlere göre değişimleri içinde barındıran panel veri sahip olduğu bu özelliği nedeniyle bir takım avantajlar sunmaktadır. Bu avantajlar Hsiao (2003) ve Klevmarken (1989) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmıştır (Baltagi, 2005: 4-7);

- Birimler arasında heterojenliğin bulunması yüksek bir ihtimaldir. Panel veri tahmin yöntemleri bu heterojenliğin dikkate alınarak model kurulmasına olanak sağlar.
- Verilere dair daha fazla bilgi edinmemizi sağlayan panel veri bağımsız değişkenler arasında ortaya çıkabilecek çoklu doğrusal bağlantı sorun ile karşılaşma olasılığını azaltmaktadır. Ayrıca daha fazla değişkenliği içerisinde barındırdığından serbestlik derecesi artmaktadır ve dolayısıyla etkin tahminciler elde edilmektedir.
- Panel veri tek başına zaman serisi ya da yatay kesit veri ile saptanamayan etkilerin daha iyi tanımlanmasına olanak vermektedir.
- Temsil yeteneği daha güçlü olan davranışsal modellerin kurulmasını ve test edilmesini sağlamaktadır.

Verilen bu avantajların yanında panel verinin bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlar aşağıdaki gibi açıklanabilir (Baltagi, 2005: 7-9).

- Genellikle birim boyutu fazla iken zaman boyutu kısadır. Panel verinin zaman boyutunu arttırmak oldukça maliyetlidir.
- Panel veri derleme konusunda ortaya çıkabilecek bir takım problemler bulunmaktadır(yanıt alamama/cevapların saptırılması/görüşülen kişinin doğru hatırlayamaması/anketör etkisi vb).
- Hem zaman serisi hem de yatay kesit veriyi içerdiğinden her ikisindeki ölçme hatalarının da etkisiyle tahmin sapması azalsa bile sistemin hata terimi artmaktadır.
- Zaman boyutunun kısa olması durumunda birimler arasındaki birlikte hareket etme eğilimi artmaktadır.
- Zaman boyutunun uzun olması durumunda ise kesitler arası bağımlılık ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun etkilerini gidermek amacıyla yatay kesit bağımlılığını göz önünde bulunduran ikinci nesil birim kök ve eşbütünleşme testleri ile çalışılmalıdır.

5.1. Panel Veri Tahmin Yöntemleri

Panel veri ile yapılan tahminlerde genellikle kullanılan iki temel yaklaşımdan söz edilmektedir. Bu yaklaşımlar sabit etkiler modeli ve rassal etkiler modeli olarak adlandırılmaktadır. Tezin bu aşamasında sabit etkiler modeli ve rassal etkiler modeli incelenecektir. Ayrıca bu iki yaklaşım arasından rassal etkilerin kullanılmasını destekleyen Hausman testine yer verilecektir.

5.1.1. Sabit Etkiler Modeli

Literatürde kukla değişkenli en küçük kareler (Least Squares Dummy Variables-LSDV) olarak da adlandırılan sabit etkiler(fixed effect, FE) modeli birim etkilerini her bir yatay kesit için ayrı ayrı tahmin edilmesi gereken bir parametre olarak modele dahil etmektedir. “Eş. 5.1” den hareketle eğim parametreleri her bir yatay kesit birim için aynı ($\beta_i = \beta$)’dır. Ancak sabit parametresinde gözlemlenemeyen birim etkisini içermesi nedeniyle birimden birime farklılık meydana gelmektedir (Tatoğlu, 2018: 79).

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta' X_{it} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T \quad (5.2)$$

Diğer bir ifadeyle “Eş. 5.2” de eğim parametreleri her bir birim için aynı kalırken sabit parametresi α_i birimden birime değişiklik göstermektedir. Burada sabit etki bilinmeyen bir sabit değişken olarak düşünülebilir.

Burada “Eş. 5.1” den hareketle her bir i birimi için zamana göre ortalamaları alındığında;

$$\bar{Y}_i = \alpha_i + \beta' \bar{X}_i + \bar{u}_i \quad (5.3)$$

eşitliği elde edilmektedir. Burada $\bar{Y}_i$ ve $\bar{X}_i$ sırasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenler için birimlerin zamana göre ortalamalarıdır ve $\bar{Y}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T Y_{it}$, $\bar{X}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T X_{it}$

şeklindedir. Her bir t için “Eş. 5.2” den “Eş. 5.3” çıkarıldığında aşağıdaki ortalamalardan arındırılmış regresyon modeli elde edilir.

$$Y_{it} - \bar{Y}_i = \beta'(X_{it} - \bar{X}_i) + (u_{it} - \bar{u}_i) \quad (5.4)$$

Bu dönüştürülmüş regresyona OLS yönteminde ortalamalardan sapmalar uygulanarak sabit etkiler tahmincisi aşağıdaki gibi elde edilir (Wooldridge, 2013: 481-482).

$$\hat{\beta}_{FE} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (X_{it} - \bar{X}_i)'(X_{it} - \bar{X}_i) \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (X_{it} - \bar{X}_i)'(Y_{it} - \bar{Y}_i) \right) \quad (5.5)$$

5.1.2. Rassal Etkiler Modeli

Rassal etkiler (Random Effect, RE) modeli birim etkilerini sabit etkili modellerin aksine hata terimi gibi rassal bir değişken olarak modele dahil etmektedir. Birim etkilerin hata teriminin bir bileşeni olarak ele alınması nedeniyle modele dahil edilmeyen birimlerin etkilerini de içerisinde barındırmaktadır (Hsiao, 2003: 34) ve literatürde Hata Bileşenleri Modeli olarak da adlandırılmaktadır.

Panel veri modelini tekrar ele alarak;

$$Y_{it} = \beta_i X_{it} + v_{it} \quad (5.6)$$

şeklinde yazılabilir. Rassal etkiler modelinin sabit terimi, bir sabit olarak kabul edilmeden her bir yatay kesit için rassal olarak ele alındığı bilgisinden hareketle hata terimi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$v_{it} = \alpha_i + u_{it} \quad (5.7)$$

“Eş.5.7” de u_{it} artık hatalarını ifade ederken α_i birim hatayı ifade etmektedir. Ayrıca α_i ; i inci yatay kesit birimin sabit terimini temsil etmektedir (Tatoğlu, 2018: 103). Bu eşitliği kullanarak i inci yatay kesit birimi için tüm t zaman periyodu üzerinden aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Y_{it} = \beta' X_{it} + v_{it} \quad (5.8)$$

$v_{it} = \alpha_i J_t + u_{it}$ şeklinde ifade edilebilir ($J_t = T \times 1$ boyutunda t’ler vektörünü ifade etmektedir). Genelleştirilmiş en küçük kareler (Generalized Least Square, GLS) yönteminde varyans-kovaryans matrisi bilgisinden parametre tahmini yapılmaktadır. Ω şeklinde ifade edilen hata terimlerinin varyans-kovaryans matrisi $E(v_i v_i')$ şeklinde hesaplanır.

$$E(v_{it}^2) = E((\alpha_i + u_{it})^2) = E(\alpha_i^2) + 2E(u_{it}\alpha_i) + E(u_{it}^2) \quad (5.9)$$

$$E(v_{it}v_{is}) = E[(\alpha_i + u_{it})(\alpha_i + u_{is})] \quad (5.10)$$

$E(\alpha_i^2) = \sigma_\alpha^2$, $E(u_{it}^2) = \sigma_u^2$, $E(u_{it}\alpha_i) = 0$ ve $E(u_{it}u_{is})$ olmak üzere “Eş. 5.9” ve “Eş. 5.10” den hareketle tüm $t \neq s$ için aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$E(v_{it}^2) = \sigma_\alpha^2 + \sigma_u^2 \quad (5.11)$$

$$E(v_{it}v_{is}) = \sigma_\alpha^2 \quad (5.12)$$

Böylece Ω matrisi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\Omega = \begin{bmatrix} \sigma_\alpha^2 + \sigma_u^2 & \sigma_\alpha^2 & \cdots & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \sigma_\alpha^2 + \sigma_u^2 & \cdots & \sigma_\alpha^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_\alpha^2 & \sigma_\alpha^2 & \cdots & \sigma_\alpha^2 + \sigma_u^2 \end{bmatrix} \quad (5.13)$$

“Eş. 5.13” de verilen matrisin tahmininin ardından genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincisi aşağıdaki şekilde tahmin edilir (Wooldridge, 2002: 257-260).

$$\hat{\beta}_{RE} = \left(\sum_{i=1}^N X_i' \hat{\Omega}^{-1} X_i \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^N X_i' \hat{\Omega}^{-1} Y_i \right) \quad (5.14)$$

5.1.3. Hausman Test

Hausman (1978) tarafından önerilen test genel model tanımlama testidir ve ekonometride yaygın bir kullanım alanı bulunmaktadır. Bağımsız değişkenler ve hata terimleri arasında korelasyon bulunması halinde sabit etkiler tahmincileri tutarlı tahmin edilmektedir. Fakat bu durumda rassal etkiler modeli ile elde edilen tahminciler tutarsız tahmincilerdir. Bu nedenle rassal etkiler modelinin kullanılması için bağımsız değişkenler ve hata terimleri arasında korelasyon ilişkisinin bulunup bulunmadığı test edilmelidir (Wooldridge, 2001: 287, Sülkü, 2016: 111).

Hausman testinin hipotezleri aşağıdaki gibi kurulmaktadır ve k serbestlik dereceli χ^2 dağılımına uygun istatistik değeri yardımıyla test edilmektedir (k=gözlem sayısı).

$$H_0 : E(u_i | X_{it}) = 0, \text{ Birim ve zaman etkileri tesadüfidir.}$$

$$H_A : E(u_i | X_{it}) \neq 0, \text{ Birim ve zaman etkileri sabittir.}$$

Hausman (H) test istatistiği genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincisi ve grup içi tahmincinin varyans - kovaryans matrislerinin farkı yardımıyla elde edilmektedir.

FE alt indisi sabit etkiler modelinin tahmincilerini ve RE rassal etkiler modelinin tahmincilerini ve ayrıca $Avar(\hat{\beta}_{FE})$ ve $Avar(\hat{\beta}_{RE})$ ifadeleri sırasıyla sabit ve rassal etkiler modellerin tahmininden elde edilen asimptotik varyans-kovaryans matrislerini ifade etmek üzere;

$$H = (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})' [Avar(\hat{\beta}_{FE}) - Avar(\hat{\beta}_{RE})]^{-1} (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}) \quad (5.15)$$

Hausman testi “Eş. 5.15” de verilen farkın sıfıra eşitliğini test etmektedir. Eşitlikten elde edilen fark değeri büyükse sabit etkiler modeli tercih edilmelidir. Eşitlikten elde edilen fark değeri küçükse H_0 hipotezi reddedilemez. Yani Hausman testinin rassal etkiler modelinin kullanılmasını desteklediği sonucuna varılır (Tatoğlu, 2018: 185).

5.2. Yatay Kesit Bağımlılığı (Birimler Arası Korelasyon)

Panel veri analizinde yatay kesit (ülkeler) birimlerinin bağımsız olması analiz sonuçları üzerinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Yatay kesit bağımsızlığı panelin içerdiği birimlerden birinde meydana gelen herhangi bir şoktan tüm yatay kesit birimlerinin aynı ölçüde etkilendikleri varsayımına dayanmaktadır. Buna ek olarak ayrıca herhangi bir ülkede gerçekleşen bir şokun panelde bulunan diğer ülkeler üzerinde etkili olmadığı varsayımı da yapılmaktadır.

Analize başlarken serilerde yatay kesit bağımlılığının bulunup bulunmadığı test edilmelidir. Yatay kesit bağımlılığının bulunması ve bunun dikkate alınmaması halinde uygulanacak birim-kök ve eşbütünleşme testleri sapmalı ve tutarsız sonuçlar verecektir (Mercan, 2014: 235; Menyah vd., 2014: 389).

