

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**KÜRESEL ISINMANIN KONTROL ALTINA
ALINMASINDA TAKİP EDİLEN ENERJİ
POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİ: BİR SÜREKLİ
DALGACIK UYUMU MODELİ YAKLAŞIMI**

**Hazırlayan
Sevda KUŞKAYA**

**Danışman
Prof. Dr. Faik BİLGİLİ**

Doktora Tezi

**Mart 2018
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**KÜRESEL ISINMANIN KONTROL ALTINA
ALINMASINDA TAKİP EDİLEN ENERJİ
POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİ: BİR SÜREKLİ
DALGACIK UYUMU MODELİ YAKLAŞIMI**

(Doktora Tezi)

**Hazırlayan
Sevda KUŞKAYA**

**Danışman
Prof. Dr. Faik BİLGİLİ**

**Bu Çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından SDK-2017-7332 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Mart 2018
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

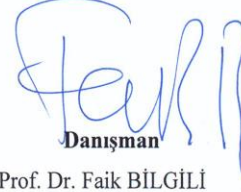
Sevda KUŞKAYA



“Küresel Isınmanın Kontrol Altına Alınmasında Takip Edilen Enerji Politikalarının Etkinliği: Bir Sürekli Dalgacık Uyumu Modeli Yaklaşımı” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Sevda KUŞKAYA



Danışman
Prof. Dr. Faik BİLGİLİ



İktisat Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Ferit KULA

KABUL ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Faik BİLGİLİ danışmanlığında Sevda KUŞKAYA tarafından hazırlanan “Küresel Isınmanın Kontrol Altına Alınmasında Takip Edilen Enerji Politikalarının Etkinliği: Bir Sürekli Dalgacık Uyumu Modeli Yaklaşımı” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü İktisat Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

09/03/2018
(Tez Savunma Sınav Tarihi Yazılacak)

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Faik BİLGİLİ

Üye : Prof. Dr. Ferit KULA

Üye : Prof. Dr. Levent ÇITAK

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim DOĞAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan KULOĞLU

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 02/04/2018 tarih ve 11 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

02/04/2018
Prof. Dr. Cevateddin ÇELİK
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

Doktora eğitimime başladığım ilk günden bugüne kadar, hem eğitim hayatımda hem de tez çalışmamın her aşamasında, bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, şartlar ne olursa olsun önceliğin her zaman bilim ve çok çalışmak olduğunu ifade eden ve akademik hayatta bana rol model olan danışmanım Prof. Dr. Faik BİLGİLİ'ye sabır ve emeklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamda katkılarından dolayı değerli arkadaşlarım, Dr. Pelin GENÇOĞLU ve Doç. Dr. F. Özlem GÜZEL'e teşekkür ederim. Özellikle, daima yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Sultan KUŞKAYA'ya, bedenen yanımda olamasa da varlığını her zaman hissettiğim babam Abdullah KUŞKAYA'ya ve diğer kıymetli aile bireylerime çok teşekkür ederim.

Sevda KUŞKAYA

Mart 2018, KAYSERİ

KÜRESEL ISINMANIN KONTROL ALTINA ALINMASINDA TAKİP EDİLEN ENERJİ POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİ: BİR SÜREKLİ DALGACIK UYUMU MODELİ YAKLAŞIMI

Sevda KUŞKAYA

**Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,
Doktora Tezi, Mart 2018
Danışman: Prof. Dr. Faik BİLGİLİ**

KISA ÖZET

Sera gazları, yeryüzü sıcaklığı üzerinde doğrudan etkisi olan ve yoğunluğu aşırı arttığında küresel ısınmaya yol açan atmosfer bileşenleridir. Artan enerji ihtiyacı ve beraberinde getirdiği küresel ısınma, ülkeler tarafından uygulanan enerji politikalarının kapsamının değişmesine yol açmıştır. Öne çıkan en önemli değişiklik, enerji politikalarının yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını teşvik etmesidir. Bu nedenle, ilgili literatür küresel ısınmanın kontrol altına alınmasında yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının, CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini önemle araştırmaktadır.

Karbondioksit emisyonu açısından dünyada ikinci sırada yer alan ABD hem enerji verilerine erişilebilirlik hem de kullanılan enerji değişkenlerinin yüksek frekansa sahip olmasından dolayı analizde tercih edilmiştir. Tezde dalgacık analiziyle, 1989:1-2017:8 dönemi ABD'nin enerji politikalarının etkinliği araştırılmıştır. Uygulanan enerji politikaları ile ilişkili olarak; yenilenebilir enerji (hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, odun enerjisi, atık enerjisi, biyoyakıt enerjisi, toplam biyokütle enerji ve toplam yenilenebilir enerji) kullanımı ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişki incelenmiştir. Analiz neticesinde; hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, odun enerjisi, biyoyakıt enerjisi ve toplam biyokütle enerjisi kullanımı ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişkinin negatif korelasyona sahip faz aralığında bulunduğu dönemler tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle, yenilenebilir enerji kaynağı kullanımının CO₂ emisyonuna öncülük ederek, emisyonu azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer taraftan analizde kullanılan değişkenler arasında bazı belirli aralıklarda değişkenlerin pozitif korelasyona da sahip oldukları ilgili faz aralığı analizlerinde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küresel Isınma, Enerji Politikası, Yenilenebilir Enerji, ABD Ekonomisi, Dalgacık Uyum Analizi.

**THE EFFECTIVENESS OF FOLLOWING ENERGY POLICIES IN THE
CONTROL OF GLOBAL WARMING: AN APPROACH CONTINUOUS
WAVELET COHERENCE MODEL**

Sevda KUŞKAYA

Erciyes University Social Sciences Institute,

PhD Thesis, March 2018

Supervisor: Prof. Dr. Faik BİLGİLİ

ABSTRACT

Greenhouse gases are atmospheric components that directly affect the earth's temperature and cause global warming when the intensity increases excessively. Increasing the energy demand and the global warming has caused some changes in the scope of energy policies applied by countries. The most significant change highlighted is that energy policies encourage the use of renewable energy sources. For this reason, it is important to investigate the effect of the usage of renewable energy sources on CO₂ emissions to control global warming.

USA, which is the second in the world in terms of carbon dioxide emissions, has been preferred for analysis because of both its accessibility to energy and the high frequency of energy used. With the wavelet analysis in this thesis, the effectiveness of US energy policies has been investigated in the period of 1989:1-2017:8. Within the relation to the energy policies implemented; the relationship between the use of renewable energy (hydropower, geothermal energy, solar energy, wind energy, wood energy, waste energy, biofuel energy, total biomass energy and total renewable energy) and CO₂ emissions has been examined. As a result of the analysis; periods in which there is a negative correlation between the use of hydroelectric energy, geothermal energy, wind energy, wood energy, biofuel energy and total biomass energy use and CO₂ emissions have been identified. In other words, it has been founded that the usage of the renewable energy source reduces the emission by leading to the CO₂ emission of usage. On the other hand, it has been determined that there is a positive correlation between the the variables used in the analysis at certain intervals.

Key Words: Global Warming, Energy Policy, Renewable Energy, US Economy, Wavelet Coherence Analysis.

İÇİNDEKİLER

KÜRESEL ISINMANIN KONTROL ALTINA ALINMASINDA TAKİP EDİLEN ENERJİ POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİ: BİR SÜREKLİ DALGACIK UYUMU MODELİ YAKLAŞIMI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL VE ONAY	iii
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR	iv
KISA ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KULLANIMI, SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

1.1. Güneş Işınları ve Hareketleri	5
1.2. Güneş Işınlara İlişkin Kavramlar	7
1.3. Enerji ve Enerji Sınıflamaları.....	10
1.3.1. Alternatif Enerji Kaynakları	12
1.3.1.1. Güneş Enerjisi.....	12
1.3.1.2. Rüzgar Enerjisi	13
1.3.1.3. Gel-Git (Tidal) Enerjisi.....	13
1.3.1.4. Hidroelektrik Enerjisi	14
1.3.1.5. Jeotermal Enerjisi	14
1.3.1.6. Biyokütle (Biomass) Enerjisi.....	15
1.3.2. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	17

1.3.2.1. Doğal Gaz.....	17
1.3.2.2. Kömür.....	17
1.3.2.3. Petrol	18
1.3.2.4. Nükleer Enerji (Uranyum ve Toryum)	18
1.4. İklim ve İklim Değişikliği.....	21
1.5. Sera Gazları.....	25
1.6. Sera Etkisi	29
1.7. Küresel Isınma	35

İKİNCİ BÖLÜM

ULUSLARARASI ÇEVRE SÖZLEŞMELERİ/KONFERANSLARI VE ABD ENERJİ POLİTİKALARI

2.1. Uluslararası Konferanslar ve Sözleşmeler.....	40
2.1.1. Stockholm Konferansı.....	40
2.1.2. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Konferansı)	41
2.1.2.1. Gündem 21	43
2.1.3. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi	43
2.1.4. Kyoto Protokolü	44
2.2. Amerika Birleşik Devletleri'nin Enerji Göstergeleri ve Enerji Politikaları.....	48
2.2.1. ABD Enerji Kaynakları.....	48
2.3. ABD'nin Enerji Politikaları	566
2.3.1. ABD'nin 1989-1999 Dönemi Enerji Politikaları	566
2.3.2. ABD'nin 2000-2016 Dönemi Enerji Politikaları	60

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KÜRESEL ISINMA VE SERA GAZI EMİSYONUNU AZALTMAYA YÖNELİK LİTERATÜR ÖZETİ

3.1. Yenilenebilir Enerji Kaynağı Kullanımı ve Sera gazı Emisyon Azaltımı ile İlgili Ampirik Çalışmalar.....	733
3.2. Enerji Politikaları ve Sera gazı Emisyon Azaltımı ile İlgili Ampirik Çalışmalar	866

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULANAN ENERJİ POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK AMPİRİK UYGULAMA

4.1. Sinyaller ve Zaman Serileri Temel Kavramlar	1055
4.2. Fourier Dönüşümü	1077
4.3. Kısa Zamanlı (Pencerelemiş) Fourier Dönüşümü	110
4.4. Dalgacık Dönüşümü	111
4.4.1. Dalgacık Türleri	113
4.4.1.1. Haar Dalgacığı.....	114
4.4.1.2. Daubechies Dalgacığı.....	115
4.4.1.3. Mexican Hat Dalgacığı.....	116
4.4.1.4. Meyer Dalgacığı	117
4.4.1.5. Symlet Dalgacığı	118
4.4.1.6. Coiflet Dalgacığı	119
4.4.1.7. Morlet Dalgacığı.....	120
4.4.2. Sürekli Dalgacık Uyumu Dönüşümü	123
4.4.3. Ayrık Dalgacık Uyumu Dönüşümü	125
4.5. Veri Seti ve Temel İstatistikî Özellikleri	127
4.6. Bulgular ve Değerlendirme.....	137
SONUÇ	201
KAYNAKÇA.....	206
ÖZ GEÇMİŞ	227

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ARRA	2009 Amerika İyileştirme ve Yeniden Yatırım Yasası
BM	Birleşmiş Milletler
BUT	İngiliz Isı Birimi
CFC	Kloroflorokarbonlar
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondioksit
CO ₂ -eş	Karbondioksit Eşdeğeri
DD	Dalgacık Dönüşümü
EISA	2007 Enerji Bağımsızlığı ve Güvenliği Yasası
EPA	ABD Çevre Koruma Ajansı
EPACT	Enerji Politika Yasası
FT	Fourier Dönüşümü
GWP	Küresel Isınma Potansiyeli
H ₂ O	Su
HFC _s	Hidrofluorokarbonlar
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
KZFT	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
MMT	Milyon Ton
N ₂	Nitrojen
N ₂ O	Nitrojenoksit
PFC _s	Perfluorokarbonlar
SDD	Sürekli Dalgacık Dönüşümü
SF ₆	Kükürtheksaflorit
SÜE	Sanayi Üretim Endeksi
UNEP	Birleşmiş Milletle Çevre Programı
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Doğal Yüzeylerin Albedo Değerleri	7
Tablo 1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantajları ve Dezavantajları.....	16
Tablo 1.3. Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırılması	19
Tablo 1.4. Alternatif ve Geleneksel Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması	20
Tablo 1.5. Su Buharı İçermeyen Havanın (Kuru Hava) Kimyasal Bileşimi ve Gaz Birikimleri.....	26
Tablo 1.6. Işınım Zorlamalar ve Yerküre Işınım Dengesi	28
Tablo 1.7. İnsan Aktivitelerine Dayanan Sera Gazları	32
Tablo 1.8. İnsan Aktivitelerine Dayanan Sera Gazlarının GWP Değerleri ve Yoğunlukları.....	33
Tablo 1.9. İklim Değişikliğinin Tespit Edilmesine Katkıda Bulunan Başlıca Çalışmalar	34
Tablo 2.1. Yıllar İtibariyle Yapılan Temel Uluslararası Çevre Sözleşmeleri ve Konferansların Özeti	47
Tablo 2.2. ABD'nin 1989-2016 Dönemine ait Seçilmiş Enerji Program/Plan ve Yasa Özeti	700
Tablo 4.1. Dalgacık Türlerinin Temel Özellikleri.....	122
Tablo 4.2. ABD'nin Enerji Kaynaklarına Ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	136

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 4.1.	ABD'nin Güneş Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği	128
Grafik 4.2.	ABD'nin Rüzgar Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği.....	129
Grafik 4.3.	ABD'nin Biyoyakıt Tüketimine Ait Trend Grafiği	129
Grafik 4.4.	ABD'nin Biyokütle Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği	130
Grafik 4.5.	ABD'nin Hidroelektrik Güç Tüketimine Ait Trend Grafiği	130
Grafik 4.6.	ABD'nin Odun Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği	131
Grafik 4.7.	ABD'nin Atık Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği	131
Grafik 4.8.	ABD'nin Jeotermal Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği.....	132
Grafik 4.9.	ABD'nin Toplam Yenilenebilir Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği.	132
Grafik 4.10.	ABD'nin Sanayi Üretim Endeksine Ait Trend Grafiği	133
Grafik 4.11.	ABD'nin Toplam Fosil Yakıt Tüketimine Ait Trend Grafiği	133
Grafik 4.12.	ABD'nin Nükleer Elektrik Güç Tüketimine Ait Trend Grafiği	134
Grafik 4.13.	ABD'nin Toplam Karbon Dioksit Emisyonuna Ait Trend Grafiği.....	135

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	İklim Sisteminin Bileşenleri	22
Şekil 1.2.	Sera Etkisinin Şematik Gösterimi	30
Şekil 1.3.	Küresel Isınma Neticesinde İklim Sisteminde Gözlemlenen Değişimler	36
Şekil 2.1.	ABD'nin Kaynaklarına Göre Fosil Yakıt Kaynaklı Birincil Enerji Tüketimi (1989-1999)	49
Şekil 2.2.	ABD'nin Kaynaklarına Göre Fosil Yakıt Kaynaklı Birincil Enerji Tüketimi (2000-2016)	49
Şekil 2.3.	ABD'nin Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Birincil Enerji Tüketimi (1989-1999).....	50
Şekil 2.4.	ABD'nin Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Birincil Enerji Tüketimi (2000-2016).....	50
Şekil 2.5.	ABD'nin Kaynaklarına Göre Birincil Enerji Tüketimi (1989-2016)	51
Şekil 2.6.	ABD'nin Birincil Enerji Kaynaklı Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Tüketimi (1989-2016)	52
Şekil 2.7.	ABD'nin Toplam Enerji İthalatı ve İhracatı (1989-2016).....	52
Şekil 2.8.	ABD'nin Elektrik Sektörü Tarafından Tüketilen Toplam Yenilenebilir Enerji (2010-2016)	53
Şekil 2.9.	ABD'nin Elektrik Sektörü Yenilenebilir Enerji Tüketimi Dağılımı (2010-2016)	54
Şekil 2.10.	ABD'nin Toplam Fosil Yakıt Kaynaklı Toplam CO ₂ Emisyonu (2010-2016)	54
Şekil 2.11.	ABD'nin Fosil Enerji Tüketimi Kaynaklı CO ₂ Emisyonu (1989-1999).....	55
Şekil 2.12.	ABD'nin Fosil Enerji Tüketimi Kaynaklı CO ₂ Emisyonu (2000-2016).....	55
Şekil 4.1.	Fourier Dönüşüm.....	109
Şekil 4.2.	Kısa Zamanlı Fourier Analizi	110
Şekil 4.3.	Dalgacık Dönüşümü	112

Şekil 4.4.	Haar Dalgacığı.....	115
Şekil 4.5.	Haar Ölçekleme Fonksiyonu	115
Şekil 4.6.	Daubechies Dalgacığı.....	116
Şekil 4.7.	Mexican Hat Dalgacığı.....	117
Şekil 4.8.	Meyer Dalgacığı	118
Şekil 4.9.	Symlet Dalgacığı	119
Şekil 4.10.	Coiflet Dalgacığı	119
Şekil 4.11.	Morlet Dalgacığıın Bileşenleri	120
Şekil 4.12.	Morlet Dalgacığı.....	121
Şekil 4.13.	Sürekli Dalgacık Dönüşümü İkinci Adım	124
Şekil 4.14.	Sürekli Dalgacık Dönüşümü Üçüncü Adım	125
Şekil 4.15.	Sürekli Dalgacık Dönüşümü Dördüncü Adım	125
Şekil 4.16.	Ayrık Dalgacık Dönüşümü.....	127
Şekil 4.17.	Faz Bandındaki Konumlarına Göre Değişkenler Arasındaki İlişkiler.....	138
Şekil 4.18.	Dalgacık Uyumu (Hidroelektrik,CO ₂).....	139
Şekil 4.18.1.	1~3 Frekans Bandı.....	139
Şekil 4.18.2.	3~8 Frekans Bandı.....	139
Şekil 4.19.	Kısmi Dalgacık Uyumu (Hidroelektrik,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE)	140
Şekil 4.19.1.	1~3 Frekans Bandı.....	141
Şekil 4.19.2.	3~8 Frekans Bandı.....	141
Şekil 4.20.	Kısmi Dalgacık Uyumu (Hidroelektrik, CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, SÜE)	142
Şekil 4.20.1.	1~3 Frekans Bandı.....	143
Şekil 4.20.2.	3~8 Frekans Bandı.....	143
Şekil 4.21.	Kısmi Dalgacık Uyumu (Hidroelektrik,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, Nüklr)	144
Şekil 4.21.1.	1~3 Frekans Bandı.....	144
Şekil 4.21.2.	3~8 Frekans Bandı.....	145

Şekil 4.22. Dalgacık Uyumu (Jeotermal,CO ₂).....	146
Şekil 4.22.1. 1~3 Frekans Bandı.....	146
Şekil 4.22.2. 3~8 Frekans Bandı.....	146
Şekil 4.23. Kısmi Dalgacık Uyumu (Jeotermal,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE)	147
Şekil 4.23.1. 1~3 Frekans Bandı.....	148
Şekil 4.23.2. 3~8 Frekans Bandı.....	148
Şekil 4.24. Kısmi Dalgacık Uyumu (Jeotermal,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, SÜE).....	149
Şekil 4.24.1. 1~3 Frekans Bandı.....	149
Şekil 4.24.2. 3~8 Frekans Bandı.....	150
Şekil 4.25. Kısmi Dalgacık Uyumu (Jeotermal,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, Nükleer).....	151
Şekil 4.25.1. 1~3 Frekans Bandı.....	151
Şekil 4.25.2. 3~8 Frekans Bandı.....	152
Şekil 4.26. Kısmi Dalgacık Uyumu (Güneş,CO ₂)	153
Şekil 4.26.1. 1~3 Frekans Bandı.....	153
Şekil 4.26.2. 3~8 Frekans Bandı.....	153
Şekil 4.27. Kısmi Dalgacık Uyumu (Güneş,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE)	154
Şekil 4.27.1. 1~3 Frekans Bandı.....	155
Şekil 4.27.2. 3~8 Frekans Bandı.....	155
Şekil 4.28. Kısmi Dalgacık Uyumu (Güneş,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, SÜE).....	156
Şekil 4.28.1. 1~3 Frekans Bandı.....	156
Şekil 4.28.2. 3~8 Frekans Bandı.....	157
Şekil 4.29. Kısmi Dalgacık Uyumu (Güneş, CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, Nükleer).....	158
Şekil 4.29.1. 1~3 Frekans Bandı.....	158
Şekil 4.29.2. 3~8 Frekans Bandı.....	159
Şekil 4.30. Kısmi Dalgacık Uyumu (Rüzgar, CO ₂).....	160
Şekil 4.30.1. 1~3 Frekans Bandı.....	160

Şekil 4.30.2. 3~8 Frekans Bandı.....	160
Şekil 4.31. Kısmi Dalgacık Uyumu (Rüzgar, CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, Nüklr, SÜE)	161
Şekil 4.31.1. 1~3 Frekans Bandı.....	162
Şekil 4.31.2. 3~8 Frekans Bandı.....	162
Şekil 4.32. Kısmi Dalgacık Uyumu (Rüzgar,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, SÜE).....	163
Şekil 4.32.1. 1~3 Frekans Bandı.....	163
Şekil 4.32.2. 3~8 Frekans Bandı.....	164
Şekil 4.33. Kısmi Dalgacık Uyumu (Rüzgar,CO ₂ , TBiyokütle, TFosil, Nükleer)	165
Şekil 4.33.1. 1~3 Frekans Bandı.....	165
Şekil 4.33.2. 3~8 Frekans Bandı.....	166
Şekil 4.34. Kısmi Dalgacık Uyumu (Odun, CO ₂)	167
Şekil 4.34.1. 1~3 Frekans Bandı.....	167
Şekil 4.34.2. 3~8 Frekans Bandı.....	167
Şekil 4.35. Kısmi Dalgacık Uyumu (Odun, CO ₂ , Biyoyakıt, TFosil, Nüklr, SÜE) ..	168
Şekil 4.35.1. 1~3 Frekans Bandı.....	169
Şekil 4.35.2. 3~8 Frekans Bandı.....	169
Şekil 4.36. Kısmi Dalgacık Uyumu (Odun, CO ₂ , Biyoyakıt, TFosil, SÜE).....	170
Şekil 4.36.1. 1~3 Frekans Bandı.....	170
Şekil 4.36.2. 3~8 Frekans Bandı.....	171
Şekil 4.37. Kısmi Dalgacık Uyumu (Odun, CO ₂ , Biyoyakıt, TFosil, Nükleer)	172
Şekil 4.37.1. 1~3 Frekans Bandı.....	172
Şekil 4.37.2. 3~8 Frekans Bandı.....	173
Şekil 4.38. Kısmi Dalgacık Uyumu (Atık, CO ₂)	174
Şekil 4.38.1. 1~3 Frekans Bandı.....	174
Şekil 4.38.2. 3~8 Frekans Bandı.....	174
Şekil 4.39. Kısmi Dalgacık Uyumu (Atık, CO ₂ , Biyoyakıt, TFosil, Nükleer, SÜE)	175
Şekil 4.39.1. 1~3 Frekans Bandı.....	176

Şekil 4.39.2. 3~8 Frekans Bandı.....	176
Şekil 4.40. Kısmi Dalgacık Uyumu (Atık,CO ₂ , Biyoyakıt, TFosil, SÜE)	177
Şekil 4.40.1. 1~3 Frekans Bandı.....	177
Şekil 4.40.2. 3~8 Frekans Bandı.....	178
Şekil 4.41. Kısmi Dalgacık Uyumu (Atık,CO ₂ , Biyoyakıt, TFosil, Nükleer)	179
Şekil 4.41.1. 1~3 Frekans Bandı.....	179
Şekil 4.41.2. 3~8 Frekans Bandı.....	180
Şekil 4.42. Kısmi Dalgacık Uyumu (Biyoyakıt, CO ₂).....	181
Şekil 4.42.1. 1~3 Frekans Bandı.....	181
Şekil 4.42.2. 3~8 Frekans Bandı.....	181
Şekil 4.43. Kısmi Dalgacık Uyumu (Biyoyakıt, CO ₂ , Odun, TFosil, Nükleer, SÜE)	182
Şekil 4.43.1. 1~3 Frekans Bandı.....	182
Şekil 4.43.2. 3~8 Frekans Bandı.....	183
Şekil 4.44. Kısmi Dalgacık Uyumu (Biyoyakıt,CO ₂ , Odun, TFosil, SÜE).....	184
Şekil 4.44.1. 1~3 Frekans Bandı.....	184
Şekil 4.44.2. 3~8 Frekans Bandı.....	185
Şekil 4.45. Kısmi Dalgacık Uyumu (Biyoyakıt, CO ₂ , Odun, TFosil, Nükleer)	185
Şekil 4.45.1. 1~3 Frekans Bandı.....	186
Şekil 4.45.2. 3~8 Frekans Bandı.....	186
Şekil 4.46. Kısmi Dalgacık Uyumu (TBiyokütle, CO ₂)	187
Şekil 4.46.1. 1~3 Frekans Bandı.....	187
Şekil 4.46.2. 3~8 Frekans Bandı.....	188
Şekil 4.47. Kısmi Dalgacık Uyumu (TBiyokütle, CO ₂ , Hidroelektrik, TFosil, Nükleer, SÜE)	188
Şekil 4.47.1. 1~3 Frekans Bandı.....	189
Şekil 4.47.2. 3~8 Frekans Bandı.....	189
Şekil 4.48. Kısmi Dalgacık Uyumu (TBiyokütle, CO ₂ , Hidroelektrik, TFosil, SÜE)	190

Şekil 4.48.1. 1~3 Frekans Bandı.....	191
Şekil 4.48.2. 3~8 Frekans Bandı.....	191
Şekil 4.49. Kısmi Dalgacık Uyumu (TBiyokütle, CO ₂ , Hidroelektrik, TFosil, Nüklr)	192
Şekil 4.49.1. 1~3 Frekans Bandı.....	192
Şekil 4.49.2. 3~8 Frekans Bandı.....	193
Şekil 4.50. Kısmi Dalgacık Uyumu (TYEnerji, CO ₂)	194
Şekil 4.50.1. 1~3 Frekans Bandı.....	194
Şekil 4.50.2. 3~8 Frekans Bandı.....	195
Şekil 4.51. Kısmi Dalgacık Uyumu (TYEnerji, CO ₂ , TFosil, Nükleer, SÜE)	195
Şekil 4.51.1. 1~3 Frekans Bandı.....	196
Şekil 4.51.2. 3~8 Frekans Bandı.....	197
Şekil 4.52. Kısmi Dalgacık Uyumu (TYEnerji, CO ₂ , TFosil, SÜE)	197
Şekil 4.52.1. 1~3 Frekans Bandı.....	198
Şekil 4.52.2. 3~8 Frekans Bandı.....	198
Şekil 4.53. Kısmi Dalgacık Uyumu (TYEnerji, CO ₂ , TFosil, Nükleer).....	199
Şekil 4.53.1. 1~3 Frekans Bandı.....	199
Şekil 4.53.2. 3~8 Frekans Bandı.....	200

GİRİŞ

Son yıllarda, birbirleriyle ilintili olan sera gazı etkisi ve küresel ısınma kavramı hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin ortak sorunu haline gelmiştir. Dünya yüzeyinde uzun dalga boylarına sahip radyasyonu tutan belirli gazlar bulunmaktadır (Mitchell, 1989). Sera gazları olarak adlandırılan bu gazlar, hesaplanan küresel sıcaklığın -18°C 'den $+15^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselmesine neden olmaktadır. Meydana gelen bu ısınma olayı, doğal sera etkisi olarak adlandırılmaktadır (Mitchell, 1989, 115). Bu etki, atmosferdeki sera gazlarının sıcaklığı tutmaları neticesinde ortaya çıkmakta ve yeryüzünü, canlıların yaşayabileceği ortam sıcaklığına getirmektedir. Bu nedenle, doğal sera gazları ve sera etkisi yeryüzü için önemli ve gereklidir.

Karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitrojen oksit (N_2O) ve su buharı (H_2O) atmosferde yer alan en güçlü ve en uzun ömürlü sera gazlardır. Genel olarak; atmosferdeki gazlar dikkate alındığında sera etkisinin temel belirleyicileri, CO_2 ve H_2O gazlarıdır. Doğal olarak atmosferde bulunan sera gazlarının seviyeleri ve yoğunlukları zamanla değişebilmektedir. Bu değişimin en önemli kaynaklarından birisi, insan aktiviteleridir. Temel iki sera gazı açısından bakıldığında ise, insan faaliyetlerinin CO_2 üzerinde doğrudan etkisi görülürken, su buharı üzerinde doğrudan etkisinin olmadığı görülmektedir (Wallington et al., 2009, 7). Bu nedenle, bu tezde esas olarak CO_2 emisyonu ele alınmış ve CO_2 'nin emisyon yoğunluğu üzerindeki etkisi, yeni ve orijinal olabilecek bir teknikle araştırılmıştır.

Toplumların üretim ve tüketim faaliyetleri neticesinde oluşan sera gazlarının zamanla atmosferdeki yoğunlukları da artış göstermiştir. Bu artış sonucunda, yeryüzüne yakın atmosfer tabakaları ile yeryüzü sıcaklığı da yapay olarak artmıştır. Devam eden bu sıcaklık artışı küresel ısınmaya neden olmuştur (Bayraç, 2010, 232). Küresel ısınmanın etkileri birçok alanda kendini göstermektedir. Küresel ısınmanın, ekolojik etkilerinin yanı sıra sosyo-ekonomik etkileri de bulunmaktadır. Okyanusların ısınması, deniz

seviyesinin yükselmesi, buzulların erimesi ve Kuzey Yarımküre’de karla kaplı alanların azalması, küresel ısınmanın neden olduğu bazı olumsuz ekolojik olaylardır. Bu bağlamda da Dünya’nın geleceği açısından sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının önemi giderek artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma; çevre değerlerinin ve doğal kaynakların savurganlığa yol açmayacak biçimde akılcı yöntemlerle, bugünkü ve gelecek kuşakların hak ve yararlarını da göz önünde bulundurarak, kullanılması ilkesinden özveride bulunmaksızın, ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan çevreci dünya görüşü şeklinde tanımlanmaktadır (Keleş, 1998, 112). Bu çerçevede küresel ısınma sorunu, sürdürülebilir kalkınmanın temel ilkesini oluşturan “gelecek nesillerin ihtiyaçlarının riske atılmaması” koşulunu tehlikeye atmaktadır. Bu sorunun doğal süreci olarak, artan enerji ihtiyacı ve beraberinde getirdiği küresel ısınma, ülkeler tarafından uygulanan enerji politikalarının kapsamı ve etkinliğinin zamanla değişmesine yol açmıştır. Başta gelişmiş ülkeler olmak üzere uygulanan enerji politikaları, küresel ısınma boyutunu da dikkate alarak hazırlanmaktadır. Bu nedenle, küresel ısınmanın kontrol altına alınmasına yönelik hazırlanan “Uygulanan enerji politikaları, küresel ısınma ve sera gazı emisyonunu azaltmada ne kadar başarılıdır?” sorusu önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu araştırmanın etkin bir şekilde yürütülebilmesi için ön koşul, ilgili değişkenlere ait gözlemlerin yüksek frekansa sahip olmaları gerekliliğidir. Bu amaç doğrultusunda, (i) yüksek frekansa sahip enerji üretim ve tüketim verilerine sahip olması, (ii) diğer takip edilebilecek yüksek frekanslı kontrol değişkenlere sahip olması, (iii) araştırma örneklemini olarak sera gazı emisyonu açısından Dünya’daki ikinci ülke konumunda olması, (iv) 18. yüzyıldan bu yana, yasama birimlerinin önemle üzerinde durdukları enerji politikalarının varlığı, (v) bu mevcut enerji politikalarının sonuçlarının analiz edilebilecek olması ve (vi) enerji verilerine de erişilebilirlik açısından, bu tezde Amerika Birleşik Devletleri’nin enerji ve enerji politikalarına ait veriler takip edilmektedir. Veri kısıtı dikkate alınarak analize, 1989:1-2017:8 dönemi dahil edilmiştir.

Araştırma amacı doğrultusunda, “dalgacık analizi (wavelet analysis)” yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem diğer zaman serisi analizlerden farklı olarak, değişkenlerin hem zaman hem de frekans boyutunda analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca dalgacık analizi, hem bütün alt örneklemeler için iki değişken arasında (bu tezin bağımlı ve bağımsız değişken diye tanımlayabileceği iki değişken arasında) hem de diğer ilgili

kontrol değişkenleri takip ederek, değişkenler arasındaki nedenselliğin var olup olmadığını araştırmaktadır. Böylece dalgacık ve kısmi dalgacık uyumu analizleri ile bu tez, değişkenler arasındaki nedenselliğin hangi dalga boyutunda mevcut olduğunu ve bu nedensellikte hangi değişkenin öncül ve hangi değişkenin takip eden değişken olduğu hakkında bilgi vermektedir.

Tez çalışmasında kullanılan dalgacık uyumu yöntemi enerji politikasının etkinliğinin araştırılmasında ilk kez kullanılmıştır. Bu nedenle bu tezin, literatürde var olan çalışmalardan farklı zgn bir değere sahip olduğu ve elde edilen bulguları ile literatüre katkı sağlayacağı varsayılmaktadır. Ayrıca, bugünün ve geleceğin önemli konularından biri olan küresel ısınmanın, enerji politikaları açısından derinlemesine incelenmesi ve elde edilen bulgularının, pratiğe yönelik önemli öneriler sunması araştırmanın amaçları arasında yer almaktadır.

Tez dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, öncelikle tezin motivasyonuna yer verilmiştir. Daha sonra enerji kullanımı, sera etkisi ve küresel ısınma kavramları açıklanmıştır. İkinci bölümde, uluslararası sözleşmeler ve ABD'nin enerji politikaları yer almaktadır. Bölüm dâhilinde öncelikle uluslararası konferanslar ve sözleşmelere (Stockholm Konferansı, Birleşmiş Milletler evre Ve Kalkınma Konferansı (Rio Konferansı), Gündem 21, İklim Değişikliği ereve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü) yer verilmiştir. Daha sonra ABD'nin çeşitli enerji göstergeleri değerlendirilerek; ABD enerji politikaları, 1989-1999 yılları ve 2000-2016 yılları olmak üzere iki ayrı dönem halinde incelenmiştir. Araştırmanın nc bölümünde, tez konusu ile ilgili çalışmaların yer aldığı literatür özetine yer verilmiştir. Bu alışmalar, “yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı ve sera gazı emisyon azaltımı ile ilgili ampirik çalışmalar” ve “enerji politikaları ve sera gazı emisyon azaltımı ile ilgili ampirik çalışmalar” olmak üzere iki alt grupta değerlendirilmiştir. Son bölümde ise, tezin ampirik uygulamasında kullanılacak olan “dalgacık analizi” yönetimi ele alınmıştır. Bu bağlamda, öncelikle konu ile alakalı temel kavramlar açıklanmış bunun ardından dalgacık dönüşümü, dalgacık türleri, sürekli dalgacık uyumu dönüşümü ve ayrıık dalgacık dönüşümü ele alınırken, tanımlayıcı istatistikler, dalgacık analizi ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KULLANIMI, SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

Çalışmanın birinci bölümünde küresel ısınma, iklim değişikliği ve bu değişikliklere neden olan sera gazları ele alınmıştır. Bu bağlamda, öncelikle iklim değişikliğini açıklayabilmek için güneş ışınları ve hareketleri, güneş ışınlarına ilişkin kavramlar, enerji ve enerji sınıflamaları, iklim ve iklim değişikliği, sera gazları, sera etkisi ve son olarak küresel ısınma kavramlarına yer verilmiştir.

Tezin Motivasyonu

Sürdürülebilir kalkınma kavramı özellikle 1980’li yıllarda çevreci uluslararası kuruluşların kullandığı bir ifade olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma “Çevre değerlerinin ve doğal kaynakların savurganlığa yol açmayacak biçimde akılcı yöntemlerle, bugünkü ve gelecek kuşakların hak ve yararları da göz önünde bulundurularak kullanılması ilkesinden özveride bulunmaksızın, ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan çevreci dünya görüşü” şeklinde tanımlanmaktadır (Keleş,1998,112). Çevreciler ekonomik büyüme ve çevrenin korunması arasındaki dengeyi tanımlamak için “sürdürülebilir” ifadesini kullanmayı tercih etmektedirler (Todaro and Smith, 2006, 471). Sürdürülebilir kalkınma ise teknik olarak Brundland Raporu (1987)’nda tanımlanmıştır. Rapora göre, sürdürülebilir kalkınma gelecek nesillerin ihtiyaçlarını riske atmadan mevcut neslin gereksinimlerinin karşılanması şeklinde tanımlanmıştır. Bu bakımdan, küresel ısınma ile birlikte dünyadaki doğal kaynakların yok oluyor olması, sürdürülebilir kalkınmanın temel ilkesini oluşturan “gelecek nesillerin ihtiyaçlarının riske atılması” koşulunu tehlikeye atmaktadır. Dolayısıyla, küresel ısınmanın kontrol altına alınması, mevcut kaynakların hem bugünkü hem de gelecekteki nesillerin taleplerini karşılaması bakımından büyük önem arz etmektedir. Sürekli artan enerji ihtiyacı ve beraberinde getirdiği küresel ısınma, ülkeler tarafından uygulanan enerji politikalarının kapsamı ve etkinliğinin değişmesine

yol açmıştır. Başta gelişmiş ülkeler olmak üzere uygulanan enerji politikaları, küresel ısınma boyutunu da dikkate alarak hazırlanmaktadır. Bu doğrultuda hazırlanan enerji politikalarının etkinliğinin ölçülmesi önemli hale gelmektedir. Politika etkinliğinin temel ölçütü, hem küresel ısınmanın kontrol altına alması hem de enerji talebinin karşılanmasıdır. Bu nedenle, küresel ısınmanın kontrol altına alınmasına yönelik hazırlanan enerji politikalarının ne ölçüde başarılı olduklarının araştırılması çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

1.1. Güneş Işınları ve Hareketleri

Evren, güneş ve çevresindeki gezegenlerden meydana gelen güneş sisteminin bir parçasıdır. Dünya açısından sistemin en önemli elemanı güneştir. Güneş dünyanın temel ısı ve ışık kaynağıdır. Güneşin olmadığı bir ortamda yeryüzü sıcaklığı -273°C olacaktır (Erol, 2004, 28). Bu nedenle güneş, yeryüzünü yaşanabilir sıcaklık düzeyine getiren önemli bir enerji kaynağıdır.

Güneş enerjisi üç farklı ışıma sahiptir. Toplam güneş enerjisinin %7'si mor ötesi ışıma (ultraviyole), %47'si görünür ışıma ve %46'sı kızıl ötesi ışımdan oluşur (Jayakumar, 2009, 15). Güneş ışınları 150 milyon kilometre uzaklıktan, yaklaşık olarak sekiz dakikada dünyaya ulaşırlar (IEA, 2011, 31). Yeryüzüne ulaşan ışınların miktarının kalite ve doğrultusu, atmosferdeki yama ve soğurma özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterirler. Güneşten gelen ışınlar yeryüzünden geçerken bir miktarı soğurulur (absorbe edilir). Söz konusu soğurmalar, yeryüzünü oluşturan gazlardan ve toz parçacıklarından kaynaklanır. Yer küreden yaklaşık 25 km yükseklikte bulunan ışımların mor ötesi kısmını kesen bir bölge bulunur. Bu bölgeye **ozon tabakası** adı verilir. Ozon tabakasında küçük dalga boylarına sahip mor üstü ışınlar soğurulur. Gerçekleşen soğurma, özellikle canlılar için önem arz etmektedir. Çünkü mor ötesi ışınların, enerji değeri yüksektir ve bu ışınların canlıların sağlıkları üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu yönüyle ozon tabakasındaki mor ötesi ışımanın soğurulması, yeryüzündeki canlı yaşamı için oldukça önemlidir (Öztürk, 2008, 18)

Görünür bölge ve kırmızı altı bölgelerdeki ışınlar, havadaki gaz molekülleri ve toz parçacıklarıyla etkileşim sonucu saçılırlar. Saçılmalar her yöne ve farklı dalga boylarında gerçekleşmektedir. Mavi renge karşılık gelen dalga boyları, kırmızı renge karşılık gelen dalga boylarından daha çok saçılma özelliğine sahiptir. Bu özellik,

yeryüzünden bakıldığında gökyüzünün mavi renkte görünmesini sağlamaktadır (Öztürk, 2008, 19).

Özetle, gelen güneş ışınlarının atmosfere girdikten sonra uğradığı değişim şu şekilde sıralanabilmektedir (Yalçın vd., 2005, 133):

- Işınların %25'i atmosfer içinde zerrelere ve bulutlara çarparak kırılır ve tekrar uzaya yansır. Bu olaya **kırılma/yansıma** ya da **refleksiyon** denir.
- Işınların %25'i atmosfer içinde yayılır bu olaya **difüzyon** denir.
- Işınların %15'i atmosfer tarafından soğurulur bu nedenle doğrudan atmosfer ısınmış olur. Bu olaya **absorbsiyon** (soğurma) denir.
- Işınların %8'i atmosferi geçtikten sonra yeryüzüne çarpıp tekrar uzaya yansıtılır.
- Işınların kalan %27'si ise, yeryüzünü doğrudan ısıtır.

Gelen ışınların %67'si atmosfer içinde ve yeryüzünde aydınlatıcı veya ısıtıcı bir etki yaratır. Geriye kalan ışınlar ise, kısa dalga boylarına sahiptir ve tekrar yansıtılır. Işınların başlangıçta, atmosferden yansıyan %25 ile yeryüzüne çarpıp tekrar yansıyan %8'i yani toplamda %33 oranındaki enerji hiçbir değişikliğe uğramadan yine kısa dalgalı ışınlar halinde uzaya geri dönmektedir. Bu ışınların atmosfer ve yeryüzü üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Yerden, bulutlardan ve atmosferden yansıyan bu ışınlar **albedo** olarak adlandırılmaktadır (Erol, 2004, 32-33). Albedo Latince beyazlık anlamına gelir ve gelen güneş ışınımının yüzey tarafından yansıtılan ışınım oranını ifade etmektedir (Coakley, 2003, 1914). Albedo yer yüzeyinin yapısına ve türüne bağlı olarak farklı değerler almaktadır. Albedo değeri 0–1 aralığında değerlere sahip olmaktadır (Dobos, 2006, 64). Farklı doğal yüzey türlerinin sahip oldukları albedo değerlerine Tablo 1.1.' de ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

Tablo 1.1. Doğal Yüzeylerin Albedo Değerleri

Doğal Yüzey Türleri	Yaklaşık Albedo Aralık Değerleri
Kara Cisim	0
Ormanlar	0.05-0.2
Mera/Çayır ve ekili arazi	0.1-0.25
Koyu Renkli Toprak Yüzeyler	0.1-0.2
Kuru Kumlu Toprak	0.25-0.45
Kuru Çamurlu/Killi Toprak	0.15-0.35
Kum	0.2-0.4
Yeryüzünün Ortalama Albedosu	0.36
Granit/Taş	0.3-0.35
Buzul Buz (Glacial İce)	0.3-0.4
Açık Renkli toprak Yüzeyler	0.4-0.5
Kuru Tuz Örtüsü	0.5
Temiz/Taze, Derin Kar	0.9
Su	0.1-1
Tam Beyaz Yüzey	1

Kaynak: Dabos Endre, Albedo, Encyclopedia of SoilScience, vol.1, Taylor & Fracis, New York, ss.65,2006.

Tablo 1.1.'den anlaşılacağı üzere, toprak türlerinin, bitkilerin ve yüzeylerin renklerine göre albedo değerleri farklılık göstermektedir. Kara cismin (black body), albedosu sıfırdır yani bu durum, hiçbir ışını yansıtmayan ve geçirmeyen bir cisim olduğu anlamına gelmektedir. Tam beyaz yüzeyin albedo değeri 1'dir. Bu durumda cisim, gelen güneş ışınının tamamını yansıtmaktadır. Su yüzeyi ise, güneş ışınlarının gelme açısına bağlı olarak 0.1–1 arasında değişen bir değer almaktadır. Son olarak; tablodaki değerler dikkate alındığında, açık renkli yüzeylerin koyu renkli yüzeylere oranla albedo değerlerinin yüksek olduğu yani ışınları yansıtmada daha güçlü oldukları görülmektedir.

1.2. Güneş Işınlara İlişkin Kavramlar

Güneş ışınlarına yönelik dikkate alınması gereken temel kavramlar; ışık, ışıyım radyasyon, ışıma, elektromanyetik dalgalar, frekans, ısı, ısı iletimi ve ısı taşınımı şeklinde sıralanabilmektedir. **Işık**, insan gözünün duyarlılığına dayanan ve

elektromanyetik spektrum¹ içerisinde, yaklaşık 380-720 nm dalga boylarında görünürlüğe sahip ışınım enerjisidir (Öztürk, 2008, 7). **Işınım (radyasyon)** ise, enerjinin dalgalar (ses dalgaları ve elektro manyetik dalgalar) ya da akım parçacıkları (α ve β gibi) formunda akmasıdır (CNSC, 2012, 1; McDonald, 2015, 1). Ayrıca ışınım, bütün cisimlerin yüzeylerinde meydana gelen enerji yayımıdır. Bu enerji, ısıma enerjisi ya da radyant enerjisi olarak adlandırılır ve ışık hızı ile yayılır. Yayılan enerji kendisi için saydam olmayan bir cisim üzerine düşer ise cisim tarafından soğurulur ve ısıya dönüştürülür (Haag and Bliss, 1974, 369). Işınım, radyasyon olarak da adlandırılmaktadır. Güneşten gelen ışınların bir kısmı görünen, bir kısmı da görünmeyen ışınlardır. Hem görünen hem de görünmeyen ışınlar, atmosfere girdikleri anda dağılıp birbirinden ayrılırlar. Ayrılan ışınlar; cisimlere çarptığı anda yansır, kırılırlar ve dalga uzunluklarına göre atmosfer içinde yutulup emilirler. Sonunda ise, tekrar uzaya dönerler. Yerküre, güneşin yaydığı enerjinin ancak iki milyonda birini alabilir. Aldığı enerji oransal olarak çok düşük olmasına rağmen, enerji bakımından oldukça büyük bir miktara denk gelmektedir (Yalçın vd., 2005, 132). **Işıma**, enerjinin ışık hızında boş ortam içinde akması olayına verilen addır. Başka bir ifade ile enerjinin elektro manyetik dalgalar halinde yansmasıdır. Cisimler arasındaki ısı farkı, meydana gelecek ısıma üzerinde etkili bir faktördür. Sıcak bir cismin yaymış olduğu elektromanyetik dalgalar başka bir cisme rastladığında, üç durum meydana gelmektedir. Birinci durumda, elektromanyetik dalgaların bir kısmı bu cisimden geri yansır. İkinci durumda, elektromanyetik dalgaların bir kısmı, cismin iç bölgelerine nüfus eder. Son olarak dalgaların bir kısmı da ısıya dönüşür ve çarptığı cismi ısıtır. Herhangi bir hacim içine yerleştirilen biri sıcak diğeri soğuk olan iki cisim arasında ısıma ile ısı transferi her zaman vardır. Sıcak cismin ısıma ile yaydığı enerji, soğurduğu enerjiden daha fazla olacaktır. Soğuk olan cisim ise, yaydığından daha fazla enerji soğurulacaktır. ısıma ile enerji transferi iki cisim aynı sıcaklığa gelinceye kadar devam edecektir. Ancak bu şekilde yayılan ve soğurulan enerji miktarları eşit seviyeye gelecektir (Acaroğlu, 2007, 7). Özet olarak, düşük sıcaklıklar daha az ışınım enerjisi yayılmasına neden olurken, yüksek sıcaklıklar ışınım ile daha fazla enerji yayılmasına neden olurlar (Öztürk, 2008, 29). **Frekans**, dalga hareketinin ölçüsüdür ve hareketin miktar olarak tanımlanan bir özelliğini ifade eder. Ayrıca frekans, bir olayın birim sürede hangi sıklıkla kaç defa

¹ **Elektromanyetik Spektrum:** Elektromanyetik ışınımın, frekans veya dalga boylarına göre dağılımıdır (<https://global.britannica.com/science/electromagnetic-spectrum> Erişim Tarihi: 07.07.2016).

tekrarlandığını gösterir (Öztürk, 2008, 7). **Isı**, sadece sıcaklık farkından kaynaklanan bir sistem² ile çevresi³ arasında ki alışverişi ifade eder. Bir cismin çeşitli kısımları arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan enerji aktarımına ise **ısı iletimi** denir (Halliday and Resnick, 1985, 362).