Yatay kesit bağımlılığı olup olmadığını araştırmak için Breusch-Pagan LM, Pesaran ve Pesaran, Ullah ve Yamagata, Friedman Sıra Korelasyon Testi ve Frees Q testleri kullanılmaktadır. Çalışmanın ilerleyen kısmında yatay kesit bağımlılığı araştırmak için Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı testi uygulanacağından aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı Testi (1980) sabit etkiler modeli için uygulanabilmektedir. $T \rightarrow \infty$ olduğu durumlarda tutarlı sonuçlar veren bu test $T > N$ şartının sağlanması halinde kullanılmaktadır (Breusch, Pagan, 1980). Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı Testi hipotezleri aşağıdaki gibi kurulmaktadır ve $N(N - 1)/2$ serbestlik dereceli χ^2 dağılımına uygun istatistik değeri yardımıyla test edilmektedir.

$H_0 : \rho_{ij} = \rho_{ji} = 0$, Birimlerarası korelasyon yoktur. (tüm t 'ler ve $i \neq j$ için)

$H_1 : \rho_{ij} = \rho_{ji} \neq 0$, Birimlerarası korelasyon vardır.

Breusch-Pagan LM test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$LM = \left(T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \right) \quad (5.16)$$

“Eş. 5.16” ρ_{ij} i ve j birimleri için anlık olarak korelasyonu göstermektedir ve $\hat{\rho}_{ij} = \sum_{t=1}^T e_{it}e_{jt} / (\sum_{t=1}^T e_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T e_{jt}^2)^{1/2}$ şeklinde ifade edilmektedir. (Baltagi, 2005: 247).

5.3. Panel Birim Kök Testleri

Zaman serilerinde olduğu gibi panel veri yönteminde de serilerin durağanlık durumu oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Durağanlık özelliği taşımayan değişkenlerle yürütülen analizlerden elde edilen t ve F istatistikleri ile modelin anlamlılığını ifade eden R^2 test istatistikleri yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Dolayısıyla sahte regresyon sorunu ile karşılaşılacaktır. İlişkilerin yansız ve sapmasız bir şekilde tespit edilebilmesi için öncelikle analizi yapılacak serilerin durağanlığının incelenmesi gerekmektedir (Brintung, Das, 2005).

Durağanlık birim kök testleri yardımıyla test edilmektedir. Panel verileri hem zaman boyutunu hem de yatay kesit boyutunu içermesi nedeniyle panel birim-kök testlerinin, yalnızca zaman boyutunu içeren zaman serisi birim kök testlerine göre istatistiksel olarak daha güçlü olduğu kabul edilmektedir (Mercan, 2014: 236).

Panel birim kök testleri, öneminden daha önce bahsedilen yatay kesit bağımlılığını dikkate almayan birinci nesil panel birim kök testleri ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Çalışmanın bu kısmında bu iki ana başlık altında panel birim kök testleri ve özellikleri incelenecektir.

5.3.1. Birinci Nesil Birim Kök Testleri

Birinci nesil panel birim kök testlerinin temelinde yatay kesit bağımlılığının bulunmadığı varsayımı yapılmaktadır ve otoregresif parametrelerin homojen ve heterojen olma durumuna göre iki ayrı grupta incelenmektedir. Homojenlik varsayımının yapıldığı ilk grupta yer alan Levin Lin ve Chu (2002), Harris ve Tzavalis (1999), Breitung (2000) ve Hadri (2000) birim kök testlerinin uygulanabilmesi için dengeli panel veri setinin kullanılması zorunluluğu vardır. Verilen ilk üç test için yokluk hipotezi “en az bir birim kök vardır” şeklinde iken; Hadri (2000) testine ait yokluk hipotezi ise “panelin tümü durağandır” şeklindedir.

Heterojenlik varsayımının yapıldığı ikinci grupta ise Im, Pesaran ve Shin (2003), Madalla ve Wu (1999) ve Choi (2001) birim kök testleri yer almaktadır. Her bir testin uygulanabilmesi açısından dengeli panel veri setinin kullanılması zorunluluğu bulunmamaktadır. Ayrıca her bir teste ait yokluk hipotezi “hiçbir birim durağan değildir” şeklindedir (Tatoğlu, 2020: 22-49).

5.3.2. İkinci Nesil Birim Kök Testleri

İkinci nesil birim kök testleri birinci nesil birim kök testlerinin aksine yatay kesit bağımlılığını dikkate almaktadır. Bu grupta yer alan birim kök testlerin temelinde yatay kesit bağımlılığının bulunması halinde karşılaşılabilecek sapmaları gidermek amacıyla genelleştirilmiş en küçük kareler ya da faktör modelinden yararlanılmaktadır (Güriş, 2015: 221).

Literatürde yaygın olarak kullanılan ikinci nesil birim kök testleri Moon ve Perron (2004), Bai ve Ng (PANIC 2004,2010), Hadri ve Kurozumi (Yatay Kesit Genelleştirilmiş KPSS 2012), Philips ve Sul (2002) ve Pesaran (CIPS 2007) tarafından geliştirilen testlerdir. Bu testlerin yokluk hipotezleri farklılık göstermektedir ve bazı testler dengesiz panel veri

seti için de kullanılmaktadır (Tatoğlu, 2020: 67-68). Bu çalışmanın uygulama kısmında yatay kesit bağımlılığının tespit edilmesi nedeni ile Pesaran (2007) ikinci nesil birim kök testi kullanılmıştır. Bu nedenle çalışmanın izleyen aşamasında teste dair detaylı bilgi verilmektedir.

5.3.2.1. Yatay kesit genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin (CIPS) birim kök testi

Pesaran (2007) tarafından önerilen test yatay kesit bağımlılığı dikkate alarak genişletilmiştir. Test temelde elde edilen ortak faktörlerden fark almak yerine, standart DF veya ADF regresyonlarının gecikmeli değerlerinin yatay kesit ortalamalarının ve serilerin bireysel olarak elde edilen birinci farklarının dahil edilmesi üzerine kurulmaktadır (Balgati, Pesaran, 2007: 230). ADF regresyonuna dayalı geliştirilen bu test literatürde “yatay kesit genişletilmiş Dickey Fuller – CADF” olarak da adlandırılmaktadır (Tatoğlu, 2020: 84).

Kalıntıların otokorelasyon içermediği varsayımı altında Pesaran (2007) dinamik heterojen panel model;

$$Y_{it} = (1 - \phi_i)\mu_i + \phi_i Y_{i,t-1} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T \quad (5.17)$$

Hata terimi u_{it} tek faktörlü bir yapıya sahip olmak üzere;

$$u_{it} = \gamma_i f_i + \varepsilon_{it} \quad (5.18)$$

“Eş. 5.18” de f_i gözlemlenemeyen ortak etkileri ifade ederken ε_{it} birime özgü hataları ifade etmektedir. Bu bilgi ışığında ilgili eşitliği aşağıdaki gibi yeniden ifade edelim;

$$\frac{\Delta Y_{it}}{Y_{it} - Y_{i,t-1}} = \frac{\alpha_i}{(1 - \phi_i)\mu_i} + \frac{\rho_i}{-(1 - \phi_i)} Y_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \quad (5.19)$$

$\bar{Y}_t, Y_{it}$ 'nin yatay kesit ortalamasını ve $\bar{Y}_{t-1}, \bar{Y}_{t-2} \dots Y_{it}$ 'nin gecikmeli yatay kesit ortalamasını ifade etmek üzere;

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \rho_i * Y_{it-1} + d_0 \bar{Y}_{t-1} + d_1 \Delta \bar{Y}_t + \varepsilon_{it} \quad (5.20)$$

CADF birim kök testi için “Eş. 5.19” dan hareketle $\rho_i = 1$ ise yokluk ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır;

$$H_0: \rho_i = 0 \text{ tüm } i\text{'ler için}$$

$$H_1: \rho_i < 0 \quad i = 1, 2, \dots, N_i \text{ ve } \beta_i = 0 \quad (N_{i+1}, N_{i+2}, \dots, N)$$

OLS tahmininin t-oranına dayanan CADF test istatistiği ise;

$$t_i(N, T) = \frac{\Delta Y_i' \bar{M}_w Y_{i,-1}}{\hat{\sigma}_i (Y_{i,-1}' \bar{M}_w Y_{i,-1})^{1/2}} \quad (5.21)$$

CADF birim kök testi IPS testinin yatay kesit açısından genişletilmiş bir alternatifi olarak düşünülebilir. CIPS test istatistiğini CADF testinin istatistiğinin ortalamasıdır. Dolayısı ile CIPS istatistiği;

$$CIPS = t - bar = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \text{ yani } CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (5.22)$$

şeklinde elde edilir. Bu test hem $T < N$ hem de $T > N$ olması durumunda kullanılabilmektedir. Elde edilen test istatistik değeri Monte Carlo simülasyonu ile Pesaran (2007) tarafından geliştirilen ve tablolaştırılan kritik tablo değeri ile karşılaştırılarak serinin birim kök içerip içermediğine karar verilmektedir (Pesaran, 2007).

5.4. Panel Eşbütünleşme

İlk kez Engle-Granger tarafından geliştirilen eşbütünleşme kavramı değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin istatistiksel olarak ortaya konmasını ifade etmektedir. Bölüm 5.3'te açıklandığı üzere durağan olmayan seriler ile yapılan analizler sonucunda elde edilen ilişkiler sahte regresyon sorununa neden olabilmektedir. Eşbütünleşme durağanlık özelliği taşımayan serilerin doğrusal kombinasyonun durağan olabileceği düşüncesine dayanmaktadır (Sevüktekin, Çınar, 2014: 558-560).

Zaman serilerinde olduğu gibi panel veri yönteminde de durağan olmayan serilerle yürütülen analizler sahte regresyon sorununu tetiklemektedir. Panelin tümü için sistemi etkileyen kalıcı şoklara rağmen değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin bulunup bulunmadığı panel eşbütünleşme testleri ile test edilmektedir. Panel veri eşbütünleşme testlerinin yalnızca zaman boyutunu içeren zaman serisi eşbütünleşme testlerine göre istatistiksel olarak daha güçlü olduğu kabul edilmektedir (Tatoğlu, 2020: 189-190).

Panel eşbütünleşme testleri birim kök testlerinde olduğu gibi yatay kesit bağımlılığını dikkate almayan birinci nesil ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil eşbütünleşme testleri olarak iki ana grupta incelenmektedir. Ayrıca panel eşbütünleşme testleri yaklaşım bakımından kalıntı temelli ve hata düzeltme modeli temelli olmak üzere iki farklı şekilde gruplanabilmektedir. Literatürde yaygın bir kullanım alanı edinen McCoskey ve Kao (1998), Kao (1999), Pedroni (1995, 1999 ve 2004) ve Westerlund (2004) eşbütünleşme testleri kalıntı temelli birinci nesil eşbütünleşme testlerindendir. Westerlund (2007), Gengenbach, Urbain ve Westerlund (2016) testleri ise hata düzeltme modeli temelli ikinci nesil birim kök testleridir. Bu testlerden bazıları dengesiz panel veri seti için de kullanılabilir (Çekiç, Gültekin, 2019: 159). Bu çalışmada Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi uygulandığından çalışmanın izleyen aşamasında teste dair detaylı bilgi verilmektedir.