Isı ve sıcaklık kavramları genellikle birbirleri ile karıştırılan ifadelerdir. Cisimlerin en küçük taneleri olan moleküller, kütleleri içerisinde sahip oldukları ısı enerjisi nedeniyle sürekli olarak hareket ve titreşim halinde bulunurlar. Moleküllerin titreşimi; katı haldeki cisimlerde oldukları yerde ve kısa hareketlerle, sıvı haldeki cisimlerde daha uzun ve taneciklerin yer değiştirme hareketleriyle, gaz haldeki cisimlerde ise sürekli ve karışık yönlerde yer değiştirme hareketiyle meydana gelir. Maddenin bu üç halindeki moleküllerin hareket yeteneklerine göre katı maddelerin biçimi değişmezken, sıvılar konuldukları kabın şeklini alırlar. Gazlar ise kısa bir sürede içine doldukları hacmi kaplayabilirler. Moleküllerin bu hareketlerinin şiddeti, cisimlere dış ortamdan gelen enerjinin artması ile orantılı olarak yükselir. Bunun tersi durumda yani enerji azaldıkça moleküllerin hareketi azalır ve neticede belirli bir enerji seviyesinde durur. Bu seviye mutlak sıfır derecesi olarak isimlendirilir ve -273°C olarak sembolize edilir. Cismin kütlesi içinde sahip olduğu enerjinin toplam olarak miktarına **ısı** denilmektedir. Cisimlerdeki molekül hareketlerini veya titreşimlerini sağlayan bu ısı enerjisi doğrudan hissedilip ölçülebilen bir kavram değildir. Bir cismin, kütlesi içindeki enerji toplamı (yani ısı) arttığında; artan bu enerji, madde içindeki moleküllere dağılır ve kütleyi oluşturan moleküllerin her birine düşen molekül payı da artar. Her moleküldeki enerji artışı ise, moleküllerin kinetik hareket enerjisini diğer bir deyişle titreşimini artırmaktadır. Bu artan molekül titreşimleri ise, elektromanyetik dalgalar yayarak çevreye etki yaratmaktadır. Bu etki **sıcaklık** olarak tanımlanmaktadır. Isı ve sıcaklığı karşılaştırdığımızda ise; ısı, cisimlerde mevcut potansiyel bir güç (kuvvet), sıcaklık ise bu gücün kinetik olarak ortaya çıkmış durumu veya o gücün etkisi olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu bakımdan birbiri ile yakından ilgili ve doğru orantılı olan ısı ve sıcaklığın, nitelik bakımından birbirinden tamamen farklı kavramlar olduğu anlaşılmaktadır (Yalçın vd., 2005, 56-57).

² Fiziksel olayların incelendiği durumlarda, çoğunlukla cisimlerin bir kısmı düşünsel olarak kalan kısmından soyutlanıp yalnızca soyutlanan kısmın davranışı incelenir. İncelenen bu kısım **sistem** olarak adlandırılır (Halliday and Resnick, 1985, 345).

³ Sistemin dışında kalan bütün diğer cisimlere sistemin **çevresi** denir (Büyüktür, 1995, 3).

Isı taşınımı (konveksiyon), gazlar veya sıvılar temas ettikleri sıcak yüzeyler arasındaki moleküllerin hareketi ile oluşur. Bu kimyasal olayda moleküllerin hareketi iki şekilde sağlanır. Birincisi; yüzey ile akışkanın teması sonucu oluşan sıcaklık farkı nedeniyle özgül ağırlıklılarında herhangi bir değişime neden olmadığı durumda ortaya çıkan doğal **ısı taşınımı**dır. İkincisi; dıştan bir enerji harcanarak bir pompa ya da bir vantilatör ile oluşturulan zorlanmış **ısı taşınımı**dır (Acaroğlu, 2007, 7). Isının güce dönüştürülmesi çabası ise, termodinamik olarak tanımlanır. Bir enerji birimi olan termodinamik, mevcut enerji kaynaklarının nasıl daha iyi yapılacağı ile ilgilenir. Termodinamik köken olarak, Yunanca “therme (ısı)” ve “dynamics (güç)” ten gelmektedir. Termodinamik, iki kanun üzerine kurulmuştur. Termodinamiğin birinci kanunu, temelde enerjinin korunmasını prensibinin ifade eder. Bu kanuna göre, enerji bir termodinamik özellik olarak, bir etkileşim anında bir formdan başka bir forma dönüşebilir. Ancak enerjinin toplam miktarı değişmez yani sabit kalır. Başka bir ifadeyle, birinci kanuna göre enerji ne yaratılabilir nede yok edilebilir. Termodinamiğin ikinci kanunu ise, enerji miktarının yanı sıra enerjinin kalitesini de dikkate alır. Dönüşüm işlemleri enerjinin miktarında herhangi bir değişim yaratmasa da enerjinin kalitesinde bir düşüş meydana getirecektir. Bahsedilen iki kanun ekserji ve entropi kavramlarını gündeme getirmektedir. Enerjinin dönüşebilirliğinin ölçüsü olan termodinamiğin birinci kanunun uygulaması **ekserji** iken, termodinamiğin ikinci kanununa **entropi** denilmektedir (Dincer and Cengel, 2001,116-117).

1.3. Enerji ve Enerji Sınıflamaları

Enerji bir sistemin kendisi dışında etkinlik üretme yeteneğidir. Enerjiler farklı özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Enerji grupları ve/veya gruplandırılması ve gruplara ait örnekler şu şekilde sıralanabilmektedir (Acaroğlu, 2007, 1-2; Irps, 2009, 202):

- **Kaynaklarına göre:** Katı, sıvı, gaz yakıtlar ile hidrolik, nükleer, güneş, biyokütle (biomass), rüzgar, jeotermal vb. enerjiler olarak sınıflandırılmaktadır.
- **Fiziksel ve ekonomik yönlerine göre:** Mekanik (potansiyel ve kinetik), termik, kimyasal, fiziksel, elektromanyetik, elektrik vb. enerjiler olarak sınıflandırılmaktadırlar.

- **Hammaddelerinin özgül enerji içeriklerine göre:** Yoğun ve yoğun olmayan enerji olarak iki grupta toplanabilirler. Yoğun enerjiler; petrol ve ürünleri, kömür, hidrolik enerji, atom enerjisini veren uranyum ve toryum iken yoğun olmayan enerjiler, rüzgar ve güneş enerjileridir.
- **Enerji maddesinin depolanabilme özelliğine göre:** Enerjiler tam olarak depo edilebilen ve kısmen depo edilebilen veya depo edilemeyen enerjiler olarak sınıflandırılabilir. **Tam olarak depo edilebilen enerjiler;** kömür, petrol ve ürünleri bitümlü şistler⁴, atom enerjisini veren uranyum ve toryum. **Kısmen depo edilebilen ve edilemeyen enerjiler;** doğal gaz, su, güneş.
- **Enerji maddesinin veya enerjinin ticari, ekonomik olup olmadığına göre:** Günümüzdeki bütün enerji kaynaklarının artık ticari boyutu vardır.
- **Enerji Maddesinin kullanımı sırasında çevreye etkisi yönünden:** Temiz enerjiler ve temiz olmayan yani doğayı kirleten enerjiler şeklinde sınıflandırılmaktadır. **Temiz enerjiler;** güneş, rüzgar, biomass-biyokütle enerjisi, hidrolik enerjiler. **Temiz olmayan ve doğayı kirleten enerjiler;** petrol, kömür, bitümlü şistler.
- **Herhangi bir değişime ya da dönüşüme uğrayıp uğramadığına göre:** Enerjiler birincil ve ikincil enerjiler olmak üzere iki grupta toplanabilmektedir.

Birincil (Primer) Enerjiler: Enerjinin insan kaynaklı dönüşüme uğramadan önceki doğal halidir. Fosil yakıtlar, kömür, ham petrol, doğal gaz, nükleer (uranyum, toryum), biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgar ve gel-git enerjisi bu grupta yer alırlar.

İkincil (Sekonder) Enerjiler: Birincil enerjilerin ya da ikincil enerjilerin tekrar dönüştürülmesi ile meydana gelirler. Kömür ya da güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi, ham petrolden gaz elde edilmesi, doğal gazdan hidrojen elde edilmesi gibi dönüşümler ikincil enerjiler grubunda yer alırlar.

⁴ **Bitümlü Şistler:** Karojen adı verilen organik madde içeren, ince taneli ve genellikle yapraksı (laminalı) bir yapıya sahip ve değişik jeolojik evreler sonucu oluşmuş sedimanter kayaç olarak tanımlanmaktadır. Karojen içermesi nedeniyle de bitümlü şistler kömüre benzer bir tür enerji kaynağıdır. Literatürde en yaygın kullanımı “petrollü şeyl” (oilshale) olan, ısıtıldığında petrol ve gaz üretilen bu organik kayaçlar, bitümlü şist (bituminous schist) veya bitümlü şeyl (bituminous shale) olarak da adlandırılmaktadır (Toroman ve Uçurum, 2009, 38).

- **Enerji kaynağının alternatif olup olmadığına göre:** Enerjiler kaynak bakımından alternatif enerji ve yenilenemeyen enerji olarak iki gruba ayrılmaktadır. Son zamanlarda en yaygın sınıflandırma ölçütü olması nedeniyle ayrıntılı bir şekilde enerji gruplarına yer verilecektir. Ayrıca enerjilerin özellikleri de aynı doğrultuda ele alınacaktır.

1.3.1. Alternatif Enerji Kaynakları

Doğal çevreden sürekli veya tekrarlamalı olarak devam eden enerjilerden sağlanan enerji türüdür. En yaygın olanı, 24 saat tekrarlamalı enerji sağlayan güneştir. Bu enerjinin temel özelliği, herhangi bir dış etkene gerek duymaksızın çevremizde doğal halde bulunmasıdır. Başka bir ifade ile enerji akımını başlatmak için herhangi bir dış etkiye ihtiyaç duymamasıdır. Alternatif enerjiler; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, gel-git enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisinden oluşmaktadır.

1.3.1.1. Güneş Enerjisi

Sıcak gazlardan meydana gelmiş olan güneş, yeryüzünden yaklaşık olarak 150 milyon km uzaklıkta ve 1.39 milyon km çapındadır. Güneşin yüzey sıcaklığı, yaklaşık 6000 °C'dir. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan fizyon reaksiyonu⁵ sonucunda oluşan çok güçlü bir enerji kaynağıdır. Radyasyon yolu ile füzyon reaksiyonu sonucu oluşan enerji uzaya yayılmaktadır (TÇV, 2006, 36).

Güneş enerjisi bilinen en eski birincil (primer) enerji kaynağı olmasının yanı sıra konvensiyonel enerji kaynaklarının tamamı, doğrudan ya da dolaylı olarak güneş enerjisinin bir formu olarak oluşurlar (TÇV, 2006, 36). Diğer taraftan güneş, elektrik ve ısı üretebileceğimiz sınırsız enerji kaynağıdır. Güneş ışınları aracılığıyla dünyaya ulaşan güneş enerjisinden yararlanmak için fotovoltanik piller (güneş pilleri) ve güneş enerjisi sistemleri geliştirilmiştir. Fotovoltanik (PV) piller, cihazlara ya da binaların ve çatı gibi güneş ışığına maruz kalan yerlere yerleştirilerek doğrudan güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürürler. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) sistemleri ise, aynalar veya sıcaklığın toplanabildiği lensler ile geniş bir alana gelen güneş ışığını küçük alanlara yoğunlaştıran sistemlerdir. PV'ler, bulutlu günlerde daha az işlevsel olurlar ve hava karardıktan sonra işlevselliğini kaybederler. Ancak CSP sistemleri; ısı formundaki

⁵ Fizyon reaksiyonu hidrojen gazını helyuma dönüştüren kimyasal olaydır (TÇV, 2006, 36).

enerjiyi, elektrik üretmek için 15 saatten fazla süre depolayabilmektedirler (WWF, 2011, 31). Her iki teknoloji de güneş enerjisini, ısı enerjisi olarak doğrudan ya da elektrik enerjisi olarak dolaylı olarak kullanılmasına imkan tanımaktadır (Koç ve Kaya, 2015, 41).

1.3.1.2. Rüzgar Enerjisi

Güneş ışınlarının dünyanın değişken olan yüzeylerine çeşitli açılarda gelmesi, dünya yüzeyinin farklı derecelerde ısınmasına yol açar. Bu nedenle oluşan sıcaklık farklılıklarının yanı sıra yoğunluk ve basınç farklılıklarının varlığı rüzgar oluşumuna neden olur (TÇV, 2006, 67). Başka bir ifade ile havanın yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru hareket etmesi rüzgar olarak adlandırılır (Acaroğlu, 2007, 225). Rüzgar dünyanın yüzeyi tarafından güneş enerjisinin düzensiz soğurulması sonucu oluştuğu için, genellikle güneş enerjisinin bir formu olarak sınıflandırılmaktadır (Dostrovsky, 1988, 104).

Rüzgar enerjisinden, mekanik enerji ve kinetik enerji olmak üzere iki şekilde yarar sağlanabilir. Rüzgar enerjisi, mekanik enerjiye dönüştürülerek ev ve çiftlik gibi yerleşim yerlerinde su ihtiyacının sağlanması, arazilerin kurutulması, su pompalama, çeşitli ürünlerin kesimi, biçme, öğütme, sıkıştırma ve yağ çıkarma gibi işlerde kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisi hem kırsal alanda elektrik enerjisinin yerel düzeyde üretilip tüketilmesinde hem de elektrik şebekesini beslemek için kullanılmaktadır (TÇV, 2006, 69). Rüzgar enerjisinden elektrik üretmek için rüzgar türbinlerinden yararlanılmaktadır. Rüzgar türbinleri, rüzgarın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir (RAE, 2014, 9).

1.3.1.3. Gel-Git (Tidal) Enerjisi

Ay, güneş ve dünya arasındaki yerçekimsel zorlama, dünyanın etrafındaki okyanus sularının ritmik olarak yükselmesine ve alçalmasına neden olur. Bu ritmik durum gel-git dalgalarının oluşması ile sonuçlanır. Ay dünyaya güneşten daha yakın pozisyonda olduğundan dolayı gel-git üzerindeki gücü güneşe göre iki kattan daha fazladır (Gorlov, 2001, 2955).

Gel-git enerjisinden, gel- git güç istasyonları aracılığıyla faydalanılmaktadır. Gel-git güç istasyonu, yüksek gel-git de suyu yapay bir havzada hapseder ve daha sonra düşük gel-git de suyun çıkmasına izin verir. Çıkan su elektrik üretmek için su tribünlerinde kullanılır (Sukhatme, 1989, 20).

1.3.1.4. Hidroelektrik Enerjisi

Şelale ya da akan suyun, yer çekimi kuvvetini kullanarak elektrik üretme işlemine hidroelektrik enerjisi denilmektedir. Hidroelektrik birçok yöntem kullanılarak üretilmektedir. Bunlardan ilki, geleneksel yöntem olan baraj yöntemidir. Bu yöntemde, bir su tribününe yüksek bir yerden düşen su, jeneratörlerin yüksek hızda dönmesini sağlar. Böylece elektrik üretimi gerçekleşmiş olur. Diğer bir yöntem, pompalı depolama yöntemidir. Bu yöntemde su, depolar arasında hareket eder. Düşük elektrik talebi olduğu durumlarda su, tribünler aracılığıyla yukarı depolara taşınır. Aksi durumda yani yüksek elektrik talebinin olduğu durumlarda ise; su, tribünler aracılığıyla aşağı depolara taşınmaktadır. Nehir tipi hidroelektrik santrallerinde ise, herhangi bir depo kullanılmamaktadır. Su yukarı geldiği anda elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Son olarak yer altı güç istasyonlarında ise, hidroelektrik üretimi bir şelale ya da dağ gölü gibi iki su yolu arasındaki doğal yükseklik farkı kullanılarak yapılmaktadır. Burada sular önce tribünlere daha sonra jeneratörlere gelerek elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir (Bhattacharjee, 2012, 22).

1.3.1.5. Jeotermal Enerjisi

Yerkürenin en derin bölgelerinde birikmiş olan basınç altındaki sıcak akışkan (su buharı, gaz) ve sıcak kuru kayaların içerdiği termal enerji olan jeotermal enerji yerkürenin doğal ısısı olarak tanımlanır (Koç ve Kaya, 2015, 41). Başka bir deyişle, jeotermal enerji elektrik gücü, alanların ısıtılması ve endüstriyel buhar üretmek için yerkürenin içinde bulunan doğal ısınin çıkarılması işlemidir (Signanini et al., 2011,104).

Jeotermal enerji üretimi, sondaj yardımıyla yerin derin bölgelerinde bulunan akışkanların çıkarılması ile yapılmaktadır. Sıcaklık içeriğine göre üç farklı gruba ayrılmaktadır. Birinci grup, sıcaklığın 20–70 °C olduğu düşük sıcaklıklı sahalardır. İkinci grup, sıcaklığın 70–150 °C olduğu orta sıcaklıklı sahalardır. Son grup ise, sıcaklığın 150 °C’den fazla olduğu yüksek sıcaklıklı sahalardır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar,

öncelikle ısıtma olmak üzere (sera, bina, tarım), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayi, dericilik, soğutma tesisleri) ve kimyasal madde üretiminde (lityum, borik asit, CO₂'den kuru buz elde edilmesi gibi) kullanılmaktadır. Orta ve yüksek sıcaklıklı sahalarda elde edilen akışkanlar ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir (TÇV, 2006, 97).

1.3.1.6. Biyokütle (Biomass) Enerjisi

Biyokütle, biyolojik kökenli enerji kaynaklarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bu terim; ağaçlar, ekinler ve yosunların yanı sıra tarım ve orman atıklarını da içeren geniş bir kavramdır. Biyokütle enerjisi; ısıtma, elektrik üretimi ya da taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilir. Biyokütle enerji sistemlerinde, elektrik ve/veya ısı üretmek için “biyoenerji” ifadesi, taşımacılıkta kullanılan sıvı yakıt için “biyodizel” ifadesi kullanılmaktadır (WES, 2015, 241).

Biyokütleden yakıt elde edebilmek için fiziksel dönüşüm, biyokimyasal dönüşüm ve termokimyasal dönüşüm süreçleri olmak üzere 3 süreç vardır. Fiziksel dönüşüm süreçleri; boyut küçültme-kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstaksiyon ve birikitleme işlemlerinden oluşmaktadır (BAKA, 2012, 6). Biyokimyasal dönüşüm; oksijenli, oksijensiz, çöplük gazı toplama, biyodizel üretimi, etanol üretimi gibi yollarla biyoenerji üretmeyi içerir. Termokimyasal dönüşüm ise, yanma, gazlaştırma ve piroliz⁶ gibi yöntemlerle biyoenerji üretme yöntemidir (Bhattacharjee, 2012, 15).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları ve dezavantajları Tablo 1.2.'de yer almaktadır.

⁶ **Piroliz:** Organik maddeler oksijensiz ortamda ısıtılması sonucu katı, sıvı ve gaz maddelere parçalanma sürecine piroliz adı verilir (Üçgül ve Elibüyük, 2014, 42).

Tablo 1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantajları ve Dezavantajları

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Avantajları	Dezavantajları
Rüzgar Enerjisi	• Temiz bir enerji kaynağıdır. Havayı kirlilemezler. • Rüzgar enerji istasyonları, normal güç istasyonlarına göre daha az yer kaplarlar. Böylece daha fazla arazi diğer amaçlar için kullanılabilir. • Rüzgar enerjisi doğada serbest bir şekilde mevcuttur. • Rüzgar türbinleri uzak yerlere ve herhangi bir araziye kurulabilmektedir. Ayrıca rüzgar çiftlikleri ihtiyaç doğrultusunda boyutlandırılabilir.	• Rüzgar çiftlikleri sadece rüzgarın en uygun olduğu alanlara kurulabilmektedir. Bu nedenle her yere kurulamazlar. • Rüzgar türbinleri, fosil yakıt üreten istasyonların ürettiği kadar güç üretmek mümkün değildir. • Rüzgar türbinleri çok gürültülü olduğu için gürültü kirliliği yaratabilmektedir.
Güneş Enerjisi	• Güneş enerjisi tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. • Güneş enerjisinin kirlileti ve çevreye zarar verici hiç bir etkisi yoktur. • Güneş enerjisi için yapılan yatırımlar sadece kurulum sırasında yapılan yatırımlardır. Kurulumdan sonra herhangi bir bakım gerektirmezler. • Güneş sistemlerinin yaşam süreleri 30-40 yıldır. • Modern güneş sistemleri, daha büyük güneş panellerinin kullanıldığı önceki sistemlerin aksine yer bakımından daha etkilidir.	• Güneş enerjisi sistemi kurmak yüksek maliyetlidir. • Güneş enerjisi tesisleri sade ve yeterli güneş ışığının olduğu yerlerde kurulabilmektedir. • Fosil yakıt tarafından üretilen güç ile karşılaştırıldığında, güneş tarafından üretilen güç azınlıkta kalmaktadır.
Bio Enerji	• Bioenerjinin birçok alanı vardır. • Bioenerji atıklardan ve diğer organik materyallerden üretilmektedir. Bu durumda hem çevre hem de ekonomi için maliyet tasarrufu sağlamaktadır. • Eğer geniş miktarda bioenerji kullanılırsa, fosil yakıt ithalatı azaltılarak ulusal ekonomi olumlu etkilenir. • Özellikle bitkilerin biyokütle üretimi için kullanılması CO₂ miktarının azaltarak çevreye pozitif katkı sağlar.	• Taşıma, depolama ve aktarma maliyeti çok yüksektir. • Biyoenerji tamamen çevreyi kirliletmeyen bir enerji türü değildir.
Gel-Git (Tidel) Enerjisi	• Gel-Git enerjisi ücretsizdir. • Herhangi bir sera gazı üretmezler. • Güvenilir bir şekilde elektrik üretimi sağlarlar. • Gel- Git enerjisi güç istasyonlarının bakımı yüksek maliyetli değildir.	• Bir nehir ya da ırmak ağzına baraj inşa etmek yüksek maliyetlidir. Ayrıca baraj inşa etme durumdan çok geniş bir bölge etkilenebilmektedir. • Gel-Git enerjisi üretmek için birçok bölge uygun değildir. • Baraj kurularak balık göçü engellenmiş olur. • Gel-Git enerjisi ile günde sadece 10 saat üretim yapılabilmektedir.
Jeotermal Enerji	• Jeotermal enerji fosil yakıtla karşılaştırıldığında düşük maliyetlidir. • Jeotermal kullanımı ile fosil yakıt kullanımı azalır. • Jeotermal enerji, bir sıcaklık kaynağı olarak doğrudan kullanılabilir. • Jeotermal enerji, lokal olarak birçok iş imkanı yaratabilmektedir.	• Jeotermal tesislerin kuruluş maliyetleri yüksektir. • Jeotermal enerji üretimi belirli bölgelerde yapılabilmektedir. • Bazı durumlarda jeotermal enerji bölgelerinde zehirli gazların sızma tehlikesi vardır.
Hidroelektrik Enerji	• Hidroelektrik güç jeneratörleri tesis bölgeleri açısından esnekler. Bu nedenle enerji ihtiyacına göre artırılıp azaltılabilirler. • Hidroelektrik tesisleri uzun ömürlüdür. Ortalama bir tesis 50-100 yıl hizmet verebilmektedir. • Diğer yenilenebilir güç kaynaklarının aksine geniş çapta üretim için uygundur.	• Hidroelektrik santrali kurmanın ekosisteme zararı vardır. • Santralin kurulduğu yerdeki yerleşik insanlar sel tehlikesi ile karşılaşabilmektedir.

Kaynak: Bhattacharjee, Anindita (2012), Everything You Need to Know About The Types of Renewable Energy, p.9-23, Brainmass Inc.

1.3.2. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Salınımı insan müdahalesine bağlı olan ve statik enerji depolarından elde edilen enerjidir. Nükleer ve fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğal gaz vb.) yenilenemeyen enerji grubunun örnekleridir. Yenilenemeyen enerji pratikte izole edilmiş bir potansiyele sahiptir ve enerji akımını başlatmak için bir dış etki gerekmektedir (Acaroğlu, 2007, 1-2). Yenilenemeyen enerji kaynakları; doğal gaz, kömür, petrol ve nükleer (uranyum, toryum) şeklinde sıralanabilmektedir.

1.3.2.1. Doğal Gaz

Organik maddelerin yeryüzünün alt katmanlarında milyonlarca yıl süren doğal dönüşümü sonucunda oluşur. Yapısının %90'dan fazlasını metan (CH_4) ve daha düşük oranlarda etan (C_2H_4), propan (C_3H_8) ve hidrokarbonlar oluşturur. Ayrıca doğal gazın yapısında çok küçük miktarlarda azot (N_2), oksijen (O_2), karbondioksit (CO_2), kükürt ve su bulunur (Türkyılmaz vd., 2006, 5). Doğal gaz, kaynağından çıkarıldığı haliyle yani hiçbir işlem uygulanmadan kullanılabilir. Doğal gazlar, yakıt olarak veya materyaller ve kimyasallar üretmek için kullanılabilirler (EIA, 2016).

1.3.2.2. Kömür

Farklı oranlarda organik ve inorganik bileşenler içeren tortul bir kayadır. Kömürün ana maddesi karbondur. Kömürleşmenin temel kaynakları; bitkilerden, havadan veya yüzeysel sulardan alınan CO_2 gazıdır. Kömür oluşumu, bataklıklarda başlayan kimyasal bir süreçtir. Kömür, uygun ortam koşulları sağlandığında, bataklıklarda bozulma ve çürümeye uğramamış bitki kalıntılarının zamanla biyokimyasal ve fiziksel etkilerle değişimi sonucu oluşur (Kural, 1991, 8-9).

Bütün canlı bitkiler, fotosentez sürecinde güneş enerjisi depolarlar. Bitkiler öldükleri zaman depolanan güneş enerjisi, bitkilerin çürüme süreçleri ile serbest kalmaya başlar. Kömür oluşumunu destekleyen şartlar altında depolanan güneş enerjisi salınımı kesilerek, söz konusu enerji kömürün içerisine hapsolür (WCA, 2016). Farklı kömürleşme derecelerine göre dört tip kömür madenciliği çeşitleri vardır. Bunlar; linyit, düşük bitümlü, bitümlü (yumşak kömür) ve antrasit (taş kömürü) olarak sıralanabilmektedir (Spellman, 2013, 53).

1.3.2.3. Petrol

Ham petrol milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvanlardan oluşan hidrokarbon karışımıdır. Petrolün yapısında sadece karbon ve hidrojen bulunan hidrokarbonlar petrolün temel maddesini oluştururlar (Wauquir, 1986, 3). Bir fosil yakıt olan ham petrol, sıvı formda yer altı havuzlarında, tortul kayaların içerisindeki küçük boşluklarda ve yüzeye yakın kumlarda bulunmaktadır (EIA, 2016).

Ham petrol topraktan çıkarıldıktan sonra petrol rafinerisine gönderilir. Burada ham petrol, petrol ürünlerinde kullanılabilecek bölümlere ayrılır. Ayrıca petrol ürünleri, ham petrolün yanı sıra kömür, doğal gaz ve biyokütleden de üretilebilmektedir (EIA, 2016).

1.3.2.4. Nükleer Enerji (Uranyum ve Toryum)

Çekirdek bazlı yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan uranyum ve toryum nükleer yakıtların hammaddesini oluşturmaktadır. Doğada hiçbir zaman serbest olarak bulunmayan uranyum minerali, çeşitli elementlerin birleşmesi sonucu meydana gelmektedir. Yer kabuğunda yüzlerce uranyum minerali olmasına karşılık söz konusu minerallerin büyük çoğunluğu ekonomik anlamda uranyum içermemektedirler. Uranyum cevheri, doğada bulunuş şeklinden nükleer reaktörlerde kullanılacak yakıt haline dönüştürülünceye kadar; cevher arama aşaması ile başlayan ve yakıtın fabrikasyon olarak oluşması ile neticelenen çeşitli evrelerden geçmektedir (DPT, 1996, 5). Diğer nükleer yakıt olan, toryum, uranyum gibi doğada serbest halde bulunmamaktadır. Toryum, yaklaşık olarak 60 civarında minarelin yapısı içerisinde yer almaktadır. Bu minerallerden sadece monazit ve torit, toryum üretiminde kullanılabilmektedir (TAEK, 2016).

Enerji kaynaklarının genel olarak sınıflandırılmış hali, Tablo1.3.'te yer almaktadır.

Tablo 1.3. Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırılması

ENERJİ KAYNAKLARI	
Kullanılışlarına Göre Enerji Kaynakları	
Yenilenemezler	Yenilenebilir
Fosil Kaynaklı Kömür Petrol Doğalgaz Çekirdek Kaynaklı Uranyum Toryum	Hidrolik Güneş Biyokütle Rüzgar Jeotermal Dalga/Gel-Git Hidrojen
Dönüştürülebilirliklerine Göre Enerji Kaynakları	
Birincil (Primer)	İkincil (Sekonder)
Kömür Petrol Doğalgaz Nükleer Biyokütle Hidrolik Güneş Rüzgar Dalga/Gel-Git	Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin İkincil kömür Kok, Petrokok Hava Gazı Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Kaynak: K. Erdem ve Kadir K.,2015, Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu,Mühendis ve Makine,Cilt 56, Sayı 668, s.37.

Alternatif ve geleneksel enerji kaynakları; kaynak, normal durum, temin süresi, kaynak maliyeti, ekipman masrafı, değişim ve kontrol türü, kullanım yeri, ölçekleri, kalifiye gereksinimleri, bağımlılık, güvenlik ve çevreye zarar ve son olarak estetik açıdan farklılıklara sahiptir. Belirtilen bu kriterler enerji kaynaklarına göre durumları Tablo 1.4.'de yer almaktadır.

Tablo 1.4. Alternatif ve Geleneksel Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması

Kriterler	Alternatif Enerji Kaynakları	Geleneksel Enerji Kaynakları
Örnekler	Rüzgâr, Güneş, Biyokütle	Kömür, Petrol, Gaz
Kaynaklar	Doğal-Bölgesel Çevre	Yoğun Stok
Normal Durumu	Bir Enerji Akımı/Bir Gelir (Akar)	Statik Enerji Depo-su/Kapital
Temin Süresi	Sonsuz	Sınırlı
Kaynak Maliyeti	Serbest	Giderek Pahalı
Ekipman Masrafı	Yüksek	Orta
Değişim ve Kontrol	Değişken Ön Beslemeli Kontrol	Düzenli Geri Dönüş Kontrol
Kullanım Yeri	Bölge ve Topluma Özel	Genel ve Uluslararası Kullanım
Ölçek	Küçük Tesisler için Uygun	Büyük Ölçekli Tesisler
Kalifiye Gereksinimi	Disiplinler Arası (Tarım,Kimya,Makine,Biyoloji,Fizik)	Dar İhtisas alanı
İlişki	Kırsa ve Bölgesel Endüstri	Kentsel ve Merkezi Endüstri
Bağımlılık	Kendine Yeten Sistemler Önerilir	Dış Sistemlere Bağımlı Sistemler
Güvenlik	Bölgesel Hasar Olabilir	Arıza Olduğunda Çok Tehlikeli
Kirlilik ve Çevreye Zarar	Genellikle Çok Düşük	Sürekli Zarar Vermektedir
Estetik	Çevresel Görüntü Kirliliği Kabul Edilebilir Düzeyde	Çevresel Görüntü Kirliliği, Büyük Sistemler Olduğundan Dolayı Yüksek Düzeyde

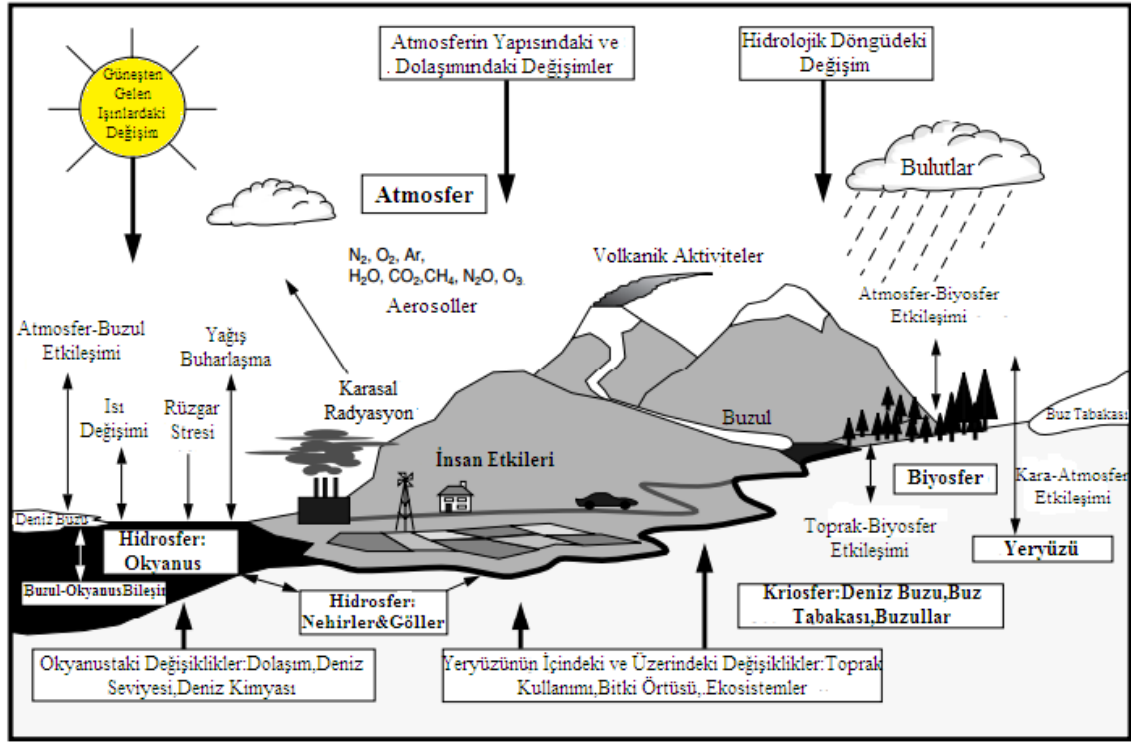
Kaynak: ACAROĞLU, Mustafa. (2007). *Alternatif Enerji Kaynakları*,2.Basım, s.3, Nobel Basım Dağıtım.

Tablo 1.4.'den anlaşılabacağı üzere, alternatif enerji kaynakları sınırsız temin süresine sahiptir. Özellikle çevreye verdikleri zarar çok düşük düzeydedir. Geleneksel enerji kaynakları ise sınırlı olmalarından dolayı, ilerleyen teknoloji ve artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayamayacak rezervlere sahiptirler. Ayrıca çevreye verdikleri zararda süreklilik arz etmektedir. Bu ve benzeri nedenlerle alternatif enerji kaynaklarının önemi her geçen gün artmakta ve geleneksel enerji kaynaklarına oranla daha avantajlı hale gelmektedir.

1.4. İklim ve İklim Değişikliği

Latince “klimatis” veya Yunanca “klima” kökenli olan iklim “eğiklik” anlamına gelmektedir. Bunun temel sebebi; ilkçağ döneminde, insanların güneş ışınlarının eğikliğine göre atmosfer olaylarının değiştiğini tespit etmiş olmalarındandır. Günümüzde teorik olarak **iklim**, belirli bir zaman diliminde, belirli bir yerdeki hava durumunun ortalaması olarak tanımlanır. Zaman dilimi dikkate alındığında iklim, en az otuz yıllık bir sürede toplanan, meteorolojik parametreler ortalamalarının bütünüdür (Denhez, 2007, 11). Başka bir tanıma göre ise iklim, yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca gerçekleşen ya da gözlemlenen tüm hava koşullarının ortalamasıdır (IPCC, 1995, 55). Günlük kullanımda iklim ve hava durumu eş anlamlı gibi düşünülse de düşünülenin aksine birbirinden farklı kavramlardır. İklim bilimcilere göre hava, yeryüzünün herhangi bir yerindeki ve herhangi bir andaki atmosferik olayların bütünüdür (Türkeş, 2001, 187). Bu bakımdan hava ve iklim arasındaki en temel fark, zaman ve yer faktörüdür. Hava değerlendirilirken çok kısa süreli ve belirli bir yer/bölgedeki doğa olayları dikkate alınırken, iklimde süre olarak daha uzun bir dönem ve daha geniş bölge dikkate alınır.

İklim tanımına, hava koşullarında meydana gelen aşırı olaylar ile zaman ve mekân ölçeğindeki değişikliklerin eklenmesiyle daha sistematik bir duruma ulaşılır. Ulaşılan sistematik durum, iklim değişikliğinin tanımlanmasına imkân sağlar. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’ne göre **iklim değişikliği**; on yıl ya da daha uzun bir dönemde, iklim sisteminin sıcaklık, yağış gibi temel özelliklerinde istatistiksel çalışmalarla tespit edilebilen, doğal veya insan kaynaklı değişimlerdir (IPCC, 2001, 87). **İklim sistemi** ise; atmosfer, kara yüzeyleri, kar, buzullar, okyanus ve diğer su kütleleri ve canlı varlıklar arasındaki karşılıklı etkileşimin bir sonucu olarak oluşmaktadır (IPCC, 2007, 94). Küresel iklim sisteminin bileşenleri, Şekil 1.1.’de yer almaktadır.



Şekil 1.1. İklim Sisteminin Bileşenleri

Kaynak: Intergovernmental Panel on ClimateChange (IPCC), Climate Change 2007 The Physical Science Basis, 2007, s.104.New York, Cambridge University Press.

Şekil 1.1.'de küresel iklim sisteminin bileşenlerini (koyu renkte), bunların değişebilir ve değişme yönleri (koyu oklar), bileşenlerin kendi süreçleri ve aralarındaki etkileşimi (ince oklar) şematik olarak göstermektedir.

İklim sisteminin; atmosfer, hidrosfer, kriosfer, yeryüzü ve biyosfer olmak üzere beş temel bileşeni vardır. Atmosfer, sistemin en istikrarsız ve en hızlı değişen parçasıdır. Atmosferin yapısı, dünyanın evrimi neticesinde değişmiştir. Genel olarak; dünyanın kuru atmosferi, çoğunlukla; nitrojen (N_2 %78.1), oksijen (O_2 %20.9) ve argon (Ar %0.93) gazlarından oluşur. Söz konusu gazların etkileşimleri, güneşten gelen ışınlı sınırlıdır. Başka bir deyişle, dünya tarafından yayılan kızıl ötesi ışınlı herhangi bir etkileşimleri yoktur. Ayrıca atmosferde; karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitrojen oksit (N_2O) ve ozon (O_3) gibi yayılan kızıl ötesi radyasyonu soğuran çok sayıda iz gaz (tracegas) vardır. Kuru havada %1'den daha az hacme sahip olan iz gazları, sera gazı olarak adlandırılırlar. Sera gazları, dünyanın enerji dengesinde önemli role sahip olan gazlardır. Atmosfer, doğal bir sera gazı olan su buharı (H_2O)'nı içerir. Su buharı, hacim olarak oldukça değişken olmasına rağmen genellikle %1'lik hacme sahiptir. Bu gazların

yanı sıra atmosfer, katı ve sıvı parçacıklar (aerosoller) ve bulutları da içermektedir. Atmosferin en değişken bileşeni, su buharı yani H_2O 'dur. Bunun temel nedeni, H_2O 'nun bulut damlacıkları ve buz kristalleri gibi farklı formlara sahip olmasıdır. Bunların yanı sıra, H_2O en güçlü sera gazıdır ve iklim ve iklim değişikliğinin en önemli aktörlerinden birisidir (IPCC, 2001, 88).

Sera gazları, dünya tarafından yayılan kızıl ötesi ışınlamaları soğurdukları ve kızıl ötesi radyasyonu aşağı ve yukarı doğru yadıklarından dolayı, yeryüzünün sıcaklığını artırma eğilimindedirler. Ayrıca sera gazlarının özelliklerine ve etkilerine daha sonraki bölümde ayrıntılı olarak yer verilecektir. Sera gazının yanı sıra atmosferik ozon dağılımı da dünyanın enerji dengesi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Ozon, atmosferin en alt tabakası olan troposferde ve stratosferde yer alarak bir sera gazı gibi hareket etmektedir. Stratosferin daha yukarıları bölgelerinde, güneşin mor ötesi radyasyonunu soğuran ve yüksek miktarda ozon içeren doğal bir katman vardır. Bu tabaka, ozon tabakası olarak adlandırılır. Ozon tabakası radyasyonun potansiyel zararlı formlarını filtreleyerek stratosferin enerji dengesini sağlamada önemli bir role sahiptir (IPCC, 2001, 87).

Atmosfer genel olarak; doğrudan veya dik olarak güneş ışığı alan bölgelerin aşırı sıcak, ışık almayan bölgelerin ise aşırı soğuk olmasını önleyerek, ekosistem üzerinde düzenleyici bir role sahiptir. Söz konusu düzenleyici görevini, güneşten gelen ışınları ve yeryüzünden tekrar yansıtılan ışınları dağıtıp soğurmak vasıtasıyla gerçekleştirir. Kısaca atmosfer, ısınan yerlerdeki sıcaklığı alıp soğuk yerlere taşıyarak ekosistemi düzenler (Erol, 2004, 55). Belirtiler, atmosferin iklim sistemi üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Su küre olarak da adlandırılan hidrosfer yeryüzünün %71'ini oluşturmaktadır. Hidrosferin hacim olarak %97.2'sini okyanuslar, %2.8'ini ise tatlı su oluşturmaktadır. Tatlı suyun hacim olarak %2.15'ini buz tabakaları ve buzullar, %0.63'ünü yer altı suları ve %0.02'sini atmosferdeki ve yeryüzüne yakın seviyede bulunan su oluşturmaktadır. Küresel su kaynakları arasındaki su dolaşımına, **su çevrimi** denilmektedir. Suyun hidrolojik çevriminin ilk aşaması, buharlaşma ile başlamaktadır. Buharlaşan su, bulutların oluşmasına neden olmaktadır. Bulutlar, rüzgar ve ısı sonucunda yağış formuna dönüşmekte ve yer çekiminin de etkisiyle yer yüzüne düşmektedir. Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı toprağa sızar, bir kısmı buharlaşır ve bir kısmı da yüzeyde

akarak su çevrimini tamamlamaktadır (Eken vd., t.y., 65-66). Hidrosferin %97.2'sini oluşturan okyanuslar, küresel iklim sisteminde önemli bir role sahiptir. Dünyanın yüzeyine ulaşan güneş ışınlarının yarısından fazlası, ilk önce okyanuslar tarafından soğurulurlar ve orada depolanırlar. Okyanus tarafından soğurulan ve depolanan güneş ışınları atmosfere tekrar kaçmadan önce okyanus akıntıları tarafından buharlaşarak yeniden dağıtılmaktadırlar (IPCC, 1990, 76). Güneş ışınları, denizler tarafından tamamen soğuruluncaya kadar bu ışınlar, su yüzeyinden 200 metre derinliklere kadar inebilmektedir. Bu durumda ise; yüzeyden 200 metre derinliğe kadar olan kısım, doğrudan güneş ışınları tarafından ısınabilmektedir (Erol, 2004, 67).

İklim sisteminin bir diğer parçası olan kriosfer, doğal ortamda bulunan buzullar, buz tabakaları, deniz buzu, göl ve ırmak buzları, donmuş toprak (permafrost), mevsimsel kar ve atmosferdeki buz kristalleri gibi bütün kar ve buz şekillerini kapsamaktadır. Kriyosfer, dünya yüzeyinin yansıtma gücü üzerindeki etkisinden dolayı küresel iklim değişikliği üzerinde önemli bir role sahiptir. Ayrıca tatlı su, kriyosfer tarafından depolanmaktadır (Bitz and Marshall, 2012, 32-33).

Kriyosferin önemli bir bölümünü oluşturan mevsimsel kar örtüsü, kısa ve uzun dönemde atmosferik dinamikleri etkileyebilmektedir. Öncelikli etki, karla kaplı yüzeyin albedosunun yüksek olması sonucu ortaya çıkmaktadır. Deniz buzu, mevsim ve daha uzun zaman skalasında da iklimi etkilemektedir. Toprak yüzeyindeki kar örtüsüne benzer bir şekilde kriyosfer, yüzey sıcaklık dengesinde etki yaratmaktadır. Bazı bölgelerde deniz buzu, donma süresi boyunca tuz çıkararak/püskürterek derin su kütlelerinin oluşumunu ve erime döneminde tatlı su tabakalarının oluşumunu etkilemektedir. Grönland ve Antarktika'da ki buz tabakaları, yerküredeki mevcut tatlı suyun %80'nini içermektedirler. Bu nedenle de su çevrimi içerisinde yer almaktadır. Ayrıca buz tabakalarının boyutunda meydana gelebilecek herhangi bir değişiklik, deniz seviyesinin de değişmesine neden olacaktır. Kriosferin küçük bir parçasını oluşturan dağ buzulları, tatlı su deposu olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca çevresel şartların hızlı değişimine katkı sağladıkları için de iklim değişikliğinin tespit edilmesinde önemli bir kontrol aracı olarak kullanılmaktadır (IPCC, 1990, 77).

Kriyosferin son parçası olan donmuş topraklar ise, yeryüzünün yaklaşık olarak %15.4'ünü kaplamaktadır. Donmuş zeminin aralığı, birkaç metreden yüzlerce metre

derinliğe kadar farklılık gösterebilmektedir (Bitz and Marshall, 2012, 33). Genel bir ifadeyle; kriosferin bileşenleri, dünyanın iklimi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Kar ve buzun güneşten gelen sıcaklığı yansıtması da gezegenin ısınıp düzenlemek için yardımcı olmaktadır. Kutup bölgeleri, iklim değişikliğine en duyarlı olan yerlerdir. Bu nedenle, küresel iklim değişikliğinde kutup bölgelerindeki değişimler ilk olarak dikkat edilmesi gereken yerler haline gelmektedir.

Uzaydan dünyaya bakıldığında; üzerinde yeşil, kırmızı, beyaz ve yoğun olarak mavi renkli muntazam olmayan lekeler bulunan bir küre görünür. Bu yaşam küresine biyosfer ya da ekosfer adı verilir. Daha yakından bakıldığında; bu farklı renklerdeki lekelerin çöller, ormanlar, çayırlar, dağlar, okyanuslar, göller ve şehirler haline geldiği gözlemlenir. Bütün bu parçalar, ekosistemi oluştururlar (Muslu, 2000, 8). Başka bir ifadeyle canlı küresi olarak adlandırılan biyosfer; yerküre üzerinde bulunan bütün yaşam biçimlerini içeren ve yerkabuğunun, hidrosferin ve atmosferin organizmaların yaşayabildikleri bölümlere kadar etkili olan iklim sisteminin bir parçasıdır. Biyosferi oluşturan canlılar, farklı derecelere sahip olmakla birlikte hem yaşam ortamlarıyla hem de diğer canlı organizmalarla ilişki ve etkileşim içerisindeyler. Ayrıca biyosfer, karasal kökenli organik döküntü ve maddeler, toprak ve organizmaların okyanuslardaki atıkları gibi tüm organik maddeleri de içermektedir (Türkeş, 2010, 33).