5.4.1. Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi

Westerlund (2007) tarafından önerilen hata düzeltme modeli temelli bu test yatay kesit bağımlılığını içermeyen standart normal dağılıma sahip ve yatay kesit bağımlılığını

içeren bootstrap dağılımına sahip olmak üzere iki farklı şekilde kullanılmaktadır. Test dengesiz panel veri seti için ve parametrelerde heterojenliğe izin vermektedir. Grup ortalama varyans oranı ve panel varyans oranı istatistikleri ayrı ayrı elde edilmek üzere toplamda 4 adet panel eşbütünleşme testi önerilmektedir (Westerlund, 2007: 709-710). Aşağıdaki hata düzeltme modelinden hareketle:

$$\Delta Y_{it} = \delta_i' d_t + \alpha_i(Y_{it-1} - \beta_i' X_{it-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \varphi_{ij} \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta X_{it-j} + e_{it} \quad (5.23)$$

“Eş. 5.23” de $\delta_i = (\delta_{1i}, \delta_{2i})'$ ilişkili parametreler vektörü; $d_t = (1, t)'$ kalıntı deterministik trend bileşenleri vektörünü ifade etmek üzere tekrar düzenlenirse;

$$\Delta Y_{it} = \delta_i' d_t + \alpha_i Y_{it-1} + \lambda_i' X_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \varphi_{ij} \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta X_{it-j} + e_{it} \quad (5.24)$$

“Eş. 5.24” te λ_i uzun dönem; φ_{ij} ve γ_{ij} kısa dönem parametrelerini ifade etmektedir. Grup ortalama istatistiklerinin oluşturulması için ilk adımda “Eş. 5.24” te yer alan model tüm birimler için OLS kullanılarak tahmin edilir. ρ_i gecikme uzunluğu birimlere göre değer almaktadır. Dolayısıyla parametrelerin heterojen olduğu durumda bu istatistikler daha güvenilir hale gelmektedir. İkinci aşamada ise $\alpha_i(1)$ tahmin edilmektedir;

$$\tilde{\alpha}_i(1) = 1 - \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\alpha}_{ij} \quad (5.25)$$

Son olarak test istatistikleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$G_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\alpha}_i}{SE(\hat{\alpha}_i)} \quad (SE(\hat{\alpha}_i); \hat{\alpha}_i'nin standart hatasıdır) \quad (5.26)$$

$$G_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T \hat{\alpha}_i}{\hat{\alpha}_i(1)}$$

Panele ait test istatistiklerinin hesaplanması için ilk aşama yine “Eş. 5.24” teki modelin OLS ile tahmin edilmesine dayanmaktadır. Ancak burada ilk olarak ρ_i gecikme

uzunluğuna karar verilir, ΔY_{it} ve Y_{it-1} 'in d_t 'ye, ΔY_{it} 'nin gecikmeli değerlerine ek olarak ΔX_{it} 'nin gecikmeli değerleri ile regresyondan kalıntılar elde edilmektedir;

$$\Delta \tilde{Y}_{it} = \Delta Y_{it} - \hat{\delta}'_i d_t - \hat{\lambda}'_i X_{it-1} - \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\phi}_{ij} \Delta Y_{it-j} - \sum_{j=0}^{p_i} \hat{\gamma}_{ij} \Delta X_{it-j} \quad (5.27)$$

$$\tilde{Y}_{it-1} = Y_{it-1} - \tilde{\delta}'_i d_t - \tilde{\lambda}'_i X_{it-1} - \sum_{j=1}^{p_i} \tilde{\phi}_{ij} \Delta Y_{it-j} - \sum_{j=0}^{p_i} \tilde{\gamma}_{ij} \Delta X_{it-j}$$

İkinci aşamada $\Delta \tilde{e}_{it}$ ve $\tilde{e}_{it-1}$ 'nin kullanılarak α ; ortak hata düzeltme parametresi ve $SE(\alpha)$; α 'nın standart hatası olmak üzere;

$$\hat{\alpha} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \tilde{e}_{it-1}^2 \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \frac{1}{\hat{\alpha}_i(1)} \tilde{e}_{it-1} \Delta \tilde{e}_{it}$$

$$SE(\hat{\alpha}) = \left((\hat{S}_N^2)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \tilde{e}_{it-1}^2 \right)^{-1/2} \quad (5.28)$$

$$\left(\hat{S}_N^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{S}_i^2 \quad ve \quad \hat{S}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_i}{\hat{\alpha}_i(1)} \right)$$

Son olarak test istatistikleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$P_T = \frac{\hat{\alpha}}{SE(\hat{\alpha})} \quad (5.29)$$

$$P_a = T \hat{\alpha}$$

Panelin tümü için eşbütünleşme ilişkisini test eden bu iki istatistik değerinin kullanılması panel homojense parametrelerin homojen olduğu durumda güvenli hale gelmektedir.

Westerlund (2007) tarafında geliştirilen bu 4 adet eşbütünleşme testine ait yokluk ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır;

H_0 : Hata düzeltme yoktur.

H_1 : Hata düzeltme vardır.

Grup ortalama ve panel istatistikleri Westerlund (2007) makalesinde tablolastırılan kritik değerlerle karşılaştırılır. Yokluk hipotezinin reddedilmesi halinde eşbütünleşme ilişkisinin varlığı da reddedilmektedir. Yatay kesit bağımlılığının bulunması halinde testin Bootstrap versiyonu kullanılarak kritik değerle elde edilebilmektedir (Tatoğlu, 2020: 200-205).

Eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesi halinde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi modelleyebilmek için kullanılan tahmin yöntemleri vardır. Bu yöntemler modelin kalıntılarında yatay kesit bağımlılığı dikkate almayan birinci nesil ve bağımlılığı dikkate alan ikinci nesil tahminciler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Literatürde sıklıkla kullanılan Havuzlanmış OLS (POLS), Panel Dinamik OLS (PDOLS), Tam Değiştirilmiş OLS (FMOLS), Ortalama Grup Tahmincisi (MG), Ortalama Grup Dinamik OLS (DOLSMG), Tesadüfi Katsayılar Modeli (RCM) yöntemleri birinci nesil tahmin yöntemleri arasında yer almaktadır. Panel Dinamik OLS (PDOLS), Ortalama Grup Dinamik OLS (DOLSMG), Sürekli Yenilenen Tam Değiştirilmiş Tahminci (CUP-FM), Sapması Düzeltilmiş Tahminci (BA) ise ikinci nesil tahmin yöntemleri arasındadır.

5.5. Panel Nedensellik

Granger (1969) tarafından ilk kez önerilen nedensellik testinin çıkış noktası çeşitli analiz yöntemleri kullanılarak değişkenler arasında elde edilebilecek istatistiksel açıdan anlamlı ilişkilere rağmen, değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin bulunmayabileceği düşüncesidir. Son yıllarda Granger nedensellik testine ek olarak Sims, Toda-Yamamoto ve Panel nedensellik testi ve birçok nedensellik testleri literatüre kazandırılmıştır (Engeloğlu vd, 2015: 142).

Zaman serilerine göre daha fazla gözlem içermesi nedeniyle gecikme uzunluğunun daha fazla alınabilmesi açısından daha avantajlı olan panel nedensellik testleri parametrelerin homojen ve heterojen olması durumuna göre iki farklı grupta incelenmektedir. Literatürde sıkça kullanılan panel Granger nedensellik testi homojen

paneller için; Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik testi ise heterojen paneller için geliştirilmiştir.

Parametrelerin birimlere göre homojen veya heterojen olması tercih edilecek eşbütünleşme testleri, uzun dönemli ilişkinin tahmin yöntemi ve nedensellik testleri üzerinde etkilidir. Bu nedenle çalışmanın bu kısmında parametrelerin homojenliğini test eden Swamy S testine değinilecektir.

Delta Homojenlik Testi

Parametrelerin birimlere göre homojenliğini test etmek amacıyla Swamy (1971) tarafından geliştirilen test modelin öncelikle OLS ile ardından Ağırlıklandırılmış Sabit Etkiler (WE) tahmin yöntemleriyle tahmin edilerek aralarındaki farka dayanmaktadır. Teste dair yokluk ve alternatif hipotezler aşağıdaki oluşturulmaktadır;

$$H_0: \beta_i = \beta \text{ tüm } i'ler \text{ için}$$

$$H_1: \beta_i \neq \beta \quad i = 1, 2, \dots, N$$

Swamy test istatistiği;

$$\hat{S} = \sum_{i=1}^N (\hat{\beta}_i - \bar{\beta}^*)' \hat{V}_i^{-1} (\hat{\beta}_i - \bar{\beta}^*) \quad (5.30)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. “Eş. 5.30” da $\hat{\beta}_i$; birimlere göre OLS ile elde edilen tahmincileri, $\bar{\beta}^*$; WE ile elde edilen tahmincileri ve son olarak $\hat{V}_i$ ise tahminciler arasındaki farkı ifade etmektedir. Swamy test istatistiği $K(N-1)$ serbestlik derecesi ile Ki-kare dağılıma sahip olmak üzere elde edilen test istatistik değeri kritik değerden küçükse parametrelerin homojen olduğunu öne süren yokluk hipotezi reddedilmektedir. Dolayısı ile elde edilen parametreler heterojendir.

Swamy S homojenlik testi Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilerek aşağıdaki forma getirilmiştir.

$$\text{Büyük örneklem için; } \hat{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\hat{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (5.31)$$

$$\text{Küçük örneklem için; } \tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\hat{S} - k}{\sqrt{2k}} \right)$$

“Eş. 5.31” de N; yatay kesit sayısını, k; açıklayıcı değişken sayısını ve S; Swamy S test istatistiğini ifade etmektedir. Yokluk hipotezi altında $(N, T) \rightarrow \infty$ ve $\sqrt{N}/T \rightarrow \infty$ olduğunda hata terimi serbest dağılıma sahiptir. Swamy S testinde olduğu gibi Delta testinde de elde edilen test istatistik değerinin kritik değerden küçük olması halinde parametrelerin homojen olduğunu öne süren yokluk hipotezi reddedilmektedir ve parametrelerin heterojen olduğu kabul edilmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008)

5.5.1. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi

Dumitrescu-Hurlin (2012) tarafından geliştirilen panel nedensellik testi yatay kesit bağımlılığını ve parametrelere göre heterojenliği dikkate almaktadır. Bu test hem zaman boyutunun yatay kesit boyutundan büyük olduğu durumlarda hem tam aksi durumlarda ve hem de dengesiz panel veri setlerinde kullanılabilir. Ayrıca bu test değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilemediğinde de değişkenler arasındaki nedenselliği test edebilmektedir.

Aşağıda verilen panel VAR modelinden hareketle;

$$Y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} Y_{it-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^{(k)} X_{it-k} + \varepsilon_{it} \quad (5.32)$$

“Eş. 5.32” de k; her bir birim için aynı gecikme uzunluğunu, $\gamma_i^{(k)}$ otoregresif parametreyi ve $\beta_i^{(k)}$ ise birimlere göre değişmek üzere eğimleri ifade etmektedir ve teste ait yokluk ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır;

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad i = 1, \dots, N \quad \text{ve} \quad \beta_i = (\beta_i^{(1)}, \dots, \beta_i^{(K)})' \text{ şeklindedir.}$$

$$H_1 : \beta_i = 0 \quad i = 1, \dots, N$$

$$\beta_i \neq 0 \quad i = N_1 + 1, N_2 + 2, \dots, N$$

Yokluk hipotezi “tüm β_i ’ ler 0’ a eşittir” şeklindedir. Alternatif hipotez ise iki farklı şekilde oluşturulmaktadır. $N_1 < N$ ise X’ ten Y’ ye doğru bir nedensellik yoktur. Bu durumda N_1 bilinmese de $0 \leq N_1/N < 1$ oranını sağlamalıdır. Aksi halde alternatif hipotez yokluk hipotezine eşit hale gelmektedir. Yokluk hipotezinin reddedilememesi durumunda panelin tümü için X açıklayıcı değişkeni Y açıklanan değişkenin nedeni değildir.

Dumitrescu - Hurlin panel nedensellik test Wald test istatistiğine dayanmaktadır. Her bir birim için hesaplanan Wald istatistiklerinin ortalamasının hesaplanmasıyla elde edilmektedir.

$$W_{N,T}^{HNC} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,T} \quad (5.33)$$

“Eş. 5.33” te $W_{i,T}$; her bir birim için ayrı ayrı hesaplanan Wald istatistiğini ifade etmektedir ve k serbestlik derecesi ile Ki-kare dağılıma sahiptir (Dumitrescu, Hurlin, 2012).

6. UYGULAMA

Bu çalışmanın temel amacı uluslararası ekonomik işbirliği kapsamında gelişmiş ülkelerin bir araya geldiği Group of 20 (G20) platformuna üye ülkeler için yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerine etkilerini panel veri analizi ile araştırmaktır. Bu doğrultuda çalışmanın bu kısmında öncelikle uygulamada kullanılacak değişkenlere ait bilgiler verilmiştir ve tahmin edilecek modelin dayandırıldığı iktisadi model açıklanmıştır. Çalışmanın devamında uygulanacak birim kök ve eşbütünleşme testleri üzerinde etkili olacak olan ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığın bulunup bulunmadığını araştırmak amacıyla Breusch - Pagan LM testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre durağanlığın araştırılması amacıyla uygun birim kök testi ve değişkenler arasındaki ilişkiyi tespit etmek için uygun eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki kısa dönemli nedensellik ilişkisi Dumitrescu-Hurlin (2011) nedensellik testi kullanılarak araştırılmıştır. Son olarak değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişkiyi ortaya koymak amacıyla Sabit Etkiler ve Rassal Etkiler tahmin yöntemleri kullanılarak model tahmin edilmiştir. Ardından elde edilen bu iki tahminciden hangisinin tercih edilmesi gerektiğinin belirlenmesi adına Hausman (1978) testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablolar halinde özetlenerek yorumlanmıştır.

6.1. Veri Seti ve Model

Yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi test eden bu çalışmada brüt sabit sermaye oluşumu ve işgücü değişkenleri de modele dahil edilmektedir. Çalışmada 2000 – 2019 yıllarını kapsayan ve yıllık olarak derlenen veriler kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimine ilişkin veriler BP'nin 2020 dünya enerji istatistikleri raporundan (BP Statistical Review of World Energy 2020 Workbook) elde edilirken diğer tüm veriler Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir.

Panel veri ile çalışılırken yatay kesit verisi her bir t zamanı için eksiksiz gözlemlenmişse dengeli panel; herhangi bir t zamanı için kayıp mevcutsa dengesiz panel söz konusu olmaktadır (Greene 2002, 293). Bu çalışmada dengeli panel veri analizi uygulayabilmek adına brüt sabit sermaye oluşumu değişkeninde bazı yıllara ait gözlem kaybı bulunması nedeniyle Çin, Japonya ve Sudi Arabistan veri setine dahil edilmemektedir. Ayrıca Avrupa ülkelerinin bireysel olarak G20 platformunda yer almaları nedeniyle Avrupa

Birliği Konseyi de veri seti kapsamının dışında bırakılmaktadır. Dolayısıyla bu alışma Arjantin, Avustralya, Brezilya, Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Hindistan, Endonezya, Güney Kore, Meksika, Rusya, Güney Afrika, Türkiye, ABD ve İngiltere olmak üzere 16 ülkeyi kapsamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada $N=16$ ve $T=20$ olmak üzere 320 gözlem üzerine çalışılmıştır. Çalışmada tüm analizler Stata-15 ekonometri paket programı kullanılarak yürütölmüştür. Çalışmada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler, değişkenlere ait simgeler ve değişkenlere ait verilerin kaynağına dair özet bilgiler izelge 6.1.'de özet olarak verilmektedir.

Çizelge 6.1. Değişkenlerin tanım tablosu

Bağımlı Değişken	Değişken Tanımı	Değişken Simgesi	Veri Kaynağı
Ekonomik Büyüme	Reel GSYİH: 2010 yılı sabit fiyatlarıyla (ABD \$ cinsinden)	GDP	Dünya Bankası
Bağımsız Değişkenler			
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	Ton Eşdeğer Petrol cinsinden tüketim miktarı	REC	BP Statistical Review of World Energy 2020 Workbook
Sermaye Oluşumu	Brüt sabit sermaye oluşumu 2010 yılı sabit fiyatlarıyla (ABD \$ cinsinden)	K	Dünya Bankası
İşgücü	Toplam İşgücü	L	Dünya Bankası

Ayrıca modele bağımsız değişken olarak karbondioksit emisyon oranları ve enerji ithalatı değişkenleri de dahil edilmek istenmiştir. Ancak özellikle 2015 yılı ve sonrası için tüm ülkelere ait veriler eksiksiz olarak temin edilemediğinden ilgili değişkenler modele dahil edilememiştir. Çalışmada kullanılan değişkenlerin tümüne logaritmik dönüştürme uygulanmıştır ve değişkenlere ait betimleyici istatistikler tablosu Ek-4'te sunulmuştur.

Betimleyici istatistikler tablosu incelendiğinde ekonomik büyüme değişkeninin 26,28 ve 30,54, yenilenebilir enerji tüketimi değişkeninin 21,38 ve 30,26, sermaye oluşumu

değişkeninin 23,83 ve 28,99 ve işgücü değişkeninin ise 16,08 ve 20,02 arasında değerler aldığı görülmektedir. Ayrıca değişkenlere ait ortalamalar ekonomik büyüme değişkenini için 28,03, yenilenebilir enerji tüketimi için 26,31, sermaye oluşumu değişkeni için 26,50 ve işgücü değişkeni için 17,57 şeklinde elde edilmiştir. Son olarak değişkenlere ait standart sapmalar 0,88 ile 1,92 arasında değer almaktadır.

Bu çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenirken İktisat teorisine uygun olarak Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan yararlanılmıştır. 1928 yılında Cobb ve Douglas tarafından geliştirilen bu fonksiyon girdiler ve çıktı arasındaki ilişkiyi ortaya koyarken ayrıca üretimin girdilere göre esneklik katsayıları ile çıktı esneklik katsayılarını da ortaya koyabilmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi, emek ve sermayenin bağımsız değişken olarak ele alındığı bu çalışmada Cobb-Douglas üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$GDP = AK^{\beta_1}L^{\beta_2}REC^{\beta_3} \quad (6.1)$$

“Eş. 6.1”de eşitliğin her iki tarafında da logaritmik dönüştürme uygulanarak doğrusal formda ifade edilmiştir. Doğrusal dönüştürme uygulanan Cobb-Douglas üretim fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\ln GDP_{it} = \alpha_i + \beta_{1i} \ln REC_{it} + \beta_{2i} \ln K_{it} + \beta_{3i} \ln L_{it} + u_{it} \quad (6.2)$$

Modeldeki α_i terimi ülkelere ait etkileri temsil eden sabit terimi, β 'lar ise her bir ülkeye göre değişen eğim parametrelerini ve u_{it} hata terimini ifade etmektedir. $\ln$ ifadesi ise serilerin doğal logaritmasının alındığını göstermektedir. GDP_{it} ; i ülkesinin t zamanındaki reel GSYİH' sın, REC_{it} ; i ülkesinin t zamanındaki yenilenebilir enerji tüketimini, K_{it} ; i ülkesinin t zamanındaki brüt sabit sermaye oluşumunu ve L_{it} ; ise i ülkesinin t zamanındaki toplam işgücünü ifade etmektedir.

Ayrıca modelde yer alan β_1, β_2 ve β_3 sırasıyla üretimin yenilenebilir enerji tüketimi, sermaye ve emek girdilerine göre esneklik katsayısını göstermektedir. Girdilerin her birinde meydana gelen oransal değişmelerin üretimde yarattığı oransal değişme olarak tanımlanan çıktı esnekliği, girdi esneklik katsayılarının toplamına eşittir. Üretimin girdilere göre

esnekliği, ayrıca girdinin marjinal ürünün ortalama ürüne oranı şeklinde de aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir.

$$\begin{aligned}
 e_{REC} &= \beta_1 = \frac{dGDP}{dREC} \cdot \frac{REC}{GDP} = \frac{MP_{REC}}{AP_{REC}} \\
 e_K &= \beta_2 = \frac{dGDP}{dK} \cdot \frac{K}{GDP} = \frac{MP_K}{AP_K} \\
 e_L &= \beta_3 = \frac{dGDP}{dL} \cdot \frac{L}{GDP} = \frac{MP_L}{AP_L}
 \end{aligned} \tag{6.3}$$

Çıktı esnekliği e ise “Eş. 6.3”ten elde edilen üç esneklik katsayısının toplamına eşittir($e = e_{REC} + e_K + e_L$). “Eş. 6.3”te marjinal ürünün ortalama ürüne oranı üretimin girdiye göre esnekliğini ortaya koymaktadır.

6.2. Yatay Kesit Bağımlılık Test Sonuçları

Panel veri ile çalışıldığında serileri etkileyen ortak şokların varlığı nedeniyle hatalarda yatay kesit bağımlılığı ortaya çıkabilmektedir. Bölüm 5.2.’de bahsedildiği gibi yatay kesit bağımlılığı uygulanacak birim kök ve eşbütünleşme testlerinin seçilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yatay kesit bağımlılığının dikkate alınmaması halinde yapılan analizler hatalı sonuçlar verebilmektedir. Bu çalışmada zaman boyutunun (T=20) yatay kesit boyutundan (N=16) büyük olması sebebiyle yatay kesit bağımlılığı Breusch - Pagan Lagrange Çarpımı testi yardımıyla sınanmıştır. Ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6.2.’de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Breusch - Pagan LM test sonuçları

Breusch-Pagan Test	Test İstatistiği	Olasılık
LM	249,9	0,0000
LM adj*	15,41	0,0000
LM CD*	3,354	0,0008

Breusch-Pagan LM testinde yokluk hipotezi “yatay kesit bağımlılık yoktur” şeklindedir. Çizelge 6.2.’ de görüldüğü gibi elde edilen tüm test istatistikleri için olasılık

değeri incelendiğinde yokluk hipotezi %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Dolayısıyla paneli oluşturan birimlerde yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır. Elde edilen bu sonuca göre çalışmanın devamında yatay kesit bağımlılığını dikkate alan panel birim kök testi ve panel eşbütünleşme testleri uygulanmaktadır.

6.3. CIPS Panel Birim Kök Test Sonuçları

Bölüm 5.2. 'de ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının tespiti nedeniyle serilerin durağanlığının araştırılmasında ikinci nesil birim kök testleri kullanılmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda uygulanan yatay kesit genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin(CIPS) panel birim kök testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.3.'te verilmiştir.

Çizelge 6.3. CIPS birim kök testi sonuçları

Değişken	Sabitli				Sabitli ve Trendli			
	CIPS Test-İst.	Kritik Değerler			CIPS Test-İst.	Kritik Değerler		
		% 1	% 5	% 10		% 1	% 5	% 10
lnGDP	-1,428	-2,10	-2,21	-2,40	-1,251	-2,63	-2,73	-2,92
Δ lnGDP	-2,855*	-2,10	-2,21	-2,40	-2,855*	-2,63	-2,73	-2,92
lnREC	-1,453	-2,10	-2,21	-2,40	-1,540	-2,63	-2,73	-2,92
Δ lnREC	-3,033*	-2,10	-2,21	-2,40	-3,533*	-2,63	-2,73	-2,92
lnK	-1,736	-2,10	-2,21	-2,40	-2,475	-2,63	-2,73	-2,92
Δ lnK	-2,995*	-2,10	-2,21	-2,40	-3,176*	-2,63	-2,73	-2,92
lnL	-1,923	-2,10	-2,21	-2,40	-2,139	-2,63	-2,73	-2,92
Δ lnL	-3,477*	-2,10	-2,21	-2,40	-3,928*	-2,63	-2,73	-2,92

NOT: Δ ifadesi değişkenlerin farkının alındığını ifade etmektedir.

* %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde durağanlığı ifade etmektedir.

Değişkenlere ait birim kök testi sonuçları incelendiğinde hem sabit hem de sabit ve trend içeren eşitlikler için “birim kök vardır / durağanlık yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi %5 anlamlılık payı ile reddedilememektedir. Dolayısıyla her bir değişkenin düzeyde birim kök içerdiği, durağan olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Test her bir seri için birinci farkları alınarak tekrarlanmıştır. Yine Çizelge 6.3. 'te verilen bu sonuçlara göre tüm değişkenlerin durağan hale geldiği görülmektedir. Değişkenlerin aynı düzeyde (I(1)) fark durağan olduğunun tespitinin ardından uzun dönemli ilişki eşbütünleşme testi ile analiz edilmiştir.