1.5. Sera Gazları

Sera gazları hem doğal hem de insan kaynaklı (antropojenik) oluşan atmosfer bileşenleridir. Bu gazlar; dünya yüzeyi, atmosfer ve bulutlar tarafından yayılan yeryüzüne ait radyasyon, ışık dizisi içindeki özel dalga boylarına sahip olan radyasyonu emer ve tekrar yansıtırlar. Bu özellik, sera gazı etkisine neden olmaktadır. Su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2), nitrojen oksit (N_2O), metan (CH_4) ve ozon (O_3) dünyanın atmosferinde doğal olarak bulunan başlıca sera gazlarıdır. Atmosferde doğal olarak bulunmayan insan aktiviteleri sonucu ortaya çıkan sera gazları da bulunmaktadır. Bu gazlardan en önemlileri; hidrofluorokarbonlar (HFC_s), perfluorokarbonlar (PFC_s) ve kükürt heksafluorid (SF_6) gazlarıdır (IPCC, 2013, 1455). CO_2 , CH_4 ve N_2O gibi sera gazları atmosferde doğal olarak oluşmalarına rağmen insan aktiviteleri, bu gazların atmosferdeki yoğunluklarını değiştirebilirler (EPA, 2015, ES2). Sera gazlarının, birikim ve hacimlerine ilişkin bilgiler, Tablo 1.5.'te yer almaktadır.

Tablo 1.5. Su Buharı İçermeyen Havanın (Kuru Hava) Kimyasal Bileşimi ve Gaz Birikimleri

Gaz (atom ve molekül)	Birikim (ppmv)*	Hacim (%)
Azot (N ₂)	780.840.0	78.084
Oksijen (O ₂)	209.460.0	20.946
Argon (Ar)	9.340.0	0.934
Karbondioksit (CO ₂)	380.0	0.038
Neon (Ne)	18.2	0.00182
Helyum (He)	5.24	0.00524
Metan (CH ₄)	1.5	0.00015
Kripton (Kr)	1.14	0.000114
Hidrojen (H ₂)	0.5	0.00005
Diazotmonoksit (N ₂ O)	0.5	0.00005

Kaynak: TÜRKEŞ, M. (2010), Klimatoloji ve Meteoroloji, 1. Basım, 2.s.34, Kriter Yayınevi.

***ppmv:** Gazın atmosferde kapladığı alanın hacimsel olarak ifade edilmiş şeklidir.

Tablo 1.5’te görüldüğü üzere, yoğunlukları açısından sera gazları değerlendirildiğinde, atmosferin içerisinde en çok iki gaz bulunduğu dikkat çekmektedir. Bunlar atmosferin %78’ini içeren nitrojen (azot) ve yaklaşık %21’ini içeren oksijendir. Kalan %1’lik kısım ise, başka elementlerden ve moleküllerden oluşmaktadır. Atmosferin %99’unu oluşturmalarına rağmen nitrojen ve oksijenin, sera etkisinde neredeyse hiç katkıları yoktur. Sera etkisine daha az yaygın ve daha karmaşık moleküller neden olmaktadır. Başlıca sera gazları dikkate alındığında ilk sırada H₂O gelirken, onu CO₂ takip etmektedir. Atmosferin yapısında bulunan sera gazları arasında havanın sıcaklığına en önemli etkiyi yaratan sera gazı, su buharıdır. Bunun en önemli nedeni, yeryüzünde yüksek miktarda suyun olmasından kaynaklanmaktadır. Suyun miktarı ise bölgeye, mevsime ve döneme bağlı olarak, havadaki %1’lik dilimden, %2 veya %3’lük dilime kadar farklılık göstermektedir. Atmosferde su, son derece devingen bir yapıya sahiptir. Bir su molekülünün, okyanusta emilme ve bulut aracılığıyla tekrar yağış olarak yeryüzüne inmesi arasındaki, havada kalma süresi ortalama on gündür. İklimi değiştirme gücü dikkate alındığında karbondioksit, metan ve daha az miktarda bulunan diğer birkaç sera gazı da bu durumda etkili rol oynamaktadır. Tablo 1.5’te belirtildiği gibi, CO₂ havanın yaklaşık olarak %0.04’ünü; CH₄ ise, çok daha azını oluşturmaktadır. Fakat her ikisi de iklim değişikliği söz konusu olduğunda iki nedenden dolayı kendi

ağırlıklarının çok üzerinde ve önemli bir baskı gücüne sahiptirler. Birincisi, atmosferde yüksek miktarda H₂O olmasından dolayı, insan faaliyetleri sonucu oluşan ilave CO₂ ve CH₄, mevcut su buharı toplamı üzerinde önemli bir etki yaratamayacaktır. Havada daha az miktarda CO₂ ve CH₄ bulunduğu için, bu durumla orantılı büyük bir etki yaratmak adına daha fazla CO₂ veya CH₄ eklemek mevcut durumu değiştirmeyecektir. İkincisi ise, sera gazlarının havadaki su buharı üzerinde dolaylı bir etkiye sahip olma durumudur. Dolaylı etki, sera gazlarının fazladan ısıyı tutmalarından kaynaklanmaktadır. Daha sıcak hava, daha fazla suyu emebilir daha fazla ısınmış göller, nehirler ve denizler çok daha kolay bir şekilde buharlaşarak atmosfere karışabilir. İki etkinin sonucu olarak, fazladan CO₂ ekleyerek havayı bir miktar daha ısıtırsanız, hava çok daha fazla su buharı çekecektir. Bu yeni su buharı da kendi başına bir sera gazı görevi görerek havanın daha fazla ısınmasına yol açacaktır. Böylece sera gazlarının tek başlarına sahip oldukları etki, yaklaşık iki katına çıkmış olacaktır. Bu ekolojik süreç, **pozitif geri besleme** adını almaktadır. Pozitif ifadesi süreci olumlu bir şekilde sonuçlandırdığı için değil, başlangıçtaki etkiyi azaltmak yerine artırdığı için kullanılmaktadır (Walker and King, 2010, 29-30).

Genel olarak atmosferdeki gazlar, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde iklim değişimine neden olmaktadır. Doğrudan etki, gazların kendi kendilerine radyasyonu emdikleri durumlarda ortaya çıkmaktadır. Dolaylı etki ise; bir gazın diğer gazların atmosferdeki yaşam sürelerini, atmosferdeki hareketlerini etkilediği durumda ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda, dünyanın ısıtım dengesi (bulut oluşumu ya da albedo etkilendiğinde) diğer sera gazlarını oluşturan maddelerin kimyasal olarak dönüşüme uğradığı durumlarda da dolaylı etki meydana gelmektedir (EPA, 2015, ES2). Hem doğal hem de insan kaynaklı sera gazlarındaki artış, iklim sistemi üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Diğer taraftan sera gazları yapısal olarak, atmosfere gelen güneş ışınlarına karşı geçirgen iken geri yansıtılan uzun dalgalı yer ısıtımına karşı çok daha az geçirgen bir yapıya sahiptirler. Yapılarından dolayı yer kürenin olması gerekenden daha fazla ısınmasına yol açarak, ısıtım dengesinin değişmesi üzerinde etkili olmaktadır. Yer kürenin ısı enerjisinde artış, olduğunda ortalama sıcaklıkların artması ve ısıtım zorlamalarının⁷ olması halinde de yer kürenin ısı enerjisinde azalma yani ortalama

⁷ **Isıtım Zorlama:** Bir ögenin dünyanın atmosfer sistemine giren ve çıkan enerji dengesini değiştiren etkinin ölçümüdür. Potansiyel iklim değişikliği mekanizması olarak o ögenin öneminin

sıcaklıklarda azalma beklenmektedir (Arıkan ve Özsoy, 2008, 13-14). Belirtilen bu süreç Tablo 1.6.'da yer almaktadır.

Tablo 1.6. Işınımsal Zorlamalar ve Yerküre Işınım Dengesi

Işınımsal Zorlamalar	Örnek Süreç	Yer Küre Isı Dengesine Etkisi
Güneşten Gelen Işınlımların Değişmesi	Yerkürenin yapısı ve Güneş çevresindeki yörüngesinde meydana gelen farklılıklar (Milankovich döngüleri) ⁸	+/-
	Güneş' te yaşanan patlamalar	+
Yeryüzünden yansıyan ışınlım oranının değişmesi	Atmosferdeki bulutluluk oranının artması	-
	Orman yangınları ve volkanik patlamalar nedeniyle atmosferde aerosol ⁹ birikiminin artması	-
	İnsan etkinliklerinde kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle atmosferde aerosol birikiminin artması	-
	Orman alanlarının tarım, konut ya da sanayi faaliyetlerine yer kazandırmak için yok edilmesi	+
	Güneş ışınlarını doğrudan geri yansıtma özelliklerine sahip olan buzul alanlarının eriyerek azalması	+
	Stratosferdeki ozon tabakasının incelmeye neden olan klorofluorokarbon gazlarının (CFC) artması	+
Yeryüzünden uzaya yansıyan uzun dalga boylu ışınlımın değişmesi	Orman yangınları ve volkanik patlamalar nedeniyle atmosferde sera etkisi yaratan gaz birikimlerinin artması	+
	İnsan faaliyetlerinde kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle atmosferde sera etkisi yaratan gaz birikimlerinin artması	+

Kaynak: Arıkan, Y. ve G. Özsoy (2008). *A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi*, Bölgesel Çevre Merkezi, s.14.

Tablo 1.6'da yer küre ısı dengesine etki sütununda yer alan işaretlerden “+” işareti ısınmayı, “-” işareti ise soğumayı temsil etmektedir. Tablo da görüldüğü üzere güneşten

endeksidir. Pozitif zorlama yüzeyi ısıtma eğilimindeyken, negatif zorlama yüzeyi serinletme eğilimindedir (IPCC, 2013,1460).

⁸ “Milutin Milankovitch’in dünyanın hareketlerindeki değişikliklerin iklim üzerindeki kolektif etkilerini açıklamaya çalıştığı bir kuramıdır. Milankovitch; yerkürenin devinimi, eksen eğikliği ve eksen kaymasındaki değişimlerin yörüngesel baskı ile birlikte yeryüzündeki iklim oluşumlarını belirlemiş olduğunu matematiksel olarak teorize etmiştir” (Pehlivan, 2014, 89).

⁹ **Aerosoller:** Tozlar, tanecikler, kum taneleri, tuz kristalleri, küçük volkanik parçalar ve diğer damlacıklar sera etkisine katkıda bulunur. “Aerosoller” olarak adlandırılan bu faktörler güneş ışınlarını ve kızıl ötesi ışınları tekrar yansıtırlar. En önemlisi aerosoller su buharının yoğunlaşıp önce damlacıklar ve daha sonra yavaş yavaş bulut haline gelmesini sağlayan “yoğunlaşma çekirdekleri” işlevi görmesidir (Denhez, 2007,31).

gelen ışınlamaların değişmesi, yeryüzünden yansıyan ışınlamaların oranının değişmesi ve yeryüzünden uzaya yansıyan uzun dalga boyuna sahip ışınlamalarda meydana gelen değişimler, her ne kadar bazı durumlarda yeryüzünün soğuması ile neticelense de çoğunlukla yeryüzünün daha fazla ısınmasına neden olmuşlardır. Bu iki farklı durum ışınlamsal zorlamalar sonucunda, küresel ısınmamı yoksa küresel soğumamı oluyor gibi tartışmalara neden olabilmektedir.

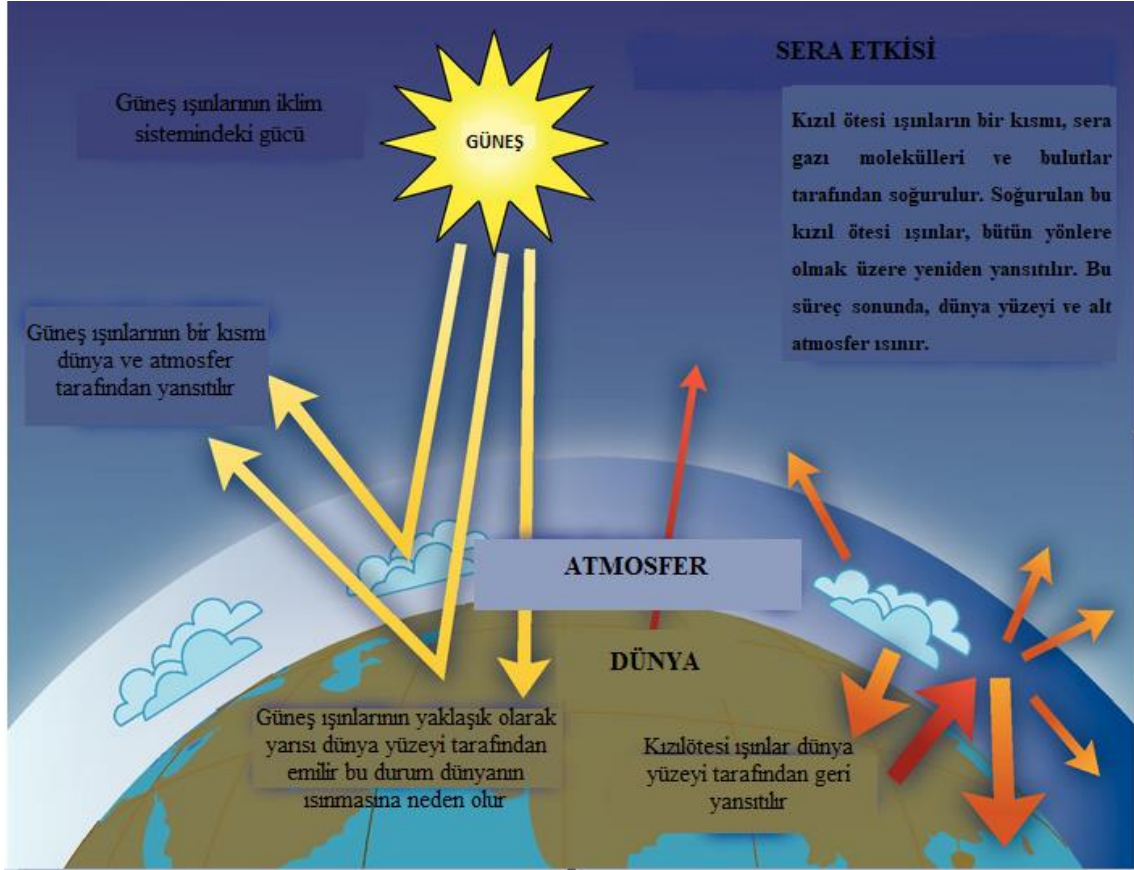
1.6. Sera Etkisi

Mitchell (1989) dünya yüzeyinde uzun dalga boylarına¹⁰ sahip radyasyonu tutan belirli gazların bulunduğunu belirtmiştir. Bu gazlar, sera gazı olarak adlandırılmaktadır. Sera gazları hesaplanan global sıcaklığı -18 °C'den +15 °C'ye yükselmesine neden olurlar. Meydana gelen bu ısınma olayı **sera etkisi** olarak adlandırılır (Mitchell, 1989, 115). Sera etkisi sayesinde yeryüzü 33 °C daha sıcaktır. Bu ısı artışı yeryüzünü canlıların yaşayabileceği ortam koşullarına ulaştırmaktadır.

Sera etkisi, dünyanın termal (ısı) dengesini sağlamaktadır. Termal denge olayı, dünya yüzeyindeki ısı emisyonları aracılığıyla meydana gelmektedir (Specht et al., 2016, 2). Dünyanın atmosferine ulaşan güneş ışınlamalarının yaklaşık üçte biri doğrudan uzaya tekrar yansıtılır. Geri kalan üçte ikisinin önemli bir kısmı yüzey ve kalan kısmı ise atmosfer tarafından soğurulur. Dünya enerji dengesini sağlayabilmek için ortalama soğurduğu enerji miktarı kadar enerji yansıtır. Toprak ve okyanuslar tarafından yansıtılan enerjinin çoğu ise bulutlar dahil olmak üzere atmosfer tarafından soğurulur ve dünyaya yeniden yansıtılır. Bu durum neticesinde, sera etkisi ortaya çıkar. Ortaya çıkan sera etkisi dünya yüzeyinin donma noktasından, yaşanabilir seviyeye yükselmesini sağlar. Yani dünyayı canlılar için yaşanabilir sıcaklık seviyesine getirir (IPCC, 2007, 115).

¹⁰ Her cisim molekül yapısına bağlı olarak belirli dalga boylarına sahip ışınları soğurur ve bu enerjiyi başka dalga boylarında ışınlar halinde tekrar çevresine yayar. Bir cisme gelen enerji miktarı yayılan enerji miktarından daha fazla ise cisim ısınır, aksi halde gelen enerji miktarı yayılan enerji miktarından az ise cisim soğur. Alınan ve yayılan enerji miktarının denk olması halinde sıcaklık değişmeyecektir. Karşılıklı iki cisim arasında sıcaklık farkı var ise, bu durumda sıcak olan cisimden soğuk olan cisme doğru ısıma yoluyla enerji akışı olacaktır. Bu durumda, cisimler arası sıcaklık farkının büyüklüğü oranında gönderilen enerjide güçlü olacaktır. Cisimlerin sıcaklıkları başka bir ifadeyle sahip oldukları enerji miktarı fazla olduğu oranda yayılan ışınların dalga boyları kısa, sıcaklık az olduğu oranda ise yaydıkları dalga uzunlukları ise uzun olacaktır (Erol,2004,30). Güneş dünyadan daha sıcak olduğu için, güneşten gelen ışınlamalar kısa dalga boylarına sahiptir. Benzer şekilde dünya güneşten daha soğuk olduğu için, dünyadan yansıtılan ışınlamalar da uzun dalga boylarına sahiptir.

Dünyanın ısı düzeyini canlıların yaşamasına uygun seviyeye getiren bu hayati süreç, Şekil 1.2’de yer almaktadır.



Şekil 1.2. Sera Etkisinin Şematik Gösterimi

Kaynak: Intergovernmental Panel on ClimateChange (IPCC), Climate Change 2007 The Physical Science Basis, 115.New York, Cambridge University Pres.

Şekil 1.2.’de belirtildiği gibi, doğal sera etkisi güneş ışınlarının dünyaya ulaşması ile başlayan ekolojik bir süreçtir. Güneşten gelen ışınlardan, atmosferden geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Ulaşan bu ışınların büyük bir kısmı, yeryüzü tarafından soğurularak ısı enerjisine dönüşürken bir kısmı da atmosfere kızıl ötesi¹¹ ışınlar olarak tekrar yansıtılır. Kızılötesi ışınların bir bölümü ise sera etkisine neden olan gaz molekülleri tarafından tekrar hem atmosfere hem de yeryüzüne olmak üzere her yöne yayılır. Bu sürecin tamamlanmasıyla birlikte alt atmosfer (stratosfer) ve dünya yüzeyi ısınır.

¹¹ Kızılötesi: Sıcaklığı -273 derecenin üzerinde (mutlak sıfır) olan tüm katı cisimler sahip oldukları enerjisinin bir kısmını ışıma şeklinde dışarı atarlar. Katı cisim atma işleminde, ısı ne kadar yüksekse dalga uzunluğu o kadar kısalarak yapacaktır. Yüzeyi yaklaşık 6000 °C olan güneş (%40) görülebilir, (%50) kızılötesi ve (%10) ultraviyole (morötesi) ışın yayar. Güneşe oranla çok daha soğuk olan dünya, yeteri kadar enerjiye sahip olmadığından dolayı sadece kızılötesi ışın yayabilmektedir (Denhez, 2007, 31).

Bu ekolojik olayın sera etkisi olarak tanımlanmasının nedeni, herhangi bir seradaki işlevsel süreç ile aynı şekilde sonuçlanmasından kaynaklanmaktadır. Bir seradaki cam duvarlar hava akımını azaltır ve seranın içindeki sıcaklığı artırır. Farklı fiziksel süreçte gerçekleşmesine rağmen bu durum dünya içinde aynı sonucu yaratır. Böylece sera etkisi ile dünya yüzeyi ısınır. Daha öncede belirtildiği gibi, dünyanın sera etkisi aracılığıyla ısınması, canlı hayatının sürdürülebilirliği için gerekli bir doğa olayıdır.

Doğal sera etkisi, atmosferdeki sera gazlarının sıcaklığı tutmaları neticesinde ortaya çıkmaktadır. Atmosferde bulunan her bir gazın, atmosferdeki diğer gazlara göre sıcaklığı tutabilme kabiliyetleri karşılaştırılabilmektedir. Bu karşılaştırma, Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) ölçütü aracılığıyla yapılabilmektedir. IPCC (1990) tarafından yapılan tanıma göre; bir sera gazını GWP'si, zamana bağlı ışımsal zorlama neticesinde aniden serbest kalan 1 kg eser maddenin (trace substance) 1 kg referans maddeye nisbi oranıdır. Başka bir ifade ile GWP, gazların soğurma kapasiteleri, yoğunlukları ve atmosferde kalma sürelerini değerlendirmek için kullanılan bir kriterdir. Kısaca GWP, gazların global ısınma potansiyelidir (Specht et al, 2016, 2-3). GWP, belirli bir zaman dilimi (Kyoto Protokolü'nde 100 yıl olarak belirlenmiştir) esas alınarak hesaplanır.

GWP emisyon ölçümünde ağırlıklı olarak milyon ton (MMT) birimi kullanılmaktadır. MMT, CO₂-eş değerinin milyon tonunu (MMT CO₂-eş) ifade etmektedir. Bir gazın GWP ölçümünde gazın bin tona karşılık kiloton (kt) cinsinden, MMT CO₂-eş değeri olarak karşılığı dikkate alınmaktadır (EPA, 2015, 1-9).

$$\text{MMT CO}_2\text{-eş} = (\text{Gazın kt'si}) \times (\text{GWP}) \times (\text{MMT}/1000 \text{ kt}) \quad (1.1)$$

Daha önce ifade edildiği gibi; karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitrojen oksit (N₂O) atmosferde yer alan en güçlü ve en uzun ömürlü üç gazdır. CO₂'nin bu özellikleri sera etkisi açısından büyük önem taşımaktadır. Genel olarak atmosferdeki gazlar dikkate alındığında, sera etkisinin temel belirleyicileri CO₂ ve H₂O gazlarıdır. Doğal bir sürecin elemanları olmalarına karşın, insan aktiviteleri sera gazları üzerinde farklı oranlarda etkiye sahiptir. Temel iki sera gazı açısından bakıldığında insan faaliyetlerinin CO₂ üzerinde doğrudan etkisinin olduğu görülmektedir. CO₂'nin aksine su buharı üzerinde insan faaliyetlerinin doğrudan etkisi bulunmamaktadır. Buna bağlamda, insan kaynaklı faaliyetler küresel ısınma aracılığıyla dolaylı etkiye sahip olmaktadır (Wallington et al.,

2009, 7). Temel sera gazlarına neden olan insan aktiviteleri ve sera gazlarının atmosferdeki yaşam süreleri Tablo 1.7.'de yer almaktadır.

Tablo 1.7. İnsan Aktivitelerine Dayanan Sera Gazları

Sera Gazları	Kimyasal Formülü	Antropojenik Kaynak	Atmosferik Yaşam Süresi (Yıl)
Karbondiyoksit	CO ₂	- Fosil yakıt kullanımı - Azali/toprak kullanımında değişiklikler, - Çimento üretimi	~100
Metan	CH ₄	- Fosil yakıtlar - Pirinç tarlaları - Atık dökümleri	12
Nitrojen Oksit	N ₂ O	- Gübre kullanımı - Endüstriyel işlemler, - Yanma	114
Traposferik Ozon	O ₃	- Fosil yakıt kullanımı - Endüstriyel emisyonlar, - Kimyasal çözücüler	Saatler/Günler
CFC – 12	CCl ₂ F ₂	- Sıvı soğutucular, - Köpükler	100
HCFC – 22	CHClF ₂	Dondurucular/Soğutucular	12
Kükürt Hekzaflorür	SF ₆	İçyükül akışkan (Dielectric fluid)	3200

Kaynak: Center for Climate and Energy Solutions Working Together for the Environment and the Economy, Main Greenhouse Gases, <http://www.c2es.org/facts-figures/main-ghgs> (Erişim Tarihi 06.06.2016) and Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), Recent Greenhouse Gas Concentrations, http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html (Erişim Tarihi 06.06.2016).

Tablo 1.7.'de yer alan antropojenik (insan kaynaklı) kaynak sütunu, belirtilen sera gazlarının hangi insani faaliyetler sonucunda ortaya çıktığını ifade etmektedir. Örneğin CO₂, fosil yakıt kullanımı, arzi kullanımındaki değişiklikler ve çimento üretimi yoluyla ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak, sera gazlarının antopojenik kaynakları arasında fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel işlemlerin ön plana çıktığı görülmektedir.

Sera gazlarının atmosferdeki yaşam sürelerine bakıldığında, ciddi bir farkla en uzun yaşam süresinin kükürt hekzaflorür (SF₆)'e, en kısa yaşam süresinin ise, traposferik ozon (O₃)'a ait olduğu görülmektedir. Metan ve HCFC-22 on ikişer yıllık yaşam süresine sahipken diğer gazlar yaklaşık yüz yıllık ömre sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Tablo 1.7.'de yer alan sera gazlarının GWP değerleri ve traposferik yoğunlukları Tablo 1.8.'de yer almaktadır.

Tablo 1.8. İnsan Aktivitelerine Dayanan Sera Gazlarının GWP Değerleri ve Yoğunlukları

Sera Gazları	Global Isınma Potansiyeli GWP (100 Yıl)	1750 Öncesi Troposferik Yoğunluk Ppb*	2016 (Nisan) Troposferik Yoğunluk Ppb
Karbondioksit	1	280.000 ⁵	399.5 ^{2,8} ppm
Metan	25	700 ⁷	1834 ²
Nitrojen Oksit	298	270 ⁹	328 ³
Troposferik Ozon	N.A	25	337 ²
CFC – 12	10.900	0	516 ³
HCFC – 22	1.810	0	233 ³
Kükürt Hekzaflorür	22.800	0	8.6 ^{3,11}

Kaynak: Center for Climate and Energy Solutions Working Together for the Environment and the Economy, <http://www.c2es.org/facts-figures/main-ghgs> (Erişim Tarihi 06.06.2016) and Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html (Erişim Tarihi 06.06.2016).

***Ppb:** Bir milyarda parçacık: bir milyardaki yoğunluk ppm'nin bin katı.

Tablo 1.8.'de GWP değerleri, yukarıda belirtildiği şekilde MMT CO₂-eş değerine dönüştürülerek hesaplanmıştır. Örneğin, N₂O (diazot monoksit)= 298 CO₂-eş birimine denk gelmektedir. Diğer bir ifade ile; N₂O, CO₂' ye kıyasla 298 kat daha fazla küresel ısınma etkisine sahiptir.

Tobladaki GWP değerlerine bakıldığında ise, kükürt hekzaflorür'ün yaşam süresinin uzunluğu gibi GWP'sinin de diğer sera gazlarına göre en yüksek değere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Troposferik ozonun GWP'si ile ilgili veri olmamasıyla birlikte en düşük GWP'ye sahip sera gazının CO₂ olduğu görülmektedir.

Farklı yıllardaki yoğunluklarına bakıldığında ise; GWP değeriyle ters bir şekilde en yüksek yoğunluğun her iki yıl içinde CO₂'de en düşük yoğunluğun ise kükürt hekzaflorür'de olduğu görülmektedir.

Doğal ve insan kaynaklı sera etkisi, iklim değişikliğinin temel faktörlerinden birisi olması nedeniyle bu alanda birçok çalışma yapılmıştır. İklim değişikliğine yönelik olarak yapılan teorik çalışmalar kronolojik olarak Tablo 1.9.'da yer almaktadır.

Tablo 1.9. İklim Değişikliğinin Tespit Edilmesine Katkıda Bulunan Başlıca Çalışmalar

Tarih	Araştırmacı ve Olay
1681	Edme Mariotte, diğer ısı yayılan kaynakların aksine, cam ve şeffaf materyallerin, güneş ışınları ve ısı geçişine izin verdiğini keşfetmiştir.
1760	Horace Benedict de Saussure, bir helietermometre kullanarak sera etkisi deneyini yapan ilk kişi olmuştur. Saussure'nin deneyinden sonra, havanın termal radyasyonu soğurabileceği ortaya çıkmıştır.
1824	Joseph Fourier, dünyanın ısı tutması üzerinde atmosferin önemini vurgulamıştır. Fourier, 1822 yılında, ısınma olayını tanımlarken sera gazı terimini kullanmıştır. Fourier, güneş ışınlarının dünyadaki yansıma neticesinde kimyasal yapılarının değiştiğini ve değişen ışınların atmosferdeki geçişlerinin azaldığını ifade etmiştir. Işınların geçişinde meydana gelen farklılıklar neticesinde yerkürenin sıcaklığında farklılıklar meydana geleceğini belirtmiştir.
1859	John Tyndall, atmosferdeki ısı tutucuların, CO ₂ ve su buharı olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca Tyndall dünyanın ikliminde meydana gelen değişikliklerin nedeni olarak CO ₂ ve su buharı birikimindeki değişikliklerden kaynaklandığını tespit etmiştir.
1895	İsveçli elektrokimyacı Svante Arrhenius, iklim değişikliği tahminini yapan ilk kişi olmuştur. Arrhenius, atmosferdeki CO ₂ gaz yoğunluğunun iki katına çıkması durumunda küresel sıcaklığın 5°C artacağını, diğer durumda yani CO ₂ gaz yoğunluğunun yarıya düşmesi durumunda küresel sıcaklığın 5 °C düşeceğini ifade etmiştir. Ayrıca bu sıcaklık düşüşünün buzul çağına başlaması için yeterli olacağını ileri sürmüştür.
1897	Amerikan jeolog Thomas Chrowder Chamberline, buz çağlarının periyodik oluşumlarını açıklamaya çalışmıştır. Ayrıca CO ₂ merkezli jeolojik olayların değişimini incelemiştir.
1899	NilsEckholm, taşkömürü yakımı sonucu atmosferdeki CO ₂ yoğunluğunun iki kat artacağını ifade etmiştir. Ayrıca bu durumun dünyanın yüzey sıcaklığını artıracağını da vurgulamıştır.
1900	Knut Ångström, maksimum düzeyde kızıl ötesi emilim sağlamak için atmosferde yeteri kadar CO ₂ olduğunu iddia etmiştir. Bu nedenle ilave CO ₂ , herhangi bir absorbe edici etki yaratmayacağını belirtmiştir.
1913	William Humphries, atmosferdeki CO ₂ değişimlerinin yeryüzünün ortalama sıcaklığı üzerinde hiçbir kayda değer etkisinin olmayacağını belirtmiştir.
1929-1930	George Clarke Simpson, genel olarak atmosferde ki CO ₂ miktarında değişimler olduğunun kabul edildiğini, ancak bu değişimler gerçekleşse bile, değişimlerin iklim üzerinde kayda değer bir etkiye sahip olmadığını iddia etmiştir.
1936	Guy Stewart Callendar, Küresel ısınma ve iklim değişikliği arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Araştırmada kullandığı denklem sonucunda atmosferde CO ₂ yoğunluğunun iki katına çıkması halinde küresel sıcaklığında en az 2°C artacağı sonucuna varmıştır.
1958	Roger Revelle ve Hans Suess Atmosferik CO ₂ yoğunluğunun endüstri öncesi döneme göre %13 daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.
1979	ABD Ulusal Bilimler Akademisi tarafından hazırlanan raporda atmosferik CO ₂ yoğunluğuiiki katına çıkması durumunda ortalama küresel sıcaklığın 1.5 – 4.5 °C artacağı öngörülmüştür.
1981	ABD Ulusal Bilimler Akademisi ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) destekli alarm raporu yayınlanmıştır. Küresel ısınma hem Kuzey Amerika hem de Avrupa'nın politikalarında yer almaya başladı.
1985	Ramanathan vd. metan ve diğer sera gazlarındaki artış neticesinde küresel ısınmanın beklenenin aksine ikiye katlandığını tespit etmişlerdir.
1987	Montreal Protokol'ü yayımlanmıştır. Protokole göre ozon tabakasını incelten gazların ve bu gazlara sebep olan üretimlerin kontrol altına alınmasını sağlayacak önlemlerin alınması öngörülmüştür.
1992	Rio De Janeiro'da Dünya Zirvesi Konferansı düzenlenmiştir. Konferansta 150 ülke tarafından Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) imzalanmıştır.
1997	Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Protokol ile ülkeler sera gazı salınımları 1990 seviyelerine göre en az %5 azalmaları konusunda anlaşma sağlamışlardır.

Kaynak: Lawn, Philips,(2016). Resolving the Climate Change Crisis: The Ecological Economics of Climate Change, Springer, 35-40. Australia.

Tablo 1.9.'a ek olarak 1988 yılında Birleşmiş Milletler bünyesinde faaliyet gösteren Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. IPCC'nin raporları, üç çalışma grubu tarafından hazırlanmaktadır. Bu çalışma gruplarının görevleri (IPCC, 2016):

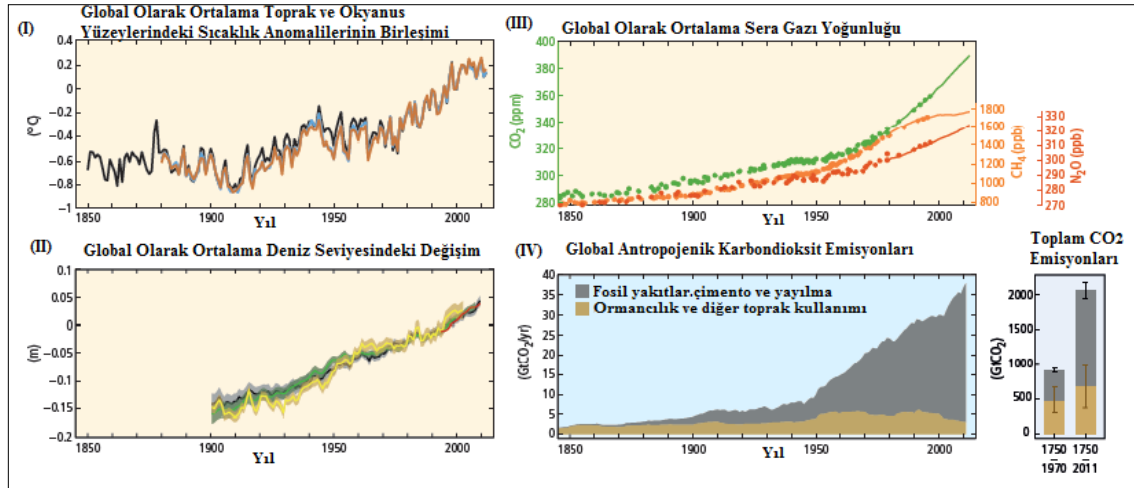
- **Birinci Çalışma Grubu:** İklim sistemi ve değişikliğinin fiziksel bilim temelini ve nedenleri üzerine rapor hazırlama,
- **İkinci Çalışma Grubu:** İklim değişikliğinin gelecekteki etkileri ve sıcaklık değişimlerinin tahmin edilmesi üzerine rapor hazırlama,
- **Üçüncü Çalışma Grubu:** İklim değişikliğini azaltmaya yönelik politika yapan kişilere opsiyonlar sunmak üzere periyodik olarak (5 yılda bir) rapor hazırlama şeklindedir.

IPCC ilk raporu 1990 yılında (1992 yılında da birinci rapora ek rapor) çıkarılmıştır. Ardından sırasıyla, 1995, 2001, 2007 yılında raporlar yayınlamıştır. IPCC'nin son raporu ise, 2013-2014 yılında hazırlanmıştır. Yayımlanan beşinci raporun birinci çalışma grubunun sonuçlarına göre, 1951-2010 döneminde meydana gelen küresel ısınmanın yüksek olasılıkla (%95-%100) insan kaynaklı olarak meydana geldiği vurgulanmıştır. Ayrıca raporda 1901-2011 yılları arasında küresel sıcaklığın 0.9 °C artış meydana geldiği ve dünyanın ortalama yüzey sıcaklığında sanayi devrimi öncesine göre 2 °C yüksek olduğu belirtilmiştir. Son olarak deniz seviyesindeki yükselmenin son buzul dönemine göre en az 5 en fazla 10m daha yüksek olduğu ifade edilmiştir.

1.7. Küresel Isınma

Küresel ısınma dünyanın atmosferinde meydana gelen, ortalama sıcaklıktaki artış olarak tanımlanır. Bu sıcaklık artışı global iklim değişikliğine neden olabilecek boyutlara sahip ve devam eden (sürekliliği olan) nitelikte olmalıdır (Sorensen, 2014, 1). Bir başka tanıma göre, küresel ısınma insanların çeşitli faaliyetleri neticesinde meydana gelen ve sera gazları olarak adlandırılan gazların atmosferde yoğun bir şekilde artması sonucunda yeryüzüne yakın atmosfer tabakaları ile yeryüzü sıcaklığının yapay olarak artması sürecidir (Bayraç, 2011, 232). Dünyanın yakın yüzeyinde sıcaklık artışı olarak tanımlanan küresel ısınma, geçmişte olan doğal etkilerin sonucu olarak ortaya

çıkmasının yanı sıra insan kaynaklı sera gazı salınımindaki artış sonucunda da oluşmaktadır (IEA, 2016). Küresel ısınma; okyanusların ısınması, deniz seviyesinin yükselmesi, buzulların erimesi ve Kuzey Yarımküre’de karla kaplı alanların azalması gibi ekolojik olaylar ile sonuçlanmaktadır. Şekil 1.3.'de, küresel ısınmadan kaynaklanan iklim sistemindeki değişimler yer almaktadır.



Şekil 1.3. Küresel Isınma Neticesinde İklim Sisteminde Gözlemlenen Değişimler

Kaynak: Intergovernmental Panel on ClimateChange (IPCC), Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers,2014,3,New York, Cambridge University Pres.

Şekil 1.3'deki I nolu panelde, global olarak ortalama toprak ve okyanus yüzeylerindeki sıcaklık anomalilerinin, yıllık ve küresel olarak ortalamaları alınmış hali yer almaktadır. Şekildeki farklı renkler, farklı veri setlerini temsil etmektedir. Birbirinden bağımsız olarak üretilmiş olan veri setleri kullanılarak 1880-2012 döneminde, 0.85 °C'lik doğrusal bir artış olduğu görülmüştür. En uzun dönem veri setine göre hesaplanan sonuçlara göre ise, 1850-1900 ve 2003-2012 dönemleri arasında gerçekleşen toplam ısınma, 0.78 °C'dir. 1901-2012 dönemi verilerine göre, bu dönem boyunca neredeyse bütün yerküre yüzeyi ısınmıştır (IPCC, 2014, 4).

Şekil 1.3'deki II nolu panelde, global olarak ortalama deniz seviyesindeki değişim, yıllık ve küresel olarak ortalamaları alınmış hali yer almaktadır. Şekildeki farklı renkler, farklı veri setlerinin temsil etmektedir. Küresel ölçekte okyanusların ısınması, yüzeye yakın bölümlerde en fazladır. Okyanusların en üst 75 m'lik katmanı, 1971-2010 döneminde her on yılda 0.11 °C ısınmıştır. Küresel ortalama deniz seviyesi, 1901-2010 döneminde 19 cm yükselmiştir. 1979'dan beri kutup denizlerinde, ısınmadan kaynaklanan

buzullardaki kütle kaybı ve 1970'lerden sonra, gözlemlenen deniz seviyesindeki artışın muhtemel nedenleri arasında sayılmaktadır (IPCC, 2014, 4-5).

Şekil 1.3'deki III nolu panelde, sera gazlarının atmosferik yoğunlukları yer almaktadır. Şekilde; CO₂ yeşil çizgilerle, CH₄ turuncu çizgilerle ve N₂O kırmızı çizgilerle temsil edilmektedir. Şekil 1.3'deki IV nolu panelde ise, fosil yakıt yanması ve arazi kullanımı sonucu CO₂ emisyonunda meydana gelen değişimlere yer verilmiştir. Atmosferik sera gazı yoğunluğu endüstri öncesi dönemden itibaren yüksek oranda artış göstermiştir. Bu nedenle CO₂, CH₄, N₂O gazlarının atmosferik yoğunlukları, son 800.000 yıllık dönemde hiç olmadığı kadar yüksek seviyeye ulaşmıştır. CO₂ yoğunluğu, fosil yakıt kullanımı ve arazi kullanımındaki değişimler sonucu sanayi öncesi döneme göre yaklaşık %40 oranında artmıştır. Okyanuslar insan kaynaklı atmosfere salınan CO₂'nin yaklaşık %30'unu soğurarak asitlemiştir. Toplam insan kaynaklı sera gazı emisyonunda, 1710-2010 döneminde gerçekleşen artış 2000-2010 döneminde de daha büyük oranda artmaya devam etmiştir. 1970'den 2010'a gelindiğinde toplam sera gazı emisyonunda, fosil yakıt yanması ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanan CO₂ emisyonu katkısı yaklaşık %78 artmıştır. Benzer yüzde artışı, 2000-2010 döneminde de görülmüştür (IPCC, 2014, 4-5).

Özellikle son 30-33 yıl içinde dünyada görülen sıcaklık artışlarının yanı sıra çok büyük buz kütlelerinin erimesi, küresel ısınmanın boyutlarını göstermektedir. Küresel ısınma kaynaklı gerçekleşen örnek olaylardan bazıları aşağıda yer almaktadır (Boşgelmez, 2007, 120– 121):

- 1974'te Sahra'da kuraklık, Hindistan'da Muson yağmurları, Avustralya'da kasırgalar,
- 1975'te Brezilya'da kahve mahsulünü yok eden don olayları,
- 1976'da Avrupa'da kuraklık, Sovyetler Birliği'nde mahsulü etkileyen mevsimsiz yağışlar,
- 1976 ve 1977'de ABD'de yaşanan şiddetli kış ve milyarlarca dolarlık ürün kayıpları,
- 1977'de Hindistan'da Andra Pradesh Kasırgası,
- 1978'de Hindistan'da büyük sel olayı,

- 1998'de El- Nino, Orta Amerika'da fırtınalar, sel ve toprak kaymaları; Endonezya'da tropikal orman yangınları; Amerika ve Avrupa'da aşırı yağışlar, Hindistan ve Çin'de seller,
- Birçok ülkede ve Türkiye'de, Temmuz- Ekim 2002'de sürekli yağış, İç Anadolu'da ağustos ayında sürekli yağış,
- 2003 yılında yaz aylarının çok sıcak geçmesi, Fransa'da binlerce kişinin ölmesi,
- 2004 yılında, Kuzey Amerika ve Japonya'da fırtınalar; Hindistan, Bangladeş ve Avrupa'da seller; Dünya genelinde sürekli depremler,
- Ocak 2004'te İstanbul'da aşırı kar yağışı, don olayları,
- 2005 yılında, Uzak Doğu'da Tsunami, 300 000 kişinin ölümü, Japonya, Çin ve ABD'de tayfun ve sel felaketi,
- 2006 yaz aylarında aşırı sıcaklar,
- 2007 yılı kış döneminde, Türkiye'de hava sıcaklığının normal değerlerin üstünde seyretmesi; bitkilerin erken çiçek açması, İç Anadolu, Ege ve Marmara Bölgeleri'nde yağışların normalin altında yağması; buna karşın, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da yağış ve yer yer sellerin meydana gelmesi,
- Yüksek enlemlerde sıcaklık artışı,
- Kutuplar ve dağlardaki buz kütlelerinin parçalanıp kopması ve erimesi, buz tabakaları arasında göllerin oluşması,
- Yapılan araştırmalara göre, İzlanda'nın %8'ini oluşturan Vatna dev buzulu, 1930 yılından bu yana hızla erimesi; küresel ısınmanın bu şekilde devam etmesi halinde bu dev buzulun yaklaşık 100 yıl sonra yok olacağı ve İzlanda'nın sular altında kalacağı tahmin edilmesi,
- Güney Kutbu'nda 1995 yılında 37 km genişliğinde, 77 km uzunluğunda büyük bir buzulun kopması,
- Güney Kutbu'nda ana buzullardan biri olan Larsen-B buzulunun kopması: yaklaşık 12000 yıllık olan, 3250 km²'lik 200 m derinliğindeki buzdağının binlerce iceberg (buz dağı)' e bölünmesi (Sulara karışan kütlenin 720 milyar ton buza karşılık olduğu belirtilmiştir),

- Antartika'da son 50 yıl içinde 2.5 °C'lik sıcaklık artışı bu nedenle 7 buzul kütlesinin alanı 1974 yılından bu yana 13500 km² azalması,
- Yapılan ölçümlere göre, denizlerde 0.1-1 °C arasında sıcaklık yükselmesi,
- Son yıllarda atmosferin sıcaklığının sürekli yükselmesi, 1860–1990 yılları arasında 0.5 °C'lik bir artış olması (son buzul çağından sonra sadece 5 °C'lik bir sıcaklık artışı olduğuna dikkat edersek, bu kısa zaman dilindeki artış önem arz etmektedir).
- İklim kuşaklarının kutuplara doğru ilerlemesi,
- Okyanuslarda su sıcaklığının yükselmesi sonucu, kasırga oluşumunun hızlanması,
- Denizlerde su seviyesinin yükselmesi, adalar, verimli kıyı şeritleri ve toprakların su altında kalması,
- Sıcak deniz/ okyanuslarda yaşanan hayvan türlerinin kuzey enlemlere doğru yayılması (Kızıldeniz'den Akdeniz'e doğru),
- Dere, nehir ve göllerde su seviyesinin düşmesi, su akış havzalarında kuraklık görülmesi,
- Çöl alanlarının genişlemesi,
- Çeşitli hastalıkları yayan vektör türlerinin etkinlik sürelerinin uzaması; bu zararlıların dikey dağılımları yani ovoidan dağ yükseltilerine doğru habitatlarının genişlemesi.

Yukarıda bir kısmı verilen küresel ısınma kaynaklı olaylar, küresel ısınma ile mücadele etmeyi ve dolayısıyla küresel ısınmanın oluşumunda büyük bir paya sahip olan sera gazlarının azaltılmasını önemli hale getirmektedir. Bu nedenle, küresel ısınma ve iklim değişikliğini engellemek amacıyla oluşturulan uluslararası sözleşme ve konferansların yanı sıra, dünyadaki sera gazı emisyonu açısından ikinci ülke konumunda olması nedeniyle ABD'nin uyguladığı enerji politikalarına ikinci bölümde yer verilecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

ULUSLARARASI ÇEVRE SÖZLEŞMELERİ/KONFERANSLARI VE ABD ENERJİ POLİTİKALARI

2.1. Uluslararası Konferanslar ve Sözleşmeler

Çalışmasının bu bölümünde, öncelikle uluslararası çevre konferansları ve sözleşmelerine (Stockholm Konferansı, Birleşmiş Milletler Çevre Ve Kalkınma Konferansı (Rio Konferansı), Gündem 21, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü) yer verilmiştir. Bunun ardından, ABD'ye ait çeşitli enerji göstergeleri dikkate alınarak, ABD enerji politikaları, 1989-1999 ile 2000-2016 yılları olmak üzere iki ayrı dönem halinde incelenmiştir.