6.4. Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Bu aşamada değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi Bölüm 6.1. 'de elde edilen bulgular neticesinde yatay kesit bağımlılığı dikkate alan ikinci nesil eşbütünleşme testlerinden Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4.'te verilmiştir.

Çizelge 6.4. Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi sonuçları

İstatistik	Değer	Z- Değeri	P- Değer	Robuts P-Değeri
G_t	-1,188	2,037	0,979	0,858
G_a	-2,843	3,181	0,999	0,503
P_t	-2,008	2,487	0,994	0,613
P_a	-1,498	1,756	0,960	0,557

Not: Bootstrap döngüsü 400 adettir. Gecikme ve öncü 1 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6.4'te raporlanan sonuçlar incelendiğinde Robuts P-değerine göre “eşbütünleşme ilişkisi yoktur” şeklindeki yokluk hipotezinin grup ve panel istatistiklerinin her biri için %10 anlamlılık düzeyinde bile reddedilemediği görülmektedir. Dolayısıyla ilgili değişkenler arasında uzun dönemde bir denge ilişkisi tespit edilememiştir.

6.5. Panel Nedensellik Testi Sonuçları

Bu aşamada Bölüm 6.4.' te eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilememesi üzerine kısa dönemde değişkenler arasındaki nedensel ilişkiyi tespit etmek amacıyla heterojen paneller için geliştirilen Dumitrescu - Hurlin (2011) nedensellik testi uygulanmıştır. Bu doğrultuda parametrelerin homojenlik durumunun kontrol edilmesi amacıyla öncelikle Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Delta Homojenlik Testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.5.'te verilmiştir.

Çizelge 6.5. Delta homejenlik testi sonuçları

	İstatistik	Olasılık
Δ	4,739	0,000
Δ_{adj}	5,521	0,000

Çizelge 6.5.' te verilen sonuçlar incelendiğinde delta homojenlik testine ait olasılık değeri % 5 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Diğer bir ifadeyle “parametreler homojendir” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmektedir ve birimlerin heterojen olduğu

kabul edilmiştir. Elde edilen bu sonuç Dumitrescu - Hurlin (2011) nedensellik testinin uygulanabilirliğini göstermektedir. Bu doğrultuda her bir serinin birinci dereceden farkı alınarak Dumitrescu-Hurlin (2011) nedensellik testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.6.'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi sonuçları

Yokluk Hipotezi	WBar İst.	Zbar İst.	Prob.	Karar
$\Delta \ln \text{REC} \rightarrow \Delta \ln \text{GDP}$	2,0397	2,9406	0,0033	$\Delta \ln \text{REC} \rightarrow \Delta \ln \text{GDP}$
$\Delta \ln \text{GDP} \rightarrow \Delta \ln \text{REC}$	0,7540	-0,6957	0,4866	
$\Delta \ln \text{K} \rightarrow \Delta \ln \text{GDP}$	4,8992	3,1014	0,0019	$\Delta \ln \text{GDP} \leftrightarrow \Delta \ln \text{K}$
$\Delta \ln \text{GDP} \rightarrow \Delta \ln \text{K}$	1,7641	2,1612	0,0307	
$\Delta \ln \text{L} \rightarrow \Delta \ln \text{GDP}$	1.1082	1.8510	0.0006	$\Delta \ln \text{GDP} \leftrightarrow \Delta \ln \text{L}$
$\Delta \ln \text{GDP} \rightarrow \Delta \ln \text{L}$	2.0575	2.9911	0.0028	

NOT: Max gecikme uzunluğu AIC bilgi kriterine göre 5 olarak alınmıştır.

Çizelge 6.6.' da özetlenen sonuçlara göre % 5 anlamlılık derecesiyle kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca yine % 5 anlamlılık payı ile sermaye oluşumu ve işgücü değişkenleriyle ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

6.6. Sabit Etkiler ve Rassal Etkiler Panel Veri Model Tahmini

Çalışmanın bu kısmında 16 gelişmiş ülke için 2000 - 2019 dönemine ait yıllık verilerle ekonomik büyüme, sabit sermaye oluşumu ve işgücü ilişkisini incelemek amacıyla öncelikle sırasıyla sabit ve rassal etkiler yöntemleriyle modeller oluşturulmuştur. Ayrıca hem sabit etkiler hem de rassal etkiler varsayımı altında tahmin edilen modeller için bazı testler kullanılarak modelin sağlamlığı incelenmiştir. Son olarak hangi modelin tercih edilmesi gerektiğine dair Hausman testi uygulanmış ve sonuçları ayrıca verilmiştir.

Çalışmada logaritmik şekilde dönüştürülen değişkenlerin tümü I(1) düzeyinde durağan olduğundan tüm değişkenlerin birinci sıra farkları alınarak model tahmin edilmiştir. Logaritmik dönüştürülmüş bir değişkene uygulanan fark alma işlemi İktisadi olarak değişkendeki büyüme oranını vermektedir. Örneğin logaritmik dönüştürülmüş GSYİH'nın

birinci sıra farkı GSYİH'daki büyüme oranını ifade eder. Dolayısıyla model çıktıları yorumlanırken bu durum dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.7. Panel veri modelleri tahmin sonuçları

Değişkenler	Sabit Etkiler Modeli			Rassal Etkiler Modeli		
	Katsayılar	t-istatistik değeri	Olasılık Değeri	Katsayılar	t-istatistik değeri	Olasılık Değeri
Sabit	0,1675 (0,8152)	9,63	0,000	0,1529 (1,4858)	6,40	0,000
$\Delta \ln \text{REC}$	0,0401 (0,0303)	13,40	0,000	0,0436 (0,0504)	8,96	0,000
$\Delta \ln \text{K}$	0,5073 (0,3401)	14,86	0,000	0,5333 (0,2293)	23,13	0,000
$\Delta \ln \text{L}$	0,2821 (0,5360)	6,56	0,000	0,1624 (0,0755)	2,85	0,009
R^2	0,9532			0,8515		
$\text{corr}(u_i, Xb)$				0(assumed)		
F(3,22) Prob > F	2095,73 0,0000					
Wald $X^2(3)$ Prob > X^2				3285,73 0,0000		
Değiştirilmiş Wald Test	$X^2=387,99$ 0,0000					
Bhargava, Franzini Narendranathan'ın Durbin Watson Testi	Durbin Watson = 1,6092 <2 Baltagi-Wu LBI = 1,7583 <2			Durbin Watson = 1,6092 <2 Baltagi-Wu LBI = 1,7583 <2		
Friedman Testi	51,383 0,0000					
Levene, Brown ve Forsythe Testi				0,00003		
Lagrange Çarpanı				312,90 0,0000		

Notlar: Modellerde değişen varyans sorununa rastlandığı için, t istatistikleri, değişen varyans ve otokorelasyon varlığında dirençli (heteroskedasticity and autocorrelation consistent: HAC) standart hatalar kullanılarak hesaplanmış ve tabloda rapor edilmiştir.

() Driscoll-Kraay tahmincisiyle elde edilen standart hatayı ifade etmektedir.

Çizelge 6.7. incelendiğinde hem sabit etkiler hem de rassal etkiler tahmin yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre katsayıların anlamlılığını test eden ve değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon olduğu varsayımı altında dirençli standart hatalar kullanılarak hesaplanan t istatistiğine ait olasılık değerleri incelendiğinde tüm değişkenlerin % 5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle yenilenebilir enerji tüketimi, sabit sermaye oluşumu ve toplam işgücünün GSYİH üzerindeki etkileri %95 güven seviyesinde anlamlıdır.

Sabit etkiler varsayımı altında tahmin edilen sonuçlar incelendiğinde yenilenebilir enerji tüketimindeki büyüme oranı, sabit sermaye oluşumundaki büyüme oranında ve işgücünün büyüme oranında meydana gelecek %1’lik değişimlerin GSYİH’nın büyüme oranı üzerinde sırasıyla yüzde 0,0401, 0,5073 ve 0,2821 oranında değişime neden olacağı görülmektedir. Ayrıca modelin açıklayıcı gücü % 95,32’dir. Birim etkilerin sıfıra eşit olduğunu ortaya atan H_0 hipotezi elde edilen F test istatistiğine ait olasılık değeri % 5 anlamlılık payı ile reddedilmektedir. Yani tüm birim etkiler sıfıra eşit değildir.

Sabit etkiler varsayımı altında oluşturulan modelde heteroskedasite sorununun varlığı Değiştirilmiş Wald Testi kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ($X^2 = 387,99$ ve $p=0,0000 < 0,005$) “heteroskedasite yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla modelde birimlere göre değişen varyans diğer bir ifadeyle farklı yayılım sorunu bulunmaktadır. Bhargava, Franzini ve Narendranthan tarafından geliştirilen Durbin Watson Testi kullanılarak otokorelasyon sorunun varlığı test edilmiştir. Hem Durbin Watson testi ($1,6092 < 2$) hem de Baltagi Wu LBI testi ($1,7583 < 2$) sonuçlarına göre “otokorelasyon yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla elde edilen modelde otokorelasyon bulunmaktadır. Son olarak sabit etkiler modelinde yatay kesit bağımlılığı test etmek amacıyla Friedman testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar ($p=0,0000 < 0,05$) doğrultusunda “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla modelde birimler arası korelasyon bulunmaktadır.

Diğer taraftan rassal etkiler varsayımı altında tahmin edilen sonuçlar incelendiğinde ise yenilenebilir enerji tüketimindeki büyüme oranı, sabit sermaye oluşumundaki büyüme oranında ve işgücünün büyüme oranında meydana gelecek %1’lik değişimlerin GSYİH’nın büyüme oranı üzerinde sırasıyla yüzde 0,0436, 0,5333 ve 0,1624 oranında değişime neden olacağı görülmektedir. Modelin açıklayıcı gücü % 85,15 olarak elde edilmiştir. Wald testine dair elde edilen olasılık değeri %5 anlamlılık payı ile reddedilmektedir ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklamada birlikte anlamlı olduğu görülmektedir. Birim etkisi ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon varsayım gereği 0’dır.

Rassal etkiler varsayımı altında oluşturulan modelde heteroskedasite sorununun varlığı Levene, Brown ve Forsythe Testi kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ($p=0,00003 < 0,005$) “heteroskedasite yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla modelde birimlere göre değişen varyans diğer bir ifadeyle

farklı yayılım sorunu bulunmaktadır. Bhargava, Franzini ve Narendranthan tarafından geliştirilen Durbin Watson Testi kullanılarak otokorelasyon sorunun varlığı test edilmiştir. Hem Durbin Watson testi ($1,6092 < 2$) hem de Baltagi Wu LBI testi ($1,7583 < 2$) sonuçlarına göre “otokorelasyon yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmiştir. Hem sabit etkiler hem de rassal etkiler varsayımı altında oluşturulan modeller için otokorelasyon testlerinin aynı sonucu verdiği görülmektedir. Dolayısıyla rassal etkiler varsayımı altında oluşturulan modelde de otokorelasyon sorunu bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca rassal etkiler varsayımı altında kurulan model için Lagrange Çarpımı Testi kullanılarak hem yatay kesit bağımlılığı hem de otokorelasyon sorunu test edilmiştir. Test istatistik değeri 312,90 ve $p=0,000 < 0,05$ olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre “yatay kesit bağımlılığı yoktur ve otokorelasyon katsayısı sıfıra eşittir” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla elde edilen modelde hem yatay kesit bağımlılığı hem de otokorelasyon sorunun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

6.7. Hausman Testi Sonuçları

Panel veri tahmin yöntemlerinden en yaygın kullanım alanı bulunan yöntemler sabit etkiler ve rassal etkiler model tahminleridir. Eğer bir analizde rassal etkiler tahmin yöntemi kullanılacaksa bunun Hausman testi ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu aşamada uygulamada geçerli olan modelin belirlenmesi adına Hausman (1978) testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.8.’de verilmiştir.

Çizelge 6.8. Hausman test sonuçları

Test	Chi2(3)	Olasılık
Hausman Test	34,33	0,0000

Hausman testinde yokluk hipotezi “birim ve zaman etkileri tesadüfidir” şeklindedir ve yokluk hipotezinin kabul edilmesi halinde rassal etkiler tahmin yönteminin kullanılması uygundur. Çizelge 6.8. de yer alan test sonuçlarına göre elde edilen olasılık değeri incelendiğinde % 5 anlamlılık düzeyinde yokluk hipotezi reddedilmektedir. Rassal etkiler tahmincilerinin tutarsız olduğuna ve sabit etkiler tahmincilerinin geçerli olduğuna karar verilmektedir.

7. SONUÇ

Üretim sürecine doğrudan etki eden enerji ekonomik büyüme üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki akademik literatürde oldukça dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Enerjinin insan yaşamı üzerindeki önemi de dikkate alındığında bu konunun önemini koruyacağı ortadadır. Fosil kökenli enerji kaynaklarına göre canlı yaşamı üzerine ve doğaya neredeyse hiç zararı olmayan, enerjide dışa bağımlılığı azaltacak milli kaynaklar olan yenilebilir enerji kaynakları sürdürülebilir ekonomik büyüme açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki uzun dönem ve kısa dönem etkileri Panel Veri analiz yöntemi ile iktisadi olarak Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dayandırılarak araştırılmıştır. Bu çerçevede kullanılan dengeli panel veri seti G20 platformuna üye; veri ulaşılabilirliğine göre seçilmiş 16 ülke ve 2000 – 2019 dönemini kapsamaktadır. Bu doğrultuda Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna ekonomik büyümeyi temsilen 2010 yılı sabit fiyatlarıyla - ABD \$ cinsinden reel GSYİH, fiziki sermayeyi temsilen 2010 yılı sabit fiyatlarıyla - ABD \$ cinsinden brüt sabit sermaye oluşumu ve emeği temsilen toplam işgücü dahil edilmiştir ve kullanılan veriler Dünya Bankası data setinden temin edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi ise ton eşdeğer petrol (TEP) cinsinden tüketim miktarı olarak ifade edilmiştir ve ilgili veriler BP'nin 2020 Dünya enerji istatistikleri raporundan temin edilmiştir.

Çalışmanın ampirik bölümünde öncelikle değişkenler arasında Yatay kesit bağımlılığı sınamak amacıyla Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı testi kullanılmıştır ve birimler arası bağımlılığın varlığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bu sonuç durağanlığı sınamada yatay kesit genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin(CIPS) panel birim kök testi ve uzun dönemli ilişkiyi sınamada Westerlund (2007) eşbütünleşme testlerinin seçilmesi üzerinde etkili olmuştur.

Elde edilen birim-kök testi sonuçlarına göre çalışmaya dahil edilen tüm değişkenlerin düzeyde durağan olmadığı ancak birinci sıra fark düzeyinde durağan olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan eşbütünleşme testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edilememiştir. Elde edilen bu sonuç Sadorsky (2009a ve b), Apregis ve Payne (2010a ve b), Ocal ve Aslan (2013), Pau ve Fu (2013)'nin sonuçlarının aksine Menegaki (2011), Bulut ve

Muratoğlu (2018)'nın sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Bu durum literatürde yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkilere dair net bir fikir birliği oluşmadığının bir göstergesi niteliğindedir.

Kısa dönemde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin yönünü belirlemek amacıyla serilerin birinci farkı alınarak heterojen paneller için kullanılması uygun olan Dumitrescu-Hurlin (2011) nedensellik testi uygulanmıştır. Kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı ortaya konmuştur. Elde edilen bu sonuç literatürdeki birçok çalışmayı destekler niteliktedir. Ayrıca Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Delta Homojenlik Testi kullanılarak parametrelerin heterojen olduğu doğrulanmıştır. Bu sonuç uygulanan nedensellik testi sonuçlarının yanıltıcı olmayacağını göstermektedir.

Son olarak değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişkileri ortaya koyabilmek amacıyla Sabit Etkiler ve Rassal Etkiler tahmin yöntemleri kullanılarak modelleme yapılmıştır. Uygun tahmin yöntemine karar verebilmek amacıyla Hausman testi uygulanmıştır ve elde edilen sonuç doğrultusunda Sabit Etkiler tahmin yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Elde edilen katsayılar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Temelde Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna dayandırılarak yapılan bu çalışmada elde edilen katsayılar beklenen doğrultuda 0 ile 1 arasında elde edilmiştir. Üretimin sırasıyla yenilenebilir enerji tüketimine, sermayeye ve işgücüne göre esnekliği sırasıyla 0,0401, 0,5073 ve 0,2821 şeklindedir. Görüldüğü gibi faktörler arasında en büyük esneklik katsayısına sahip olan faktör sermaye iken en düşük esneklik katsayısına sahip faktör ise yenilenebilir enerji tüketimidir. Ayrıca çıktı esneklik katsayısı ise 0,8295 olarak elde edilmiştir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi tespit edilmemiş olsa bile kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme üzerinde % 0,04 oranında pozitif yönde etkilidir. Bu da yenilenebilir enerji tüketiminin sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma açısından önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle ülkemiz gibi yenilenemeyen enerji kaynakları bakımından fakir ve enerjide dışa

bağımlı ülke ekonomileri açısından düşünüldüğünde bu oran yenilenebilir enerji tüketiminin arttırılmasının ülke ekonomisi için önemli bir kazanım sağlanacağını göstermektedir.

Kısa dönemde yenilebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tespit edilen tek yönlü nedenselliğe dayanarak enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesinin büyüme hedefleri için önemli olduğu söylenebilir. Ayrıca elde edilen sonuçlar dikkate alındığında yenilebilir kaynaklı enerji üretimi için kurulum aşamasında katlanılması gereken maliyetler ilk etapta bir yük gibi görünse de ekonomiye olumlu etki edeceği öngörülmektedir. Bu doğrultuda devletlerin yenilenebilir enerji tüketimini teşvik edecek yenilikçi politika izleyerek üretim tesislerinin kurulum aşamasındaki maliyetlerinin azaltılması yönünde adımlar atmaları; ayrıca sürdürülebilir ekonomik büyümeyi hedefleyen ülkeler ve özellikle ülkemiz gibi yenilenemeyen enerji kaynakları bakımından fakir ülkelerin yenilenebilir enerji konusundaki AR-GE çalışmalarını ve yatırım desteklerini arttırmaları önerilebilir.

Son olarak bu çalışmanın kısıtı yenilenebilir enerji tüketimin ekonomik büyüme üzerindeki etkisine odaklanması ve işgücü ve sermaye faktörleri dışında ekonomik büyümeye etki edebilecek diğer değişkenlerin kapsam dışında tutulmasıdır. Bu nedenle ekonomik büyüme üzerinde etkili olabilecek diğer değişkenlerin veri setine dahil edilerek analiz yapılması önerilebilir. Ayrıca yenilenebilir enerji yatırımlarının maliyeti açısından düşünüldüğünde uzun dönemde ekonomiye yansımaları uzun yıllar alabileceğinden daha uzun dönemli çalışmaların da literatüre kazandırılmasının uygun olabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

- Aghion, P. (2002). Schumpeterian Growth Theory and the Dynamics of Income Inequality. *Econometrica*, 70(3), 855–882.
- Akarca, A. T. ve Long, T. V. (1980), On the Relationship Between Energy and GNP: A Reexamination, *Journal of Energy and Development*, 5, 326– 331.
- Akdağ, N. F. (2007). Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu, Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Raporu.
- Akpınar, E. ve Başbüyük, A. (2011). Jeoekonomik Önemi Giderek Artan Bir Enerji Kaynağı: Doğalgaz. *International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic* 6(3), 119-136.
- Aksay, C, Ketenoğlu, O. ve Kurt, L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 1 (25), 29-42.
- Alkin, E., (2008). *İktisada Giriş*. TC. Anadolu Üniversitesi Yayını No:1472, Açıköğretim Fakültesi Yayını No:785, 7. Baskı, Eskişehir, 1-493.
- Arslantaş, M. E. (2019). *Türkiye’de Jeotermal Enerji Santrallerinin Ekonomi Açısından Fırsat Maliyetlerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 1-98.
- Aslan, A., ve Öcal, O. (2016). The Role of Renewable Energy Consumption in Economic Growth: Evidence from Asymmetric Causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
- Asya, G. (2019). *Yenilenebilir Enerji Üretiminin Enerji İthalatına Etkileri; Türkiye Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1-130.
- Bakırtaş, İ. ve Çetin, M. A. (2016). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G-20 Ülkeleri. *Sosyoekonomi*, 24(28), 131 – 145.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. (Third Edition). Chicester: John Wiley & Sons.
- Baltagi, B. H. and Pesaran, M. H. (2007). Heterogeneity and Cross Section Dependence in panel Data Models: Theory and Applications. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 229-232.
- Barro, R. J. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth. *Journal of political economy*. 98(5, Part 2), 103-125.
- Barro, Robert J., (1996), Determinants of Economic Growth: A Cross-Country Empirical Study, *NBER Working Paper Series*, 5698, 1-118.
- Baumol, W. J., & Strom, R. J. (2007). Entrepreneurship and economic growth. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 1(3-4), 233–237.

- Beaudreau, B. C. (1998). *Energy and Organisation: growth and distribution reexamined*, Greenwood Press, Westport, CT. 139.
- Becker, G. S., Glaeser, E. L., & Murphy, K. M. (1999). Population and Economic Growth. *American Economic Review*, 89(2), 145–149. doi:10.1257/aer.89.2.145
- Berber, M. (2006). *İktisadi Büyüme ve Kalınma*. Derya Kitabevi, 3. Baskı, Trabzon.
- BGR, (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), (2009). *Energy Resources*, 116.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Öztürk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Top 38 Countries. *Applied Energy*, 162, 733-741.
- Boontome, P., Therdyothin, A., & Chontanawat, J. (2017). Investigating the causal relationship between non-renewable and renewable energy consumption, CO 2 emissions and economic growth in Thailand. *Energy Procedia*, 138, 925–930.
- Bozlağan, R. (2010). Sürdürülebilir Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı. *Journal of Social Policy Conferences*, 0(50) , 1011-1028.
- BP, (2018) *Statistical Review of World Energy*.
- Breitung, J. and Das, S., (2005). Panel Unit Root Tests Under Cross Sectional Dependence. *Statistica Neerlandica* 59(4), 414–433.
- Breusch, T. S. and Pagan A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *Review of Economic Studies* 47(1) , 239-253.
- Büyükyılmaz, A. ve Mert, M. (2015). CO2 Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin MS-VAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği. *Zeitschrift für die Welt der Türken*, 7(3), 103-118.
- Chien, T. ve Hu, J. (2008). Renewable Energy:an Efficient Mechanism to Improve GDP. *Energy Policy*, 36, 3045-3052.
- Chiswick, B. R. (1971). Earnings Inequality and Economic Development. *The Quarterly Journal of Economics*, 85(1), 21-39.
- Cobb, C. W. ve Douglas, P. H. (1928). A Theory of Production. *The American Economic Review*, 18(1), Supplement, *Papers and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association*, 139-165,
- Çekiç, A. İ. ve Gültekin, H. (2019). *R Uygulamalı Panel Veri Analizi ve Ampirik Bir Uygulama*. Bursa: Ekin Basım Yayın ve Dağıtım, 159.
- Daly, H. E. (1997) “Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz.” *Ecological Economics* 22: 261-266.