2.1.1. Stockholm Konferansı

Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı'na hazırlık amacıyla Stockholm Konferansı, 1971 yılı Haziran ayında İsveç'e'nin Founex kentinde yapılmıştır. Toplantıda, çevre sorunları ve ekonomik gelişme arasındaki ilişki, ilk defa küresel boyut da ele alınmıştır. Konferansta az gelişmiş ülke katılımcıları, çevre sorunlarına sanayileşmenin neden olduğunu ve bu nedenle de sanayileşmiş ülkeler tarafından sorunların çözülmesi gerektiğini savunmuşlardır. Buna karşın, kendi içinde bulundukları ekonomik ve toplumsal az gelişmişliğin de bir çevre sorunu olduğunu da kabul etmişlerdir. Ayrıca konferansta gelişmekte olan ülkelerin karşılaştıkları birçok çevre sorununun, sanayileşmiş ülkelerin sanayileşme sürecinde tecrübe ettikleri dolayısıyla da aynı hataların gelişmekte olan ülkeler tarafından yapılmasının önlenebileceği vurgulanmıştır (Kaplan, 1999, 120-121).

Stockholm Konferansı, Birleşmiş Milletler'in uluslararası çevre konularında yaptığı ilk büyük konferans olmasının yanı sıra, uluslararası çevre politikalarının gelişiminde

önemli bir role sahip olmuştur. Konferans sonucunda yapılan deklarasyon ile çevre hakkı, üçüncü nesil insan hakları¹² kapsamında değerlendirilmeye başlanmıştır. Konferansta kabul edilen “sağlıklı ve insan onuruna yakışır bir çevrede yaşama” ilkesi ile çevre hakkı, sağlık hakkından ayrılarak bağımsız biçimde değerlendirilmeye başlanmıştır. Konferans sonucunda çevre ve kalkınma ile ilgili 26 prensibi içeren bir deklarasyon ve 109 öneri içeren bir Eylem Planı ortaya çıkmıştır. Stockholm Konferansı sonucunda Birleşmiş Milletlerde çevre sorunlarını küresel boyutta ele alacak uluslararası bir birim kurulmasına karar verilmiş ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) oluşturulmuştur (Sevük, 2013,107). Stockholm Konferansı’nı önemli kılan bir diğer unsur ise; hukuki açıdan herhangi bir bağlayıcılığı olmamasına rağmen, çevreyle ilgili birçok ilkenin ulusal metinde yer almasına zemin hazırlamış olmasıdır (Özyol, 2013, 125). Başka bir ifadeyle, Stockholm bildirgesi, açık bir şekilde garanti etmese de çevre hakkının varlığı için gerekli temeli oluşturmuştur (Turgut, 2012, 83).

Genel olarak bakıldığında Stockholm Konferansı’nın uluslararası çevre politikalarına, önemli iki katkısı olduğu görülmektedir. Birincisi, zengin ve yoksul ülke ayrımı yapılmaksızın katılımcı tüm ülkeler tarafından küresel çevre sorunlarının boyutlarına ve tehlikelerine dikkat çekilmiş ve tehdidin tüm insanlığa yönelik olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca sorumluluğun paylaşılması konusunda da uzlaşma sağlanmıştır. İkinci katkı ise, Stockholm Sonuç Bildirgesi’nde, her insanın sağlıklı bir çevrede yaşama ve çevrenin korunmasına yönelik kararlara katılma hakkı olduğunun vurgulanmış olmasıdır (Kaplan, 1999, 122-123).

2.1.2. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Konferansı)

1992 yılında Brezilya’nın Rio De Janeiro şehrinde düzenlenen ve Rio Konferansı olarak da adlandırılan konferansa, 108’i devlet bakanlığı düzeyinde olmak üzere toplam 172 ülke katılmıştır. Rio Konferansı, 1972 yılında kabul edilmiş olan BM Stockholm Konferansı Deklarasyonu’nu hayata geçirmeyi amaçlayarak, yeni ve küresel bir ortaklığın kurulabilmesi için devletlerin, yönetimlerin, sektörlerin ve sivil toplum örgütlerinin işbirliği ile küresel kalkınma sistemini koruma amacıyla da düzenlenmiştir (Özmehmet, 2008, 1859-1860). Konferansın hedefi, küresel ölçekte çevre sorunları ile

¹² Üçüncü nesil insan hakları: Dayanışma hakları, halkların hakları veya grup haklarından oluşmaktadır (Turhan, 2013, 367).

mücadele ve sürdürülebilirlik olgusu arasındaki ilişkiyi güçlü hale getirmektir (NCSA-Turkey, 2017). Konferans Bildirgesi'nin başlangıç hükümlerinde, Stockholm Konferansı'nın ilkelerine bağlı kalındığı ve bunları gerçekleştirmek için devletler, toplumlar ve insanlar arasında olmak üzere her düzeyde iş birliği kurmak amacı taşındığı, dünyanın ve herkesin ortak çıkarını koruyacak bir çevre-kalkınma düzeni oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır (Keleş vd., 2012, 454).

Bildirgede devletlerin, Birleşmiş Milletler Sözleşmesi'ne ve uluslararası hukuk prensiplerine uygun olarak kendi kaynaklarını, kendi çevresel ve kalkınma politikaları doğrultusunda kullanma ve kontrol hakkına sahip oldukları belirtilmiştir. Bununla birlikte, başka devletlerin haklarına saygı göstermeleri ve ulusal yargı yetkisinin dışındaki alanları korumalarına yönelik yükümlülükler yer almıştır. Bildirge, günümüzdeki ve gelecekteki nesillerin kalkınma ve çevre ihtiyaçlarının eşit şekilde karşılanması gerektiği ve çevresel koruma ile sürdürülebilir kalkınmanın tamamlamıcılık özelliğini belirten 27 temel prensipten oluşmuştur (UNFCCC, 1992).

Genel bir değerlendirme yapıldığında, Rio Konferansı'nın uluslararası çevre politikalarına kazandırdıklarını iki maddede toplamak mümkündür. Bunlar (Kaplan, 1999, 11);

- Ulusal devlet kavramı ile uluslararası örgütlerin rollerini yeniden tanımlanması ve gözden geçirilmesi sağlamıştır. Böylece, çevre koruma konusunda uluslararası iş birliğinin başarı kazanmasını sağlayacak şartlar belirlenmiştir. Bu şartların belirlenmesindeki amaç, bazı devletlerin olası çevre sorunlarını önlemek için çaba harcarken, diğerlerinin ise, bu çabayı boşa çıkartacak şekilde çevreye zarar vermeyi sürdürmeleridir. Bu nedenle, devletlerin artık egemenliklerinin bir bölümünden vazgeçerek tek bir devlet gibi davranmak zorunda oldukları belirtilmiştir.
- Teknolojik ilerlemenin denetim altında tutulması gereği, çevreye uyumlu dış ticaret, iklime zarar vermeyen enerji ve trafik politikaları gibi konuların etkili biçimde gündeme getirilmesini sağlamış olmasıdır.

Rio Konferansı'nda kabul edilen bildirinin ilkelerinin uygulanmasını sağlamak amacıyla “Gündem 21” adlı bir eylem planı hazırlanmıştır.

2.1.2.1. Gündem 21

Gündem 21, 1990'lı yıllardan itibaren çevre ve ekonomiyi etkileyen tüm alanlarda hükümetlerin, kalkınma örgütlerinin, BM kuruluşları ile bağımsız kesimlerin yapmaları gereken ve sorumlu oldukları etkinlikleri tanımlayan bir eylem planıdır (Keleş vd., 2012, 456). Plana göre ihtiyaçların karşılanması, yaşam standartlarının iyileştirilmesi, ekosistemlerin daha iyi korunması, yönetimi ve daha güvenli bir geleceğe taşıyacak şartların sağlanması ancak küresel bir ortaklık ile mümkün olacaktır. Bu ortaklık ise, çevre ve kalkınma sorunlarının birlikte ve dengeli bir yaklaşımla ele alınması gereğinin küresel ölçekte kabul edilmesi ile sağlanabilecektir (Algan ve Dündar, 2003, 16-17). Gündem 21; sosyal ve ekonomik boyutlar, etkin grupların rolünün güçlendirilmesi ve uygulama mekanizmaları, kalkınma için kaynakların korunması ve yönetimi olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerin alt başlıklarında konuya ilişkin olarak belirlenen hedefler ve bu hedeflere ulaşmak için yapılması gereken etkinlikler yer almıştır (Keleş vd., 2012, 456). Gündem 21' in başarıyla uygulanmasında, öncelikle ve esas sorumlu hükümetler sorumlu olmakla birlikte, bu sürece halkın ve hükümet dışı kuruluşlar ile diğer grupların etkin katılımının sağlanması gerekmektedir. Gündem 21'i önemli hale getiren temel hususlar (Algan ve Dündar, 2003, 16-17):

- Hem günümüz çevre sorunlarıyla baş etme hem de gelecekteki muhtemel tehditlere hazırlıklı olmak amacıyla hareket etmesi,
- Kalkınma ve çevre iş birliğinde küresel uzmanlaşmanın ve politik taahhütlerin en üst düzeyini ifade etmesidir.

2.1.3. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS), insan kaynaklı sera gazlarının atmosferdeki yoğunluklarının artması neticesinde iklim üzerindeki etkisini azaltmaya ve/veya engellemeye yönelik atılan ilk ve en önemli adımların başında gelmektedir. Sözleşme, 1992 yılında Rio De Janeiro'da düzenlenen Birleş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılmıştır. 21 Mart 1994 yılında yürürlüğe giren Sözleşme'ye 195 ülke ve AB taraf olmuştur.

İDÇS; sözleşmeye taraf olan ülkeleri, sera gazı salınımlarını azaltmak, araştırma ve teknoloji üzerinde iş birliği yapmak ve sera gazı yutaklarını (ormanlar, okyanuslar,

göller vb.) koruma altına almak konusunda teşvik etmektedir. Sözleşme, ülkelere sera gazı salınımlarının azaltılması için kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önüne alarak “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” yüklemiştir. “Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesinin temelinde; bazı ülkelerin sanayi devriminden sonra iklim değişikliğine neden olan sera gazlarını atmosfere diğer ülkelerden daha fazla salmalarından dolayı daha fazla sorumluluk almaları gerektiği düşüncesi yatmaktadır (DİB, 2016). Bu nedenle; sözleşmenin giriş bölümünde, geçmişte ve günümüzde küresel sera gazı salınımlarında ki en büyük payın, gelişmiş ülkelere ait olduğu ifadesi yer almıştır. Gelişmekte olan ülkelerde ise; kişi başına düşen salınının düşük düzeyde kaldığı ancak bu ülkelerin toplumsal kalkınma ihtiyaçları nedeniyle salınım düzeyinin artacağı belirtilmiştir. Ayrıca sözleşmede “Taraflar, iklim sistemini, eşitlik temelinde, ortak fakat farklı sorumluluklarına ve güçlerine uygun olarak, insanlığın günümüz ve gelecek kuşakların yararı için korumalıdır. Dolayısıyla, taraf olan gelişmiş ülkeler iklim değişikliği ve onun zararlı etkileri ile savaşmada öncülük etmelidir” maddesine yer verilmiştir (Duru, 2001, 10).

2.1.4. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, 1997 yılında Japonya’nın Kyoto şehrinde imzalanmıştır. Ancak, sera gazı salınımlarının en az %55’inden sorumlu olan en az 55 ülkenin onayının tamamlanmaması nedeniyle aynı yıl yürürlüğe girememiştir. Yürürlüğe girmesi, Rusya’nın Protokol’ü imzalamasının ardından 2005 yılında gerçekleşmiştir. Kyoto Protokolü’nün iki yükümlülük dönemi vardır. Birinci yükümlülük dönemi, 2008-2012 dönemini kapsamaktadır. Bu dönemde 191 ülke ve AB, sera gazı emisyonlarını 1990 yılına göre %5 azaltma taahhüdünü kabul etmişlerdir (UNFCCC, 2016). Protokol ülke bazında emisyonların azaltımı ve yükümlülüklerin derecelendirilmesini düzenleyen uluslararası bağlayıcılığı olan tek metin olma özelliği bakımından önemlidir. Herhangi bir yükümlülüğün yerine getirilmemesi durumunda yaptırım gücünde bulunan protokol, piyasa ekonomisine paralel bir yapıda ve kendine özgü esneklik mekanizmalarıyla üyelerini sorumluluk almaları konusunda yönlendiren bir metindir (İKV, 2013, 41).

Söz konusu esneklik mekanizmaları, “Kyoto Mekanizmaları” olarak da adlandırılmaktadır. Ülkeler, genel olarak üç mekanizmayı uygulayarak belirlenen sera gazı salınım hedeflerine ulaşabileceklerdir. Diğer ülkelerle birlikte ortak hareket etmeyi gerektiren bu esneklik mekanizmaları; ortak yürütme mekanizması, temiz kalkınma

mekanizması ve emisyon ticaretinden oluşmaktadır. Söz konusu mekanizmalar (Karakaya ve Özçağ, 2003, 5):

1.Ortak Yürütme Mekanizması (Joint Implementation): Protokol'ün 6. maddesinde düzenlenmiş olan bu esneklik mekanizmasına göre; emisyon hedefi belirlemiş bir ülke, emisyon hedefi belirlememiş diğer bir ülkede, emisyon azaltıcı projelere yatırım yaparsa, Emisyon Azaltma Kredisi (Emission Reduction Unit) kazanır ve kazanılan bu krediler protokolde belirtilen toplam hedeften düşülür.

2.Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism): “Temiz Kalkınma Mekanizması” olarak adlandırılan bir diğer esneklik mekanizması protokolün 12. maddesinde düzenlenmiştir. Bu mekanizmada, emisyon hedefi belirlemiş bir ülke, emisyon hedefi belirlememiş az gelişmiş bir ülke ile iş birliği sağlayarak, o ülkede sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik projeler yaparsa, Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltma Kredisi (Certified Emission Reductions) kazanır ve toplam hedeften düşülür.

3. Emisyon Ticareti (Emission Trading): Protokol'ün 17. maddesinde düzenlenmiş olan “Emisyon Ticareti Mekanizması” na göre; emisyon hedefi belirlemiş ülkelerin, taahhüt ettikleri indirimi tutturmak için ilave olarak kendi aralarında emisyon ticareti yapabilmelerine imkan sağlanmaktadır. On yedinci madde doğrultusunda, sera gazı emisyonunu belirlenen hedeften daha da fazla miktarda azaltan herhangi bir Ek I ülkesi¹³, gerçekleştirmiş olduğu söz konusu bu ek indirimi, başka bir taraf ülkeye satabilmektedir. Son yıllarda ülkelerin CO₂ salınımlarına bakıldığında, emisyon ticareti bağlamında, en büyük alıcıların, ABD (eğer Kyoto Protokolü'nü imzalarsa), Japonya ve bazı Avrupa Birliği ülkeleri, en önemli satıcılar ise; Rusya, Ukrayna, bazı Doğu Avrupa Ülkeleri ve Kazakistan (eğer Kyoto Protokolü'nü imzalarsa) olacağı tahmin edilmektedir.

7-8 Aralık 2012 tarihinde Katar'ın başkenti Doha'da gerçekleşen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi 18. Taraflar Konferansı (COP18) ve Kyoto Protokolü'nün 8. Taraflar Buluşması görüşmelerinde, Kyoto Protokolü'nün devam ettirilmesi konusunda karar alınmıştır. Bu doğrultuda; Kyoto Protokolü'nün ikinci yükümlülük dönemi, 1 Ocak 2013 tarihinde başladığı ve 31 Aralık 2020 yılına kadar devam edeceği belirtilmiştir. Japonya, Kanada, Rusya ve Yeni Zelanda ikinci

¹³ Ek I ülkesi: Sanayileşmiş ve pazar ekonomisine geçiş sürecinde olan ülkelerdir.

yükümlölük döneminde yer almazken, Avrupa Birliği'ne üye 27 ölke ve gelişmiş ölkelerden Avustralya, İsviçre, 2020 yılına yönelik sera gazı emisyonu azaltmak hedeflerini ortaya koymuşlardır (Narin, 2013, 944-945).

Çevreyi korumaya yönelik uluslararası boyutta konferanslar düzenlenmiş ve hareket planları oluşturulması için sözleşme ve protokoller imzalanmıştır. Yıllar itibariyle gerçekleştirilen sözleşme ve protokollere Tablo 2.1'de özet halinde yer verilmiştir.

Tablo 2.1. Yıllar İtibariyle Yapılan Temel Uluslararası Çevre Sözleşmeleri ve Konferansların Özeti

Sözleşme ve Protokoller	Yıl	Önemi/Karar
Viyana Sözleşmesi	1985	Ozon Tabakası' nın araştırılması, sistematik bir şekilde gözlenmesi, ozon tabakasına zarar veren insan kaynaklı faaliyetlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesi ve ozon tabakasının korunması amacıyla imzalanmıştır. Ayrıca sözleşmede CFC kullanımını azaltacak yükümlülükler de getirilmiştir.
Brundlant (Ortak Geleceğimiz) Raporu	1987	Rapor yoksulluğun ortadan kaldırılması, doğal kaynaklardan elde edilen faydanın eşit dağılımının sağlanması, nüfus kontrolü, çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi konularını sürdürülebilir kalkınma ile ilişkilendirmesi açısından önem arz etmektedir.
Montreal Protokolü	1987	Montreal Protokolü, 1985 yılında Antarktika üzerinde ozon tabakasında delik tespit edilmesi ile hükümetler CFC ve bazı halonların üretimi ve kullanımını azaltacak önlemler alma ihtiyacı sonucunda hazırlanmıştır. Protokol, periyodik olarak yapılan bilimsel ve teknolojik değerlendirmeleri esas alarak (CFC ve halon) azaltım takviminin revize edilebileceği şekilde oluşturulmuştur.
Basel Sözleşmesi	1989	1992 yılında yürürlüğe giren sözleşmenin en önemli konusu devletlerin ülkelerinde çevreyi koruyabilmelerine olanak tanımak ve tehlikeli atıkların sınır ötesi taşınması gibi çevreye zarar verebilecek eylemlere izin vermeme yetkisine sahip olmalarının sağlanması öngörülmüştür.
Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi	1992	Biyolojik çeşitliliğin ve biyolojik kaynakların etik, ekonomik yarar ve insan geleceği açısından korunması gerektiği kabul edilmiş ayrıca biyolojik çeşitliliğin korunmasının insanlığın ortak sorunu olduğu vurgulanmıştır.
Rio+5	1997	Rio Zirvesi'nde alınan kararların, 5 yıllık dönemde nasıl ele alındığını değerlendirmek için New York'ta zirve yapılmıştır. Zirve neticesinde Rio Konferansı'nda alınan kararların beklenildiği gibi sonuçlanmadığı belirlenerek daha somut adımlar atılması gerektiği sonucuna varılmıştır.
Milenyum (Bin Yıl) Zirvesi	2000	New York'ta gerçekleşen zirvede; çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve kalkınma için küresel ortaklıkların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca aşırı yoksulluk ve açlığı ortadan kaldırmak, herkes için temel eğitim sağlamak, kadınların konumunu güçlendirmek ve toplumsal cinsiyet eşitliğini sağlamak çocuk ölümlerini azaltmak, anne sağlığını iyileştirmek, HIV, AIDS, sıtma ve diğer salgın hastalıklarla mücadele etmek, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve kalkınma için küresel ortaklıkların geliştirilmesi gibi konular da dikkate alınmıştır.
Rio+10 (Johannesburg Zirvesi)	2002	Rio Konferansı kararlarının uygulamasının 10 yıllık uygulamasını değerlendirmek için düzenlenmiştir. 10 yıllık uygulamasını değerlendirmek için toplanıştır. Gelişmekte olan ülkelerde, yoksulluğun bertaraf edilmesi ve temiz su, kanalizasyon, gıda güvenliği, sağlık, barınma, enerji, doğal kaynakların korunması ve biyo-çeşitliliğin korunması gibi temel ihtiyaçlara erişim üzerinde durulmuştur.
Bali Konferansı	2007	Bali Adası'nda yer alan Nusa Dua kentinde düzenlenen konferansta; BM iklim rejiminin ve Kyoto Protokolü'nün ilk dönem taahhütlerinin güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca konferansta iklim değişikliği konusunda yeni stratejilerin geliştirilmesi gerektiğinin yanı sıra Kyoto Protokolü'nün sona ermesinin ardından yeni bir sözleşmenin imzalanması gerektiği öngörülmüştür.
Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı	2009	Kopenhag Zirvesi olarak da adlandırılan toplantıda; eşitlik ve sürdürülebilir kalkınma temelinde sıcaklık artışını, sanayileşme öncesi döneme göre 2 °C'nin altında tutulması ve 2015 yılından sonra tekrar gözden geçirilerek sıcaklık artışının 1,5 °C'nin altına çekilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca düşük karbon emisyonu sağlayacak kalkınma stratejilerini de içeren iklim değişikliğinin kalkınmayla ilgili yönlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.
Cancun Zirvesi	2010	Meksika' nın Cancun kentinde yapılmıştır. Toplantı neticesinde; ilk kez bütün hükümetler, küresel ısınmanın gerçekliğini ve sera gazı emisyonunun azaltılması gerektiği konusunda mutabakata varmışlardır. Sadece gelişmiş değil aynı zamanda gelişmekte olan ülkelerin de sera gazı azaltım faaliyetlerinde bulunmaları gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu amaç doğrultusunda da "Yeşil İklim Fonu" oluşturulmasına karar verilmiştir.
Rio+20	2012	Rio Dejenairo'da düzenlenen konferansta; sürdürülebilir kalkınma ve yoksulluğun azaltılması için yeşil ekonomiye geçişin sağlanması ve sürdürülebilir kalkınma için uluslararası koordinasyon ve kurumsal çerçevenin iyileştirilmesi konuları üzerine yoğunlaşmıştır.

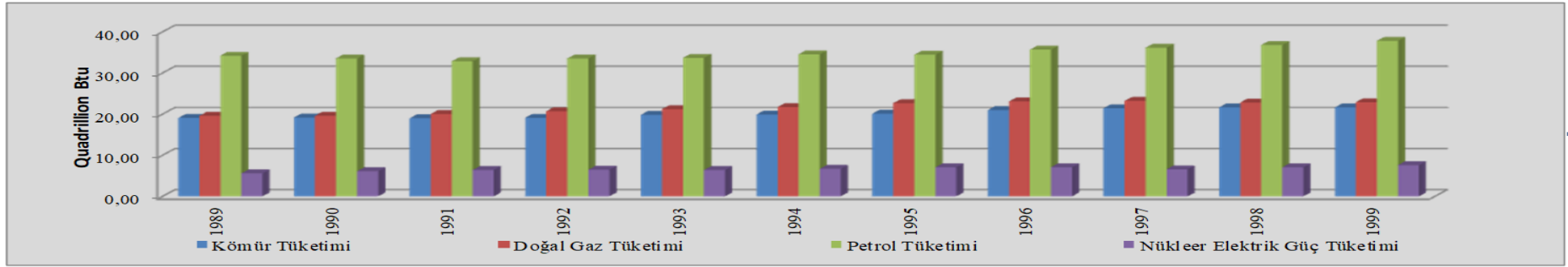
2.2. Amerika Birleşik Devletleri'nin Enerji Göstergeleri ve Enerji Politikaları

Çalışmanın kapsamı gereği iklim değişikliği açısından Amerika Birleşik Devletleri dikkate alınacaktır. Bu nedenle sırasıyla ABD'nin enerji kaynakları ve ABD enerji politikaları 1989-1999 ve 2000-2016 olmak üzere iki alt dönemde ele alınacaktır.

2.2.1. ABD Enerji Kaynakları

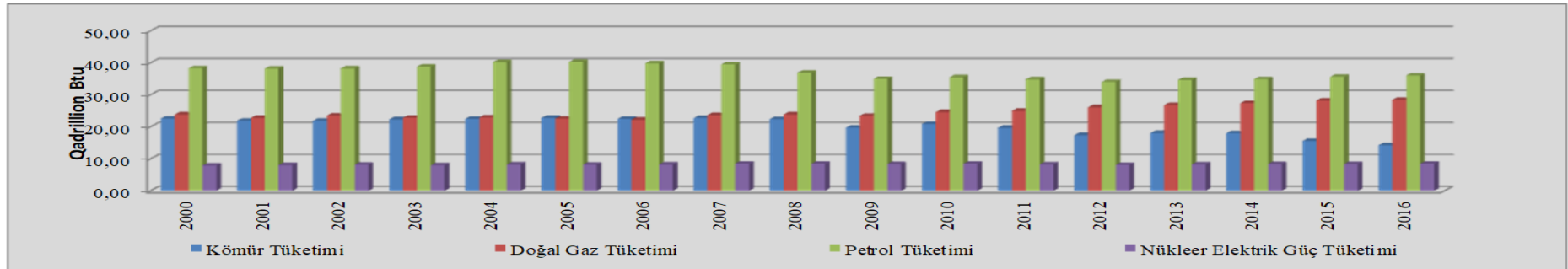
Dünyanın en büyük ekonomisine sahip olan Amerika Birleşik Devletleri 19.42 trilyon \$ ile dünya genelindeki brüt hasılanın %25'ine sahiptir. Yaklaşık 9.372 milyon km² yüz ölçümü ile dünyanın yüzölçümü bakımından üçüncü ülkesi konumundadır. Benzer şekilde 2018 verilerine göre 325.882 milyon nüfusu ile dünyanın en büyük nüfusa sahip üçüncü ülkesidir (Worldpopulationreview, 2017; Worldatlas, 2017).

Endüstri Devrimi sonrasında insanların enerji kaynaklarına olan talebi artmış ve bu artış günümüzde de devam etmektedir. Dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin çok büyük bir kısmı fosil kaynaklardan (kömür, petrol ve doğal gaz) karşılanmaktadır.



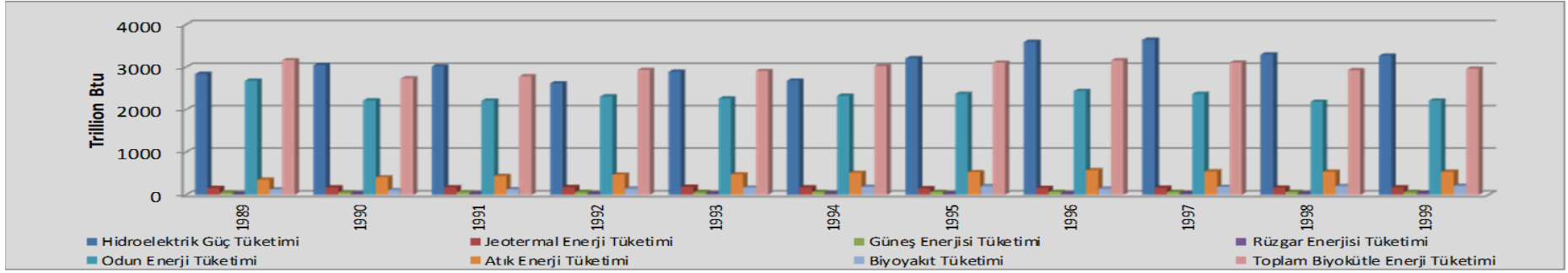
Şekil 2.1. ABD'nin Kaynaklarına Göre Fosil Yakıt Kaynaklı Birincil Enerji Tüketimi (1989-1999)

Kaynak: EIA 2017a, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International. <https://www.eia.gov/coal/data.php#summary> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).



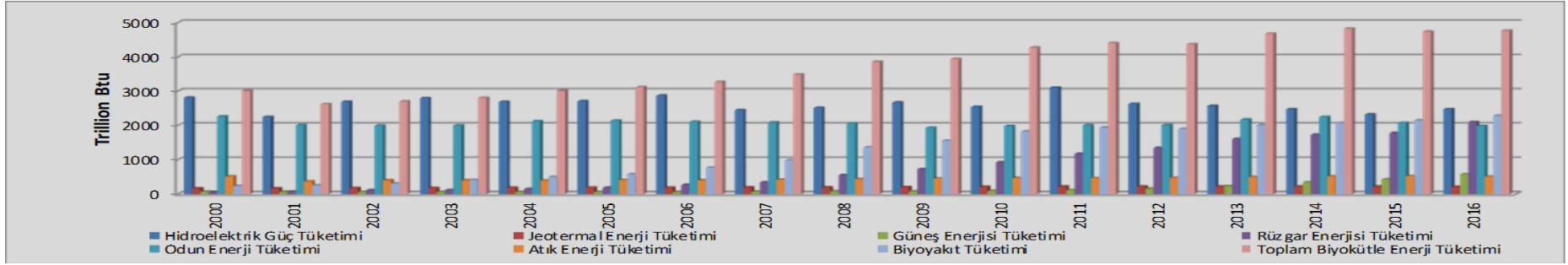
Şekil 2.2. ABD'nin Kaynaklarına Göre Fosil Yakıt Kaynaklı Birincil Enerji Tüketimi (2000-2016)

Kaynak: EIA 2017a, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International. <https://www.eia.gov/coal/data.php#summary> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).



Şekil 2.3. ABD'nin Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Birincil Enerji Tüketimi (1989-1999)

Kaynak: EIA 2017b, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International. <https://www.eia.gov/renewable/data.cfm#summary> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

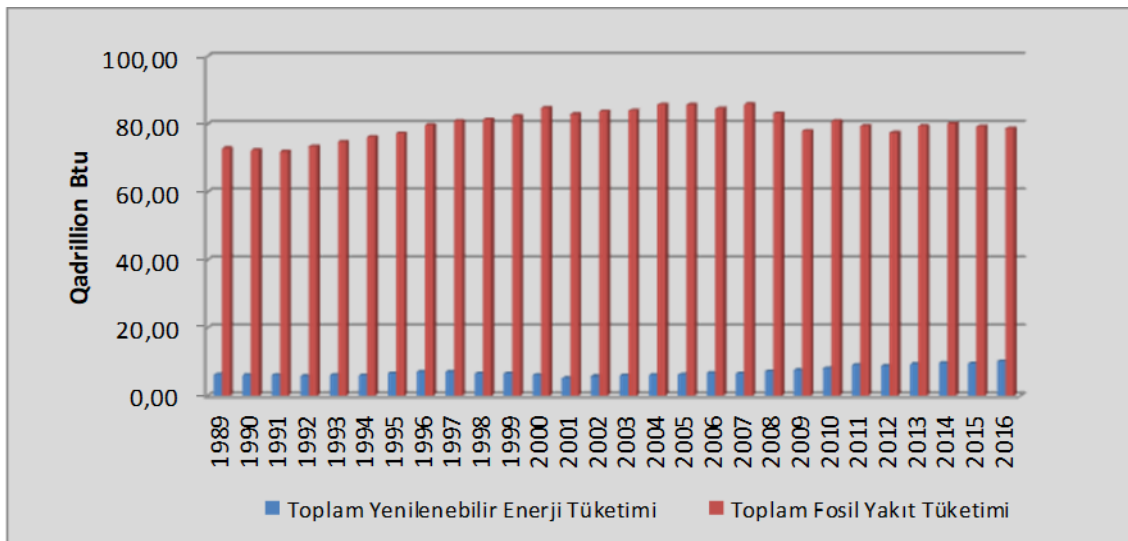


Şekil 2.4. ABD'nin Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Birincil Enerji Tüketimi (2000-2016)

Kaynak: EIA 2017b, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International. <https://www.eia.gov/renewable/data.cfm#summary> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

ABD' nin Şekil 2.1 ve Şekil 2.2' de görüldüğü üzere kömür tüketimi 2004 yılından sonra azalan bir seyir izlemiştir. Doğal gaz tüketimi ise, özellikle 2006 yılından sonra düzenli bir şekilde artış göstermiştir. Petrol tüketimi 1996-2008 döneminde artış göstermiş ve 2004-2005 yıllarında en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Fosil yakıtlar arasında en düşük tüketim miktarına sahip olan nükleer elektrik güç tüketimi olmuştur.

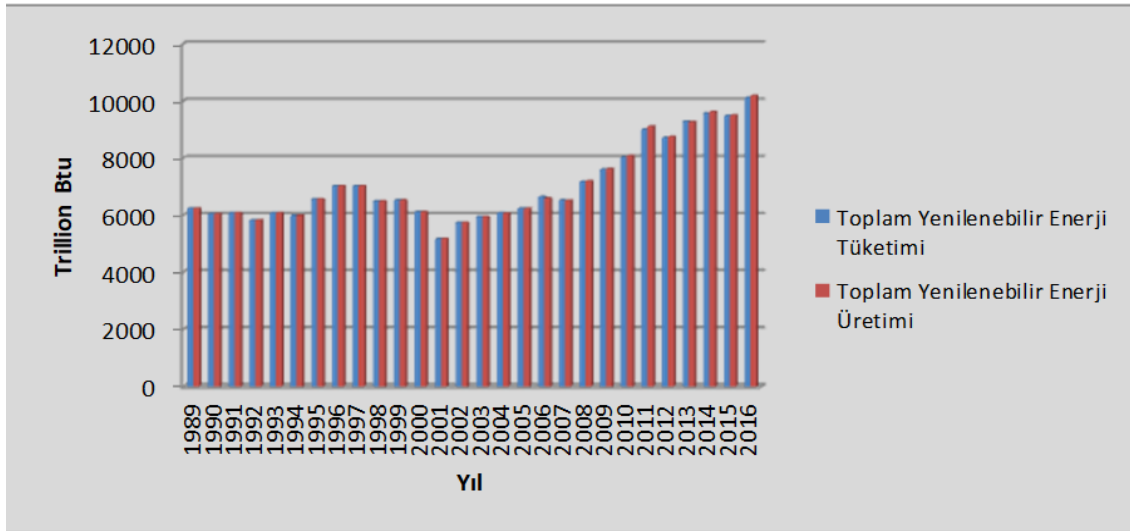
Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 dikkate alındığında, kaynaklarına göre yenilenebilir enerji kaynaklı birincil enerji tüketimi açısından toplam biyokütle enerji tüketiminin en büyük paya sahip enerji kaynağı olduğu görülmektedir. Toplam biyokütle enerji tüketimi, genel olarak 2001-2016 döneminde düzenli artış göstermiştir. Hem biyoyakıt enerji tüketimi hem de rüzgar enerjisi tüketimi 2002 yılından sonra kayda değer bir artış göstermeye başlamış ve bu artışları da yıllar itibariyle düzenli bir şekilde devam etmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklı birincil enerji tüketimi açısından en düşük payların ise, atık enerji tüketimi ve jeotermal enerji tüketimine ait olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2.5. ABD'nin Kaynaklarına Göre Birincil Enerji Tüketimi (1989-2016)

Kaynak: EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

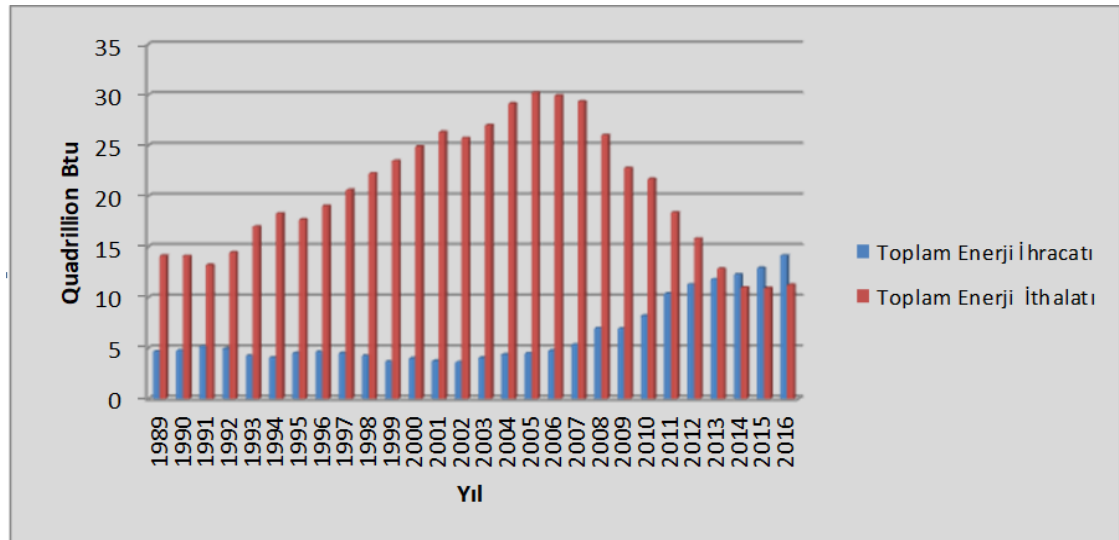
Şekil 2.5.'te ABD'nin kaynaklarına göre toplam yenilenebilir enerji ve toplam fosil yakıt kaynaklı birincil enerji tüketimi yer almaktadır. Şekle göre toplam yenilenebilir enerji tüketimi, her yıl düzenli bir şekilde artış göstermiştir. Ancak toplam fosil yakıt tüketimi her yıl, toplam yenilenebilir enerji tüketiminin yaklaşık olarak on katı kadar (2011 yılına kadar) fazla tüketilmiştir.



Şekil 2.6. ABD'nin Birincil Enerji Kaynaklı Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Tüketimi (1989-2016)

Kaynak: EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

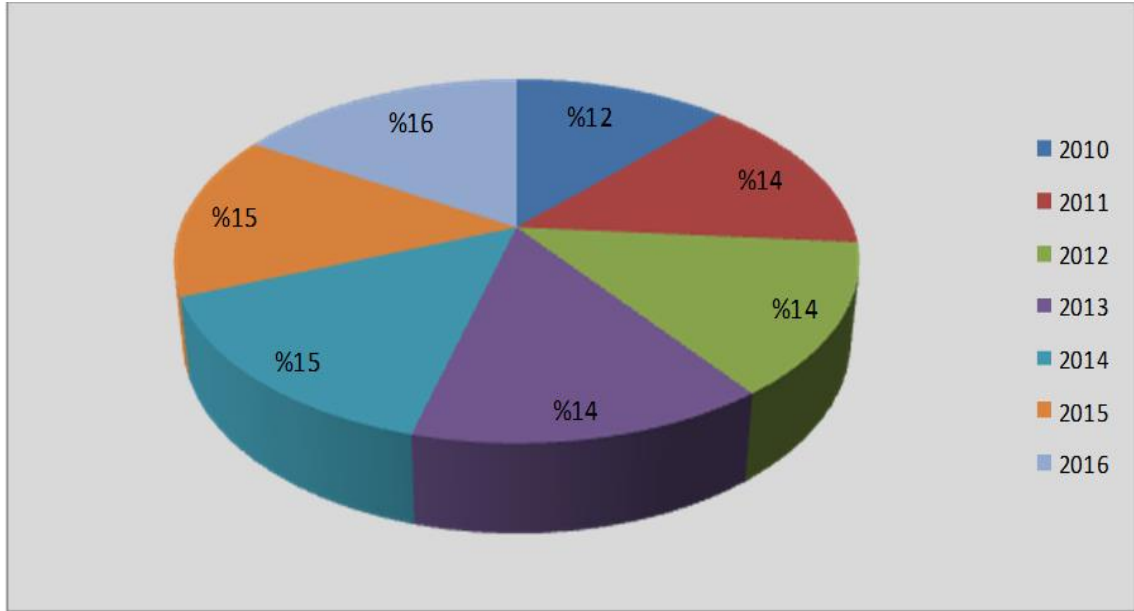
ABD'nin yenilenebilir enerji üretim ve tüketim oranlarının yer aldığı Şekil 2.6.'ya göre; yıllar itibariyle toplam yenilenebilir enerji üretim ve tüketim oranları birbirine eşit seyir izlemiştir.



Şekil 2.7. ABD'nin Toplam Enerji İthalatı ve İhracatı (1989-2016)

Kaynak: EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

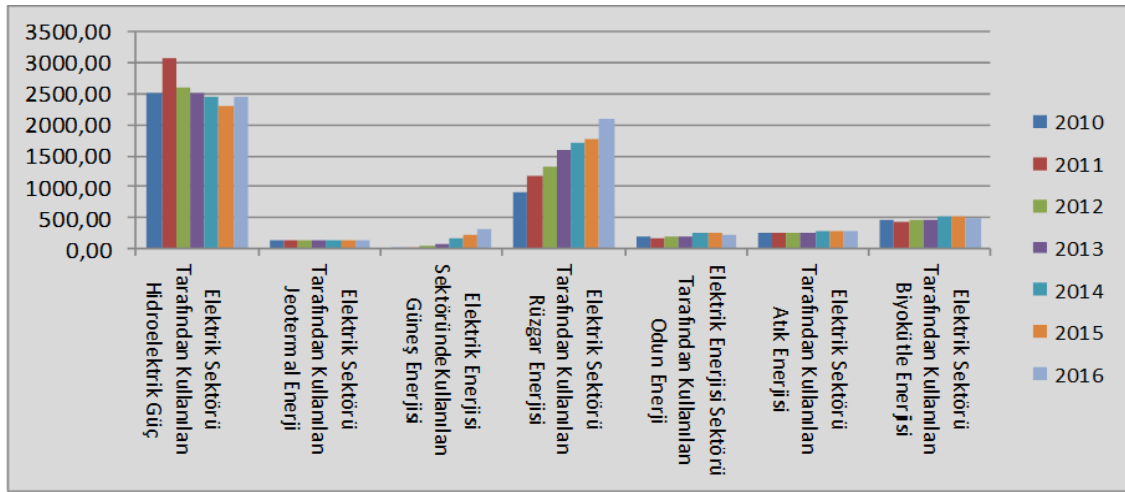
Şekil 2.7.'de görüldüğü üzere; 1989-2016 döneminde, ABD'nin 2013 yılına kadar (2013 yılı dahil) çoğunlukla enerji ithalatı, enerji ihracatından fazla iken, 2014 yılı itibariyle enerji ihracatı, enerji ithalatını geçmiştir.



Şekil 2.8. ABD'nin Elektrik Sektörü Tarafından Tüketilen Toplam Yenilenebilir Enerji (2010-2016)

Kaynak: EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

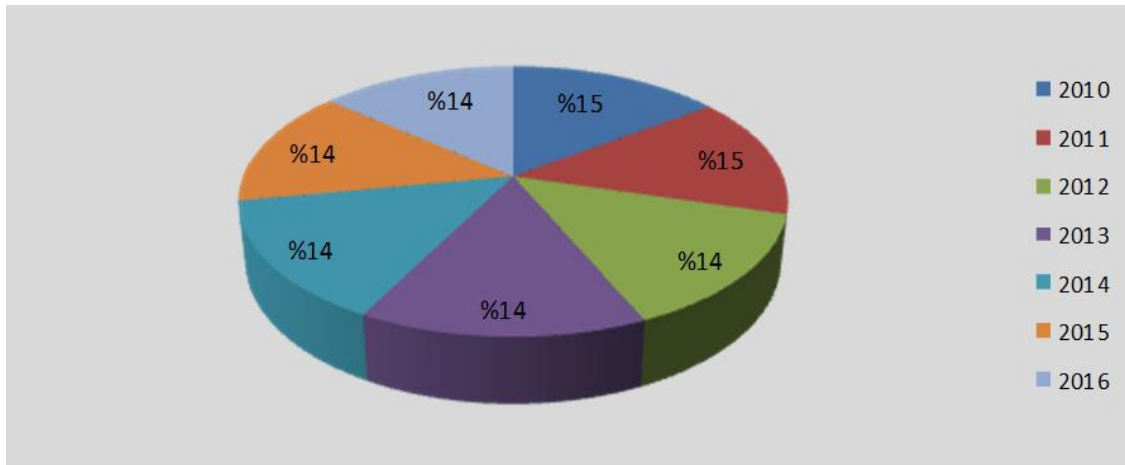
Şekil 2.8. dikkate alındığında ABD'de toplam yenilenebilir enerjinin; 2010 yılında %12'si, 2011-2012 ve 2013 yıllarında %14'ü, 2014-2015 yıllarında %15'i ve son olarak 2016 yılında %16'sı elektrik sektörü tarafından kullanılmaktadır. Elektrik sektörü tarafından kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı ayrıntılı bir şekilde Şekil 2.6'da yer almaktadır.



Şekil 2.9. ABD'nin Elektrik Sektörü Yenilenebilir Enerji Tüketimi Dağılımı (2010-2016)

Kaynak: EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

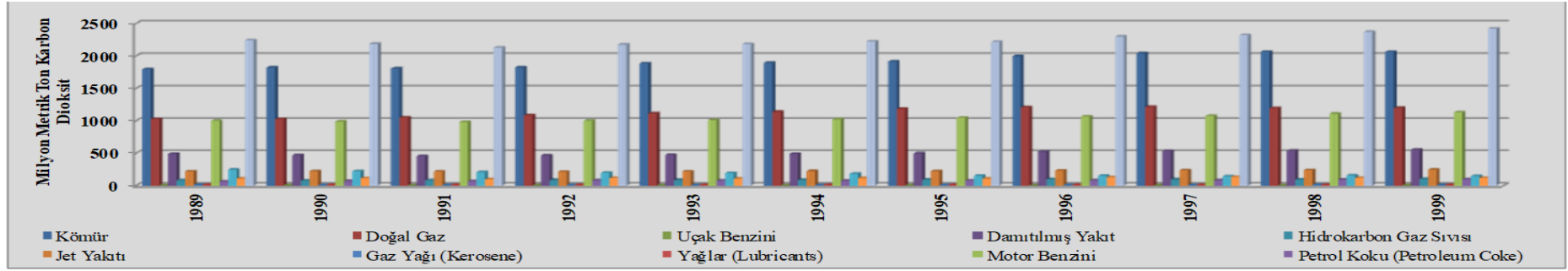
Şekil 2.9. dikkate alındığında; elektrik sektörü tarafından kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarında en yüksek paya sahip olan iki enerji, hidroelektrik güç ve rüzgar enerji kaynaklarıdır. En düşük paya sahip olan kaynağın ise, güneş enerjisi olduğu görülmektedir. Toplam fosil yakıt kaynaklı toplam CO₂ emisyonu 2010-2016 dönemindeki yüzdesel dağılımı Şekil 2.10'da yer almaktadır.



Şekil 2.10. ABD'nin Toplam Fosil Yakıt Kaynaklı Toplam CO₂ Emisyonu (2010-2016)

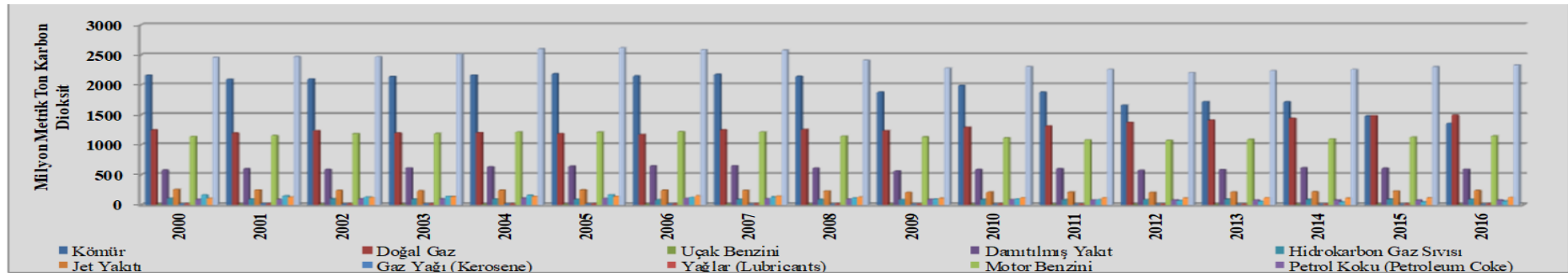
Kaynak: EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

Şekil 2.10.'da fosil yakıt kaynaklı toplam CO₂ emisyonu yer almaktadır. Genel olarak yıllar itibariyle CO₂ emisyon oranlarının (2010-2011 hariç) aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 2.11. ABD'nin Fosil Enerji Tüketimi Kaynaklı CO₂ Emisyonu (1989-1999)

Kaynak: EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).



Şekil 2.12. ABD'nin Fosil Enerji Tüketimi Kaynaklı CO₂ Emisyonu (2000-2016)

Kaynak: EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Erişim Tarihi: 11.12.2017). (Elde edilen verilerle yazar tarafından hazırlanmıştır).

ABD'nin 1989-2016 yılları kapsayan dönem Şekil 2.11 ve Şekil 2.12 kapsamında, fosil enerji tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonu dikkate alındığında sırasıyla; petrol (biyoyakıtlar hariç), kömür, doğalgaz ve motor benzini kullanımı sonucu oluşan CO₂ emisyon oranları en yüksektir. Diğer taraftan söz konusu dönemde; uçak benzini, gaz yağı ve yağlar sırasıyla en düşük paya sahiptirler.

2.3. ABD'nin Enerji Politikaları

Enerji politikası; enerji mallarının üretimi, taşınması ve kullanılmasının yanı sıra hükümet önlemlerini de kapsamaktadır. Hükümetler ekonomik büyüme, gelir dağılımı, endüstriyel çeşitlendirme ve çevrenin korunması gibi ihtiyaçları karşılamak amacıyla enerji politikası uygulamaktadırlar. Özellikle 1970'lerin başında yaşanan petrol krizi ile enerji fiyatlarındaki hızlı yükselişten dolayı hükümetler enerji politikalarında daha aktif rol almaya başlamışlardır (HistoricalCanada, 2017).

Dünyanın en büyük ekonomilerinden birisi olan ABD'nin uyguladığı enerji politikaları da hem ulusal hem de uluslararası boyutta etkiye sahip olmuştur. Bu doğrultuda çalışmada ABD'nin enerji politikaları 1989-1999 ve 2000-2016 dönemleri olmak üzere iki alt dönemde ele alınacaktır. ABD'nin uygulamış olduğu öne çıkan program ve politikaların özet tablosuna ise bölüm sonunda yer verilecektir.

2.3.1. ABD'nin 1989-1999 Dönemi Enerji Politikaları

1989-1999 dönemine ait enerji ve çevre politikaları ile ilgili en önemli gelişmeler arasında 1990 yılı Temiz Hava Yasası (1990 Clean Air Act)'nın yenilenmesi ve 1992 Enerji Politikası Yasası (1992 Energy Policy Act) yer almaktadır.

1990 Temiz Hava Yasası'nın yenilenmesi ve değişiklikler; o dönemin en önemli politika başarısı olarak görülmektedir. Haziran 1989'da Başkan George H.W. Bush, 1977 tarihli Temiz Hava Yasası'nda kapsamlı değişiklikler önermiştir. Önerilen yeni yasa tasarısı; asit yağmurları, kentsel hava kirliliği ve zehirli hava emisyonlarını içermiştir. Öneride ayrıca, yasanın daha uygulanabilir hale getirilebilmesi için, ulusal izin programları oluşturulması ve kanunlara uyum sağlayabilmesi için iyileştirilmiş bir icra programı oluşturulması da yer almıştır. Kanunda belirtilen zehirli hava kirleticileri, insan sağlığı veya çevre için zararlı olan ancak 1977 Temiz Hava Yasası'nın herhangi bir bölümünde

özel olarak yer almayan kirleticilerdir. Bu kirleticiler, genellikle kanserojen toksindir. 1977 Temiz Hava Yasası bu tehlikeli maddelerin emisyonlarının önemli ölçüde azaltılmasında başarılı olamamıştır. Yasa kapsamında, hava kirleticileri emisyonlarında önemli oranda düşüş sağlamak amacıyla kapsamlı bir plan sunulmuştur. Ayrıca zehirli hava kirleticileri üzerinde kontrolün önemli ölçüde artırılacağı belirtilmiştir. Bu bağlamda yasa, emisyonları azaltılması gereken 189 zararlı hava kirleticisinin listesini içermektedir. EPA, yeni yasanın çıkarılmasından bir yıl sonra bu kirleticilerin belirli oranda seviyelerini artıran kaynakların listesini yayınlamıştır. EPA'da daha sonra listelenen programa göre, listelenen her kaynak için "Maksimum Erişilebilir Kontrol Teknolojisi" (MACT) standartları hazırlamıştır. Diğer taraftan yeni yasa, kazara kimyasalların çevreye bırakılmasını araştırmak için Kimya Güvenliği Kurulu'nun oluşturmasına karar vermiştir. Ayrıca, yeni yasa ile EPA'nın; belediye, hastane ve diğer ticari ve endüstriyel fırınlardaki hava emisyonlarını kontrol eden düzenlemeler çıkarması zorunlu hale gelmiştir. Genel olarak yeni kanun ile (EPA, 2017a):

- Performansa dayalı standartlar kapsamında emisyon bankacılığı ve emisyon ticareti gibi piyasa temelli ilkelerin ve diğer yenilikçi yaklaşımların kullanımı teşvik edilmiştir.
- En uygun maliyetli yakıt ve teknoloji kombinasyonu ile standartlar belirlenerek alternatif temiz yakıtların kullanılacağı bir çerçeve amaçlanmıştır. Bu amaçla pilot bölge olarak Kaliforniya tercih edilmiştir.
- Temiz, düşük kükürtlü kömür ve doğal gazın yanı sıra asit yağmur programı yoluyla yüksek kükürt kömürünü temizlemek için yenilikçi teknolojilerin kullanımı teşvik edilmiştir.
- Enerji israfını engellemek ve petrol ithalatına bağımlılığı azaltmak için tahıl ve doğal gazdan elde edilen temiz yakıtların kullanımı ve üretiminin artırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yeterli pazarın yaratılması hedefler arasında yer almıştır.
- Asit yağmur programı kapsamında, kullanıcıların enerji tasarrufu yapmaları teşvik edilmiştir.

1989-1999 dönemine enerji politikası açısından, diğer önemli bir gelişme, 1992 Enerji Politikası Yasası (1992 Energy Policy Act)'dır. Yasanın amaçları arasında; yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi ve kullanımını artırmak, yenilenebilir enerji

teknolojilerini ilerletmek ve ABD'nin yenilenebilir enerji teknoloji ve hizmetlerinin ihracatının sağlanması yer almaktadır. Ayrıca Öneri ve Ticari Başvuru Projeleri (Demonstration and Commercial Application Projects) oluşturularak, yenilenebilir enerji teknolojisi kullanarak; elektrik, termal enerji veya diğer enerji türlerinin üretimi ve satışı, enerji kullanımında etkinliğin artırılması, yenilenebilir enerji üretimi, enerji etkinliği teknolojilerinin artırılması ya da iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca politikada, Enerji Tasarruflu İpotek Pilot Programı (Energy Efficient Mortgages Pilot Program) oluşturulmuştur. Bu program çerçevesinde, enerji tasarruflu evler alınması veya mevcut evlerdeki enerji tasarruf koşullarının iyileştirilmesi için finansal teşvik verilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; mülkün değerinin %5'i kadar (8000\$'dan fazla olmamak kaydı ile) teşvik sağlanması kararlaştırılmıştır (EPAAct, 1992). Politikada, yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili olacak yenilenebilir enerji kaynaklarından enerjinin kullanımı ve üretimini artırmak, yenilenebilir enerji teknolojilerinde ilerlemek ve son olarak ABD'nin yenilenebilir enerji teknolojileri ve hizmetlerinde ihracatçı duruma getirilmeyi amaçlanmıştır. Bu başlık altında oluşturulan programlardan birisi de Yenilikçi Yenilenebilir Enerji Teknolojisi Transfer Programı (Innovative Renewable Energy Technology Transfer Program)'dır. Programın amaçları arasında,

- ABD'nin yenilenebilir enerji teknolojileri ve teknolojik uzmanlığının ihracatı yoluyla, ABD'nin ticaret açığını kapatmak,
- ABD'de imalat ve ilgili hizmet işlerini sürdürme ve korumak, gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaç duydukları yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjiyi temin etmek. Bu amaç doğrultusunda, ABD yenilenebilir enerji teknolojileri ve bununla ilgili teknolojiler de dahil olmak üzere ihracatı teşvik etmek,
- Diğer ülkelerin enerji ve çevresel ihtiyaçlarını karşılamak için ABD'nin yenilenebilir enerji teknolojileri piyasalarını geliştirmek, yer almıştır.

Bu program için 1993-1998 dönemini kapsamak koşuluyla, her bir finansal yıl için 100 milyon \$ ödenek tahsis edilmiştir. Ayrıca yasada, kapsam dışı bırakılan bazı enerji türleri de belirtilmiştir. Bunlar; belediyelerin katı atık yakması ile elde edilen biyokütle, jeotermal enerji, kuru buhar jeotermal rezervuardan üretilen enerjidir (EPAAct, 1992). 1992 Enerji Politikası Yasası (EPAAct), Üretim Vergisi Kredisi (Production Tax Credit

(PTC)) ve Yenilenebilir Enerji Üretim Teşviki (Renewable Energy Production Incentive (REPI)) olmak üzere iki tür maddi teşvik içermektedir (Mentz and Vachon, 2006, 1787).

Dunun yanı sıra yasada, küresel iklim değişikliğine de yer verilmiştir. Bu amaçla En Düşük Maliyetli Enerji Stratejisi (Least-Cost Energy Strategy) oluşturulmuştur. Bu stratejilerin öncelikleri arasında (EPAAct, 1992):

- Fosil yakıtların daha verimli kullanılması için standartların uygulanması,
- Mevcut teknolojilerin enerji etkinliğinin artırılması,
- Daha az sera gazı üreten, temiz kömür teknolojileri de dahil olmak üzere teknolojilerin teşvik edilmesi,
- Güneş, jeotermal, sürdürülebilir biyokütle, hidroelektrik ve rüzgar gücü dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi,
- Vergi politikası ile enerji ve enerji verimli/tasarruflu kaynakların gelişiminin sağlanması,
- Enerji verimli/tasarruflu ekipman ve teknolojilerin yatırımlarının teşvik edilmesi,
- Enerji teknolojilerinin gelişiminin teşvik edilmesi, sera gazı salınımı olmadan enerji üreten gelişmiş nükleer enerji üretim kapasitesinin geliştirilmesi ve nükleer elektrik üretim kapasitesinin artırılmasının teşvik edilmesi yer almıştır.

Yasa kapsamında, Entegre Kaynaklar Planlaması (Integrated Resource Planning) oluşturulmuştur. Bu plan dahilinde kısaca, yeni enerji kaynakları için alternatifler oluşturulması, yeni üretim kapasitesi, merkezi ısıtma-soğutma, yenilenebilir enerji kaynakları, elektrik kullanıcıları için en düşük sistem maliyetini içeren planlama süreci yer almaktadır. Politikada, aydınlatmada tercih edilmesi gereken lamba tiplerine de yer verilmiştir. Burada tasarlanan tüm lambaların benzer elektrik ve aydınlatma karakterlerine sahip ve bir tek üretici firma tarafından üretilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Yasa içerisinde oluşturulan bir diğer program ise, Alternatif Yakıt Otobüsü Programı (Alternative Fuel Bus Program)'dır. Bu program için her finansal yıl için (1993,1994 ve 1995) 30 milyon \$ ödenek tahsis edilmiştir. Yasada, Elektrik Motorlu Taşıtlar Ticari Tanıtım Programı (Electric Motor Vehicle Commercial Demonstration Program) da yer almaktadır. Bu program çerçevesinde, elektrik motorlu araçların

gelişimi ve kullanımını hızlandırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, yasanın yürürlüğe girdiği tarihten sonraki ilk mali yıl ile başlayan 10 yıl için 50 milyon \$ ödenek ayrılmıştır (EPAAct, 1992). Genel olarak değerlendirildiğinde, 1992 Enerji Politikası Yasası'nın üç konunun öne çıktığı görülmektedir:

- Alternatif yakıtlı araç teknolojisinin geliştirilmesi,
- Piyasada bu teknolojilerin kullanılabilirliği,
- Alternatif yakıtlı araçların maliyeti.

2.3.2. ABD'nin 2000-2016 Dönemi Enerji Politikaları

ABD'de 2000-2017 döneminde öne çıkan enerji ve çevre politikaları arasında; 2005 Enerji Politikası Yasası (Energy Policy Act of 2005), 2007 Enerji Bağımsızlığı ve Güvenliği Yasası (Energy Independence And Security Act of 2007), Bingaman-Specter 2007 Düşük Karbon Ekonomisi Yasası (Low Carbon Economy Act of 2007), 2008 Enerji Geliştirme ve Genişletme Yasası (Energy Improvement and Extension Act of 2008), 2009 Amerikan Temiz Enerji ve Güvenlik Kanunu (American Clean Energy and Security Act of 2009) ve Amerikan İyileştirme ve Yeniden Yatırım Yasası (The American Recovery and Reinvestment Act of 2009) yer almaktadır.

a) 2005 Enerji Politikası Yasası (Energy Policy Act of 2005)

Başkan George Bush tarafından imzalanan 2005 Enerji Politikası (Energy Policy Act of 2005), on yıldan daha uzun süredir yürürlüğe giren ilk çok maddeli yasadır. Artan enerji fiyatları ve yabancı petrole bağımlılığın artması, söz konusu yasanın çıkmasına zemin hazırlamıştır. Enerji güvenliği, çevre kalitesi ve ekonomik büyüme ile ilgili endişeler ise, yasanın şekillenmesinde rol oynamıştır. Yasanın en önemli hükümleri arasında; yerli enerji üretimi ve enerji verimliliği için vergi teşvikleri, ülkenin biyoyakıt kullanımının ikiye katlanması, eyaletler arası kamu şirketleri üzerindeki kısıtlamaların kaldırılması, federal topraklarda enerji üretimi için prosedürlerin hızlandırılması yer almaktadır. Tasarıda öne çıkan hükümler arasında “Yenilenebilir Yakıt Standardı” ve “Vergi Teşvikleri” yer almaktadır. Yenilenebilir Yakıt Standartları’ na göre Birleşik Devletlerde satılan benzin, ethanol veya biyodizel gibi yenilenebilir yakıt miktarının artırılmasını amaçlamaktadır. Bu kapsamda kullanılan toplam yakıtın, 2006 yılında en az 4 milyar galonun yenilebilir yakıt olması planlanırken, 2011 yılı boyunca her yıl bu

miktarın 700 milyon galon artması planlanmaktadır. Diğer taraftan, yasada yer alan vergi teşviklerine göre, 11 yılda 14.5 milyar \$'lık yerel enerji tüketimi ve enerji verimliliği için teşvik planlanırken bu miktara; enerji verimliliği ve enerjinin korunması, yenilenebilir enerji, petrol ve gaz, kömür ve elektrik ile ilgili teşvikler dahil edilmiştir (CRS, 2006).

2005 Enerji Politikası Yasası (Energy Policy Act of 2005) kapsamında temel olarak, sürdürülebilir bir ulusal enerji ekonomisi yaratmak, güçlendirmek ve korumak esas alınmıştır. Yasada öne çıkan programlar, yenilikler ve teşvikler genel olarak aşağıda yer almaktadır (EPAAct, 2005).

❖ **Kamu binalarında fotovoltanik enerji kullanımı** çerçevesinde öne çıkan amaçlardan bazıları:

- Bu enerji sistemini halka açık hale getirmek, ticari açıdan uygulanabilir bir fotovoltanik endüstrinin büyümesini hızlandırmak,
- Federal hükümetin fosil yakıt tüketimini ve maliyetini düşürmek. Diğer taraftan gelecekteki enerji teşvik programlarıyla ilgili olarak, politika kararlarını desteklemek için program performans verilerini geliştirmek.

Bu ve benzeri hedefleri gerçekleştirmek amacıyla, Fotovoltanik Sistemlerin Değerlendirilmesi Programı (Photovoltaic Systems Evaluation Program) oluşturulmuştur. Program dahilinde, 2006-2010 yılları arasında her bir mali yıl için 10 milyon \$ tahsis edilmiştir.

❖ **Hidroelektrik üretim teşvikleri** kapsamında; kalifiye hidroelektrik santrali sahibi veya işletmecisine yapılan ödemeler, teşvik süresi boyunca tesis tarafından üretilen hidroelektrik enerjisinin kilowatt saat başına 1.8 sent olacak şekilde belirlenmiştir. Aynı zamanda hiçbir tesis için bir takvim yılı boyunca 750.000 \$'ı aşmayacak şekilde bütçe kısıtı oluşturulmuştur. Toplamda, 2006-2015 yılları arasında her bir mali yıl için 10 milyon \$ bütçe tahsis edilmiştir.

❖ **Yenilenebilir Enerji Kaynakları** programında; geliştirilmiş teknolojilerle her türlü yenilenebilir enerjinin dönüşüm verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji üretim ve dağıtım maliyetini düşürmek, enerji arzının çeşitliliğini teşvik etmek, ABD'nin dış enerji kaynaklarına olan bağımlılığını azaltmak, ABD'nin enerji güvenliğini artırmak ve enerji faaliyetlerinin olumsuz çevresel etkilerini azaltmak yer

almaktadır. Hidrojen enerjisi ile ilgili, endüstride ortak olarak hidrojen ve yakıt pili teknolojisinin kapsamlı bir şekilde geliştirilmesi ve pazarlanması amaçlanmıştır. Özel sektör, yüksek eğitim kurumları, ulusal laboratuvarlar ve araştırma kurumları ile inovasyon ve endüstriyel büyümeyi genişletmek için güçlü bağlantılar kurmak adına kritik kamu yatırımları yapmak, Amerika'nın toplu taşıma sektöründe yakıt çeşitliliği yaratan gelişmiş bir hidrojen ekonomisi inşa etmek, Birleşik devletlerin ithal petrole bağıllığını büyük oranda azaltmak, taşımacılık sektöründen kaynaklı emisyon oranını minimum düzeye indirmek ve enerji güvenliğini büyük ölçüde artırabilmek de politikanın amaçları arasında yer almaktadır. Ayrıca, hidrojen üretimi, depolanması, dağıtımı, taşınması, eğitimi ve koordinasyonu ile ilgili projeler ve faaliyetler için bütçe ayrılmıştır. Bu doğrultuda; 2006 yılı için 160 milyon \$, 2007 yılı için 200 milyon \$, 2008 yılı için 220 milyon \$, 2009 yılı için 230 milyon \$ ve 2010 yılı için 250 milyon\$ tahsis edilmiştir.

❖ **İklim Değişikliği** çerçevesinde; sera gazı yoğun enerji stratejilerinin azaltılması amaçlanmıştır. Sera gazı olarak; karbondioksit, metan, azot oksit, hidroflorokarbonlar, perflorokarbon ve kükürt hekzafluorür kabul edilmiştir. Sera gazı yoğunluğu olarak ise; sera gazı emisyonlarının, sanayi üretimine katkı oranı kullanılmıştır. Yasa kapsamında kurulan komite, sera gazı yoğunluğunu azaltıcı teknolojilerin ve uygulamaların tanıtımını ve ticarileştirilmesini teşvik edecek ulusal bir strateji hazırlamayı amaçlamıştır. Ulusal laboratuvarlar, diğer federal araştırma tesisleri, yükseköğretim kurumları ve özel sektör tarafından yürütülen araştırma ve geliştirme programları ile sera gazı yoğunluğunun azaltılmasına yönelik teknolojilerin ve uygulamaların tanıtımı ve ticarileştirilmesine yönelik bir strateji olarak Ulusal İklim Değişikliği Teknolojisi Politikası oluşturulmuştur.

❖ **Yenilikçi Teknolojiler İçin Teşvikler** kapsamında; hava kirleticileri veya insan kaynaklı sera gazı emisyonlarını azaltma projeleri desteklenecektir. Ayrıca aşağıdaki kategoriler için projeler, teşvik kapsamında garanti altına alınacaktır.

- Yenilenebilir enerji sistemleri,
- Gelişmiş fosil enerji teknolojileri,
- Konut, endüstriyel veya ulaşım uygulamaları için hidrojen yakıt pili teknolojileri,

- Gelişmiş nükleer enerji teknolojileri,
- Karbon yakalama, saklama uygulamaları ve karbon depolayan ve saklayan tarım ve ormancılık uygulamaları da dahil olmak üzere teknolojiler,
- Verimli/tasarruflu elektrik üretim, iletim ve dağıtım teknolojileri,
- Etkili son kullanım teknolojileri,
- Hibrid ve gelişmiş dizel araçlar da dahil, yakıt tasarruflu araçlar için üretim tesisleri,
- Kirlenme kontrolü için ekipman/teçhizat,
- Rafineriler, yeni ham petrolün benzine rafine edildiği tesisler.

Son olarak, 2005 Enerji Politikası Yasası uyarınca kurulan konut enerjisi mülkiyeti için federal vergi kredisi, başlangıçta güneş-elektrik sistemlerine, güneş enerjisi su ısıtma sistemlerine ve yakıt hücrelerine uygulanmıştır (Energy.Gov, 2017).

b) 2007 Enerji Bağımsızlığı ve Güvenliği Yasası (Energy Independence And Security Act of 2007): 2007 Enerji Bağımsızlığı ve Güvenliği Yasası, genel olarak yenilenebilir yakıtların üretimini artırmayı, ABD'nin petrol bağımlılığını azaltmayı, enerji güvenliğini artırmayı ve iklim değişikliğiyle mücadeleyi hedeflemiştir. Yasa enerji verimliliğini artırmaya yönelik hükümlerin yanı sıra, yenilenebilir enerjinin kullanılabilirliğini içeren geniş kapsamlı enerji politikası yasasıdır. Yasanın ana hükümleri; Kurumsal Ortalama Yakıt Ekonomisi (CAFE), Yenilenebilir Yakıtlar Standardı (RFS), Enerji Verimliliği Ekipmanı Standartları (Yasanın bu bölümü, aydınlatma, konut ve ticari aletler için çeşitli yeni standartları içermektedir) ve Petrol ve Gaz Vergi Teşviklerinden Vazgeçme' den oluşmaktadır. Mevzuatın esas amacı, benzin kullanımını azaltmak ve böylece ithal petrole bağımlılığı azaltmaktır. Yasa kapsamında öne çıkan düzenlenen programlar, yenilikler ve teşvikler genel olarak aşağıda yer almaktadır (EISA, 2007).

❖ **Yenilenebilir yakıt standardı (Renewable fuel standard);** yasada yer alan hükümler arasında 2022'de yakıt üreticilerinin en az 36 milyar galon biyoyakıt kullanmasını gerektiren zorunlu bir Yenilenebilir Yakıt Standardı (RFS) belirlenmiştir. Bu standart, yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi için daha fazla teşvik sağlayarak, alternatif yakıt kaynaklarının arzını artırmayı

amaçlamaktadır. Yenilenebilir enerjiyi destekleyen tedbirler arasında; 15 megawattın altında elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahip küçük yenilenebilir enerji projelerinin inşası için hibe sağlanması yer almıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş, rüzgar, jeotermal, okyanus, biyokütle veya depolama gazı bulunmaktadır. Gelişmiş biyoyakıt üretimi için ödenek çerçevesinde; sera gazı emisyonlarında, en az %80 oranında azalma sağlayan projelere ödül verilmesi öngörülmüştür. Kabul edilen projelere ise; 2008-2015 mali yılları arasında 500 milyon \$ tutarında ödenek tahsis edilebileceği kararlaştırılmıştır. Yasa bağlamında; yenilenebilir yakıt hacimlerinin, araç ve motor emisyonlarındaki değişiklikler sonucu hava kalitesini olumsuz etkileyip etkilemeyeceğini belirlemek için çalışma yapılması da yer almaktadır.

- ❖ **Termal Enerji Depolama Araştırma ve Kalkınma Programı** (Thermal Energy Storage Research And Development Program) kapsamında, konsantre güneş enerjisi elektrik üretim tesislerinin çalışma süresinin uzatılması dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda, daha düşük maliyetli ve daha uygulanabilir termal enerji depolama teknolojileri sağlayacak araştırma ve geliştirme programı oluşturulması kararlaştırılmıştır. Programda kullanılmak üzere, 2008 yılı için 5 milyon \$, 2009 mali yılı için 7 milyon \$, 2010 mali yılı için 9 milyon \$, 2011 mali yılı için 10 milyon \$ ve 2012 yılı mali yılı için 12 milyon \$ bütçe tahsis edilmiştir.

Diğer taraftan yasa dahilinde, aydınlatma için doğrudan güneş enerjisi kaynaklarının dikkate alınması ve bu alanda araştırma yapılması kararlaştırılmıştır. Söz konusu, "doğrudan güneş enerjisi" kavramı, suni ışığın yerini alan bina, tünel veya diğer kapalı yapı içerisinde güneş ışığını kullanılabilir ışığa dönüştüren bir cihazdan gelen enerji anlamına gelmektedir. Programda enerji tasarrufu ve verimliliğini daha fazla artırmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda, 2008-2012 mali yıllarının her biri için 3.5 milyon \$ tutarında bütçe tahsis edilmiştir.

- ❖ **Fotovoltaik Öneri Programı** (Photovoltaic Demonstration Program) kapsamında; gelişmiş fotovoltaik teknoloji için hibe programlarının hazırlanması kararlaştırılmıştır. Bu doğrultuda, 2008 mali yılı için 15 milyon \$, 2009 mali yılı için 30 milyon \$ 2010 mali yılı için 45 milyon \$, 2011 mali yılı için 60 milyon \$ ve 2012 mali yılı için 70 milyon \$ tahsis edilmesi öngörülmüştür. Kanunda ayrıca jeotermal enerji ile ilgili düzenlemeler de yer almıştır. Bu doğrultuda, jeotermal

enerji gelişiminin, üretiminin veya kullanımının olumsuz çevresel etkilerini hafifletmek veya önlemek için tasarlanmış teknolojiler ve uygulamaların araştırılıp geliştirilmesi hedeflenmiştir. Hedeflerin ise, ticari uygulama programını destekleyecek ve jeotermal enerji gelişiminde uygulanabilir en yüksek çevresel yönetim standartlarıyla tutarlı olması gerektiği ifade edilmiştir. Diğer taraftan, jeotermal enerjinin üretimi ve kullanımı sonucunda sağlanacak olan potansiyel sera gazı emisyon indirimine yönelik araştırma programlarının destekleneceği belirtilmiştir. Planlanan destek için de eğitim pilot programı oluşturulması kararlaştırılmıştır. Bu programda, yükseköğretim kurumuna jeotermal enerji üretim tesisi için rekabete dayalı hibe desteği sağlanmaya çalışılacaktır. Tesisin amacı, elektrik ve yerden ısıtma sağlamaktır. Ayrıca tesis, ilgili alanlardaki öğrencilere bir eğitim kaynağı olarak hizmet edecek ve tesis tarafından üretilen veriler, öğrenciler ve kamuoyu tarafından erişilebilir olacaktır. Toplam finansman ödülü, 2 milyon \$'ı aşmayacak şekilde kararlaştırılabilmektedir. Ayrıca genel olarak jeotermal enerji için; 2008-2012 döneminde, her bir mali yıl için 90 milyon \$ bütçe tahsis edilmiştir.

- ❖ **Büyük Ölçekli Karbon Dioksit Ayırıştırma Testi** (Large-Scale Carbon Dioxide Sequestration Testing); kullanılan, 'büyük ölçekli' terimi, yılda sanayi kaynaklı 1.000.000 tondan fazla karbon dioksit enjeksiyonu veya birkaç milyon metrik ton endüstriyel kaynaklı karbon dioksit enjekte etme ve tutma becerisini ifade eden bir ölçüdür. Test için, 2008-2012 döneminde her bir finansal yıl için 240 milyon \$ tahsis edilmiştir.

Ayrıca karbon yakalama kapsamında, 2009-2013 yılları arasında yılda 200 milyon \$ tutarında bütçe ayrılmıştır. Bu bütçenin 1 milyon \$'ı insan kaynaklı karbondioksit yakalama ve tutma kabiliyetini destekleyecek; jeoloji, mühendislik, hidroloji, çevre bilimi ve ilgili disiplinlerdeki disiplinler arası program oluşturmak için ayrılmıştır. Özellikle; lisansüstü eğitime yönelik olarak, araştırma ve öğretim programlarının geliştirmesi amaçlanmıştır.

c) Bingaman-Specter 2007 Düşük Karbon Ekonomisi Yasası (Low Carbon Economy Act of 2007); yasa, ABD ekonomisini korumanın yanı sıra, ABD'nin sera gazı emisyonunu azaltmak için güçlü ve güvenilir bir yaklaşım ortaya koymayı amaçlamıştır. Kanun kapsamında, ABD sera gazı emisyonları için bir emisyon üst sınırı ve ticareti (cap and trade) programı oluşturulmuştur. Bu kapsamda, firmalar için yıllık

karbon emisyon hedefi belirlenmiştir. Firmaların bu hedefe ulaşmasını sağlamak için kredi imkanı sağlanması da yasada yer almıştır. Temel amaç, ekonomiye zarar vermeden yeni, düşük karbonlu teknolojilere kademeli bir geçiş sağlamaktır. Kanunun çevresel hedefleri arasında; ABD sera gazı emisyonlarını 2020 yılına kadar 2006 yılı seviyesine, 2030 yılına kadar 1990 yılı seviyelerine indirilmesi yer almaktadır.

d) 2008 Enerji Geliştirme ve Genişletme Yasası (Energy Improvement and Extension Act of 2008); Kanunda genel olarak, enerjinin üretimi ve korunması için teşvikler sağlanması, kısıtlı olan enerji ile ilgili vergi hükümlerinin uzatılması yer almaktadır. 2009 yılı boyunca rüzgar tesislerinden elektrik üretiminin artırılması amaçlanırken, 2016 yılına kadar güneş enerjisi, yakıt hücresi ve mikro türbinlere yönelik enerji vergisi kredisinin genişletilmesi de kanun dahilinde kararlaştırılmıştır.

Politika kapsamında, güneş enerjisi için ise vergi kredisi sınırlaması kaldırılmıştır. Ayrıca bir konutta elektrik üreten rüzgar türbinleri ve jeotermal ısı pompaları masraflarının %30'una kadar yeni bir vergi kredisi sağlanması yer almıştır. Kömür kaynaklı ileri üretim teknolojileri projeleri için de %30 yatırım vergi kredisi olanağı sağlanmıştır. Ayrıca bu projeler için tahsis edilebilecek maksimum kredi tutarı, 2.55 milyar \$ olarak belirlenmiştir. Karbon dioksitin yakalanması ve tutulması için projeler de dahil olmak üzere ek karbon enerji projeleri tasarlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, kömür gazlaştırma projeleri kapsamında, yatırım vergi kredi oranının %30'a yükseltilmesi kararlaştırılmıştır. Ayrıca, karbon dioksitin tutulması için yeni bir vergi kredisi oluşturulmuştur. Hazine Sekreteri'nin, karbon ve diğer sera gazı emisyonları üzerinde en büyük etkiye sahip olan Milli Gelir Yasası (Internal Revenue Code) hükümlerini, kapsamlı bir şekilde incelemesi ve bu etkilerin boyutunu tahmin etmesi istenmiştir. Diğer taraftan, yakıt olarak kullanılan biyodizel ve yenilenebilir dizel için 2009 gelir ve tüketim vergisi kredileri uzatılmıştır. Nitelikli elektrik motorlu taşıtlar üretmek için yeni bir vergi kredisi oluşturulmuştur. Enerji verimli ticari bina harcamaları için de 2013 yılına kadar vergi indirimleri genişletilmiştir. 2007'den sonra üretilen enerji tasarruflu ev aletleri için vergi kredisi miktarları değiştirilmiştir.

e) 2009 Amerikan Temiz Enerji ve Güvenlik Kanunu (American Clean Energy and Security Act of 2009), küresel ısınmanın hem sebeplerini hem de etkilerini göz önüne alarak ABD'nin yerli yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanan bir ekonomiye

yöneltmek için hazırlanmış bir kanundur. Kanun, elektrik üretimi için yenilenebilir enerji hedeflerini belirlemek, ülkenin elektrik şebekesini modernleştirmek, sektörler arasında yeni enerji standartlarını öngörmek, karbon izolasyon teknolojisinin araştırma ve geliştirilmesini teşvik etmek ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için ulusal bir “emisyon üst sınırı ve ticareti” (cap and trade) programı oluşturmaktadır. Böylece, ABD’yi çevresel sürdürülebilirlik ve enerji güvenliğine yönelik uzun vadeli bir yol izlemeye teşvik etmek için bir dizi görev, yönetmelik, pazar temelli strateji ve maddi teşvikler kullanarak çok sektörlü bir yaklaşım benimsenmiştir.

f) 2009 Amerikan İyileştirme ve Yeniden Yatırım Yasası (The American Recovery and Reinvestment Act of 2009 (ARRA)); Alternatif enerji üretimini artırmayı amaçlayan yasada; rüzgar, biyoenerji, biyokütle, jeotermal, hidro güç kaynakları esas almaktadır. Yasada yer alan yenilenebilir enerji vergisi indirimleri, 17 milyar \$ olarak belirlenmiştir. Ek olarak da konutların izolasyonu için 5 milyar \$ tahsis edilmiştir. Amerika’nın temiz enerjide liderliğini sürdürmesini sağlamak için Başkan Obama, 2020 yılına kadar yenilenebilir elektrik üretimini iki katına çıkarmayı hedeflemiştir. 17 Şubat 2009’da yürürlüğe giren ARRA; temiz enerjinin araştırılması, geliştirilmesi ve dağıtımı için 80 milyar \$’ı aşan bir ek harcama öngörmüştür. Bu miktarın yaklaşık 30 milyar \$’ı vergi bazlı teşvikler şeklinde oluşturulmuştur. Bu vergi aşağıdaki hükümleri içermektedir:

- Yenilenebilir enerji teknolojileri için bir Üretim Vergisi Kredisi (PTC): Bazı enerji üretim tesislerine yatırım yapan mükelleflerin, projenin hizmete girdiği tarihten itibaren nitelikli tesis tarafından üretilen kilowatt saat enerji başına yaklaşık 0,021 \$ tutarında bir vergi kredisi talep edilebileceği öngörülmüştür.
- ARRA aynı zamanda mükelleflerin Üretim Vergisi Kredisi yerine Yatırım Vergisi Talebi’ni tercih etmesine izin vermektedir. Yenilenebilir enerji teknolojileri için Yatırım Vergisi Kredisi ile (ITC), bazı enerji mülklerine yatırım yapan mükelleflerin, gelişmiş enerji özelliklerine hak kazanmak için proje maliyetlerine dayalı olarak Yatırım Vergisi Kredisine hak kazanacaklardır.
- 2009-2010 döneminde hizmete giren ya da 2009-2010 yıllarında inşaatına başlanan ve 2013’ten önce rüzgar, 2017’de güneş ve 2014’te diğer nitelikli

teknolojiler için hizmet verilen yenilenebilir enerji projeleri için hibeler tahsis edilmiştir.

- ARRA ticari küçük rüzgar enerjisi, güneş enerjisi su ısıtma ve jeotermal ısı pompası teknolojileri için bir önceki vergi kredisi sınırlarını kaldırmıştır.
- ABD'de bulunan tesisler için Üretim Vergi Kredisi (MTC) kapsamında, temiz enerji bileşenleri ve sistemleri üreten imalat tesislerinin oluşturulması veya genişletilmesi için yeni bir teşvik oluşturulmuştur. Uygun bulunan projeler için 2,3 milyar \$ tutarında vergi kredisi sunulmuştur. MTC başvuruları kapsamında, onaylanan projeler için sermaye maliyetinin %30'una kadar vergi kredisi alınması imkânı sağlanmıştır.
- Alternatif Yakıt Tevdi Vergi Kredisi: Elektrik, hidrojen ve doğalgaz gibi alternatif yakıt pompalarını kuran işletmeler (ör. Benzin istasyonları) için vergi kredisi tahsis edilmiştir.

Diğer taraftan ARRA kapsamında; temiz enerji araştırması, geliştirilmesi ve dağıtımı için 80 milyar \$'ı aşan bir ek bütçe tahsis edilmiştir. Bu tutarın 50 milyar \$'ı doğrudan ödeneklerle ayrılmıştır. Bu finansman kapsamında, yeni ve güncel hükümet programları desteklenmektedir. Örnek programlar aşağıda yer almaktadır:

- Etkin maliyetli alternatif enerji teknolojileri arayışında olan Enerji Sınır Araştırma Merkezleri için 277 milyon \$,
- Bilim Ofisi (Department of Science (DOE)) tarafından yönetilen araştırmalar için yaklaşık 1,6 milyar \$,
- Akıllı Şebeke Programı (2007 yılı Enerji Özgürlüğü ve Güvenliği Yasası tarafından yetkilendirilmiş) için 4,5 milyar \$,
- Yeni nesil biyoyakıtlar için 800 milyon \$,
- Jeotermal teknolojiler için 400 milyon \$,
- Rüzgar enerjisi teknolojilerini ilerletmek, yeni enerji verimli tesisler kurmak ve laboratuvarın Entegre Biyo-Araştırma Tesisi 'ne geçiş yapmak için ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı için 110 milyon \$,

- Yenilenebilir enerji projelerinin geliştirilmesine destek vermek için 3 milyar \$ üzerinde finansman desteği sağlanmıştır.

ABD'nin 1989-2016 döneminde ait uygulanan seçilmiş enerji program/plan ve yasa özetlerine Tablo 2.2.'de yer verilmiştir.

Tablo 2.2. ABD'nin 1989-2016 Dönemine Ait Seçilmiş Enerji Program/Plan ve Yasa Özeti

POLİTİKA ADI	YIL	STATÜ	POLİTİKA HEDEFİ	SEKTÖR	AÇIKLAMA
Renew300 Federal Yenilenebilir Enerji Hedefi	2015	Yürürlükte	Güneş Enerjisi	Elektrik	2020 yılına kadar düşük ve orta gelirli konutlar için 300MW'lık yenilenebilir enerji hedefinin güneş enerjisini içerecek şekilde genişletilmesi amaçlanmıştır.
Temiz Enerji Planı	2015	İnceleme altında	Ulusal	Elektrik	Başkan Obama'nın İklim Eylem Planının önemli bir parçası olan Temiz Enerji Planı, 2030 yılına kadar ABD'nin sera gazı emisyonlarını %32 oranında azaltmayı hedeflemiştir.
ABD İklim Eylem Planı	2013	Yürürlükte	Ulusal	Çoklu Sektör	ABD karbon kirliliğini azaltmak, ABD'yi iklim değişikliğinin etkilerine karşı hazırlamak ve ABD ekonomisini ve doğal kaynaklarını korumak esas alınmıştır.
Smart From The Start Girişimi	2010	Yürürlükte	Rüzgar Enerjisi	Elektrik	Rüzgar potansiyelinin geliştirilmesini teşvik etmek için bir girişimdir.
Çevre Enerji ve Ekonomik Performans Konulu 13514 Sayılı Kararname	2009	Yürürlükte	Çoklu Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Çoklu Sektör	Federal birimlerin sera gazı emisyonlarını ölçüp rapor etmesini ve azaltmalarını zorunlu kılmaktadır. Sera gazı azaltım hedeflerine 2020 yılına kadar ulaşılması hedeflenmektedir.
Dış Kıta Sahaneliği Üzerinde Mevcut Tesislerin Yenilenebilir Enerji ve Alternatif Kullanımlarıyla İlgili Nihai Kararname	2009	Yeniden Düzenlenen	Rüzgar, Okyanus, Gelgit, Dalga	Elektrik	Yenilenebilir enerji üretimi için bir çerçeve oluşturulmaktadır. ABD dış kıta sahanlığındaki kıyıda uzakdaki rüzgar çiftliklerine yönelik bir program oluşturulmaktadır.
İklim Vitriini (Climate Showcase) Toplulukları Hibe Programı	2009	Yürürlükte	Çoklu Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Elektrik, Isınma ve Soğutma	Program, yerel yönetimlere rekabetçi hibeler sunmanın yanı sıra eğitim ve teknik destek de sağlamayı amaçlamaktadır. Enerji kullanımı, tasarrufu ve tasarruf sağlayan enerji üretimi, konut ve ticari enerji verimliliği, atık yönetimi, ulaşım ve arazi kullanımında öne çıkan projelerdir.
Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arazi Yönetim Bürosu	2009	Yürürlükte	Rüzgar, Güneş, Biyoenerji, Jeotermal	Elektrik	Kamu arazileri için yenilenebilir kaynakların geliştirilmesi ile güneş ve rüzgar enerjisi gelişimi için doğru arazi kullanımına yönelik kuralları içermektedir.

Tablo 2.2. (Devamı)

POLİTİKA ADI	YIL	STATÜ	POLİTİKA HEDEFİ	SEKTÖR	AÇIKLAMA
2008 Yılı Gıda, Koruma ve Enerji Yasası	2008	Yeniden Düzenlenen	Rüzgar, Biyoenerji, Jeotermal, Hidrogüç, Güneş	Elektrik	Yasa ile kırsal enerji verimliliği girişimleri ile tarımsal ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminin, kullanımını teşvik eden girişimler de dahil olmak üzere beş yıllık dönemde tarım programlarını içermektedir. 2012 Mali yılı boyunca birçok tarımsal, biyokütle ve biyoenerji programlarının devamı yasaca öngörülmüştür. Biyokütle araştırma ve geliştirme girişi, biyoyakıt ve biyolojik kökenli ürünlerin araştırılması için ilgili programlar genişletilmiştir.
Amerika Kırsal Enerji Programı	2008	Yürürlükte	Çoklu Sektör	Elektrik, Isınma ve Soğutma	Tarımsal üreticilere ve yerel küçük işletmelere, güneş panelleri gibi yenilenebilir enerji sistemleri kurmalarına, sulama pompaları takma veya havalandırma sistemi değiştirme gibi alanlarda hibe sağlanması amaçlanmıştır.
Jeotermal Kiralama ve Jeotermal Kaynak Anlaşmaları	2007	Yeniden Düzenlenen	Jeotermal	Çoklu Sektör	Jeotermal enerji programları, federal topraklarda jeotermal enerji gelişimini sağlamak için rekabetçi kiralama gibi öneriler sunmuştur.
Yeşil Satın Alma Onaylayıcı İhale Programı	2006	Yürürlükte	Biyoenerji	Çoklu Sektör	Program kapsamına giren yeşil ürünler için iç talep oluşturma ve pazar teşviki yaratma, enerji güvenliğini artırmanın yanı sıra enerji ve diğer doğal kaynaklara yönelik tasarruf sağlamayı amaçlanmıştır.
Odunsu Biyokütle Kullanımı Teşviki	2003	Yürürlükte	Çoklu Sektör	Elektrik, Isınma ve Soğutma, Taşımacılık	Odunsu biyokütle kullanımı stratejilerinin dikkate alınmasında hedef, bu alandaki pazarın sürdürülebilir kalkınmasını teşvik etmektir.
2002 Tarım Güvenliği ve Kırsal Yatırım Yasası	2002	Yeniden Düzenlenen	Biyoenerji, Biyoyakıt	Elektrik	Federal birimler tarafından biyo bazlı ürünlerin satın alımının teşvik edilmesi amacıyla programlar oluşturulmuştur.
Biyokütle Araştırma ve Geliştirme Yasası	2000	Tamamlanmış	Biyoenerji	Biyoenerji	Beş yıllık dönemde, 49 milyon dolar tarım için entegre biyokütle araştırma ve geliştirme teknik danışma komitesi kurmak için tahsis edilmiştir.
Devlet Enerji Programı	1996	Yürürlükte	Elektrik, Isıtma ve Soğutma	Çoklu Sektör	Program kapsamında; ABD ekonomisinin enerji verimliliğinin artırılması, enerji maliyetlerinin düşürülmesi, elektrik, yakıt ve enerji hizmetlerinin sunumunun güvenilirliğini artırılması, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, geliştirilmiş çevre kalitesi ile ekonomik büyümenin teşvik edilmesi ve ithal petrole olan bağımlılığın azaltılması yer almaktadır.

Tablo 2.2. (Devamı)

POLİTİKA ADI	YIL	STATÜ	POLİTİKA HEDEFİ	SEKTÖR	AÇIKLAMA
Kabile Enerji Programı (Tribal Energy Program)	1994	Yürürlükte	Elektrik	Rüzgar, Güneş	Program, kabilelerin yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirip geliştirmelerine ve enerji tüketiminde verimlilik artışı elde etmeleri amacıyla teknik yardım sağlamayı amaçlamıştır. Program ayrıca, temiz enerji teknolojisinin benimsenmesini ve büyümeyi teşvik etmek için tasarlanmış eğitim ve öğretim fırsatlarını da içermektedir.
Çevresel Olarak Tercih Edilen Satın Alma Programı	1993	Yürürlükte	Çoklu Sektör	Çoklu Sektör	Program, yürütme organlarını çevreye duyarlı ürünlerin ve hizmetlerin satın alınması konusunda teşvik eden ve destekleyen federal hükümet boyutunda bir programdır.
Yenilenebilir Enerji Üretim Teşviki	1992	Tamamlanmış	Çoklu Sektör	Elektrik	1992 tarihli Enerji Politikası Yasası uyarınca oluşturulmuş ve 2005 yılında düzenlenmiştir. Yeni nitelikli yenilenebilir enerji üretim tesisleri tarafından üretilen ve satılan elektriğe, maddi teşvik ödemeleri sağlamaktadır. Her bir mali yıl için, yeterli görülen tesisler, faaliyetlerinin ilk 10 yıllık dönemi için kilovat saat başına 1,5 cent (1993 ABD Doları ve enflasyona endeksli olarak) yıllık teşvik ödemeleri sağlanacağı uygun görülmüştür.
Rüzgar Enerjisi Teknolojileri Ofisi	2008 (1977'den beri aktif)	Yürürlükte	Rüzgar, Hidrogüç,	Elektrik	Hem kara hem de deniz de rüzgar enerjisini hedef alarak temiz enerji ekonomisini desteklemektedir.

Kaynak: International Energy Agency, Policies&Measures Databases, <https://www.iea.org/policiesandmeasures/> (Erişim Tarihi:23.11.2017).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KÜRESEL ISINMA VE SERA GAZI EMİSYONUNU AZALTMAYA YÖNELİK LİTERATÜR ÖZETİ

Küresel ısınmanın oluşmasına ve dolayısıyla iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının azaltılması ya da kontrol altına alınmasına yönelik literatürde bir çok çalışma bulunmaktadır. Literatürde yer alan bu çalışmalar “Yenilenebilir Enerji Kaynağı Kullanımı ve Sera gazı Emisyon Azaltımı ile İlgili Ampirik Çalışmalar” ve “Enerji Politikaları ve Sera gazı Emisyon Azaltımı ile İlgili Ampirik Çalışmalar” olmak üzere iki alt grupta özetlenmiştir.

3.1. Yenilenebilir Enerji Kaynağı Kullanımı ve Sera gazı Emisyon Azaltımı ile İlgili Ampirik Çalışmalar

Liaskas vd. (2000) çalışmalarında AB’ye üye 13 ülke için 1973-1993 döneminde, endüstriyel CO₂ emisyonu seviyesindeki değişimleri etkileyen faktörleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Cebirsel ayrıştırma yöntemi ile gözlemlenen değişiklikler; hasıla seviyesi, enerji yoğunluğu, yakıt karışımı ve yapısal değişim olmak üzere dört farklı faktör için analiz edilmiştir. Analiz neticesinde, CO₂ emisyonlarının ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilemeden azaltılmasının mümkün olduğu belirlenmiştir.

Schwaiger ve Schlamandinger (1998) FEEDS (Fuelwood in Europe for Environment and Development Strategies) Projesi kapsamında 2020’de yakacak odun (fuelwood) kullanımının olası etkilerini seçilmiş beş Avrupa ülkesi (Finlandiya, Fransa, Portekiz, İsveç, Avusturya) için çevre, teknik ve sosyo-ekonomik bakımdan araştırmışlardır. Çalışmada, yakacak odunun artan kullanımının CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazı emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak; 2020 yılında en büyük emisyon azaltımının bireysel konut, toplu konut (Fransa, Avusturya ve İsveç), üçüncül,

imalat ve diğer sektörler (Portekiz) ve bölge ısıtma (Finlandiya, İsveç) sektörlerinde beklendiği ifade edilmiştir.