- Demir, Z.ve Çolak, N. (2015, 28-30 Mayıs). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimindeki Yeri ve Devlet Teşvikleri. Second International Sustainable Buildings Symposium, Ankara.
- Denison, E. F. 1962. The Sources of Economic Growth in the United States and Alternatives Before Us. *CED Supplementary Paper*, No 13.
- Dinler, Z. (2013). *İktisada Giriş*. (19. Baskı) Bursa; Ekin, 616-623.
- Dumitrescu, E. ve I., Hurlin C. (2012). Testing for Granger Noncausality in Heterogeneous Panels. *Economic Modelling*, 29, 1450 – 1460.
- Durğun, B. ve Durğun, F. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *International Review of Economics and Management*. 6(1). 1-27.
- Economics. Cham: Springer International Publishing.
- Engeloğlu, Ö., Meral, İ. G. ve Genç, K. (2015). Türkiye için Yapılan Nedensellik Uygulamaları Üzerine Literatür Araştırması. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 4(2), 142-155.
- Eren, B. M., Taşpınar, N., ve Gökmenoğlu, K. K. (2019). The impact of financial development and economic growth on renewable energy consumption: Empirical analysis of India. *Science of the Total Environment*, (663), 189-197.
- ETKB, (Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı). (2014). Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı.
- Fosu, A. K. (1992). Political Instability and Economic Growth: Evidence from Sub-Saharan Africa. *Economic Development and Cultural Change*, 40(4), 829–841.
- Franke, G. R., and Nadler, S. S. (2008). Culture, economic development, and national ethical attitudes. *Journal of Business Research*, 61(3), 254–265.
- Georgescu-Roegen N. (1986). The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect. *Eastern Economic Journal*, 12 (1), 3-25.
- Groen, J.J.J. and F. Kleibergen, (2003). Likelihood-Based Cointegration Analysis in Panels of Vector Error Correction Models, *Journal of Business and Economic Statistics* 21, 295–318.
- Gujarati, D. N. ve Porter, D. C. (2012). *Temel Ekonometri*. (Çev. Ü. Şenese, G. G. Şenese). İstanbul: Literatür Yayıncılık, 22.
- Güriş, S. (2015). *Stata ile Panel Veri Modelleri*. İstanbul: Der Yayıncılık, 221.
- GWEC (Global Wind Energy Council), (2019). Global Wind Report 2018.
- Harris, D. J. (1972). On Marx’s Scheme of Reproduction and Accumulation. *Journal of Political Economy*, 80(3, Part 1), 505–522.

Heinberg, R., and Fridley, D. (2016). *Our Renewable Future: Laying the Path for One Hundred PercClean Energy*. Island Press.

Hiç, M. (1994). *Büyüme ve Gelişme Ekonomisi*. İstanbul: Filiz Kitabevi.

Hsiao, C. (2003). *Analysis of Panel Data* (Second Edition). Cambridge: Cambridge University Press.

Inglesi-Lotz, R. (2016). The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: a Panel Data Application. *Energy Economics*, 53, 58-63.

İnternet: “BEPA”. <https://bepa.enerji.gov.tr/> E.T. 10.05.2020.

İnternet: “EİA “. <https://www.eia.gov/energyexplained/coal/> E.T.25.03.2020.

İnternet: “EİA”. <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/> E.T.29.03.2020.

İnternet: “EİA”. <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/history-of-wind-power.php> E.T.29.03.2020.

İnternet: “Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı”.
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx E.T. 05.05.2020.

İnternet: “ETKB”. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> E.T. 25.03.2020.

İnternet: “ETKB”. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> E.T. 31.03.2020.

İnternet: “GEPA” <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/> E.T.01.05.2020

İnternet: “National Geographic”.
<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/hydroelectric-energy/> E.T. 26.05.2020.

İnternet: “REPA”. <https://eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/REPA> E.T. 05.05.2020.

İnternet: “ROSATOM”. <http://rosatom.ru/about-nuclear-industry/powerplant/> E.T. 31.03.2020.

İnternet: “TESAM”. <https://tesam.org.tr/petrol-raporu/> E.T.25.03.2020.

İnternet: “WNA”. <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/turkey.aspx> E.T. 1.05.2020.

Jones, C. I. (2001). *İktisadi Büyümeye Giriş* (Çev: Sanlı Ateş & İsmail Tuncer). Literatür Yayınları: İstanbul.

Kahia, M., Aïssa, M. S. B., & Lanouar, C. (2017). Renewable and non-renewable energy use - economic growth nexus: The case of MENA Net Oil Importing Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 127–140.

- Kantarmacı, S. (2019). *Yenilenebilir Enerji Birincil Üretimin Ekonomik Büyüme Ve İşgücü İlişkisi: Ab-28 Panel Veri Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 1-159.
- Kar, M. ve Kınık, E. (2008). Türkiye’de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme arasındaki ilişkinin Ekonometrik Bir Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(2), 333-353.
- Karaarslan, A. ve Gezen, M. (2017). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi Türkiye Örneği*. Bursa; Ekin.
- Keskinkılıç, S. (2019). *Yenilenebilir Enerji - Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaman, 1-131.
- Khare, V., C. Khare, S. Nema and P. Baredar (2019). Introduction to Energy Sources. *Tidal Energy Systems Design, Optimization and Control*, 1-39.
- Kibritçiöğlu, A. (1998). İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri. *AÜ Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 53(4). 207-230.
- Kocakuşak, R. (2018). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin, Türkiye’deki Önemi ve GES Kurulum Araştırması*. Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1-99.
- Konstantin, P., and Konstantin, M. (2018). Power and Energy Systems-Engineering
- Koyuncu, T. ve Bayraç, H. (2020). Hindistan’da Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *International Anatolia Academic Online Journal Social Sciences Journal*, 6 (1) , 13-24 .
- Kraft, A. and Kraft. J. (1978). On the Relationship Between Energy and GNp. *Journal of Energy Development*, 3(2), 401–403.
- Kula, F. (2013). The Long-run Relationship Between Renewable Electricity Consumption and GDP: Evidence From Panel Data. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(2), 156–160.
- Lucas, E. R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Mahmutoğlu, M. (2013). *Türkiye Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 1-139.
- Maji, I. K. (2015). Does Clean Energy Contribute to Economic Growth? Evidence from Nigeria. *Energy Reports*, 1: 145-150.
- Malthus, T. (1798). *An Essay On The Principle Of Population*. St. Paul's Church-Yard, London.

- Marinaş, M.-C., Dinu, M., Socol, A.-G., & Socol, C. (2018). Renewable energy consumption and economic growth. *Causality relationship in Central and Eastern European countries. PLOS ONE*, 13(10), e0202951.
- Menegaki, A. N. (2011). Growth and Renewable Energy in Europe: A Random Effect Model with Evidence for Neutrality Hypothesis. *Energy Economics* 33, 257-263.
- Menyah, K. and Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in the US. *Energy Policy*, 38, 2911 – 2915.
- Menyah, K., Nazlioglu, S. ve Wolde-Rufael, Y. (2014). Financial Development, Trade Openness and Economic Growth in African Countries: New Insights from A Panel Causality Approach. *Economic Modelling*, 37, 386-395.
- Mercan, M. (2014). Feldstein-Horioka Hipotezinin AB-15 ve Türkiye Ekonomisi için Sınanması: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Yapısal Kırılmalı Dinamik Panel Veri Analizi. *Ege Akademik Bakış*, 14(2), 231-245.
- Mincer, J. (1984). Human Capital and Economic Growth. *Economics of Education Review*. 3(3), 195-205.
- Muradov, E. (2012). Almanya'nın Nükleer Enerji Politikasını Etkileyen Faktörler. *Öneri Dergisi*.10(38), 105-111.
- Nordhaus, W. D. (1992). Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited, *Brookings Papers on Economic Activities*, 2, 1992, s. 1–43.
- Ocal, O. and Aslan A. (2013). Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-4945.
- Öztürk, H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 1-428.
- Öztürk, S. ve Saygın, S. (2020). Türkiye’de Yenilenebilir Ve Yenilenemeyen Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Al Farabi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 5 (1) , 104-114.
- Özügürlü, O. (2019). *Yenilenebilir Enerjinin Türkiye’deki Gelişimi*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde, 1-169.
- Pao, H.-T., and Fu, H.-C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25(0), 381-392.
- Pesaran, H. M. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. Working Paper No:0435, University of Cambridge.
- Pesaran, H. M. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in The Presence Of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265-312.
- Pesaran, H. M., and Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50–93.

- Peterson, W. C. (1976). *Gelir İstihdam ve Ekonomik Büyüme* (çev. S.Mutlu). Eskişehir: Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, 387.
- Rafindadi, A. A., and Öztürk, İ. (2017). Impacts of Renewable Energy Consumption on the German Economic Growth: Evidence from Combined Cointegration Test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1130-1141.
- REN21, (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*.
- Resmi Gazete, (2005). “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (5346 S.K.)”. *Resmi Gazete*, 25819, 10 Mayıs 2005.
- Resmi Gazete, (2007). “Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu (5686 S.K.)”. *Resmi Gazete*, 26551, 13 Haziran 2007.
- Resmi Gazete, (2010). “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (6094 S.K.)”. *Resmi Gazete*, 27809, 29 Aralık 2010.
- Resmi Gazete, (2011). “Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmelik”. *Resmi Gazete*, 28001, 21 Temmuz 2011.
- Resmi Gazete, (2013). “Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmelik”. *Resmi Gazete*, 28783, 2 Ekim 2013.
- Resmi Gazete, (2016). “Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Yönetmeliği”. *Resmi Gazete*, 29852, 9 Ekim 2016.
- Resmi Gazete, (2020). “Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”. *Resmi Gazete*, 31062, 8 Mart 2020.
- Resmi Gazete, (2020). “Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesi Yönetmeliği”. *Resmi Gazete*, 31304, 14 Kasım 2020.
- Resmi Gazete, (2021). “Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği”. *Resmi Gazete*, 31479, 09 Mayıs 2021.
- Resmi Gazete, (2021). “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”. *Resmi Gazete*, 31479, 09 Mayıs 2021.
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, Paul M., (1990), Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), Part:2, 71-102.
- Sadorsky, P. (2009a). Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies. *Energy Policy*, 37, 4021-4028.
- Sadorsky, P. (2009b). Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Oil Prices in the G-7 Countries. *Energy Economics* 31, 456-462.

- Sebri, M. and Ben-Salha, O. (2014). On the Causal Dynamics Between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO_2 Emissions and Trade Openness: Fresh Evidence from BIRCS Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14-23.
- Sevüktekin, M. ve Çınar M. (2014). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi Eviews Uygulamalı*. Bursa: Dora Yayıncılık, 558-560.
- Seyidoğlu, H. (2006). *İktisat Biliminin Temelleri*. İstanbul, Güzem Can Yayınları, No: 21, 829.
- Smith, A. (1941), *Milletlerin Zenginliği*. Çev; Haldun Derin, Tütkiye İş Bankası Kültür Yayınları, Hasan Ali Yücel Klasikler Dizisi.
- Snowdon, B. and Vane, H. R. (2005). Modern Macroeconomics-Its Origins, Development, and Current State. UK: Edward Elgar.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65.-95.
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Sorrell, S. and Dimitropoulos J. (2007). UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect: Technical Report 5: Energy, productivity and economic growth studies. UKERC Report UKERC/WP/TPA/2007/013. UKERC. 13, 1 153.
- Stern, N. (1991). The Determinants of Growth. *The Economics Journal*, 101(404), 122-133.
- Sülkü, S. N. (2016). *Ekonometrik Teori*. Ankara: Gazi Kitabevi, 111.
- Şengül, S. ve Tuncer, İ. (2006). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: 1960 – 2000. *İktisat İşletme ve Finans*, 21(242), 69-80.
- Tatoğlu, F.Y. (2018). *İleri Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Tatoğlu, F.Y. (2020). *Panel Zaman Serileri Analizi Stata Uygulamalı*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Tiwari, A. K. (2011). Comparative Performance of Renewable and Nonrenewable Energy Source on Economic Growth and CO-2 Emissions of Europe and Eurasian Countries: A PVAR Approach. *Economics Bulletin*, 31(3): 2356-2372
- TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, (2010). Doğu Karadeniz Bölgesi HES Teknik Gezi Raporu, Ankara.
- TMMOB, (Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği), (2011). Hidroelektrik Santraller Raporu, Ankara.
- TMMOB, (Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği), (2018). Türkiye’nin Enerji Görünümü 2018 Oda Raporu, Ankara.