Wahlund vd. (2004)'e göre olumsuz bir iklim değişikliği riskini ortadan kaldırmak için CO₂ gibi sera gazı emisyonları büyük ölçüde azaltılmalıdır. Emisyonları azaltmanın etkili yollarından biri, yakıtları fosil yakıtlardan biyokütle gibi yenilenebilir enerjiye dönüştürmektir. Çalışmada, birkaç biyoenerji işleme seçenekleri sistematik olarak araştırılıp, emisyonları azaltma oranını ölçmek ve indirgemenin spesifik maliyeti hesaplanmıştır. Çalışmada, İsveç'in en düşük CO₂ emisyon oranına, en düşük maliyetle ulaşması için hangi konuda yoğunlaşılması gerektiği konusu ele alınmıştır. Sonuçlar, en büyük ve en uzun vadeli sürdürülebilir CO₂ azaltımının, İsveç'te yapılan kömür ikamesine yönelik odunsu biyokütle yakıtlarını pelet haline getirerek elde edileceğini göstermiştir. Metanol, DME (etanol ve dimetil eter) ve etanol gibi motor yakıtlarının tekrar kullanılması işleminin, emisyon azaltımının yalnızca yarısını sağladığı buna ek olarak daha yüksek bir maliyet gerektirdiği sonuca ulaşılmıştır.

Say ve Yücel (2006) Türkiye'nin enerji sektörünü, 1970-2002 dönemi için incelemişlerdir. Toplam enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve nüfus artışını kullanarak model oluşturmuşlardır. Ayrıca toplam enerji tüketimi ile toplam CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi de araştırmışlardır. Bunun için ise, regresyon analizi yöntemini tercih etmişlerdir. Neticede, Türkiye'de enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasında güçlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca enerji tüketiminin GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla) üzerinde pozitif etki oluştururken, CO₂ emisyonun da enerji tüketimi üzerinde pozitif etki yarattığını tespit etmişlerdir.

Utlu (2007) çalışmasında atık yağdan (WCO) elde edilen metil esteri, alternatif bir enerji kaynağı olarak değerlendirmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, dünyada ve Türkiye'de WCO biyodizel olarak değerlendirilirse, atık yağın neden olduğu çevre kirliliğinin azalacağı belirtilmiştir.

Ang (2007) Fransa için 1960-2000 dönemini dikkate alarak; CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve reel GSYİH arasındaki dinamik nedensellik ilişkisini incelemiştir. Eşbütünleşme ve Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM)'nin kullanıldığı çalışmada, değişkenlerin birbirleriyle ilişkili olduğu ve bu ilişkileri entegre bir çerçevede kullanılarak

incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. Analiz sonuçları, 1960-2000 dönemi için bu değişkenler arasında uzun vadeli güçlü bir ilişki olduğuna yönelik kanıtlar sunmaktadır. Ayrıca, ekonomik büyümenin uzun vadede enerji kullanımını ve kirliliğin artması üzerinde nedensel bir etki yarattığı iddiasını desteklemektedir. Kısa vadede ise sonuçlar, enerji kullanımından hasılaya doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Soytas vd. (2007) CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve gelir değişkenlerini kullanarak, ABD’de 1960-2004 dönemi için enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Granger nedensellik analizi sonuçlarına göre; ABD’de gelir ile karbon emisyonu arasında uzun dönemde herhangi bir ilişkiye rastlanmaz iken, gelir ile enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Ang (2008) Malezya’da 1971-1999 dönemi için hasıla, kirletici emisyonlar (CO₂ emisyonu) ve enerji kullanımı arasındaki uzun dönemli ilişkiyi araştırmıştır. Bu bağlamda, çok değişkenli VECM kullanılmıştır. CO₂ emisyonu ve enerji kullanımının uzun dönemde hasıla ile pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Nedensellik testi sonuçlarına göre, ekonomik büyümeden enerji tüketim artışına doğru kısa ve uzun dönemde güçlü destekleyiciler tespit edilmiştir. Diğer taraftan, CO₂ emisyonunda ki artış ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde zayıf bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Malezya, enerjiye bağımlı bir ekonomi olduğu için uzun dönemde hasıla büyümesi ve enerji büyümesi arasında da karşılıklı nedensellik olduğu belirtilmiştir.

Soytas ve Sari (2009) Türkiye için 1960-2000 yılları arasında CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişkiyi Granger nedensellik analizi kullanarak araştırmışlardır. Analiz neticesinde; Türkiye’de karbon emisyonu, enerji tüketiminin Granger nedeni iken bu durumun tersinin geçerli olmadığını ifade etmişlerdir.

Halıcıoğlu (2009) Türkiye’de 1960-2005, dönemini için CO₂ emisyonu, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret değişkenleri arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik ve ARDL (Autoregressive Distributed Lag/Otoregresif Dağıtılmış Gecikme) yöntemlerini kullanarak araştırmıştır. Araştırma sonucunda, Türkiye’de uzun dönemde karbon

emisyonunun; enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret tarafından belirlendiği sonucuna ulaşmıştır.

Chiu ve Chang (2009) CO₂ emisyonu, enerji tüketimi, reel GSYİH ve enerji fiyatlarının değişken olarak tercih edildiği çalışmada OECD'ye üye 30 ülke, 1996-2015 dönemi dikkate alınarak incelenmiştir. CO₂ emisyonunu azaltmak için enerji kaynaklarının oranının treshold etkisi panel treshold regresyon modeli ile araştırılmıştır. Çalışmada, ekonomik büyümeden kaynaklanan fosil yakıt kullanımı için oluşan artan talebin, CO₂ emisyonunu artıracığı belirtilmiştir.

Zhang ve Cheng (2009) Çin ekonomisi için 1960-2007 dönemine ait verileri kullanarak ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasında bir ilişki olup olmadığını ve varsa bu ilişkinin yönünü tespit etmeye çalışmışlardır. Granger nedensellik modelinin kullanıldığı çalışmada, uzun dönemde enerji tüketiminden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca GSYİH'dan enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik olduğu da tespit edilmiştir.

Jalil ve Mahmud (2009) 1975-2005 dönemini inceleyerek, Çin ekonomisi için Çevresel Kuznet Eğrisi (EKC)'nin geçerliliğini test etmişlerdir. EKC hipotezi çevresel koşulların bir göstergesi olarak; kişi başına CO₂ emisyonu, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve dış ticaret değişkenleri kullanılarak ARDL modeli kapsamında incelenmiştir. Araştırmacılara göre; CO₂ emisyonu, uzun dönemde gelir ve enerji tüketimi tarafından belirlenmektedir. Ekonomik büyüme ise, CO₂ emisyonuna neden olmaktadır. Çin için CO₂ emisyonu ve dış ticaret ilişkisi dikkate alındığında, dış ticaretin CO₂ emisyonu üzerinde pozitif fakat istatistiki olarak önemsiz bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Iwata vd. (2010) Fransa'da 1960-2003 dönemi için elektrik üretiminde nükleer enerjinin rolünü dikkate alarak EKC'nin geçerliliğini araştırmışlardır. Ayrıca analize; CO₂ emisyonu, uluslararası ticaret, enerji tüketimi ve kentleşme değişkenlerini de dahil etmişlerdir. Bu amaç doğrultusunda ARDL, Granger nedensellik analizlerini kullanmışlardır. Makalede, Fransa'da ekonomik büyüme, CO₂ emisyonunu artırırken nükleer enerjinin, CO₂ emisyonunu azaltmada önemli rolü olduğunu tespit etmişlerdir. Nükleer enerjinin CO₂ emisyonu üzerinde hem uzun dönemde hem de kısa dönemde

negatif etkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca nükleer enerji kullanımından CO₂ emisyonuna tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu belirlemişlerdir.

Menyah ve Rufael (2010) ABD’de 1960-2007 dönemi için CO₂ emisyonu, yenilenebilir ve nükleer enerji tüketimi ve reel GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. Çalışmada, nükleer enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü negatif ilişki belirlemişlerdir. Bu durum, nükleer enerji kullanımının CO₂ emisyonunu azalttığı anlamına gelmektedir. Buna karşın, yenilenebilir enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu arasında hiçbir nedensellik ilişkisine rastlamamışlardır. Sonuç olarak araştırmacılar, ABD’de CO₂ emisyonunu azaltmak için nükleer enerji tüketiminin artırılması gerektiğini önermişlerdir.

Apergis vd. (2010) gelişmiş ve gelişmekte olan 19 ülke için CO₂ emisyonu, nükleer enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. 1984-2007 döneminin incelendiği çalışmada, panel hata düzeltme modelini kullanmışlardır. Analiz neticesinde; CO₂ emisyonu, nükleer enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemde ilişki olduğu belirlenmiştir. Uzun dönemde nükleer enerji kullanımının, CO₂ emisyonunu azalttığını tespit etmişlerdir. Yenilenebilir enerji kullanımının, nükleer enerji kullanımının aksine, CO₂ emisyonunu azaltmada katkısı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada, yenilenebilir enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi olduğunu tespit edilmiştir.

Menyah ve Rufael (2010) ekonomik büyüme, kirletici emisyonlar ve enerji tüketimi arasındaki uzun dönemli ilişkiyi Güney Afrika’da 1965-2006 dönemi için araştırmışlardır. Çalışmada, eşbütünleşme sınır testi yaklaşımı ve Granger nedensellik testi kullanmışlardır. Neticede, kirletici emisyonlar ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemde ve kısa dönemde pozitif ve istatistiki olarak anlamlı ilişki tespit etmişlerdir. Kirletici emisyonlar ve ekonomik büyüme arasında tek yönlü nedensellik, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında tek yönlü nedensellik ve son olarak da enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi belirlenmiştir.

Öztürk ve Acaravcı (2010) ekonomik büyüme, karbon emisyonu, enerji tüketimi, istihdam oranı arasındaki uzun dönemli ilişkiyi Türkiye’de 1968-2005 dönemi için

araştırmışlardır. Çalışmada ARDL ve Granger nedensellik yöntemlerini kullanmışlardır. Analiz sonuçlarına göre; Türkiye'nin kişi başına reel GSYİH üzerinde kişi başına karbon emisyonu ve kişi başına enerji tüketiminin herhangi bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Fakat istihdam oranının, kısa dönemde kişi başına reel GSYİH'da artışa neden olduğu sonucuna varmışlardır.

Muller vd. (2011) 2012 yılı için Hava Kirliliği Emisyon Deneyleri ve Politikası (APEEP/Air Pollution Emission Experiments and Policy) Analiz Modeli kullanarak, Birleşik Devletler'deki her sanayi kolu için hava kirliliği hasarlarını tahmin etmişlerdir. ABD'nin hava kirliliği emisyonlarının marjinal zararlarını ve brüt hasarları hesaplamak için endüstri tarafından salgılanan emisyon miktarını hesaplamışlardır. Katı atık yakma, kanalizasyon arıtma, taş ocakçılığı, yat limanları, petrol ve kömürle çalışan elektrik santrallerinin yarattıkları değerden daha fazla hava kirliliği hasarlarına sahip olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılara göre, dış masraflara en büyük katkı sağlayan kömür yakıtlı elektrik üretiminin, hasarları 0,8 ila 5,6 kat arasında değişmektedir. Bu da elektrik üretimi için kullanılan kömür yakımı yönteminin, hava kirliliğinde en büyük etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Hossain (2011) CO₂ emisyonu, enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve kentleşme arasındaki dinamik nedensellik ilişkisini 1971-2007 yılları arasında yeni sanayileşen ülkeler için araştırmıştır. Çalışmada panel birim kök ve Granger nedensellik analizini tercih etmiştir. Analiz neticesinde; uzun dönemde değişkenler arasında nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Kısa dönemde ise, ekonomik büyüme ve ticari açıklıktan CO₂ emisyonuna; kentleşmeden ekonomik büyümeye ve ticari açıklıktan kentleşmeye tek yönlü nedensellik olduğunu belirlemiştir. Ayrıca yeni sanayileşmiş ülkelerde enerji tüketiminin, daha fazla CO₂ emisyonuna neden olacağı ve bu durumun çevreyi daha fazla kirleteceği sonucuna ulaşılmıştır.

Arouri vd. (2012) 12 MENA ülkesi için 1981-2005 dönemini incelemişlerdir. Araştırmacıların bu çalışmada üç amacı bulunmaktadır. Birincisi, CO₂ emisyonu için MENA bölgesinde EKC hipotezini test etmek. İkincisi, her ülke için EKC'nin varlığını araştırmak. Son olarak ise, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmaktır. Bu amaçlar dahilinde, bootstrap panel

birim kök ve panel eşbütünleşme yöntemlerini tercih etmişlerdir. Sonuç olarak, MENA’da bölgesel düzeyde uzun dönem enerji tüketimi, CO₂ emisyonunu pozitif ve istatistiki olarak anlamlı etkilemektedir. EKC hipotezi için MENA bölgesi CO₂ emisyonu, GSYİH ile sırasıyla artmakta, dengelenmekte ve daha sonra azalmaktadır. Başka bir ifadeyle, MENA bölgesi için EKC hipotezinin, U şeklindeki EKC hipotezi şekli ile uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır.

Borenstein (2012) ABD için elektrik enerjisinin pazar ve pazar dışı değerlemesini incelemiştir. Araştırmada yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretiminin, geleneksel yaklaşımlardan daha pahalı olduğunu belirtilmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerjilerden elde edilen elektriğin ABD'deki kirlilik dışsallıklarını hafıflettiği ifade edilmiştir.

Haggar (2012) Kanada endüstri sektörü için 1990-2007 dönemini incelemiştir. Çalışmada, ele alınan dönemde sera gazı emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki araştırılmıştır. VECM ve Granger nedensellik modellerinin kullanıldığı analiz sonuçlarına göre, uzun dönemde enerji tüketimi, sera gazı emisyonu üzerinde pozitif ve istatistiki olarak anlamlı etkiye sahiptir. Ayrıca Kanada endüstri sektörü için sera gazı emisyonu ve ekonomik büyüme arasında doğrusal olmayan bir ilişki tespit edilmiştir.

Iwata vd. (2012) 1977-2003 yılları arasında elektrik üretiminde nükleer enerjinin rolünü dikkate alarak, 11 OECD ülkesinde CO₂ emisyonu için EKC hipotezini araştırmışlardır. ARDL yönteminin tercih edildiği çalışmada, nükleer enerji kullanımının sadece bazı ülkelerde CO₂ emisyonunu azalttığını belirlemişlerdir.

Bilgili (2012) ABD ekonomisinde, 1990:1-2011:11 dönemi için biyokütle tüketiminin CO₂ emisyonunu azaltıp azaltmayacağını araştırmıştır. Biyokütle enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt tüketiminin değişken olarak kullanıldığı çalışmada rejim değişimli eşbütünleşme analizi (cointegration analysis with regime shift) kullanılmıştır. Analiz neticesinde; fosil yakıt kullanımının CO₂ emisyonunu pozitif yönde etkilerken, biyokütle kullanımının CO₂ emisyonunu negatif yönde etkilediği belirlenmiştir.

Saboori ve Sulaiman (2013) Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN)'nde 1971-2009 dönemi için CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. Granger nedensellik, ARDL ve VECM modellerinin kullanıldığı çalışmada araştırmacılar, bütün ASEAN ülkelerinde enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasında karşılıklı Granger nedensellik olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Alkhatlan ve Javid (2013) Suudi Arabistan için 1980-2011 dönemini dikkate alarak karbon emisyonu, enerji tüketimi, toplam ve ayrık (disaggregate) enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Analizde toplam enerji tüketim modeli için, kişi başına toplam enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimine dayalı kişi başına CO₂ emisyonu kullanılmıştır. Ayrık analiz (disaggregate analysis) için ise; petrol tüketimi, doğalgaz tüketimi, elektrik tüketimi ve bunlarla ilişkili karbon emisyonlarını dikkate almışlardır. Çalışmada Granger nedensellik, ARDL ve VECM modelleri tercih edilmiştir. Araştırma neticesinde ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin (toplam, petrol, gaz ve elektrik), Suudi Arabistan'da, kısa ve uzun dönemde karbon emisyonunun Granger nedeni olduğu ancak kısa dönemde değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yousefi vd. (2014) İran'ın batısında, şeker pancarı tarımsal ekosistemleri için enerji kullanımı ve sera gazı emisyonları (CO₂, N₂O ve CH₄)'nin toplamalarını belirlemeye çalışmışlardır. 2012 yılı için 50 çiftçi ile yüz yüze anket yöntemi kullanılarak elde edilen verilerle göre, şeker pancarı çiftçiliğinin, toplam küresel ısınma potansiyelinin CO₂ eşitliği açısından; %27'sinin CO₂'den, %72'sinin N₂O'dan ve %1'inin ise CH₄'den kaynaklandığı sonucuna ulaşmışlardır.

Akhmat vd. (2014) seçilen Güney Asya Bölge İş Birliği (SAARC) ülkeleri, yani Bangladeş, Hindistan, Nepal, Pakistan ve Sri Lanka'daki enerji tüketimi ve çevre kirleticileri arasındaki nedensel ilişkiyi 1975-2011 dönemi boyunca incelemişlerdir. Çalışmada enerji tüketiminin, SAARC ülkelerindeki çevre kirleticilerini artıran önemli bir faktör olduğunu belirlemişlerdir. Granger nedensellik sonuçlarına göre, CO₂ ile enerji tüketimi arasında çift yönlü bir nedensellik tespit etmişlerdir.

Rashedul vd. (2014)'e göre sera gazı üzerindeki etkisi arttığından dolayı CO₂ emisyonlarının azaltılması zamanla daha fazla önem kazanmaktadır. Motor verimliliğinin iyileştirilmesine ve taşıt filolarının dizelleştirilmesinin arttırılmasına rağmen, artan araç sayıları, CO₂ emisyonlarının yükselmesine neden olmaktadır. Bu eğilimi azaltmak için yakıt kaynağı, CO₂ nötr olan yenilenebilir yakıtlara dönüştürülmelidir. Sıkıştırma ateşlemeli motorlar için yenilenebilir, sürdürülebilir ve alternatif yakıt olarak biyodizel, dizel motorlarda dizel yakıtlarıyla karşılaştırılabilir yakıt olarak yaygın bir şekilde kabul görmektedir. Bunun nedeni, ithal petrole bağımlılığın azaltılması, küresel ısınmanın azaltılması, dizel motorun egzoz emisyonlarının önemli oranda azaltılması gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır. Yakıt katkı maddeleri, doğrudan veya dolaylı olarak yakıt ekonomisine ve emisyon azaltımına katkıda bulunabilirler. Bunların kullanımı, aracın performansının aracın ömrü boyunca optimum seviyede veya optimuma yakının muhafaza edilmesini sağlar. Otomotiv biyodizel yakıtında özellik sınırlarını karşılamak ve kaliteyi artırmak için çeşitli katkı maddeleri kullanılır. Örneğin, teknik özelliklerini ve kaliteyi karşılamak için metal bazlı katkı maddeleri, oksijenli katkı maddeleri, antioksidanlar, setan sayısını iyileştirici maddeler, kayganlık arttırıcılar ve soğuk akış geliştiriciler kullanılır. Bu nedenle çalışmada, çeşitli katkı maddelerinin biyodizel özelliklerine, motor performansına ve egzoz emisyonu özelliklerine etkisini tespit etmek amacıyla ilgili etken faktörler analiz edilmiştir. İnceleme, biyodizel yakıtta katkı madde kullanmanın hem özellikleri iyileştirmek açısından hem de daha iyi motor için performans ve emisyon kontrolünde vazgeçilmez olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, yanma uygulamalarında uygun yakıt katkılarını bulmak için, farklı ilgili mekanizmaları keşfetmek adına daha fazla deney gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Baek (2015) tarafından 12 nükleer enerji üreten ülke için 1980-2009 döneminde nükleer enerji tüketiminin, CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini araştırılmıştır. CO₂ emisyonu, nükleer enerji tüketimi ve gelirin değişken olarak tercih edilen çalışmada panel eşbütünleşme yöntemi kullanılmıştır. Analiz neticesinde hem nükleer enerji kullanımının hem de ekonomik büyümenin CO₂ emisyonunu azaltma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, nükleer enerji kullanımının çevre üzerinde zararlı etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır.

Şeker ve Çetin (2015), 1960 yılından 2010 yılına kadar Türkiye için çevresel kirlilik işlevinin potansiyel belirleyicilerinden; ekonomik büyüme, nüfus yoğunluğu ve ticaret açığını birleştirerek, yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. ARDL sınır testi yaklaşımı ve VECM yöntemleri ile değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Ampirik sonuçlara göre, yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, nüfus yoğunluğu, ticaret açıklığı ve karbon emisyonu arasında uzun dönemli denge ilişkisinin mevcut olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerinde uzun vadede olumsuz etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Uzun vadede, karbon emisyonu ve diğer değişkenler arasında, olumlu bir ilişkinin varlığını destekleyen bir kanıt bulamamışlardır. Benzer şekilde, yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasında da kısa süreli ilişki olduğuna dair bir kanıt elde edememişlerdir. Bu durumun aksine, yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticaret açıklığı, nüfus yoğunluğu ve karbon emisyonu arasında uzun dönemde bir ilişki tespit etmişlerdir. Son olarak, karbon emisyonu ile diğer değişkenler arasında uzun vadeli pozitif bir ilişki olduğu, ayrıca uzun vadede ticaret açıklığı, nüfus yoğunluğu ve karbon emisyonu arasında çift yönlü Granger nedensellik olduğu sonucuna varmışlardır.

Çoban ve Kılıç (2015) çalışmalarında, 1990-2012 dönemini dikkate alarak; Türkiye için kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi, enerji sektörü kaynaklı kişi başına karbon emisyonu ve kişi başına GSYİH arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Granger nedensellik analizi sonuçlarına göre, kişi başına karbon emisyonu ile kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu belirlemişlerdir. Kişi başına yenilenebilir enerji tüketiminin, kişi başına karbon emisyonunu negatif yönde buna karşın kişi başına GSYİH'daki artışların kişi başına karbon emisyonunu pozitif yönde etkilediği ortaya çıkmıştır. Ayrıca kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına karbon emisyonu arasında negatif yönlü ilişki olduğu bu durumun aksine gelirde meydana gelen bir artışın, karbon salınımlarını arttırdığını belirlemişlerdir.

García vd. (2015)'e göre uygun bir şekilde kullanılan biyoenerji, Meksika'da fosil yakıtların ikamesine ve sera gazı azaltımına katkıda bulunan yenilenebilir bir enerji kaynağı olabilir. Çalışma, çevresel olarak sürdürülebilir biyokütle üretim potansiyeli olan on bir biyoenerji seçeneğini araştırmıştır. Bunlar arasında, biyokütle dönüşümü

için olgunlaşmış ve yaygın olarak kullanılan teknolojiler seçilmiştir. Azaltma maliyetleri ve yatırımlar, her bir opsiyon için hesaplamıştır. Seçenekler; tarım, endüstri, ulaşım, hizmetler ve konut sektörlerinde kullanım için elektrik, ısı ve mobil gücü kapsamaktadır. Sonuçlar, Meksika'da 2035 yılına kadar, mevcut fosil yakıtlardan elde edilen elektrik tüketiminin %16'sının biyokütle kaynaklarının yerini alacağını ve sera gazı emisyonlarının %17 oranında azalacağını göstermiştir. Endüstri sektöründe, verimli ocaklar ve etkin kömürlü fırınlar için odun peletleri, negatif azaltım maliyetleri ve düşük yatırım gereksinimlerini işaret etmiştir. Bu nedenle, kısa ve orta vadede peletlerin kullanımının umut verici olduğu belirtilmiştir.

Gul vd. (2015) enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi nedensellik kapsamında incelemişlerdir. Hem iki değişkenli hem de çok değişkenli çerçevede maksimum entropi bootstrap (Meboot) yaklaşımı kullanarak, 1975-2013 döneminde Malezya için araştırma yapmışlardır. Analiz neticesinde hem iki değişkenli hem de çok değişkenli çerçevede enerji tüketiminin Malezya'da CO₂ emisyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik olduğunu da belirlemişlerdir.

Ergün ve Polat (2015), 30 OECD ülkesi için 1980-2010 yılları arasında CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında ilişki olup olmadığını araştırmışlardır. Panel eşbütünleşme testleri sonucunda CO₂ emisyonu, GSYİH ve elektrik tüketimi arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Uzun dönemde 30 OECD ülkesinin çoğunluğunda elektrik tüketimi ve CO₂ emisyonu arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasında doğrusal olmayan bir ilişkinin varlığını ifade eden EKC hipotezini destekleyen sonuçlara ulaşılmıştır. Son olarak panel VECM sonuçları, 30 OECD ülkesinde kısa dönemde GSYİH'dan CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu ayrıca GSYİH ile elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu işaret etmiştir.

Bilgili vd. (2016) ABD için 1983:1-2015:2 dönemini incelemişlerdir. Çalışmada biyokütle tüketiminin, CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Değişken olarak; CO₂ emisyonu, biyokütle tüketimi, kömür tüketimi, petrol tüketimi ve doğalgaz

tüketimi tercih edilmiştir. Dalgacık analiz yönteminin kullanıldığı makalede biyokütle tüketiminin hem uzun hem de kısa dönemde ABD'nin CO₂ emisyonunu azaltmada etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Baek (2016)'in çalışmasının odak noktası, belirli bir gelir ve enerji tüketimi seviyesi için nükleer ve yenilenebilir enerji tüketiminin, CO₂ emisyonu üzerinde olan dinamik etkilerini değerlendirmektir. Çalışmada ABD'nin 1960-2010 yıllarını kapsayan dönemi için eşbütünleşme analizlerinden ARDL yöntemi tercih edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, nükleer enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun dönemde CO₂ emisyonunu azalttığını, yenilenebilir enerji kullanımının ise sadece kısa dönemde CO₂ emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca gelirin, uzun dönemde CO₂ emisyonunu artırdığı da ifade edilmiştir. Son olarak, enerji tüketiminin kısa vadede ve uzun vadede CO₂ emisyonunu azaltılması üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu belirtilmiştir.

Lee ve Chong (2016) çalışmalarında, ABD'de emisyon katkısı açısından en yüksek emisyon oranının (%40'ın üzerinde) inşaat sektörüne ait olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, enerji kaynaklarının tüketimi, enerji fiyatları ve CO₂ emisyonu, 1973-2012 yılları arasındaki nedensellik ilişkilerini incelemiş ve enerji kaynakları kullanımının ve enerji fiyatlarının CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen bu ilişkiler, politika yapıcıların potansiyel olarak farklı enerji kaynaklarının kullanımını ve konut sektöründeki karbon emisyonlarını manipüle edecek fiyatların daha iyi anlaşılmasına olanak tanımıştır. Çalışmada; Granger nedensellik testi ve genelleştirilmiş tepki fonksiyonları (impulse response) kullanılarak değişkenler arasındaki nedensel ilişkiler araştırılmıştır. Kısa vadeli nedensellik testi sonuçları, doğalgaz tüketiminin konut sektöründe, doğal gaz fiyatlarındaki değişimlere duyarlılığının yüksek olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, elektrik tüketiminin ticari sektördeki elektrik fiyatlarına karşı yüksek duyarlılığa sahip olduğunu belirlemişlerdir. Diğer taraftan araştırmada, ticari sektörün enerji tüketiminin, konut sektörüne göre karbon emisyonu üzerinde daha fazla etki yarattığını tespit etmişlerdir.

Sen vd. (2016) Hindistan'da 2002-2013 dönemi için pik demiri üretiminde, sera gazı emisyonu ve enerji tüketimini tahmin etmek amacıyla ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) yöntemini kullanmışlardır. Üretiminin enerji yoğun bir

süreç olmasından dolayı pik demiri üretim sektörünün tercih edildiği çalışmada hem enerji tüketimi hem de sera gazı emisyonu azalma eğiliminde olduğundan dolayı, enerji tüketimindeki azalmanın sera gazı emisyonunu da azaltacağı sonucuna varmışlardır.

Asongu vd. (2016) enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme (GSYİH) arasındaki uzun dönemli ilişkiyi 24 Afrika ülkesinde (Angola, Benin, Botswana, Cote, D'Ivoire, Kamerun, Kongo Cumhuriyeti, Cezayir, Mısır, Etiyopya, Gabon, Gana, Kenya, Fas, Mozambik, Nijerya, Sudan, Senegal, Togo, Tunus, Tanzanya, Güney Afrika, Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Zambiya ve Zimbabve) araştırmışlardır. Panel ARDL yaklaşımının kullanıldığı çalışmada, 1982-2011 dönemi için yıllık veriler kullanmışlardır. Analiz sonucuna göre; enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve GSYİH arasında uzun dönemli ilişki tespit etmişlerdir.

Tsai vd. (2016) Lotka-Volterra modelini kullanarak ABD’de fosil yakıt kullanımını ve CO₂ emisyonunu azaltmak için düşük-karbonlu enerji kullanımının fizibilitesini araştırmışlardır. Değişken olarak; CO₂ emisyonu ve enerji kullanımını tercih etmişlerdir. Analizde, 1979-2008 (eğitim dönemi) ve 2009-2011 (test dönemi) olmak üzere iki dönem için ayrı ayrı inceleme yapmışlardır. Lotka-Volterra modeli sonuçlarına göre; CO₂ ile ABD’de fosil yakıt kullanımının artması, düşük-karbonlu enerji tüketimini teşvik etmektedir. Ek olarak, düşük karbonlu enerjiden üretilen CO₂ emisyonu, fosil yakıttan üretilen CO₂ emisyonunu artırmaktadır. Sonuç olarak düşük-karbonlu enerji (örn; nükleer ve güneş enerjisi gibi) kullanımı fosil yakıt kullanımını ve dolayısıyla CO₂ emisyonunu artırmaktadır. Ayrıca araştırmacılar, ABD’nin CO₂ emisyonunu azaltmak için fosil yakıtların yerine düşük-karbonlu enerji kullanımının beklenildiği kadar etkili olmayacağını iddia etmişlerdir.

Kuşkaya ve Gençoğlu (2017) küresel ısınmanın azaltılmasında etkili olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını incelemişlerdir. Çalışmada seçilmiş 31 Avrupa ülkesinin, yenilenebilir enerji tüketim göstergeleri açısından birbirleri ile benzerliklerini ve farklılıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaç doğrultusunda çok değişkenli istatistiki analiz tekniklerinden Çok Boyutlu Ölçekleme (ÇBÖ) yöntemini tercih etmişlerdir. 2015 yılı verilerinin kullanıldığı araştırmada değişken olarak; güneş enerji tüketimi, rüzgar enerji tüketimi, biyokütle enerji tüketimi ve diğer enerji tüketimini

kullanmışlardır. Analiz sonuçlarına göre; Fransa, Almanya, İtalya, İspanya, İsveç ve Birleşik Krallık'ın yenilenebilir enerji tüketimi açısından diğer ülkelerden farklı konumda olduklarını tespit etmişlerdir. Özellikle yenilenebilir enerji tüketimi açısından Almanya'nın bu ülkeler arasında en büyük farklılığa sahip olan ülke konumunda olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kuşkaya ve Gençoğlu (2017), OECD ülkelerinin insan kaynaklı sera gazı emisyonları açısından durumlarını incelemişlerdir. Bu doğrultuda, OECD Stat tarafından yayınlanan sera gazı emisyon verileri dikkate alınarak, 31 ülke için 1995-2015 yıllarına ait emisyon değerlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada, OECD ülkelerine ait karbondioksit, hidroflorokarbon, metan, azot oksit, perfluorokarbon ve sülfürhekzaflorür emisyon göstergeleri kullanılarak kümeleme analizi yapmışlardır. Ward yöntemi tercih edilen kümeleme analizi sonuçlarına göre, ülkeler sera gazı emisyonu açısından her iki yılda da dört kümede gruplaşmışlardır. Genel olarak, kümelerin ülkelerin uygulamış oldukları çevre ve iklim politikaları ve taraf oldukları uluslararası sözleşmelerin yükümlülüklerini yerine getirmelerine bağlı olarak oluştuğu sonucuna ulaşmışlardır.

3.2. Enerji Politikaları ve Sera gazı Emisyon Azaltımı ile İlgili Ampirik Çalışmalar

Arıkan ve Kumbaroğlu (2001) 1991 verilerini kullandıkları çalışmada Türkiye için 1995-2005 dönemini dikkate almışlardır. Enerji-Ekonomi-Çevre Hesaplanabilir Genel Denge Modeli (ENVEEM)'nin kullanıldığı çalışmada, optimizasyon çerçevesinde çevre vergilerinin düzeyini ve zamanlamasını içsel hale getirmek için bir modelleme önerisi sunmuşlardır. Birinci modelleme, enerji-ekonomi-çevre etkileşimleri temel modeli içsel vergi analizine imkan vermek için genişletmişlerdir. Yakıtların kükürt içeriği ve diğeri emisyon seviyesindeki iki tür çevre vergisi, kirliliğin hafifletilmesi için alternatif araçlar olarak modele ekserjik olarak dahil edilmiştir. Ardından, taban modeli kirlilik azaltımını endojenize etmek için modifiye edilmiştir. Bu, emisyon endeksine bağlı olarak bir tercih oranını fayda fonksiyonuna dahil edilerek yapılmıştır. Araştırma neticesinde, SO₂ emisyonları üzerindeki bir verginin, SO₂ emisyonları azaltmada, yakıtların kükürt içeriği üzerinde uygulanan vergiden daha etkili olduğunu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca artan oranlı bir verginin, emisyonların azaltılmasında sabit bir vergiden daha etkili olduğu ifade etmişlerdir.

Kumbaroğlu (2003) 1991 yılına ait veriler ile Türkiye ekonomisinde ENVEEM kullanılarak çevresel vergilendirmenin ekonomik etkilerini araştırmıştır. Model sonuçları, ülkenin çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir gelişimi için gerekli olan çeşitli politika etkilerini ortaya çıkarmaktadır. Senaryo analizlerinden elde edilen ana bulgular ile emisyon vergilemesinin çevresel iyileştirme politikası aracı olarak tercih edilmesinin, kirletici emisyonların azaltılmasında karbon ve linyit yerine petrol ve gazın ikame edilmesinin ekonomik kalkınmayı hızlandırmak için enerji ithalatının azaltılmasının önemini vurgulanmıştır. Model sonuçlarında, yukarıda belirtilen politika önerilerinin hem çevre kalitesini hem de ekonomik performansı eşzamanlı olarak iyileştirme potansiyelini taşıdığı vurgulanmıştır.

Saidur vd. (2010)'e göre sınırlı fosil yakıt stoğunun yanı sıra çevre üzerindeki fosil yakıt yakmanın olumsuz etkileri arttıkça, birçok ülke artan enerji talebini sürdürmek için yenilenebilir olan çevre dostu alternatifleri araştırmaya ve bu çevre dostu alternatiflere geçmeye zorlanmıştır. Enerji politikası, küresel ısınmanın ve enerji krizinin etkilerini hafifletmek için hayati bir rol oynamaktadır. Çalışmada rüzgar enerjisi endüstrisini, mevcut rüzgar enerjisi politikası açısından incelemişlerdir. Enerji politikasının, rüzgar enerjisi üretimini arttırmaya ve enerji endüstrisini teşvik etmeye yardımcı olabileceğini ifade etmişlerdir. Belirli bir enerji politikası olmaksızın bir ülkenin, sera gazı salınımını enerji kıtlığı gibi akut sorunları çözemeyeceğini belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada, seçilen az ülke için mevcut başarılı enerji politikaları da araştırılmıştır. Literatüre dayanarak, FIT (Feed-In Tariff /Tarife Garantisi), RPS (Renewable Portfolio Standards/Yenilenebilir Portföy Standartları), teşvikler, fiyatlama kanunu ve kota sisteminin, dünyanın birçok ülkesinde uygulanan en yararlı enerji politikaları olduğu tespit edilmiştir. Ardından, Malezya için rüzgar enerjisi politikasının durumunu inceleyip, seçilen birkaç ülkeyle karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, hemen hemen tüm ülkelerin rüzgar enerjisini elektrik üretiminde kullandığını belirtmişlerdir. Bazı başarılı uygulamalar arasında; ABD, Kanada, Danimarka, Almanya, Türkiye, Avustralya, Çin, Japonya ve Güney Kore yer almaktadır. Bu ülkeler için rüzgar enerjisi politikalarının varlığının, rüzgar enerjisi üretimini önemli ölçüde arttırmayı başardığı görülmüştür. Çoğu ülkenin politikaları arasında; vergi muafiyeti, kota sistemi, sübvansiyonlar, tarife garantisi, araştırma kurumlarının katılımı, hedef uygulama, rüzgar

enerjisi veya yenilenebilir enerji kanunu ve diğerleri yer almaktadır. Diğer ülkelerden farklı olarak Malezya'daki mevcut durum, rüzgar enerjisi konusunda spesifik bir politikanın bulunmadığını göstermiştir. Çünkü rüzgar enerjisi ülkeye göre nispeten yeni bir konudur ve potansiyeli tam olarak araştırılmamıştır.

Solangi vd. (2011)'e göre fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve bunlarla ilgili diğer sorunları aşma çabası birçok ülkeyi, çevre dostu alternatifleri araştırmaya ve bu alternatiflere yöneltmeye zorlamıştır. Artan enerji talebini karşılamak amacıyla, güneş enerjisi dikkate alındığında, bunun çevreye en az olumsuz etkisi olmasının yanı sıra en iyi yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle birçok ülke, güneş enerjisini fosil yakıt bağımlılığını azaltmak ve güneş enerjisiyle yerel enerji üretimini artırmak için bu alanda politikalar düzenlemiştir. Araştırmacılar, farklı ülkelerde uygulanan çeşitli güneş enerjisi politikaları hakkında bir araştırma yapmışlardır. Ayrıca çalışmada, seçilen az sayıda ülkenin mevcut başarılı güneş enerjisi politikalarını incelenmiştir. Literatüre dayanarak, FIT, RPS teşviklerinin uygulanan en yararlı enerji politikaları olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, dünyanın birçok ülkesinde bu politikaların, önemli motivasyon ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanılmasında yararlı olduğu belirtilmiştir.

Marron ve Toder (2014)'e göre karbon vergisi, iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarını azaltmak için umut verici bir araçtır. Çalışmaya göre, ilke olarak verginin, iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarını azaltması beklenmektedir. Çalışmada üç vergi politika uygulaması üzerinde durulmuştur. Bunlar; vergi oranlarının belirlenmesi, verginin toplanması ve elde edilen vergi gelirinin kullanılmasıdır. Araştırmacılar karbon vergisinin, iklim değişikliği ile mücadelede birçok potansiyel avantaj sağladığını ifade etmişlerdir. Ancak, etkili bir karbon vergisinin tasarlanmasının ve uygulanmasının kolay olmayacağı da belirtilmiştir. Bunun için politika hazırlanırken, ekonomistler ve politika yapıcılar arasında uzlaşmaların gerekli olduğu vurgulanmıştır. Bu doğrultuda ekonomistler, politika önerilerinde bulunurken politika yapıcılara, hasıla-maliyet dengesinin nasıl ele alabileceği konusunda da fikirler sunmalıdırlar.

Greenblatt (2015) çalışmasında, 2020 ve 2030 yılları için Kaliforniya'da sera gazı emisyonları politikası ve teknolojisi senaryolarını incelemiştir. Çalışmada, 2010 yılından 2050 yılına kadar Kaliforniya'da sera gazı ve kirletici emisyon kirliliğini simülasyon eden yeni, onaylanmış bir model olan CALGAPS kapsamında dört senaryo geliştirilmiştir. Bu doğrultuda, gelecekteki politika seçeneklerini keşfetmek için; Sağlanan Politikalar (S1), Tamamlanmamış Politikalar (S2), Potansiyel Politika ve Teknoloji Vadeli İşlemleri (S3) ve Karşı Olgusal (Counterfactual) (S0) olmak üzere farklı senaryolar oluşturulmuştur. S1, 2020 yılına kadar devam etmekte olan veya yaşanması muhtemel tüm politikaların yanı sıra devam eden destek ve finansal taahhütlerin tamamını içermektedir. S2, ayrıntılı uygulama planları, mali taahhütler veya kesin destek eksikliği bulunan mevcut politikaları ve hedefleri içermektedir. Buna karşılık, S3, sivil toplum kuruluşları tarafından önerilen S1 veya S2 politika ve hedeflerin uzantıları da dahil olmak üzere spekülasyon politikaları içermektedir. Karşı performans senaryosu olan S0 ise, S1'de yer alan tüm politikaları devre dışı bırakarak oluşturulmuştur ve S1 politikalarının etkisini tahmin etmek için kullanılmıştır. Araştırma neticesinde, uzun vadeli (2050) hedeflenen emisyon düzeyine ulaşmak için muhtemel ek politika veya teknoloji geliştirmenin (çalışma kapsamının ötesinde) gerekeceği vurgulanmıştır. Ayrıca hem Kaliforniya'da hem de başka ülkelerdeki politika yapıcılar, gelecekteki politika hedeflerini belirlerken yıllık emisyon hedefleri yerine kümülatif emisyon bütçeleri oluşturmayı düşünmeleri gerektiği, çalışmanın önerileri arasında yer almıştır.

Klier ve Linn (2015) araştırmalarında Fransa, Almanya ve İsveç'te araç vergilerinin binek araçların CO₂ emisyon oranlarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu üç ülke için 2005-2010 yılları arasındaki yeni araç kayıt verileri dikkate alınarak, araç vergisi ile aracın tescili arasında negatif bir korelasyonun bulunduğu ifade edilmiştir. Bir emisyon standardı ve CO₂ kaynaklı emisyon vergisi arasındaki teorik eşitliğin avantajından yararlanarak, üreticilerin emisyon oranlarını düşürme karı üzerindeki etkisini tahmin etmişlerdir. Araştırma neticesinde etkinin, Fransa'da Almanya ve İsveç'ten daha kuvvetli olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca çalışmada, Fransa için, kilometre başına 5 gram CO₂ azalışının, araç başına 24 avroluk vergi karına neden olduğu ifade edilmiştir.

Wang vd. (2017) çalışmalarında, 20 yıl boyunca Şangay, Jiangsu ve Zhejiang'daki üç Doğu Çin bölgesindeki endüstriyel enerji tüketim verilerini kullanarak 1995 ile 2014 yılları arasındaki kümülatif karbondioksit CO₂ emisyonlarının zaman serilerini hesaplamak için bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmada, ulusal enerji politikaları, yasalar ve yönetmeliklerin döngü özellikleri, enerji politikalarının CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini analiz etmek için üç ilin kümülatif CO₂ emisyon döngüsü, özellikleriyle birlikte karşılaştırılmaktadır. Sonuç olarak; her biri için kümülatif CO₂ emisyonlarının değişim karakteristikleri döngüsü, enerji politikalarının, yasaların ve yönetmeliklerin özellikleri ile uyumlu ve enerji politikalarının bu tür emisyonların düzenlenmesinde tutarlı bir rol oynadığını görülmüştür. Çalışma, düşük karbonlu üretimi ve sürdürülebilir enerji gelişimini incelemiş ve enerji tüketimi ile CO₂ emisyon göstergelerini dikkate alarak enerji politikaları, yasaları ve yönetmelikleri yayımlamak ve iyileştirmek için öneriler sunmuştur. Hodrick-Prescott filtresini kullanarak, üç ilde biriken CO₂ yayılım zaman serisi verilerinin dalgalanma bileşenlerini elde etmişlerdir. Daha sonra, bu verinin değişim noktalarını belirlemek için gri bir korelasyon tabanlı değişim noktası arama algoritması kullanmışlardır. Ek olarak, CO₂ emisyonu zaman serisini, değişim noktalarına dayalı olarak aşamalara bölmüşlerdir. Analiz neticesinde, politikaların uygulanmasında devletin, farklı sanayi sektörleri için verimlilik kontrol politikaları kullanarak enerji geliştirmesi, farklı sanayilerin çevresel sorumluluğunun artırılması ve sanayiye özel emisyon azaltma hedeflerinin belirlenmesi gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Daha sonra açık hedeflerle (örneğin, CO₂ emisyonlarının nicel göstergeleri), kategoriler ve yönetim aşamaları ile kapsamlı bir düşük karbonlu sanayi geliştirme planı oluşturulması ve endüstri enerji verimliliğini artırmaya yönlendirmesi aynı zamanda alternatif enerji gelişimini sağlamak için bilimsel ve teknolojik yenilik kapasitesinin artırılması gerektiği araştırmacıların önerileri arasında yer almıştır.

Andriosopoulos ve Silvestre (2017)'e göre son on yılda Fransa, enerji politikasını kademeli olarak uluslararası çevre sorumluluklarıyla uyumlu hale getirmek için değişiklik yapmıştır. Çalışma, Fransız enerji politikasındaki son gelişmeleri uluslararası bağlamda inceleyerek analiz etmiştir. Ülkenin genel durumunu inceledikten sonra Fransız kamu politikasının ana hatları; ulaşım, enerji üretimi ve ısıtma gibi üç ana başlıkta ele alınmıştır. Araştırmacılar, 2012 yılında siyasi çoğunluğun değişmesiyle

birlikte enerji geçiş planında yeni kısıtlamalar getirildiğini, elektrik üretimi içindeki nükleer enerjinin payının düşürüldüğünü, enerji tüketimini azalttığını ve dizel yakıtlı araçların kullanımının kısıtladığını belirlemişlerdir. Ayrıca yeni stratejilerin aşağıda yer alan soruları içerdii ifade edilmiştir:

- Sera gazı emisyonları nükleer enerjiye başvurmadan nasıl azaltılır?
- Fransız otomotiv endüstrisini tehlikeye atmadan dizel araçlar nasıl değiştirilebilir?
- Yenilenebilir enerji kaynakları geliştirilirken, ülke genelinde eşit fiyatlara ve enerjiye eşit erişimi nasıl sağlayabiliriz?
- Piyasa, Fransız enerji endüstrisini zayıflatmadan nasıl rekabete açılabilir?

Araştırmacılar belirlenen hedeflere ulaşmak için Fransa'nın, üretim ve depolama altyapılarının, nükleer santrallerinin yenilenmesi veya elektrik şebekelerine (esneklik, ara bağlantı noktaları) yoğun yatırım yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Bunun yanında hükümetin, araç filosunda yeni motorlara geçişi için teşvik edici uygulamalar yapması gerektiğini ifade etmişlerdir. Ancak, politikanın etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için hükümet, kaydedilen CO₂ maliyetini daha da düşürmelidir. Diğer taraftan araştırmacılar, Fransa'nın küresel emisyonların sadece %1'ini ürettiğini vurgulayarak, bu orana göre alınacak önlemlerin ülke için çok yüksek maliyetli olacağını ve bu nedenle harcamaların biyoteknoloji, hidrojen veya füzyon gibi alanlarda kullanılarak daha iyi bir etki sağlanabileceğini de ifade etmişlerdir.

Shams vd. (2017)'e göre kentleşme, nüfus artışı ve gelişmiş yaşam tarzından kaynaklanan artan atık miktarı, yüz ölçümü küçük olmasına rağmen fazla nüfus artışı yaşayan, Bangladeş gibi birçok gelişmekte olan ülkede atık yönetimi açısından büyük sorun teşkil etmektedir. Bangladeş'teki kentsel atıkların büyük bir kısmı (%68-81), anaerobik (havasız) olarak bozularak CH₄ üreten gıda atığından oluşmaktadır. Atık üretme eğilimleri, yılda 0.1343 milyon ton artan bir orana işaret etmektedir. Bu çalışma, kompostlama (organik atıkların gübreye dönüştürülmesi) nedeniyle yılda 1.29 milyon ton CO₂ eşdeğerinde (CO₂eş) sera gazlarının yayıldığını tahmin etmektedir. Bu makalede aynı zamanda, mevcut katı atıklardan elde edilen CH₄'ün, 250.95 milyon ton CO₂eş ve 2.89 milyon \$'lık kısmı, depolama sahasındaki CH₄'ün geri kazanılması

yoluyla enerji üretiminin bir parçası olarak kaydedilebileceği tahmin edilmiştir. Araştırmacılar, Bangladeş'in mevcut atık yönetimi politikasında atıkların geri dönüşümü veya yeniden kullanımı ve atık minimizasyonu teşvikleri için herhangi bir hüküm bulunmadığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, çalışmada mevcut atık yönetim sistemi yasalarını gözden geçirerek sera gazının azaltılması için kapsamlı bir atık yönetimi politikası oluşturmak amaçlanmıştır. Mevcut çevre politikası ve düzenleyici çerçevenin eksikliklerinin üstesinden gelmek amacıyla atık yönetimi için bir politika matrisi önermişlerdir. Mevcut atık yönetimi politikalarında, atıkları enerjinin geri kazanımına ve iklim değişikliği sorunlarını içeren sera gazı emisyonlarının azaltılması hedefleri yer almadığından dolayı, Bangladeş'in atmosfere katkıda bulunan sera gazlarını azaltarak, organik atıkları kompostlara çevirecek karbon kredileri kazanmak için CDM (Clean Development Mechanism/ Temiz Geliştirme Mekanizması) projelerinden faydalanması gerekmektedir. Bu nedenle atık yönetimi politikası, iklim değişikliği ile ilgili, güncel bilgi ve hedeflerle tasarlanmalıdır.

Wang vd. (2017)'e göre belediye tarafından katı atık atmanın bir yolu olan atıktan-enerjiye (wast-to-energy (WtE)) yöntemi, sadece enerji üretmekle kalmayacak aynı zamanda sera gazı emisyonlarını azaltacaktır. Çalışmaya göre, WtE, iklim değişikliği ve enerji arz güvenliği gibi çeşitli çevresel konuların ele alınmasında hayati bir rol oynamaktadır. Çalışmada, iki WtE yöntemi olan; basit depolama (yani enerji geri kazanımıyla yakma (elektrik ve ısı) ile yakma ve depolama dolabı kullanımı ile düzenli depolama birbiri ile karşılaştırılmıştır. Farklı iklim koşullarında, hangi yaklaşımın sera gazı emisyon azaltımı açısından daha etkili olduğunu araştırmak gerekmektedir. Sera gazı emisyon azaltımları üzerindeki etkiler, Isıtıcı Kuru Alan ve Tropik Nemli Bölge'de incelenmektedir. Araştırmada Çin'de 2020'de atık bertaraf yaklaşımının basit çöp sahalarından, wast-to-energy geçişi için bir tahmin yapılmıştır. Bu çalışmada, 2020-2060 yılları arasında farklı atık bertaraf yöntemlerinin sera gazı azaltımına (yıllık olarak 1 ton belediye katı atığı) katkısı incelenmiştir. Bununla birlikte çalışma, düzenli depolama gazı enerji üretim sisteminin nemli bölgede daha etkili olduğunu ortaya koyarken, enerji geri kazanımıyla yakma işleminin ise kuru bölgede daha iyi bir seçim olacağını belirtmiştir. Benzer şekilde, düzenli depolama gazı toplama hızının ve ısı geri kazanım verimliliğinin iyileştirilmesi, belediye katı atık yönetimi sürecinde sera gazı

emisyonlarının azaltılmasında hayati bir rol oynamaktadır. Diğer taraftan, zaman faktörü atık yönetimi politika oluşturma sürecinde dikkate alınması gereken en kritik etmenlerden birisidir. Yakmadan kaynaklanan sera gazı emisyonu azalmalarının başlangıç potansiyeli, depolama sahasına kıyasla daha yüksektir. Araştırma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde:

- Sıcak ve nemli bölgede depolama gazı elektrik üretiminin geliştirilmesi için önceliklerin belirlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır,
- Yakma işlemi soğuk bölgelerde daha iyi bir yöntemdir,
- Teknolojik açıdan, Tropik Nemli Bölgede LFG (Lanfill gaz/Depolama-Çöp gazı) toplama oranını artırmak daha etkilidir.
- WtE tesisinin yeri, sera gazı emisyon azaltma faydalarının büyüklüğü üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu nedenle, yeni WtE tesislerinin yerleşimi için karar verilirken bölgesel iklim koşullarına ve WtE'nin ısı üretim talebine önem verilmelidir.

Nikzad (2017)'e göre iklim değişikliği, yakın tarihteki en ciddi küresel çevre tehdidi haline gelmiştir. İklim değişikliği, atmosferdeki sera gazı yoğunluklarının artmasının bir sonucudur. Bu olumsuz çevresel etkileri ele almak için, ulusal ve uluslararası otoriteler, enerji tasarrufu, iyileştirilmiş ulaşım süreçleri ve alternatif temiz enerji kaynaklarının geliştirilmesi gibi farklı mekanizmalar yoluyla sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedeflemişlerdir. Çalışma, Kanada'nın diğer sanayileşmiş ülkelerle olan toplam sera gazı emisyonları ve imalat sektörü sera gazı emisyonlarını karşılaştırmaktadır. Ayrıca çalışmada, bu problemle mücadele etmek için patent istatistikleriyle ölçülen çevreyle ilgili yeniliklerdeki eğilimlere de yer verilmiştir. Makale yeşil inovasyon önlemlerini, Kanada'da yeşil yeniliğin payında önemli bir değişiklik olup olmadığını incelemek için tüm patent başvurularını kullanarak ele almıştır. İstatistiklere göre, imalat sektörü Kanada'nın GSYİH' nın yaklaşık %21'ini oluşturmaktadır. Kanada imalat sektörünün sera gazı emisyonları, diğer gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında, imalat sektörünün toplam emisyon içerisindeki payının nispeten düşük olduğunu ve üretim birimi başına ölçülen sera gazı emisyonlarının diğer sanayileşmiş ülkeler ile aynı olduğunu göstermektedir. Patentlerle ölçülen yeşil yenilikler açısından, 2000-2008 yıllarında

Kanada patentlerinin %4.7'sinin PCT (Patent Cooperation Treaty/Patent İşbirliği Antlaşması) patentleri ile ölçülen OECD ortalamasından daha yüksek olan yeşil teknolojilere ait olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada, Kanada'da yeşil patentlerinin alternatif enerji üretiminde (%28), atık yönetiminde (%25) ve enerji tasarrufunda (%19) yer aldığı ifade edilmiştir.

Gilbert ve Savacool (2017)'a göre artan doğal gaz üretimi nedeniyle, Birleşik Devletler, yurtdışına sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) ihracatçısı konumundadır. Bununla birlikte, artan ABD doğal gazının potansiyel sera gazı etkileri belirsizliğini korumaktadır. Çalışmada karma bir yaşam döngüsü, enerji stratejisi analizi aracılığıyla ABD'de LNG'nin, global LNG talebinin en büyük kaynağı olan Asya için potansiyel sera gazı senaryolarını araştırılmıştır. Yıllık global yaşam döngüsü emisyonları, ihracatın günde milyar kübik feet (Bef) başına -32 ila +63 milyon metrik ton CO₂ aralığında yer almaktadır. Diğer taraftan büyük küresel enerji tüketiminin, ABD'de ki emisyonlar ve metan sızıntısı nedeniyle önemli ölçüde artması beklenmektedir. Analiz sonuçları, LNG ihracatının iklim etkilerini ve daha genel olarak enerji ihracatının miktarlarını belirlemek için daha fazla araştırma yapılması gerektiğini göstermektedir. Çalışmanın enerji stratejisi analizinin sonuçlarına göre, ABD'de ki LNG ihracatının küresel sera gazı emisyonlarını artıracak olduğunu göstermektedir. LNG ihracatı, çoğu senaryoda artan kısa vadeli iklim emisyonlarına neden olduğunu ifade edilmiştir. Genel olarak araştırmacılar iki sonuç üzerinde durmuşlardır. Birincisi, yasama organı da dahil olmak üzere politika yapıcılar, LNG ihracatının iklim üzerindeki etkilerini tamamen dikkate almalıdırlar. İhracatın kamu yararına olup olmadığını belirlemekle görevli Enerji Bakanlığı, ihracatın yaşam döngüsü emisyonlarını etkileyen faktörlerin tam kapsamlı bir biçimde incelememiştir. Bu nedenle, incelediği faktörler metodolojik olarak yanıltıcı sonuçlar sağlamıştır. İkincisi, hem teknolojik hem de pazar değişiklikleri, LNG ihracatının daha iyi bir iklim azaltma tekniği haline gelmesine neden olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada, ABD'nin doğalgazını iklim dostu bir şekilde diğer ülkelere ihraç etmek istiyorsa, bu ülkelerin emisyonlarını azaltmak için teknik kapasiteye ve uluslararası yükümlülüklerle sahip olmasını sağlaması gerektiği vurgulanmıştır. Diğer taraftan, ülkelerin Paris iklim sözleşmesi hükümlerini uygulayarak ABD'nin LNG ihracatının, emisyon çıktılarını büyük ölçüde etkileyebileceği ifade edilmiştir. Çalışmada yer alan

tüm ithalatçı ülkeler, emisyonlarını veya emisyon yoğunluğunu azaltma sözü verdilerse de bunu ne derece yapacakları ve ABD'nin LNG konusunda ne gibi bir rol oynayabileceğinin belli olmadığı ifade edilmiştir.

Hickmann (2017)'a göre son yıllarda, çok uluslu iklim yönetim deneyleri ortaya çıkmıştır. Bazı bilim adamları da son dönemde iklim değişikliği politikası alanındaki gönüllü küresel işletme girişimlerine özel bir ilgi göstermiştir. Çalışmaları, bu gibi yeni iklim yönetim biçimlerinin rolü ve işlevleri konusunda önemli bilgiler sağlamıştır. Bununla birlikte, çeşitli iklim yönetim deneyleri ile uluslararası iklim görüşmeleri arasındaki ilişkinin yapısı ayrıntılı olarak analiz edilmemiştir. Bu bağlamda, çalışmada uluslararası iklim rejimiyle birlikte bir işletme sektörünün iklim yönetim deneyimi, yani Sera Gazı Protokolü'nün etkileşimi araştırılmıştır. Çalışma, Sera Gazı Protokolü'nün, küresel iklim politikası oluşturma sürecinde düzenleyici bir boşluğu doldurduğunu, kurumsal sektörün kendi sera gazlarını kapsamlı bir şekilde hesaplayıp raporlama araçlarını sağlayarak geliştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca Sera Gazı Protokol yönergelerinin uygulanmasının büyük oranda ulus devletler tarafından hükümetler düzeyinde kurulan kapsamlı bir politika çerçevesinin varlığına bağlı olduğu belirtilmiştir. Ancak, özel şirketler, zorunlu sera gazı emisyon kontrolleri ve küresel pazara dayalı net bir siyasi uyarı aldığında, sera gazlarının doğru ölçümü ve yönetimi konusunda büyük çabalar sarf edeceklerdir. Bu nedenle araştırmacılar, iklim idaresi deneylerinin sınırlarını belirlemişlerdir. Daha sonra, işletme sektörü iklim yönetim deneylerinin, kurumsal eylemlerle tutarlı ve uluslararası düzenleyici bir ortamda yer alması gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışmada özetle, Sera Gazı Protokolü'nün düşük karbon ekonomisine doğru toplumsal dönüşümün gerçekleştirilmesine yönelik kolektif çabanın önemli bir unsuru haline gelen bir iklim yönetim deneyi olarak kavramsallaştırılabileceği üzerinde durmuştur. Makaledeki analiz sonucu, Sera Gazı Protokol kurallarının, sera gazı azaltma politikaları ve programlarının geliştirilmesi için temel oluşturduğunun altını çizmektedir. Bununla birlikte, çalışma iklim yönetim deneylerinin sınırlarını da işaret etmektedir. Araştırmacı son olarak, Aralık 2015'te ulusal hükümetler tarafından kabul edilen Paris Antlaşması'nın, kapsamlı bir düzenleyici çerçeve sağladığını ve küresel iklim değişikliği azaltma çabalarına kılavuzluk ettiğini belirtmiştir. Aynı zamanda, gönüllü ticari girişimlerinin, ulusal iklim

politikaları ve programlarının benimsenmesi için önemli yapı taşları oluşturduğunu ve böylece Paris sonrası dönemde de uygulama açığının kapatılmasına yardımcı olabileceği ifade edilmiştir.

Kosmas ve Acciaro (2017)'e göre yakıt vergisi, Uluslararası Denizcilik Örgütü'nde halen göz önüne alınan Pazara Dayalı Önlemler (MBM/ market-based measures)'den biridir. Ulaşım sektörünün enerji verimliliğini artırmak ve emisyonlarını azaltmak için MBM'ler önerilmiştir. Çalışmalarında, verginin ad-valorem ve birim vergi olmak üzere iki alternatif türü incelenmiş ve ulaşım bunker yakıtları üzerindeki ekonomik ve çevresel etkilerini, örümcek ağı teoremi üzerine kurulmuş bir analitik model ile analiz etmişlerdir. Her iki durumda da düzenlemenin uygulanmasının bir sonucu olarak, sektörün enerji verimliliğinde ki iyileşmeye eşdeğer bir hız ile yakıt tüketiminin azalması beklenmektedir. Birim vergi durumunda hız azalması, akaryakıt fiyatlarına ve vergi miktarına bağlıdır, oysa ad-valorem durumunda zorunlu vergi oranına dayanır. Çalışmada MBM'nin belirtilen hedeflerinden birisi, çevre dostu teknolojilere yatırım yapılarak orta vadede sektörün enerji verimliliği profilini geliştirmenin alternatif yollarının bulması gerektiğidir. Çalışma, denizcilik sektöründe, bir vergi tarifesi uygulamasının etkilerini göstermeye yönelik ilk girişimlerden birisidir. Küresel ekonomi için denizcilik sektörünün önemi ve iklim değişikliğinin aciliyeti göz önüne alındığında, MBM'nin etkilerinin analizi özellikle önem kazanmaktadır. Araştırmacılara göre, bir bunker ödeme planı, çevre dostu teknolojilere yapılan yatırımlar için teşvik edici nitelikte olabilecektir. Bununla birlikte, özellikle piyasalardaki gemi sahiplerine yönelik olumsuz etkileri azaltmak amacıyla MBM, yeni teknolojilerin benimsenmesini arttırmak için mali yardım sağlanması yoluyla geri ödeme planı uygulanmalıdır. Sonuç olarak, uluslararası denizcilik sektörünün refahını tehlikeye atmayan bir politika elde etmek için, denizcilik endüstrisinin çevre dostu olmasının ve sera gazı emisyonlarının azaltılması çevreye duyarlı teknolojiler için (finansal) destek sağlanmasıyla ilişkilendirilmesinin son derece önem taşıdığı belirtilmiştir.

Cucchiella vd. (2017)'e göre iklim değişikliği ve gelişmiş ülkelerce sera gazı emisyonlarının büyük oranda azaltılması hayati bir zorunluluktur. Araştırmacılar, emisyonların düzgün bir şekilde yönetilmesinin artan talep ve üretkenlik nedeniyle firmalara rekabet avantajı sağlayıp sağlamayacağını değerlendirmeye çalışmışlardır.

Çalışmanın amacı, firma faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerinin daha fazla dikkate alınması ve CO₂ emisyonlarının kontrolü ve azaltılmasının, firmaların ekonomik performansını nasıl artırabileceğini analiz etmektir. Bu analiz, diğer çalışmalardan farklı olarak, 2008-2013 döneminde İtalyan piyasasında yürütülmüş ve Cobb Douglas üretim fonksiyonundan türetilen teorik bir modele ve sera gazı yönetiminin etkilerini ayırt etme ve değerlendirme olanağı veren ters talep fonksiyonuna dayanmıştır. Çalışmadan elde edilen temel sonuçlar şöyledir: EMS (Çevre Yönetim Sistemi) uygulaması, talep artışıyla ve teorik modeli destekleyen verimlilik iyileşmesiyle bir firmanın katma değerini artıracaktır. Bununla birlikte, diğer kategorileri temsil eden firmaları dikkate alarak, talep artışına bağlı uygulamanın olumlu etkisi ağırlıklı olarak enerji sektöründeki firmalar için gerçekleşirken, verimlilikteki ana etki imalat sektöründedir. Daha iyi sera gazı yönetimi yürüten firmaların, talep artışı ile katma değeri artırma ihtimalleri daha yüksektir. Çünkü müşteriler yeşil ürün ve süreç gerektiren çevreye duyarlı tedarikçilere daha çok güvenirlir ve diğerlerinden uzak durarak olası risklerden kaçınırlar. Ayrıca, sera gazı emisyon azaltımı da dahil olmak üzere daha spesifik çevre yönetimi faaliyetleri yürütmek için daha iyi sera gazı yönetimi yürüten firmaların, verimlilik artışıyla katma değeri artırma olasılığı daha yüksektir. Araştırmacılar, bu firmaları gönüllü olarak emisyonları azaltmaya ve çevre teknolojisine yatırım yapmaya yöneltmek için İtalya'da çevre politikasını teşvik etmenin gerekliliğini vurgulamışlardır.

Hafeznia vd. (2017)'e göre fosil yakıtların enerji üretiminin başlıca kaynakları olmasına rağmen sınırlanmaları ve çevresel ve ekonomik kaygılar nedeniyle sahip oldukları avantajlarını kaybediyorlar. Alternatif olarak yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi, önemli stratejilerden birisidir. Bu nedenle, hükümetler yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmelidirler. Ulusal yenilenebilir enerji geliştirme politikalarının çoğu, bütün ülkede eşit olarak formüle edilmesine rağmen, sonuçların ve başarıların bölgelerin coğrafi özelliklerine, sosyal ve ekonomik niteliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu doğrultuda çalışmada, İran'ın sosyo-ekonomik, iklimsel ve teknik açıdan güneş fotovoltaik teknolojisi kurulumu için uygunluğunu araştırmışlardır. Araştırma, enerji politikalarının her bölgenin yerel koşullarına göre düzenlenmesiyle daha yüksek verimlilik elde edebileceği üzerinde durulmaktadır. Hükümet, politikalarını coğrafi, teknik ve sosyo-ekonomik göstergeler temelinde

kategorize etmek için yenilikçi bir çerçeve sunmaktadır. Ayrıca çalışmada, güneş fotovoltaik teknolojisinin yaygınlaştırılması için yenilenebilir enerji politikalarının etkinliği incelenmiştir. Politikaları analiz etmek ve sınıflandırılmış politikaların uygulanmasının daha yüksek etkinliğe sahip olduğunu göstermek için yenilikçi bir çerçeve sunulmuştur. Her bölgedeki hükümet destek politikaları eşit olursa, bu durumun özellikle büyük bölgelerde etkinliği azaltacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak; İran'ın eyaletlerine fotovoltaik enerji santralinin kurulmasının uygunluk düzeyine yönelik araştırmalar, iklimsel ve teknik açıdan uygun olan illerin, sosyo-ekonomik açıdan elverişli olmadığını göstermiştir.

Martire vd. (2017)'e göre düşük karbon ekonomisine geçiş ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için enerji verimliliği, yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi ve daha sürdürülebilir üretimin yaygınlaştırılması için çok sayıda kurum ve aktör tarafından belirli sayıda eyleme ihtiyaç duymaktadır. Aktörler arasındaki yerel yetkililer, iklim değişikliği eyleminde öncü rol oynayabilir. Bununla birlikte, yerel ölçekte sera gazı emisyonlarının doğru bir şekilde muhasebeleştirilmesi¹⁴ ve sera gazı emisyonlarının azaltılması için eylemlerin tanımlanması önemlidir. Çalışmada, sera gazı emisyonlarının azaltılması hedeflerine ulaşmak için uygun eylemlerin tanımlanmasını destekleyecek bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem, muhasebenin üç ana alanın genişletilmesi tavsiye ederek klasik üretim yaklaşımını genişletmektedir. Söz konusu öneriler: atık yönetimi ve geri dönüşüm, yerel arazi yönetimi ve tüketim kalıplarıdır. Yaşam döngüsü düşüncesi, bu uzantının metodolojik temellerini oluşturmaktadır. Önerilen yaklaşımın faydasını göstermek için bu yöntem Kuzey İtalya'da, Belediye İmtiyaz Sözleşmesi (CoM/ Covenant of Mayors) girişimini imzalayan 16 belediyeye uygulanmıştır. CoM, yerel yönetimlerin Sürdürülebilir Enerji Eylem Planları'nın uygulanması yoluyla sera gazı emisyonlarını azaltmaya gönüllü olarak taahhüt ettikleri bir Avrupa girişimidir. Farklı belediyelerin emisyon profillerinin karşılaştırılması, emisyon azaltma hedefini gerçekleştirmek için ele alınacak ortak kalıpların ve yerel özelliklerin belirlenmesine yardımcı olur. Vaka analizleri sonucunda; sera gazı emisyonlarına en büyük katkının, doğalgaz tüketiminden ve hanehalkı sektörünün elektriğinden sağladığı belirlenmiştir.

¹⁴ Karbon Emisyon Muhasebesi: Atmosfere salınan sera gazlarının karbon ayak izlerinin hesaplanması, takip edilmesi, kayıt altına alınması, raporlanmasının yanı sıra işletmeye olan maliyetlerinin hesaplanmasıdır (Karakoç, 2012, 124).

Bunun yanı sıra, atık üretimlerinden kaynaklanan emisyonların ise küçük bir role sahip olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacılar arazi kullanımı yönetiminin de değerlendirmeye dahil edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Diğer taraftan çalışmada; sera gazı muhasebesinde önerilen yaklaşımın, yerel yönetim tarafından uygulanacak daha geniş bir iklim eylemi sürecinin belirlenmesine yardımcı olabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca tüketim temelli yaklaşımların benimsenmesi, yerel bir otoritenin çevresel yüklerini azaltmada, öngörülen eylem sayısının artırılmasında önemli ölçüde yardımcı olabileceği belirtilmiştir.

Blazquez vd. (2018)'e göre iklim hedeflerine ulaşmak için politika yapıcılarının kullandıkları önemli bir yöntem, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırarak enerji sektörünün karbonsuzlaştırılmasını (decarbonization) sağlamaktır. Mevcut pazar yapısı ile gelecekteki yenilenebilir enerji dağıtımının daha pahalı olması beklenmektedir. Diğer taraftan %100 yenilenebilir enerji ile üretilen elektrik sektörüne geçiş mümkün görülmemektedir. Paradoksal olarak, yenilenebilir teknolojilerin pazar payını arttırmaya devam etmek için fosil yakıt teknolojilerinin kullanılması gerekmektedir. Çalışma; ülkeye veya yenilenebilir teknolojilere bakılmaksızın, elektrik serbestleştirilmesi ile yenilenebilir politika arasındaki uyumsuzluğu tartışmaktadır. Araştırmacıların elde ettikleri ilk sonuç, paradoksun yalnızca merkezileştirilmiş sistemlere değil liberalleştirilmiş pazarlara uygulanmasıdır. İkinci sonuç, liberalleştirilmiş pazarlarda yenilenebilir nüfuz alanının bir sınırı olmasıdır. Bu nedenle, tam karbonsuz enerji sektörünün oluşturulmasının mümkün olamayacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar iki öneride bulunmuşlardır. Birincisi, merkezileştirilmiş bir pazara dönmektir. İkincisi ise, yenilenebilir enerjiyi kalıcı hale getirmek için pazar temizleme mekanizmalarının yeniden tasarlanmasıdır.

Charlier vd. (2018) çalışmalarında, Fransa'da bazı sera gazı emisyonlarının, enerji tüketiminin ve uzun vadede hane halkı enerji yükünün azaltılması amacıyla mevcut kamu politikalarını değerlendirmeyi ve bir dizi politika önerisi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Hane halkları arasında aşırı enerji yükünün belirleyici unsurlarını göz önünde bulundurmak için kısmi denge modeli üzerinde durmuşlardır. Bu analiz, mevcut kamu politikalarının Fransa'daki enerji tüketimini ve sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik hedeflere ulaşmak için yeterli olmadığı sonucunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca,

meydana gelebilecek azalmalar hane halkları arasında önemli sosyal eşitsizliklere neden olabilecektir. Bu nedenle, enerji verimliliği önlemlerinde düşük gelirli ailelere odaklanılmalı ve hükümet, yenileme oranının düşük olması nedeniyle büyük ölçüde sorumlu olan parasal yoksulluk sorununu çözmelidir. Bu durumda uygun bir politika tedbiri ile sera gazı emisyonlarının azaltılması sağlanacaktır. Fakat gelecekteki düşük gelirli ailelere yardımcı olmak için diğer kamu harcamaları da azalacaktır. Aslında, konut sektöründe yakıt yoksulluğu ve verimsizlik, temelde parasal sorunlardan kaynaklanmaktadır. Hükümet özellikle de bu politikaların bütçesini, enerji verimliliği lehine yatırım yapmak yerine yoksulluk karşıtı tedbirlere yatırım yaparsa daha iyi bir sonuç elde edecektir. Ayrıca makalede, önlemlerin yeniden dağıtım etkilerinin düşünülmesi gerektiği; finansman sübvansiyonları için karbon vergisi gibi, enerji yenilenmesini teşvik etmek için mevcut tedbirlerin uygun olmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle hükümet, fakir ailelere ve dolayısıyla parasal yoksullukla mücadele önlemlerine odaklanmalıdır.

Lee ve Lim (2018) çalışmalarında kompakt şehir konseptini (compact city concept) ele almışlardır. Bu konsepti oluşturmak için, öncelikle yerel yönetimlerin politika araçlarının seçimlerini etkileyen faktörlerin tanımlanması gerekmektedir. Daha sonra bu politika araçlarıyla düşük enerji tüketimine geçişin sağlanmasının yanı sıra çevre dostu kentsel alanların oluşup oluşmadığı incelenmelidir. Bu amaç doğrultusunda araştırmacılar, örneklem olarak Güney Kore'yi tercih etmişlerdir. Araştırmacılara göre, yerel kompakt şehir politikası kararları, yerel yönetimlerin özellikle ulaşım sektöründe, enerji tasarruflarına ve sera gazı salınımının azaltılmasına katkıda bulunabilecek politika araçlarını benimseme özerkliğine sahip oldukları zaman etkili olacaktır. Bu anlamda çalışmada, kompakt şehrin temel konseptine dayanarak; kentsel büyümenin, enerji tasarrufu ve sera gazı emisyonlarını azaltılması için olumsuz bir faktör olduğu öngörülmüştür. Nitekim, daha kompakt kentsel formların çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunabileceği konusunda genel bir karara destek olacak sonuçlar elde edilmiştir. Diğer taraftan çalışma; nüfus artış hızı ve kentsel büyüme, ulaşım ile ilişkili olarak, enerji tüketimine ve sera gazı emisyonlarına yol açacağı için, yerel yönetimlerin kentsel büyüklüğü kontrol etmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır. Buna ek olarak çalışmada, yerel yönetimlerin kompakt şehir yaratma girişimleri, yeniden

geliştirme odaklı kentsel planlamayı kullanarak ve ulaşım sektöründe hava kirliliğini azaltmaya katkıda bulunabileceği sonucuna dayanarak kompakt şehir politikalarının uygulanmasının önemini vurgulanmıştır. Son olarak, yerel bir yönetimin, ekonomik kapasiteden yoksun olduğu zaman kompakt kentle ilgili politika araçlarını benimseyemeyeceği fikrini göz önünde bulundurarak, bu tür araçların ulaşım sektöründe enerji tasarrufu ve sera gazı emisyonlarını azaltmaya katkıda bulunması beklense bile, merkezi hükümetin mali desteği yerel yönetimin etkili kompakt şehir politikaları araçlarını seçmesine yardımcı olacak ve daha çevre dostu, sürdürülebilir bir kentsel çevreye katkıda bulunabileceği vurgulanmıştır.

Aized vd. (2018)'e göre sürdürülebilir enerji arzı, herhangi bir toplumun devam eden ekonomik büyümesi için önemli bir faktördür. Günümüzde şiddetli enerji sıkıntısı çeken gelişmekte olan ülkeler arasında Pakistan yer almaktadır. Ülkedeki mevcut ve geçmiş hükümetler, enerji taleplerini karşılamak için çeşitli enerji politikaları tasarlamışlardır, ancak arz-talep dengesini sağlayamamışlardır. 2016 yazında yaklaşık 5000 mw'lık elektrik arzında bir sıkıntı yaşanmıştır. 2006 yılında kırsal ve uzak alanlarda elektrik ve doğalgaz tedarik edilmeyen haneler dahil olmak üzere tüm tüketicilere, sürdürülebilir enerji tedarik etmeyi amaçlayan yenilenebilir enerji geliştirme politikası düzenlenmiştir. Politika, 2011 yılında uygulanmaya başlanmış ve halen yürürlüktedir. Bu politika enerji güvenliği ve kendi kendine yeterlilik, sosyal eşitlik ve ekonomik yararlar temeli üzerine kurulmuştur. Araştırmacılar, Pakistan'ın yenilenebilir enerji politikasını analiz etmeyi ve gelecekte yenilenebilir enerji politikalarını kullanarak enerji kaynaklarını güvence altına almanın yollarını bulmayı amaçlamışlardır. Bu bağlamda, enerji planlarının geçerliliğini değerlendirmek için çeşitli senaryolar geliştirmişlerdir. Çalışma bu senaryolar içinde, yeşil operasyonel ve dışsallık maliyetlerine sahip yenilenebilir enerji teknolojilerini kullanan senaryonun gelecekteki en uygun seçenek olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca çalışmada, Pakistan'ın enerji talebini, arzını ve gelecekteki senaryolarını LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning/ Uzun Dönemli Enerji Alternatifleri Planlama) modelleme teknikleri kullanarak analiz etmişlerdir. Halen ülkenin enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtlara bağımlı olduğu ve 2030'da talebin 131,8 mtoe'ye ulaşacağı aynı zamanda ülkenin bilinen doğal gaz rezervlerini beş yıllık sürede tükeneyeceği tespit edilmiştir. LEAP modelleme tekniği ile oluşturulan senaryolar

neticesinde; elektrik üretimi nedeniyle yüz yıllık küresel ısınma potansiyeli 2012'de 22,2 milyon metrik ton CO₂-eşdeğerinden 2030'da 55,2 milyon metrik ton CO₂ eşdeğerine artacağı belirlenmiştir. Bu artan potansiyel, Pakistan halkı açısından gıda ve su güvenliği için potansiyel bir tehdit oluşturacaktır. Bu nedenle, yenilenebilir enerjilerin yalnızca enerji üretiminde değil aynı zamanda taşımacılık ve diğer sosyal hizmetler için kullanılmasıyla ihtiyacın ciddi boyutta artacağı vurgulanmıştır.

Bel ve Joseph (2018) Avrupa Birliği'nin, 20/20/20 döneminde akıllı, sürdürülebilir ve kapsayıcı büyüme hedeflerini gerçekleştirmeyi amaçlayan iklim ve enerji paketinin bir parçası olarak bir dizi politika başlattığını ifade etmişlerdir. Çalışmada, yeni başlayan iklim değişikliği azaltma teknolojilerinin (CCMT/Climate Change Mitigation Technologies), AB'ye üye ülkelerin bu hedeflere nasıl ulaştıklarını ve ayrıca AB genelinde uygulanan politikalara tabi sektörler arasında farklılıklar olup olmadığını değerlendirmişlerdir. Bu amaç doğrultusunda, CCMT patent sayıları iki spesifik başlık hedefiyle ilişkilendirilmiştir. Bunlardan birincisi, yenilenebilir enerjilerden elde edilen brüt nihai enerji tüketiminin %20'sini elde etmek ve ikincisi, enerji verimliliğinde %20'lik bir artış sağlamaktır. Elde ettikleri sonuçlar, iklim değişikliği ile mücadelede, bu teknolojilerin etkinliğinin ilk değerlendirmesi niteliğindedir. Ayrıca çalışmanın sektörel etki değerlendirmeleri, bu teknolojilerin sektörler genelinde politika hedeflerine katkıda bulunma biçiminde, önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Ampirik analiz sonuçları, ilgili patentlerinin geliştirilmesindeki yenilenebilir maddeler dışındaki yakıtlar üzerinde güçlü, negatif ve istatistiksel olarak önemli etkilere işaret etmektedir. Bu bulgu, bu tür teknolojilerin geliştirilmesinin desteklenmesine, net yurtiçi enerji tüketimine, fosil yakıtların payının önemli ölçüde düşürülmesine ve bu kaynaklara bağımlılığın azaltılmasına yol açacağını göstermektedir.

Muh vd. (2018)'e göre Kamerun, ham petrol, doğalgaz, hidroelektrik, biyokütle, güneş, rüzgar ve jeotermal enerjiler gibi bol miktarda enerji kaynakları rezervlerine sahiptir. Ancak bu kaynaklardan etkin bir şekilde faydalanılmamaktadır. Ülke genelde elektrik üretimi için hidroelektrik enerjisini (%73) kullanılmaktadır. Bu durum özellikle, su seviyesinin düşük olduğu kurak mevsimlerde sürekli elektrik kesilmelerinin yaşanmasına neden olmaktadır. Elektrik erişimi, kentsel alanlarda yaklaşık %65-88 ve kırsal nüfus için yaklaşık %14'tür. Kamerun, elektrik talebinde hızlı bir artışa (2014

yılında 1455 mw) eşlik eden güçlü bir ekonomik büyüme (2015 yılında %5.9 büyüme oranı) yaşamıştır. Elektrik ihtiyacının, 2020 yılına kadar artması ve bu artışın ileriki yıllarda artan bir seyirde devam etmesi beklenmektedir. Çalışmada, Kamerun'daki enerji sorunlarını (güvenilirlik, erişilebilirlik ve güvenlik) ele almaya ve mevcut yenilenebilir enerjilerin potansiyelini ve bunların katkılarını tespit etmeye çalışılmıştır. Bu amaca ulaşmak için; yenilenebilir enerji potansiyeli, politikası, fayda ve engellerinin gözden geçirilmesini takiben enerji sektörünün (enerji kaynağı, erişimi, talebi, arzı ve dağıtımı) genel bir görünümüne yer verilmiştir. Kamerun enerji sektöründe, ülkenin enerji potansiyeli göz önüne alındığında, kalkınma ve çeşitlendirme açısından umut verici imkânların bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Araştırmacılara göre; politika, standartlar, yönetmelikler, bilinçlendirme, kapasite geliştirme ve off-grid (şebekeye bağlı olmayan) yenilenebilir enerji yatırım önlemleri, Kamerun'un gelecekteki enerji hedeflerini karşılayarak ülke genelinde önemli bir gelişme sağlamasını mümkün kılacaktır. Kamerun'da elektrik ihtiyaçlarının, ağırlıklı olarak hidroelektrik enerji tarafından karşılanmasından dolayı, tek bir enerji kaynağına olan bu bağımlılık, özellikle uzak ve yarı kentsel alanlarda ülkeye enerji güvensizliği ve sürekli enerji sıkıntısı yaşatmaktadır. Çalışmada, Kamerun hükümetinin yenilenebilir enerjilerde kapasite geliştirmek için kurumlar kurduğu ve aynı şekilde özel kurumları teşvik ettiği ancak kaynak tahsisinin düşük olmasından dolayı kötü sonuç alındığı ifade edilmiştir. Araştırmacılara göre, enerji karışımı içindeki yenilenebilir enerjilerin anlamlı etkilerini sağlamak ve dağıtımlarını geliştirmek amacıyla Kamerun hükümeti, ülkenin enerji talebinin karşılanmasında yenilenebilir enerjilerin rolünü yeterince kabul etmeli ve bu sektörde girişimci finansman mekanizmaları oluşturmalıdır. Ayrıca, devlet cazip politikalar uygulayarak ve olumlu iş ortamı sağlayarak özel sektörün katılımını teşvik etmelidir. Buna ek olarak, temiz enerjilerde eğitim yoluyla farkındalık ve kapasite artırılmalıdır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULANAN ENERJİ POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK AMPİRİK UYGULAMA

Geleneksel olarak literatürde, enerji politikalarının etkilerinin ölçülmesinde kullanılan başlıca ekonometrik modeller aşağıdaki gibidir:

Engle ve Granger (1987) iki aşamalı eş bütünleşme yöntemi ile iki değişken arasındaki eşbütünleşme ilişkisi belirlemeye olanak tanıyan bir modeldir. Johansen-Jeselius (1990) modeli ise, ikiden fazla değişken arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin araştırılmasına imkan tanımaktadır. Bu iki yöntemde de değişkenlerin aynı dereceden durağan olmaları gerekmektedir. Pesaran, Shine ve Smith (2001) ARDL (Autoregressive Distributed Lag/Otoregresif Dağıtılmış Gecikme) modeli ile aynı dereceden durağan olmayan değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesine imkan tanımaktadır. Tong (1978) TAR (Threshold Auto-Regression Models/Eşik Otoregresyon Modeli) doğrusal olmayan davranışı, doğrusal modeli parça parça tahmin ederek açıklama prensibine dayanmaktadır.

Bahsedilen bütün ekonometrik yöntemlerin kendi içinde istatistiksel olarak avantajları vardır. Çalışmada tercih edilen dalgacık analizi yönteminde bu modellerden farklı olarak, değişkenlerin hem zaman hem de frekans boyutunda analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca dalgacık analizi, hem bütün alt örneklem için iki değişken arasında (bu tezin bağımlı ve bağımsız değişken diye tanımlayabileceği iki değişken arasında) hem de diğer ilgili kontrol değişkenleri takip ederek, değişkenler arasındaki nedenselliğin var olup olmadığını araştırmaktadır. Böylece dalgacık ve kısmi dalgacık uyumu analizleri ile bu tez, değişkenler arasındaki nedenselliğin hangi dalga boyutunda

mevcut olduğunu ve bu nedensellikte hangi değişkenin öncül ve hangi değişkenin takip eden değişken olduğu hakkında bilgi vermektedir.

Bölümde, tezin ampirik uygulamasında kullanılacak olan “Dalgacık Analizi” kavramı ele alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle konu ile alakalı temel kavramlar açıklanmıştır. Ardından, Fourier dönüşümü ve kısa zamanlı Fourier dönüşümünü açıklanacaktır. Bölüm devamında; dalgacık dönüşümü, dalgacık türleri, sürekli dalgacık uyumu dönüşümü ve ayrık dalgacık dönüşümü sırasıyla yer verilmiştir. Son olarak dalgacık analizi ve analiz sonuçları yer almaktadır.

4.1. Sinyaller ve Zaman Serileri Temel Kavramlar

Bu bölümde konu ile alakalı bazı temel kavramlara yer verilmiştir. Bu doğrultuda; dalgacık terimi, anne dalgacık, sinyaller, periyot ve periyodiklik, dalga boyu, frekans ve titreşim sayısı, dalga sayısı, genlik, dalga fonksiyonu, dalga hareketi, ortogonalite, simetri, kompakt destek, parametre ölçeği, ölçekleme, spektral analiz ve zaman dizisi kavramları sırasıyla açıklanmıştır.

Dalgacık terimi, küçük bir dalga anlamına gelir. Küçüklük, sonlu uzunluğa sahip pencere fonksiyonunu ifade eder. **Anne terimi**, dönüşüm sürecinde kullanılan farklı destek alanlarına sahip fonksiyonların, bir ana dalgacıktan türetildiğini ifade eder. Başka bir deyişle, ana dalgacık (mother wavelet) diğer pencere fonksiyonlarını üretmek için kullanılan bir prototiptir (Polikar, 2006, 34). **Sinyaller**, genellikle zaman veya mesafeyi temsil eden sürekli değişkenin fonksiyonlarıdır (Burrus et al., 1998, 1). Ayrıca sinyaller, bilgi iletmeyi amaçlayan ve zamanda değişen herhangi bir fiziksel olayı tanımlamak içinde kullanılmaktadır. İnsan sesi, akustik, işaret dili, Mors kodu, trafik işaretleri, telefon tellerindeki gerilim sinyalleri buna örnekler (Yıldız, 2014, 1). **Periyot ve periyodiklik**, iki tekrarlama arasında geçen süreye periyot denir ve fizikte genellikle T ile gösterilir (Şenyılmaz, 2012, 20). Daha teknik bir ifadeyle, reel eksen üzerinde tanımlı bir $f(x)$ fonksiyonu $p > 0$ ve $f(x) = f(x+p)$ özelliğini taşıyor ise bu fonksiyon bir periyoda sahiptir ve böylesi bir fonksiyona periyodik fonksiyon adı verilir. Örneğin; $\sin(x)$ ve $\cos(x)$ fonksiyonları 2π periyoduna sahiptir. $\sin(ax)$ ve $\cos(ax)$ $a > 0$ fonksiyonları ise $2\pi/a$ periyoduna sahiptirler (Walnut, 2001, 127). **Dalga boyu**, bir dalga örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki mesafedir. Kısaca λ sembolü ile

gösterilir. **Frekans veya titreşim sayısı**, bir olayın birim zaman yani genellikle bir saniye içinde hangi sıklıkla, kaç defa tekrarlandığının ölçümüdür. Matematiksel olarak ise periyodun çarpmaya göre tersidir. Frekans, Hertz (Hz) ile gösterilir. **Dalga sayısı**, 2π uzunluğundaki bir mesafede oluşan dalgaların sayısıdır. **Genlik**, dalgalarının dikey büyüklüğünün ölçüsüdür. Dalganın en yüksek noktası ile sıfır noktası arasındaki niceliktir. **Dalga fonksiyonu**, parçacığın herhangi t anında nerede olacağını gösteren fonksiyondur. Aynı zamanda, dalga fonksiyonu içinde sistemin bütün olası durumları barındırır. **Dalga hareketi**, ortamın veya uzayın bir noktasında oluşan titreşim hareketinin ortamda veya uzayda yayılması olarak tanımlanır. Ancak bu yayılma esnasında, teorik olarak ortamın veya uzayın bir parçasının taşınması söz konusu değildir (Şenyılmaz, 2012, 20). **Ortogonalite**, dalgacığın kendisi ile iç çarpımı sıfıra eşittir, aynı zamanda ana dalgacık ile ötelenmiş ve ölçeklenmiş dalgacığın iç çarpımı da sıfıra eşittir. Bu özelliğe sahip dalgacıklar, çoklu çözünürlük analizinde işareti birbirleriyle örtüşmeyen alt frekans bantlarına ayrıştırılabilmektedirler. **Simetri**, simetrik olma özelliği ana dalgacığın doğrusal faz süzgeci olarak görev yapmasını sağlar. Bu özellik gürültüden arındırma işleminde önemlidir, çünkü bu özelliğin olmadığı durumlarda, fazda bozulmalar yaşanmaktadır. **Kompakt destek**, bu özellik ana dalgacığın sadece belirli bir sürede sıfırdan farklı olduğunu ifade eder. Bu durum, dalgacık dönüşümünün etkin bir şekilde işaret içerisindeki yerel özellikleri ortaya çıkarmasında önemlidir (Altay, 2010, 65). Dalgacık analizindeki **parametre ölçeği**, haritalarda kullanılan ölçeğe benzetilmektedir. Haritalarda olduğu gibi, yüksek ölçekler (sinyalin) ayrıntılı olmayan genel görünümüne karşılık gelirken, düşük ölçekler ayrıntılı bir görünüme karşılık gelmektedir. Benzer şekilde frekans açısından, düşük frekanslar yüksek ölçeğe sahip olduklarından dolayı, genel olarak tüm sinyali kapsayarak bir sinyalin küresel bilgisine ulaşmayı sağlarlar. Yüksek frekanslar ise düşük ölçeklere sahip olduklarından dolayı, sinyaldeki gizli kalıpların ayrıntılı bilgisine ulaşma imkanı vermektedirler. **Ölçekleme**, matematiksel bir işlem olarak, bir sinyali genişletilmesi veya sıkıştırılması işlevidir. Daha büyük ölçekler genişletilmiş (veya uzatılmış) sinyalleri ifade derken, küçük ölçekler sıkıştırılmış sinyalleri ifade etmektedir (Polikar, 2006, 34-35). **Spektral analiz**; zaman serilerinin frekans alan analizi olarak adlandırılmaktadır. Analiz esnasında zaman serisi, her biri frekans ya da periyoda karşılık gelen bileşenlere ayrıştırılmaktadır. Bu ayrıştırma sonucunda da spektral yoğunluk fonksiyonu elde

edilmekte ve spektral analizin temelini de bu spektral yoğunluk fonksiyonunun tahmin edilmesi oluşturmaktadır. Spektral analizin çeşitli kullanım amaçları söz konusudur. Bunlar (Gürsakal, 2009, 32-33):

- i) Zaman serisindeki periyodik unsurların belirlenmesi,
- ii) Zaman serisindeki trend ve mevsimselliğin araştırılması,
- iii) Zaman serisine ilişkin teorik modelin uygunluğunun test edilmesidir.

Zaman dizisi, bir fiziksel büyüklüğün bir veya birden fazla bağımsız değişkene göre durumunu kapsayan gözlemler topluluğu şeklinde tanımlanmaktadır. Söz konusu dizide bağımsız değişken genellikle zamandır ve matematiksel olarak (t)' ye bağlı bir $g(t)$ fonksiyonu şeklinde tanımlanır. Veriler sürekli olarak kaydediliyorsa, elde edilen dizilere sürekli diziler, belirli aralıklarla kaydediliyor ise ayrık diziler olarak tanımlanmaktadır. Sürekli dizilerdeki veri boyutunun fazla olması nedeniyle, örneklem yardımıyla seri ayrık dizilere dönüştürülür. Zaman dizileri tanımlama, açıklama, tahmin ve kontrol amacıyla analiz edilir (Efe, 2014, 102-103);

- **Tanımlama:** Fiziksel büyüklüğün periyodik değişimi, eğimi, eğilimi gibi davranışları tanımlanır.
- **Açıklama:** Diğer değişkenler arasındaki ilişki açıklanır.
- **Tahmin:** Gelecekte alacağı değerler tahmin edilir.
- **Kontrol:** Beklenti dışındaki değerlerin alınması kontrol edilir.

Uzun zamandır sinyal işleme tekniği olarak en çok tercih edilen yöntem olması ve dalgacık analizine zemin hazırlaması açısından Fourier analize yer verilmiştir.

4.2. Fourier Dönüşümü

Frekans içeriği için zaman alanındaki bir sinyali analiz etme kabiliyetine sahip dönüşüm Fourier dönüşüm olarak adlandırılmaktadır. Dönüşüm, ilk önce zaman alanındaki bir fonksiyonu, frekans alanındaki bir fonksiyona çevrilmesiyle başlar. Sinyal daha sonra frekans içeriği için analiz edilebilir, çünkü dönüştürülen fonksiyonun Fourier katsayı faktörleri, her bir frekansta her sinüs ve kosinüs fonksiyonunun katkısını temsil eder

(Graps, 1995, 52). Fourier serileri için temel fonksiyon olarak, sinüs dalgaları seçilir, daha sonra ortaya çıkan genleşmenin özellikleri incelenir (Burrus et al., 1998, xi). Fourier dönüşümün matematiksel ifadesi aşağıdaki denklemler yardımıyla açıklanmaktadır.