- TSKB, (Türkiye Sınai ve Kalkınma Bankası A.Ş.), (2020). Enerji Görünümü 2020.
- TTK, (Türkiye Taşkömürü Kurumu), (2019). 2018 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu. 26.
- Tugcu, C. T., Ozturk, I. ve Aslan, A. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries. *Energy Economics*, 34, 1942-1950.
- Türkiye Petrolleri, (2019). 2018 Yılı Ham petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu. Mayıs 2019.
- Ugetam, (İstanbul Uygulamalı Gaz ve Enerji Teknolojileri Araştırma Mühendislik Sanayi Ticaret A.Ş.) (2016). Genel Doğal Gaz, Ugetam Yayınları – 59.
- UNDP, (1996). Human Development Report 1996. *New York, Oxford University Press*, 5. <http://www.hdr.undp.org/en/content/human-development-report-1996>.
- USİAD (Ulusal Sanayici ve İşadamları Derneği). *Hidroelektrik Enerji İçin Acil Durum Tespiti ve Öneriler*, İstanbul, 2010.
- Westerlund, J. (2007). Testing for Error Correction in Panel Data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709-748.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data* Cambridge: The MIT Press.
- Wooldridge, J. M. (2013). *Ekonometriye Giriş Modern Yaklaşım*. (Çev. E. Çağlayan), Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Yang, M. and Yu, X., (2015). Energy Efficiency Benefits for Environmental and Society, New York. 1-2.
- Yazgan, E. (1983). Türkiye’de Güneş Enerjisi Kullanımı. *Elektrik Mühendisliği*, vol:300, Ankara.
- Yılmaz, Ö. ve Akıncı, M. (2012). *İktisadi Büyüme ve Makroekonomik Belirleyicileri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 10-11.





EKLER

EK-1. 6094 Sayılı Kanun Eki I Sayılı Cetvel

(Değişik:25/11/2020-7257/22 md.) I Sayılı Cetvel	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3 (ABD Doları cent/kWh)
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3 (ABD Doları cent/kWh)
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5 (ABD Doları cent/kWh)
ç. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dâhil)	13,3 (ABD Doları cent/kWh)
d. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3 (ABD Doları cent/kWh)
e. 10/5/2019 tarihinden itibaren bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu almaya hak kazanılan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisanssız elektrik üretim faaliyeti kapsamındaki tesisler	EPDK tarafından TL kuruş/kWh olarak ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli

EK-2. 6094 Sayılı Kanun Eki II Sayılı Cetvel

II Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı Fiyatları ⁽¹⁾ (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasele gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
C- Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekanik imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvertör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekanik imalatı	0,6
E- Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4- Buhar veya gaz türbini	2,0
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7- Kojenerasyon sistemi	0,4
F- Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Buhar veya gaz türbini	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

EK-3. Literatür Özeti

YAZAR, ÇALIŞMA YILI	ARAŞTIRMA DÖNEMİ	ARAŞTIRMA KAPSAMI	DEĞİŞKENLER	ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	SONUÇ
Chien, T., Hu, J. (2008)	2003	116 Ülke	GDP, REC, K, Ticaret Dengesi, Enerji İthalatı	Yapısal Eşitlik Modellemesi (SEM)	REC -- GDP
Sadorsky, P. (2009a)	1994-2003 Yıllık	Gelişmekte Olan 18 Ülke	REC, GDP	Panel Eşbütünleşme, FMOLS ve DOLS	REC – GDP (Kısa Dönem) REC ↔ GDP (Uzun Dönem)
Sadorsky, P. (2009b)	1980-2005 Yıllık	G-7 Ülkeleri	REC, GDP, CO2, Petrol Fiyatları	Panel Eşbütünleşme, FMOLS ve DOLS	REC ↔ GDP
Menyah, K. and Wolde-Rufael, Y. (2010)	1960–2007	ABD	REC, NEC, CO2, GDP	Granger Nedensellik	GDP → REC
Apergis & Payne (2010-A)	1992–2005 Yıllık	20 OECD Ülkesi	REC, GDP, K, L	Panel Eşbütünleşme Ve Nedensellik	REC ↔ GDP
Apergis & Payne (2010-B)	1992–2007 Yıllık	13 Avrasya Ülkesi	REC, GDP, K, L	Panel Eşbütünleşme Ve Nedensellik	REC ↔ GDP
Menegaki, A. N. (2011)	1997-2007 Yıllık	27 Avrupa Ülkesi	REC, TEC, GDP, CO2, L	Tek Yönlü REM, ECM ve Panel nedensellik	REC -- GDP
Tiwari, A. K. (2011).	1965–2009 Yıllık	16 Avrupa ve Avrasya Ülkesi	REC, NREC, GDP, CO2	Panel VAR	REC → GDP
Tugcu, C. T., Ozturk, I. ve Aslan, A. (2012)	1980–2009	G-7 Ülkeleri	REC, NREC, GDP	ARDL, Hatemi – J Nedensellik Testi	REC ↔ GDP
Ocal & Aslan 2013	1990–2010 Yıllık	Türkiye	REC, L, K, GDP	ARDL Eşbütünleşme ve Toda-Yamamoto Nedensellik	GDP → REC

EK-3. (devam) Literatür Özeti

YAZAR, ÇALIŞMA YILI	ARAŞTIRMA DÖNEMİ	ARAŞTIRMA KAPSAMI	DEĞİŞKENLER	ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	SONUÇ
Pao, H.T., and Fu, H.C. (2013)	1980-2010 Yıllık	Brezilya	REC, NREC, GDP, K, L	Johansen Eşbütünleşme ve ECM Nedensellik	REC → GDP
Kula, F. (2013)	1980 -2008	19 OECD Ülkesi	REC, GDP	Panel Eşbütünleşme, Panel Nedensellik	GDP → REC
Sebri M. and Ben-Salha O. (2014)	197 –2010 Yıllık	BRICS Ülkeleri	REC, CO ₂ , GDP, Ticaret dengesi	ARDL Sınır Testi ve VECM Granger Nedensellik testleri	GDP → REC
Maji, I. K. (2015)	1971-2011 Yıllık	Nijerya	REC, NEC, GDP	ARDL	REC → GDP
Büyükyılmaz, A. ve Mert, M. (2015)	1960–2010 Yıllık	Türkiye	CO ₂ , REC, GDP	MS-VAR Yöntemi, MS- Granger Nedensellik	REC ↔ GDP
Bakırtaş, İ. ve Çetin, M. A. (2016).	1992-2010	G-20 Ülkeleri	REC, GDP	Panel Eşbütünleşme, ECM	GDP → REC
Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Öztürk, I., & Bhattacharya, S. (2016)	1991–2012 Yıllık	Yenilenebilir Enerji Ülke Çekiciliği Endeksi (RECAI) yüksek 38 ülke	REC, GDP	Panel Eşbütünleşme, DOLS ve FMOLS, Panel Nedensellik	Seçilen ülkelerin %57'si için REC → GDP
Inglesi-Lotz, R. (2016)	1990–2010 Yıllık	OECD üyesi 34 Ülke	REC, GDP, K, L	Panel Eşbütünleşme, Havuzlanmış EKK	REC → GDP

EK-3. (devam) Literatür Özeti

YAZAR, ÇALIŞMA YILI	ARAŞTIRMA DÖNEMİ	ARAŞTIRMA KAPSAMI	DEĞİŞKENLER	ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	SONUÇ
Aslan, A., ve Öcal, O. (2016)	1990–2009 Yıllık	Avrupa Birliğine Yeni Üye Ülkeler	REC, GDP, K, L	ARDL, Hatemi-J Nedensellik	REC → GDP (1 ülke) GDP → REC (1 ülke) REC – GDP (5 ülke)
Boontome, P., Therdyothin, A. and Chontanawat, J. (2017)	1971-2013	Tayland	REC, NREC, CO2, GDP	Granger Nedensellik	REC → GDP
Kahia, M., Aïssa, M. S. B., & Lanouar, C. (2017)	1980–2012	MENA Ülkeleri	REC, NREC, K, L	Panel Granger Nedensellik, Panel ECM	REC ↔ GDP
Rafindadi, A. A., ve Öztürk, İ. (2017)	1971-2013 Çeyreklik	Almanya	REC, GDP, K, L	ARDL, Bayer- Hanck Eşbütünleşme, VECM Granger Nedensellik	REC ↔ GDP
Marinaş, M. C., Dinu, M., Socol, A. G. ve Socol, C. (2018).	1990 – 2014 Yıllık	AB üyesi 10 ODA ülkesi	REC, GSYİH	ARDL	REC ↔ GDP
Durğun, B. ve Durğun, F. (2018)	1980 – 2015 Yıllık	Türkiye	REC, GDP	ARDL Sınır Testi, Tado- Yamamoto Nedensellik Testi	REC → GDP
Bulut, U., and Muratoglu, G. (2018)	1990 – 2015	Türkiye	REC, GDP, NREC, K, L	ARDL Sınır Testi, Hatemi-J nedensellik	REC -- GDP

EK-3. (devam) Literatür Özeti

YAZAR, ÇALIŞMA YILI	ARAŞTIRMA DÖNEMİ	ARAŞTIRMA KAPSAMI	DEĞİŞKENLER	ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	SONUÇ
Eren, B. M., Taşpınar, N., ve Gökmenoğlu, K. K. (2019).	1971-2015 Yıllık	Hindistan	REC, GDP, Finansal Gelişmişlik İndeksi	Granger Nedensellik, DOLS	REC ↔ GDP
Koyuncu, T. ve Bayraç, H. (2020)	1990 – 2015 Yıllık	Hindistan	REC, GDP, K, L	ARDL Sınır Testi, VECM Nedensellik Testi	REC -- GDP (kısa dönem) REC ↔ GDP (Uzun dönem)
Öztürk, S. Ve Saygın, S. (2020)	1978 – 2016 Yıllık	Türkiye	REC, NREC, GDP, Teknolojik Gelişme	ARDL Sınır Testi, DOLS, FMOLS, CCR	REC → GDP
Not: REC: Yenilenebilir enerji tüketimini, NREC: Yenilenemeyen enerji tüketimini, GDP: Büyüme, L: Toplam işgücü ya da işgücüne katılım oranı, K: Sabit sermaye oluşumunu, CO2: Karbondioksit emisyonunu, TB: Ticaret Dengesini, TEC: Total enerji tüketimini göstermektedir. Ayrıca → simgesi değişkenler arasındaki tek yönlü ilişkiyi, ↔ çift yönlü ilişkiyi ve -- simgesi ise değişkenler arasında ilişki olmadığını göstermektedir.					

EK-4. Değişkenlere Ait Betimleyici İstatistikler

Değişken	Gözlem	Ortalama	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
lnGDP	320	28,02884	0,8865015	26.27732	30,53794
lnREC	320	26,31073	1,921708	21,38319	30,56444
lnK	320	26,50486	0,9231002	23,83085	28,99927
lnL	320	17,57331	0,9400473	16,07756	20,01953
Bu çalışmada tüm değişkenlere logaritmik dönüştürme uygulandığından betimleyici istatistikler araştırılırken dönüştürülmüş veri seti kullanılmıştır.					

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ARSLAN, Duygu Ümran

Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/ Ekonometri	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi, Ekonometri	2016
Lise	Arhavi Anadolu Lisesi	2012

Yabancı Dil

İngilizce

Bildiri

- Arslan, D. Ü. (2021, 15-17 Mayıs). Karbondioksit Emisyon, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi; G-20 Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi 6.Uluslararası Sosyoloji ve Ekonomi Kongresi, Ankara.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..