T periyoduna sahip bir $f(\tau)$ fonksiyonunda (Illing, 2008, 2-3):

$$f(\tau + T) = f(\tau) \quad (4.1)$$

Fonksiyonu 2π periyotlu yapmak için, τ değerini yeniden tanımlayabiliriz. Bunun için yeni bir bağımsız değişken tanımlanır, $t = \frac{2\pi}{T}\tau$, sonuç olarak

$$f(t + 2\pi) = f(t) \quad (4.2)$$

Olur. Fonksiyon periyodik olduğu için sadece 2π uzunluğunda bir aralıkta davranışını göz önüne almamız gerekir, örneğin $(-\pi, \pi)$ aralığında. Böyle bir fonksiyonu $f(t)$, daha basit fonksiyonların toplamı veya serisi haline getirmektir. Joseph Fourier (1768-1830)'dan sonra sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının sonsuz toplamı göz önünde bulundurularak Fourier serisini 4.3'teki forma dönüşmüştür.

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nt) + b_n \sin(nt)] \quad (4.3)$$

Denklem 4.3'de a_n ve b_n sabit katsayıları Fourier katsayıları olarak adlandırılır. Bu katsayıları sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının ortogonalite özelliği kullanılarak tahmin edilmektedir:

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos(nt) \cos(mt) dt = \int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{2} [\cos((m-n)t) + \cos((m+n)t)] dt \quad (4.4)$$

$$= \begin{cases} 2\pi, & m = n = 0 \\ \pi, & m = n \neq 0 \\ 0, & m \neq n \end{cases}$$

$$= \begin{cases} 2\pi, & m = n = 0 \\ \pi\delta_{mn}, & m \neq 0 \end{cases}$$

Benzer biçimde,

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(nt) \sin(mt) dt = \int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{2} [\cos((m-n)t) - \cos((m+n)t)] dt \quad (4.6)$$

$$= \begin{cases} 2\pi, & m = n = 0 \\ \pi\delta_{mn}, & m \neq 0 \end{cases}$$

ve

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(nt) \cos(mt) dt = \int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{2} [\sin((m-n)t) + \sin((m+n)t)] dt \quad (4.7)$$

$$= 0$$

Denklem 4.3'teki a_n ve b_n katsayılarının ortogonalite kullanılarak integraller ile tahmini:

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos(nt) dx \quad (4.8)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin(nt) dx \quad (4.9)$$

Yukarıda verilen denklemden de anlaşılacağı üzere, Fourier serisi, sinüslerin ve kosinüslerin doğrusal bir bileşenidir. Bu sinüs ve kosinüslerin her biri kendiliğinden frekansın fonksiyonudur. Dolayısıyla, Fourier dönüşümü frekans-frekans (frequency-by-frequency) temelinde bir ayrışma olarak görülebilmektedir (Gençay et al., 2002, 2). Bu doğrultuda, Fourier dönüşümü yardımıyla sinyallerin zaman alanından frekans alanına taşınması Şekil 4.1.'de yer almaktadır.



Şekil 4.1. Fourier Dönüşüm

Şekil 4.1.'de de görüldüğü üzere, Fourier analizi yardımıyla bir sinyal zaman alanından frekans alanına aktarılmaktadır. Fourier dönüşümü olarak adlandırılan bu olay, bir sinyalin içerdiği frekansları gösterirken, hangi zaman değerlerinde hangi frekansların mevcut olduğu hakkında bilgi vermemektedir. Başka bir ifadeyle Fourier dönüşümü belirli noktadaki zamana ait bilgiyi değil, bütün zaman dilimine ait bilgiyi vermektedir. Dolayısıyla Fourier dönüşümü, frekansı zamana göre değişmeyen sinyallerin analizinde başarılı bir yaklaşımdır. (Arı vd., 2008, 1). Başka deyişle, Fourier temel fonksiyonu (sinüsler ve kosinüsler), sabit zaman serileri yani durağan zaman serileri ile çalışırken çok uygundur. Ancak çoğu zaman ekonomik/finansal zaman serileri; eğilimler, ani değişimler ve dalgalanmalar gibi nedenlerle zaman içinde oldukça karmaşık desenler

sergilediğinden dolayı analizleri, durağan zaman serileri ile sınırlamak doğru değildir. Diğer taraftan, seriler durağan değilse; görülebilir, kaybolabilir ve sonra tekrar ortaya çıkabilirler. Fourier analizi gibi geleneksel sinyal analiz araçları, bu frekans bileşenlerini kaçırabilmektedirler. Bu nedenle durağan olmayan zaman serilerinde, Fourier dönüşümü karmaşık olayları etkili bir şekilde tespit edememektedir. (Gençay et al., 2002, 2).

Fourier dönüşümünün durağan olamayan seriler için uygun olmaması ve dönüşümün belirli noktadaki zaman birimine ait bilgiyi değil, bütün zaman dilimine ait bilgiyi vermesi nedeniyle oluşan eksiklikleri gidermek amacıyla, Kısa zamanlı Fourier Dönüşümü ile çözüm yolları aranmıştır.

4.3. Kısa Zamanlı (Pencerelemiş) Fourier Dönüşümü

Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD)'nün Fourier dönüşümünden farkı, sinyali daha küçük zaman aralıklarında incelemesidir. Gabor 1946 yılında Fourier analizinin zamanlama eksikliğini gidermek için sinyalin, zaman alanında küçük bölümler (pencereleme) halinde analiz edilebileceği fikrini ortaya atmış ve bunu da başarıyla uygulamıştır. KZFD'de temel mantık, incelenen sinyalin küçük kısımlara bölünmesi ve sinyalin bu kısımlarda durağan olduğunun kabul edilmesidir. Bu amaçla ω gibi bir pencere fonksiyonu seçilir. Pencerenin genişliği sinyalin durağan kabul edilen kısmına eşit olmalıdır (Altay, 2010, 50). Kısa zamanlı Fourier dönüşümü, periyodik olmayan sinyali daha iyi temsil etme problemine bir çözüm getirmiştir. Ayrıca hem zaman alanındaki hem de frekans alanındaki sinyaller hakkında eşzamanlı bilgi verilmektedir (Graps, 1995, 52). KZFD ile sinyalin pencerelere ayrılması Şekil 4.2'de yer almaktadır.



Şekil 4.2. Kısa Zamanlı Fourier Analizi

KZFD ile pencerenin her konumu için farklı bir Fourier dönüşümü uygulanmaktadır. Şekil 4.2.'deki kontrol penceresinin (mavi pencere) zamanla kaydırılmasıyla üretilen bu dönüşümler, KZFD'yi oluşturur. KZFD'nün matematiksel ifadesine denklem 4.10' da yer verilmiştir.

$$F(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \omega(t - \tau) f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (4.10)$$

Burada, $\omega(t - \tau)$ pencere fonksiyonudur ve pencere tüm sinyal boyunca kaydırılır. τ , $(t - \tau)$ üzerinde tanımlı öteleme fonksiyonudur. Böylece τ aralıklarla $(t - \tau)$ üzerinde kaydırılarak pencere içerisinde kalan kısma Fourier dönüşüm uygulanacaktır (Ozog, 2007, 10). Kısa zamanlı Fourier dönüşüm yöntemi, frekans ve zaman alanında eş zamanlı bilgi vermesine karşın zaman ve frekans çözünürlüğü konusunda yetersiz kalmıştır. Diğer taraftan pencere genişliğinin sabit olması, zaman serilerinin analizinde bu yöntemin etkin kullanılmamasına neden olmuştur. Bu eksiklik, ölçek tabanlı analiz yöntemi olan dalgacık dönüşümünün oluşmasına zemin hazırlamıştır.

4.4. Dalgacık Dönüşümü

Dalgacık analizi yöntemi ile dalga şeklinde olan bir fonksiyon orijinal fonksiyon olarak alınmakta ve sinyali incelemek amacıyla kullanılmaktadır. Fourier yönteminden farklı olarak incelemede kullanılan dalga, öncelikle çok kısa periyoda sığacak biçimde sıkıştırılmakta ve incelenen fonksiyon (sinyal) ile başından itibaren (zaman içerisinde kaydırılarak) karşılaştırılmaktadır. Bu şekilde incelenen sinyalin, o kısa periyotlardaki özellikleri kaydedilmektedir. Daha sonra dalga, biraz daha uzun periyoda yayılır ve tekrar baştan itibaren incelenen sinyal ile zaman içinde karşılaştırılmaktadır. Bir sonraki aşamada, bir öncekine göre biraz daha uzun bir periyottaki özellikler bulunmuş olmaktadır. En sonunda genişlerek uzatılan ve her seferinde kapsadığı periyotlar artan dalganın uzunluğu, serinin uzunluğu ile aynı olur. Bu şekilde serinin mümkün olan en uzun periyottaki özelliği tespit edilmiş olur. Sonuç olarak, bu yöntem ile farklı periyodik özelliklerin zaman içerisinde nasıl bir değişim gösterdiği ortaya çıkar. Başka bir ifadeyle, incelenen seri farklı ölçeklerde analiz edilir ve serinin çözünürlüğünün farklı resimleri elde edilir. Yani bir tür matematiksel mikroskop özelliği görür. Yöntem, araştırmacılara önce en ince detaylarda (kısa periyotlarda, düşük ölçekte, yüksek çözünürlükte), daha sonra ise daha az detaylarda (uzun periyotlarda yüksek ölçekte,

düşük çözünürlükte) ve son olarak kuş bakışı görme imkanı tanır (Selçuk, 2005, 14). Dalgacıkların sağladığı en büyük avantaj, yerel analiz yani, daha büyük bir sinyalin yerel bir alanını analiz edebilmesidir (Misiti et al., 2007). Böylece dalgacık analizi yöntemi ile, mümkün olan en küçük zaman diliminde ölçülmüş veriler, veri kaybı olmadan farklı ölçeklerde analiz edilmektedir (Selçuk, 2005, 14). Sinyalin dalgacık dönüşümü Şekil 4.3.'te yer almaktadır.



Şekil 4.3. Dalgacık Dönüşümü

Genel olarak Fourier analizi ve dalgacık analizi karşılaştırıldığında; Fourier analizi, sürekli bir değişkenin fonksiyonunun katsayılarını tek boyutlu bir diziye eşlerken, dalgacık dönüşümü iki boyutlu katsayı dizisine eşleştirmektedir. Dalgacık dönüşümünde, sinyalin hem zaman hem de frekansta konumlandırılması, bu iki boyuttaki gösterimi, mümkün hale gelmektedir. Bir dalgacık gösterimi ile sinyalin hem zaman hem de frekanstaki konumunu verecektir. Bu yönüyle, dalgacık gösterimi notaların bulunduğu yerde seslerin ne zaman ve hangi frekansta olduğunu gösteren nota defterine benzemektedir. Dalgacık analizi aşağıdaki nedenlerden dolayı Fourier analizinden daha etkili görülmektedir (Burrus et al., 1998, 3-7);

- Dalgacık analizi, daha doğru yerel tanımlamayı yapar ve sinyal karakteristiklerinin ayrıştırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca dalgacık dönüşümü, bir sinyalin hem zaman hem de frekans üzerinde örtüşen bileşenlerin ayrıştırılmasına izin vermektedir.
- Dalgacıklar, ayarlanabilir ve uyarlanabilirler. Tek bir dalgacık olmadığı için farklı uygulamalara uyacak şekilde tasarlanabilirler.
- Dalgacıkların oluşturulması ve dalgacık dönüşümlerinin uygulanması dijital bilgisayarlara daha iyi uyum sağlamaktadır.

Dalgacık teorisinde iki farklı fonksiyon vardır; bunlar dalgacık fonksiyonu ($\psi(t)$) ve ölçeklendirme fonksiyonu ($\phi(t)$)'dur. Bir fonksiyonun, dalgacık fonksiyonu $\psi_0(t)$ olarak kabul edilebilmesi için 4.11 ve 4.12'deki şartları sağlaması gerekmektedir (Lai, 2015, 18):

$$\text{I.} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \psi_0(t) dt = 0 \quad (4.11)$$

$$\text{II.} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \psi_0(t-k)\psi_0(t-j) dt = \begin{cases} 1, & k=j \\ 0, & k \neq j \end{cases} \quad (4.12)$$

Ölçekleme fonksiyonu $\phi_0(t)$ 'ın da aşağıdaki iki şartı sağlaması gerekmektedir (Lai, 2015, 18):

$$\text{I.} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \phi_0(t) dt = 1 \quad (4.13)$$

$$\text{II.} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \phi_0(t-k)\phi_0(t-j) dt = \begin{cases} 1, & k=j \\ 0, & k \neq j \end{cases} \quad (4.14)$$

Yukarıdaki şartları sağlayan bir dalgacık fonksiyonu olan $\psi(t)$ 'nin, dalgacık kabul edilebilirlik durumu olarak bilinen denklem 4.15 ve 4.16'ya uyan zaman (t)'nin bir fonksiyonu olduğu varsayılmaktadır (Gençay et al., 2002, 101-102). Başka bir ifadeyle, bir fonksiyonun dalgacık fonksiyonu olarak kabul edilebilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir:

I. Dalgacık fonksiyonunun birinci şartı ortalamasının sıfır olmasıdır.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (4.15)$$

II. Dalgacık fonksiyonuna uygulanan ikinci şart ise birim enerjiye sahip olmasıdır. Yani;

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt = 1 \quad (4.16)$$

Bu iki eşitliği sağlayan bütün $\psi(t)$ fonksiyonları dalgacık olarak kabul edilmektedirler. Dalgacık dönüşümü Sürekli Dalgacık Uyumu Dönüşümü ve Ayrık Dalgacık Uyumu Dönüşümü olmak üzere iki alt başlıkta yer almaktadır.

4.4.1. Dalgacık Türleri

Küçük bir dalga olarak tanımlanan dalgacıklar genel olarak aynı özelliklere sahip değildir. Bu açıdan, dalgacıklar sahip oldukları özelliklere göre farklı gruplara

ayrılmaktadırlar. Bu özellikler; aynı aile içerisindeki dalgacıkların değişen derecelerine bağlı olarak sahip oldukları birleşme noktası sayısı, genişliği gibi farklılıklar olabileceği gibi, ortogonal olup olmama, ölçek fonksiyonu bulundurup bulundurmama, kompleks olma şeklinde ortaya çıkmaktadır (Demren, 2015, 54). Sinyali hem zaman hem de ölçek bazında analiz edebilme özelliği ile ilgili olarak dalgacıklar; “Sürekli Dalgacık Dönüşümü” ve “Kesikli Dalgacık Dönüşümü” olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır (Gençay et.al., 2002, 101). Ancak hem ayrık dönüşüme hem de sürekli dönüşüme uygun olan dalgacık türleride vardır. Sürekli dalgacıklar olarak; Haar, Daubechies, Symlets, Coiflets, Biorthogonal, Gauss, Mexican Hat, Morlet, Meyer, Shannon dalgacıkları sayılabilmektedir. Bunlar arasında; Haar, Daubechies, Symlets, Coiflets, Biorthogonal ayrık dönüşüme de uygun dalgacıklarıdır. Dalgacıkları birbirlerinden ayıran bir diğer önemli özellik de birleşme noktalarının sayısıdır. Birleşme noktaları, dalgacıkların yakınsama mertebesi olarak tanımlanabilir. Bir sinyalin dalgacık dönüşümü sonunda elde edilen katsayıların oluşturduğu polinomun derecesi, en fazla o dalgacığın sahip olduğu birleşme noktalarından 1 eksik ise, o sinyal tek bir dalgacık katsayısı ile temsil edilebilir. Yani (p) adet birleşme noktası olan bir dalgacığın, (p-1) dereceli bir polinomu tek bir katsayı ile temsil etmesi mümkündür (Demren, 2015, 54-55). Bu bölümde, en sık kullanılan dalgacık türlerinden; Haar, Daubechies, Mexican Hat, Meyer, Symlet, Coiflet ve Morlet dalgacıklarına yer verilmiştir.

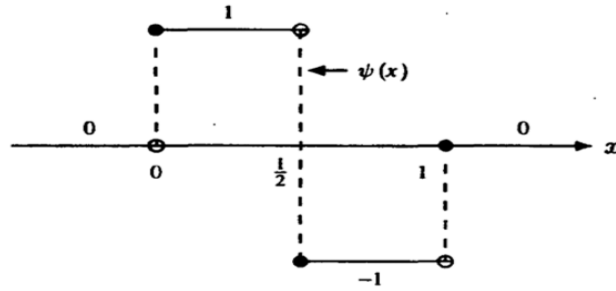
4.4.1.1. Haar Dalgacığı

Dalgacık ifadesi, ilk defa Macar matematikçi Alfred Haar (1910)’ın doktora tezinin ekler kısmında yer almıştır. Bu nedenle haar dalgacığı ilk ve en basit dalgacık fonksiyonudur. Haar dalgacık, bir kare dalga sistemidir. Haar dalgacık fonksiyonun ölçekleme fonksiyonu ve matematiksel ifadesi denklem 4.17 ve 4.18’ de yer almaktadır (Hariharan and Kannan, 2013, 4-5).

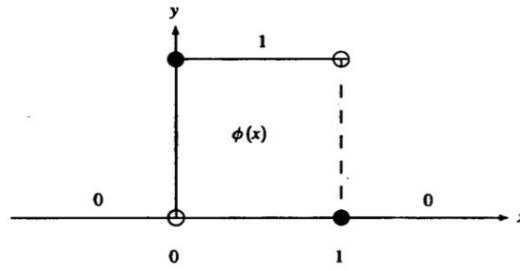
$$h_0(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 1 \\ 0, & \text{Diğer Durumda} \end{cases} \quad (4.17)$$

$$h_1(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 1/2 \\ -1, & 1/2 \leq x < 1 \\ 0, & \text{Diğer Durumda} \end{cases} \quad (4.18)$$

Denklemlerde, $h_0(t)$ ölçekleme fonksiyonu, $h_1(t)$ ise ana dalgacık fonksiyonudur. Haar dalgacığı ve haar ölçekleme fonksiyonu sırasıyla Şekil 4.4. ve Şekil 4.5.'de yer almaktadır.



Şekil 4.4. Haar Dalgacığı



Şekil 4.5. Haar Ölçekleme Fonksiyonu

Kaynak: Boggess, Albert and Francis J. Narcowich, *A First Course in Wavelet with Fourier Analysis*, N.J: Prentice Hall, s.158-164.

4.4.1.2. Daubechies Dalgacığı

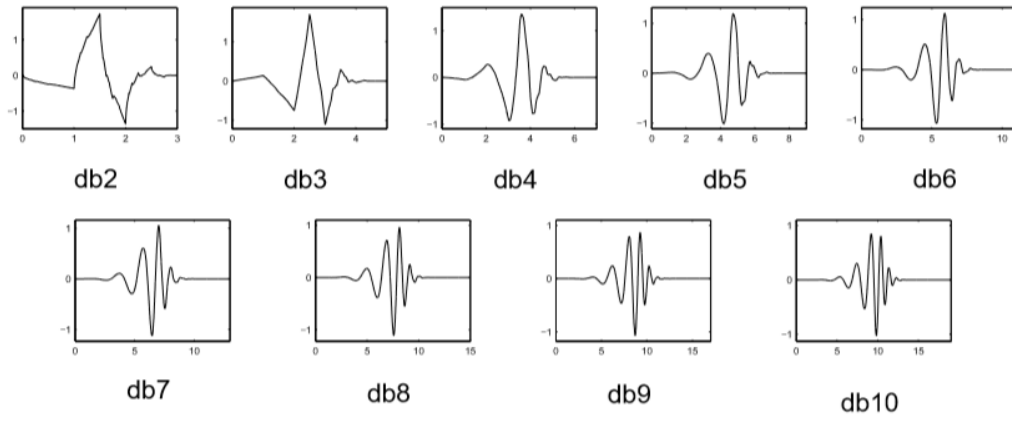
Daubechies dalgacığı, farklı dalgacık uzunluğuna sahip Haar dalgacığıdır. Daubechies ailesinin dalgacıklarının isimleri, dbN olarak yazılır; burada N sırası ve db "dalga'nın soyadı"nı ifade etmektedir. Daubechies dalgacık filtrelerinin sınıfını tanımlamanın en basit yolu, ölçeklendirme filtresinin kare kazanç fonksiyonu kullanılmasıdır.

$$\mathcal{G}(f) = 2\cos^L(\pi f) \sum_{l=0}^{L/2-1} \binom{L/2-1+l}{l} \sin^{2l}(\pi f) \quad (4.19)$$

Denklemden filtrenin uzunluğu olan L , pozitif bir çift tam sayıdır ve

$$\binom{a}{b} = \frac{a!}{b!(a-b)!} = \frac{\Gamma(a+1)}{\Gamma(b+1)\Gamma(a-b+1)} \quad (4.20)$$

Denklem 4.28' de eğer $L=2$ olursa ve $\mathcal{G}(f)$ 'ye kesikli Fourier dönüşümü uygulanırsa, ortaya çıkan ölçekleme filtresi katsayıları Haar dalgacığını verecektir. Dolayısıyla haar dalgacığı, dalgacık uzunluğu 2 olan daubechies dalgacık olarak görülebilmektedir (Gençay et al., 2002, 112). Daubechies ailesinin dalgacık fonksiyonları Şekil 4.6.'da yer almaktadır.



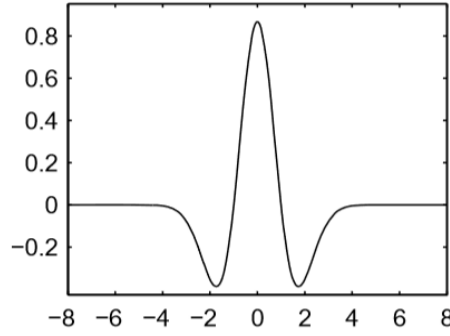
Şekil 4.6. Daubechies Dalgacığı

4.4.1.3. Mexican Hat Dalgacığı

Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonunun ikinci türev fonksiyonuyla orantılı bir fonksiyondan türetilmiş olan Mexican hat dalgacığı, hiçbir ölçeklendirme fonksiyonuna sahip değildir (Misiti et al., 2007, 1-46). Gauss fonksiyonu $\exp(-t^2/(2\sigma^2))$ 'nin ikinci türevi olan dalgacık fonksiyonu denklem aşağıda yer almaktadır (Liu, 2010, 27):

$$\psi(t) = \frac{2}{\pi^{1/4}\sqrt{3}\sigma} \left(\frac{t^2}{\sigma^2} - 1 \right) \exp\left(-\frac{t^2}{\sigma^2}\right) \quad (4.21)$$

Adını Meksikalıların giydikleri şapkaya benzerlikten alan Mexican Hat dalgacığı Şekil 4.7.'de yer almaktadır.



Şekil 4.7. Mexican Hat Dalgacı

4.4.1.4. Meyer Dalgacı

Meyer dalgacı, dalgacık ve ölçeklendirme fonksiyonu frekans alanında tanımlanmış olan dalgacık türlerinden birisidir. Meyer dalgacığının temel fonksiyonu denklem 4.22’de yer aldığı gibidir (Karim et al., 2012, 686):

$$\psi(\varepsilon) = \begin{cases} (2\pi)^{-1/2} e^{i\varepsilon/2} \sin\left[\frac{\pi v}{2}\left(\frac{3}{2\pi}|\varepsilon| - 1\right)\right], & \frac{2\pi}{3} \leq |\varepsilon| \leq \frac{4\pi}{3} \\ (2\pi)^{-1/2} e^{i\varepsilon/2} \cos\left[\frac{\pi v}{2}\left(\frac{3}{4\pi}|\varepsilon| - 1\right)\right], & \frac{4\pi}{3} \leq |\varepsilon| \leq \frac{8\pi}{3} \\ 0, & \text{Diğer Durumlarda} \end{cases} \quad (4.22)$$

Denlemdeki v fonksiyonu aşağıdaki şartları sağlamaktadır.

$$v(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases} \quad (4.23)$$

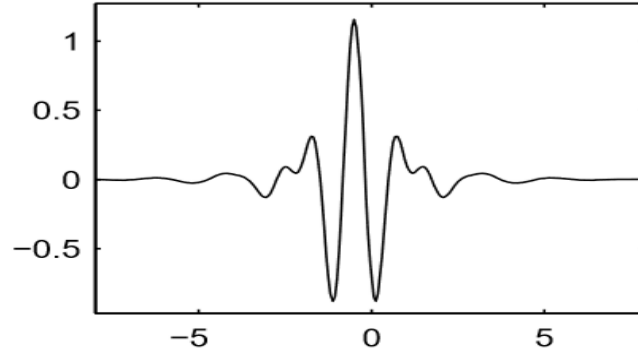
İlave özellik olarak;

$$v(x) + v(1 - x) = 1 \quad (4.24)$$

Aynı zamanda meyer ölçekleme fonksiyonu;

$$\varphi(\varepsilon) = \begin{cases} (2\pi)^{-1/2} e, & \frac{2\pi}{3} \leq |\varepsilon| \leq \frac{4\pi}{3} \\ (2\pi)^{-1/2} e^{i\varepsilon/2} \cos\left[\frac{\pi v}{2}\left(\frac{3}{4\pi}|\varepsilon| - 1\right)\right], & \frac{4\pi}{3} \leq |\varepsilon| \leq \frac{8\pi}{3} \\ 0, & \text{Diğer Durumlarda} \end{cases} \quad (4.25)$$

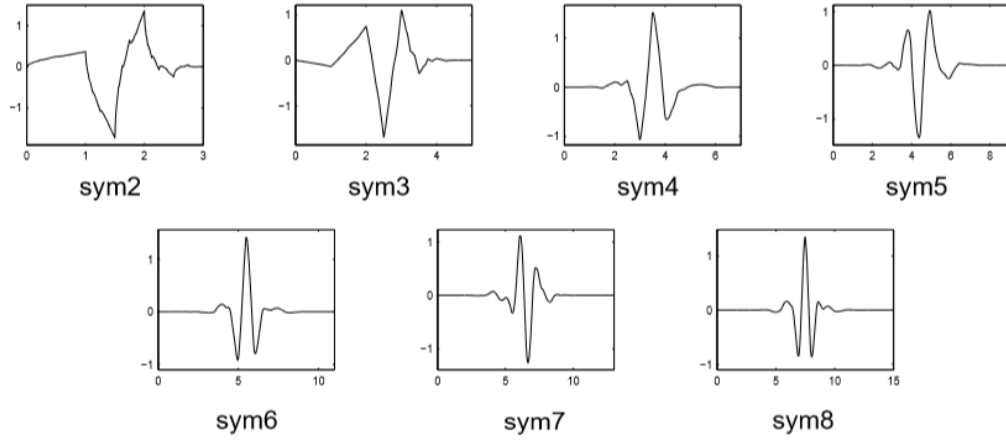
Meyer dalgacığının şekli aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.8. Meyer Dalgacı

4.4.1.5. Symlet Dalgacı

Simetrik dalgacıklarla işlem, bazı uygulamalar için bir önem arz etmezken; görüntü işleme, veri sıkıştırma gibi uygulamalarda ise büyük önem kazanmaktadır. Simetrik olmanın dezavantajı ise, sinyalin ayrıştırılması sonrasında mutlak şekilde yeniden oluşturulmasının her zaman mümkün olmamaktadır. Ürettiği dalgacıklarda bu sorunu gören Daubechies, daha simetrik ama yine küçük destekli bir dalgacık üretme ihtiyacı duymuştur (Demren, 2015, 60). Bu nedenle Symlet dalgacıkları, Daubechies ailesinin modifiye edilmiş bir formu olarak neredeyse Daubechies dalgacıklarıyla simetrik olan dalgacıklar olarak tasarlanmıştır (Chavan et al., 2011, 38). Symlet dalgacı, ortogonal dalgacıklar arasında "En az asimetric" olan dalgacık olarak da bilinmektedir. Symlet dalgacık, herhangi bir pozitif tam sayı için tanımlanabilmektedir. Ölçeklendirme fonksiyonu (ϕ) ve dalgacık fonksiyonu (ψ) $2N$ kompakt destek uzunluğuna sahiptir. Dalgacık, gizli dalgacık dönüşümü ve Dalgacık Phi gibi işlevlerle kullanılabilir (Bhamidipati et al., 2014, 35-36). Symlet dalgacık fonksiyonları aşağıdaki şekilde yer almaktadır (Demren, 2015, 60).



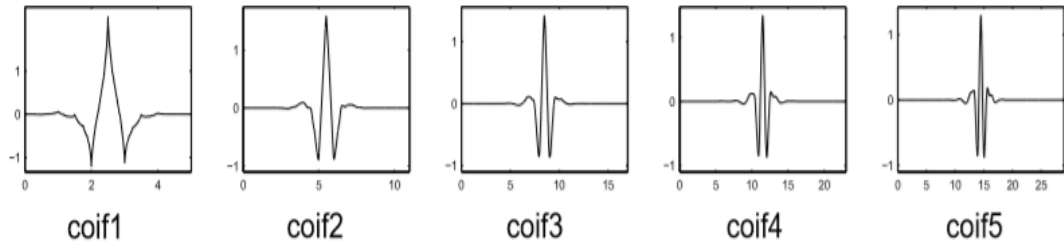
Şekil 4.9. Symlet Dalgacı

4.4.1.6. Coiflet Dalgacı

Coiflet dalgacı Ronald Coifman'ın önerisi üzerine Daubechies tarafından yapılmıştır. Dalgacık fonksiyonu $2N$ momentleri ve ölçekleme fonksiyonu $2N-1$ momentleri sıfıra eşittir (Kaur et al., 2013, 671). Ölçek uzunluğu sıfıra yaklaşan momentlerin sayısına göre $2P-1$ yerine artık $3P-1$ olarak belirlendiğinden dolayı Coiflet dalgacı Daubechies dalgacığına göre daha simetriktir. Coiflet dalgacığında da yine sıfıra yaklaşan momentler (vanishing moments) temel alınmış ancak ölçekleme fonksiyonunun aşağıdaki özellikleri taşıması üzerinde durulmuştur (Gürsikal, 2009, 72):

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t) dt = 1 \text{ ve } \int_{-\infty}^{\infty} t^k \phi(t) dt = 0 \quad 1 \leq k < p \quad (4.26)$$

Farklı filtre uzunluğundaki coiflet dalgacıklarının şekilleri aşağıdaki gibidir.



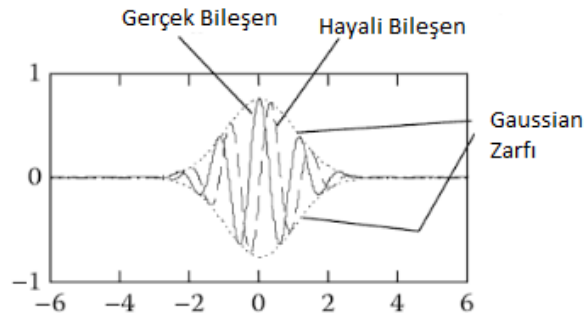
Şekil 4.10. Coiflet Dalgacı

4.4.1.7. Morlet Dalgacı

1981'de, bir Fransız petrol şirketi için çalışan jeofizikçi Jean Morlet, petrol arama proseslerinde karşılaşılan sinyal işleme problemlerini çözmek için Morlet dalgacıkları olarak bilinen teknolojiyi geliştirmiştir. Özellikle, Morlet dalgacık fonksiyonu şu şekilde yazılabilir (Rua, 2012, 74):

$$\psi(t) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2} \quad (4.27)$$

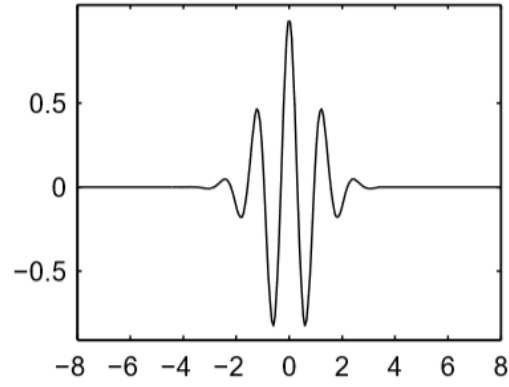
Denklem 4.27'de yer alan ω_0 parametresi Gauss zarfı içindeki salınımların sayısını kontrol etmektedir. ω_0 ' ı artırarak daha iyi frekans lokasyonu sağlanabilmektedir. Uygulamalarda $\omega_0=6$ iken zaman ve frekans lokasyonu arasında iyi bir denge sağlanmaktadır (Rua, 2012, 75).



Şekil 4.11. Morlet Dalgacığının Bileşenleri

Kaynak: Addison, P.S. (2002). *The Illustrated Wavelet Transform Handbook Introductory Theory and Application in Science, Engineering, Medicine and Finance*. (1 st Edition). Taylor&Francis Group, CRS Press.

Şekil 4.11 incelendiğinde Morlet dalgacı, bir Gauss zarfı içindeki karmaşık bir sinüs dalgasından oluştuğu görülmektedir. Morlet dalgacığının avantajlarından birisi hem zamana bağlı genliğe hem de farklı frekans fazlarına izin veren kompleks bir yapıya sahip olmasıdır (Rua, 2012, 74).



Şekil 4.12. Morlet Dalgacı

Haar, Daubechies, Mexican Hat, Meyer, Symlet, Coiflet ve Morlet dalgacıklarına ait temel özellikleri özet bir şekilde görülebilmesi ve kıyaslama yapılabilmesi için Tablo 4.1. hazırlanmıştır.

Tablo 4.1. Dalgacık Türlerinin Temel Özellikleri

Özellikler	Haar Dalgacı	Daubechies Dalgacı	Symlet Dalgacı	Mexican Hat Dalgacı	Meyer Dalgacı	Coiflet Dalgacı	Morlet Dalgacı
Ortogonallik	Ortogonal ve biortogonaldir.	Ortogonal ve biortogonaldir.	Ortogonal ve biortogonaldir.	Ortogonal veya biortogonal değildir.	Ortogonal ve biortogonaldir.	Ortogonal ve biortogonaldir.	Ortogonal veya biortogonal değildir.
Ölçek	Ölçek fonksiyonu vardır.	Ölçeklendirme fonksiyonu vardır.	Ölçeklendirme fonksiyonu vardır.	Ölçeklendirme fonksiyonu yoktur.	Ölçeklendirme fonksiyonu vardır.	Ölçeklendirme fonksiyonu vardır.	Ölçeklendirme fonksiyonu yoktur.
Süreklilik	Hem sürekli hem de ayrık dönüşüme uygundur.	Hem sürekli hem de ayrık dönüşüme uygundur.	Hem sürekli hem de ayrık dönüşüme uygundur.	Sadece sürekli dönüşüme uygundur.	Hem sürekli hem de ayrık dönüşüme uygundur.	Hem sürekli hem de ayrık dönüşüme uygundur.	Sadece sürekli dönüşüme uygundur.
Birleşme Noktası ve Genişlik	Birleşme nokta sayısı ve destek genişliği 1' dir.	Destek genişliği 'N-1' dir.	Verilen bir birleşme noktası N için, destek genişliği 2N-1' dir.	Etkili olduğu destek [-5,+5] aralığındadır.	Kompact desteği yoktur ancak etkili olduğu destek [-8,+8] aralığındadır.	Destek genişliği 6N-1' dir.	Etkili olduğu destek [-4,+4] aralığındadır.
Simetriklik	Simetriktir.	Asimetrik değildir.	Neredeyse simetriktir.	Simetriktir.	Simetriktir.	Neredeyse simetriktir.	Simetriktir.
Filtre Genişliği	Filtre genişliği 2' dir.	Filtre genişliği 2N' dir.	Filtre genişliği 2N' dir.			Filtre genişliği 6N' dir.	

Kaynak: Misiti, Michael, Yves Misiti, Georges Oppenheim and J. Michel Poggi, *Wavelet Toolbox For Use With Matlab*, 1nd ed., The MathWorks Inc. 1996. ve Morsche, Hennier Ter, *Wavelet Basic*, (https://www.win.tue.nl/casa/meetings/seminar/previous/index_files/wavelets1.pdf) (Erişim Tarihi 12.12.2017)
Kaynaklarından yazar tarafından düzenlenmiştir.

4.4.2. Sürekli Dalgacık Uyumu Dönüşümü

Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD), çözünürlük probleminin üstesinden gelmek için kısa zaman Fourier dönüşümüne alternatif bir yaklaşım olarak geliştirilmiştir. Dalgacık analizi, sinyalin KZFD'deki pencere işlevine benzer bir işlevle (yani dalgacık) çarpılmasıyla, zaman-alan sinyalinin kesimlerinin dönüşümünde de farklı olarak hesaplanır. Bununla birlikte, KZFD'nün aksine SDD'de pencerenin genişliği, her bir spektral bileşen için değiştirilerek hesaplanabilmektedir (Polikar, 2006, 33-34).

Fourier analizi, bir sinyalin farklı frekanslara sahip sinüs dalgalarına ayrılmasından oluşmaktadır. Benzer şekilde dalgacık analizi, bir sinyalin, 'ana dalgacık' olarak adlandırılan fonksiyonun kaydırılmış ve ölçeklendirilmiş versiyonlarına bölünmesidir. Sürekli dalgacık dönüşümü ise, sinyalin zaman içindeki toplamı ile dalgacıkta ölçeklendirilmiş ve kaydırılmış versiyonların çarpımıdır. Bu işlem, ölçek ve konumun bir fonksiyonu olan dalgacık katsayılarını üretilmesini sağlar. $f(t) \in L^2$ şeklindeki bir fonksiyonu analiz eden bir dalgacık, ϕ 'ya göre integral dalgacık dönüşümü şu şekilde tanımlanır (Olkkonen, 2011, 48):

$$W_{\phi}f(b, a) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\phi_{b,a}(t)dt \quad (4.28)$$

Burada,

$$\phi_{b,a} = \frac{1}{\sqrt{a}}\phi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a > 0 \quad (4.29)$$

Denklemden b ve a parametreleri sırasıyla; kaydırma ve genişleme parametreleridir. $\sqrt{a}$ ise normelleştirme faktörüdür. Ters dalgacık dönüşümü ifadesi ise;

$$f(t) = \frac{1}{C_{\phi}} \int_{-\infty}^{\infty} db \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{a^2} [W_{\phi}f(b, a)] \phi_{b,a}(t) da \quad (4.30)$$

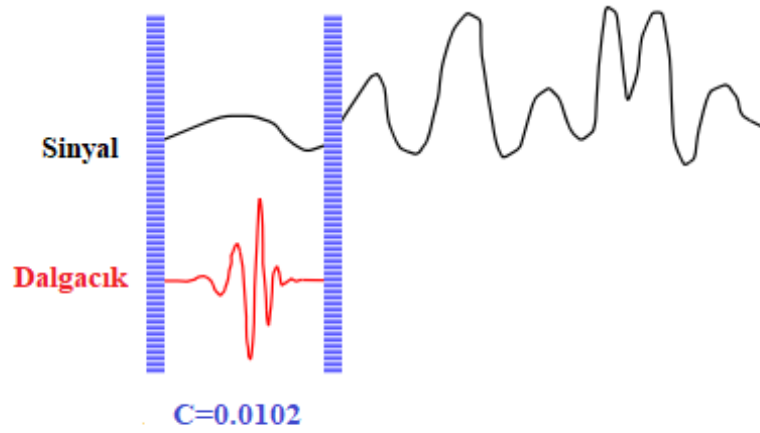
Burada C_{ϕ} , dalgacık seçimine bağlı bir sabittir ve aşağıdaki fonksiyonla ifade edilir:

$$C_{\phi} = \int \frac{|\phi^{\wedge}(\omega)|^2}{[\omega]} d\omega < \infty \quad (4.31)$$

Seçilen ana dalgacık, dönüşüm işleminde kullanılacak pencerelerin temelidir. Bu nedenle, ilk olarak ana dalgacık belirlenir ardından ana dalgacık tüm dönüşüm işlemi

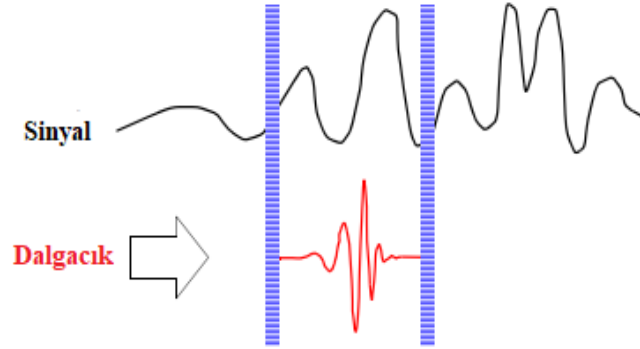
boyunca ölçeklendirilip (genişletme ya da sıkıştırma) ötelenerek farklı konum ve biçimde pencereler elde edilir. Ana dalgacık seçiminden sonra dönüşüm katsayılarının hesaplanması işlemine (genelde $a=1$ ölçeği ile) geçilir. Sürekli dalgacık dönüşümü gerçekte 1'den büyük tüm ölçek değerleri için hesaplanır, fakat işarete bağlı olarak bu işleme genellikle gereksinim duyulmaz. Uygulamada karşılaşılan işaretler, genelde sınırlı bant genişliğine sahip olduğundan dönüşüm işlemi de sınırlı ölçek aralığında yapılır (Altay, 2010, 35). Sürekli dalgacık dönüşümü beş adımda gerçekleştirilebilmektedir (Missiti et al., 2007, 1-17):

1. Bir dalgacık seçilir ve orijinal sinyalin başlangıç bölümüyle karşılaştırılır.
2. Seçilen sinyalin bölümüyle dalgacık arasındaki ilişki gösteren C katsayısı hesaplanır. C ne kadar yüksek olursa o kadar benzer olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle, eğer sinyal ve dalgacığın enerjisi bire eşitse, C korelasyon katsayısı olarak yorumlanabilecektir.



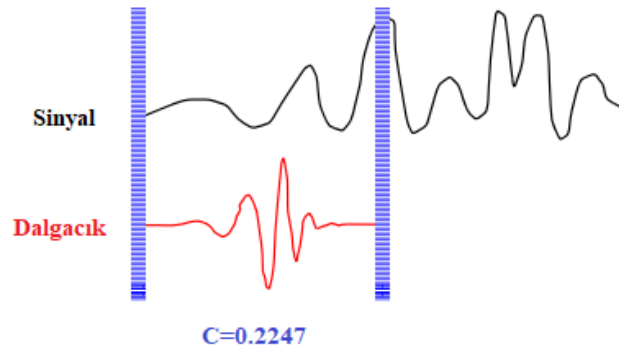
Şekil 4.13. Sürekli Dalgacık Dönüşümü İkinci Adım

3. Dalgacık bir miktar sağa kaydırılarak, bütün sinyal kaplanıncaya kadar birinci ve ikinci adımlar tekrarlanır.



Şekil 4.14. Sürekli Dalgacık Dönüşümü Üçüncü Adım

4. Ölçek genişletilerek önceki adımlar tekrar edilir.



Şekil 4.15. Sürekli Dalgacık Dönüşümü Dördüncü Adım

5. Bütün ölçek değerleri için 1'den 4'e kadar olan adımlar tekrar edilir.

Sürekli dalgacık dönüşümünde yukarıda belirtilen bütün aşamaların her bir ölçek için tekrar edilmesi hem zaman açısından hem de matematiksel olarak zorluklar oluşturmaktadır. Söz konusu zorluklar nedeniyle ayrık dalgacık dönüşümü tercih edilmektedir.

4.4.3. Ayrık Dalgacık Uyumu Dönüşümü

Ayrık Dalgacık Dönüşümünün (ADD) temellerini oluşturan Croiser, Esteban ve Galand'ın ayrık zaman sinyallerini ayrıştırması, 1976'da geliştirdikleri bir tekniğe

dayanmaktadır (Polikar, 2006, 59-60). Sürekli dalgacık dönüşümü bir sinyale uygulandığında, işaret ile ilgili olarak elde edilen dalgacık katsayılarının, işareti incelemek ve tekrar ters dalgacık dönüşümü ile geri elde etmek için gerekenden çok işlem ve zaman ihtiyacı olması nedeniyle ayrık dalgacık dönüşümüne gereksinim oluşmuştur. Sürekli dalgacık dönüşümünün uygulanması hem fazla zaman almakta hem de gereksiz çok fazla veri üretilerek bilgisayar belleğinde çok fazla yer kapladığından sıkıntı yaratmaktadır (Altay, 2010, 44). Ayrık dalgacık dönüşümü ise, sürekli dalgacık dönüşümü ile matematiksel kapsam olarak aynıdır. Her iki dönüşümde de sayısal bir sinyalin zaman ölçeğinde gösterimi, dijital filtreleme teknikleri kullanılarak elde edilir. Sürekli dalgacık dönüşümü, analiz penceresinin ölçeğini değiştirerek, pencereyi zamanla kaydırarak ve sinyal ile çarparak aynı anda tüm zamanlara entegre edilmektedir. Ayrık dalgacık dönüşümünde ise, farklı kesme frekanslı filtreler yardımıyla sinyal farklı ölçeklerde analiz edilmektedir. Sinyal, yüksek frekansları analiz etmek için bir dizi yüksek geçirgenliğe sahip filtreden geçirilecektir, benzer şekilde düşük frekansları analiz etmek için düşük geçirgenliğe sahip filtrelerden geçirilecektir. Sinyalin, detay bilgilerinin bir ölçüsü olan sinyal çözünürlüğü, filtreleme işlemleri ile ölçek ise, yukarı örnekleme ve aşağı örnekleme (alt örnekleme) işlemleri aracılığıyla değiştirilir. Bir sinyalin alt örnekleme, örnekleme oranını azaltmaya veya sinyalin bazı örneklerini kaldırma işlemi anlamına gelmektedir. Bir sinyali yükseltmek ise, sinyalde yeni örnekler ekleyerek sinyalin örnekleme oranının artırılmasını ifade etmektedir (Polikar, 2006, 59-60).

Ayrık alanda (discrete domain), ölçek ve kaydırma parametreleri $a = a_0^m$ ve $b = nb_0$ olarak ayrılır ve ayrılmış dalgacıkların analizi denklem 4.32'deki gibi formüle edilmektedir (Lee and Yamamoto, 1994, 45):

$$\psi_{m,n}(t) = a_0^{-m/2} \psi\left(\frac{t-nb_0}{a_0^m}\right) \quad (4.32)$$

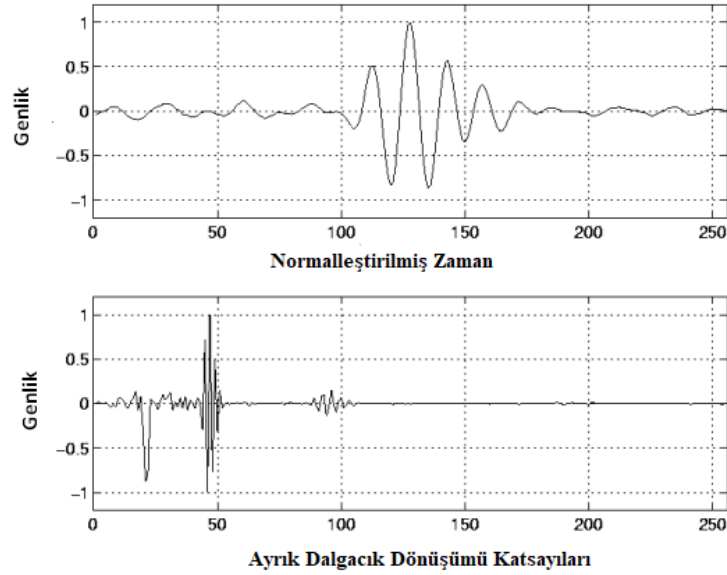
Burada m ve n tamsayı değerleridir. Ayrık dalgacık dönüşümü ve ters dalgacık dönüşümü aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$S_{m,n} = \int_{-\infty}^{\infty} \psi'_{m,n}(t) s(t) dt \quad (4.33)$$

$$s(t) = k_{\psi} \sum_m \sum_n S_{m,n} \psi_{m,n}(t) \quad (4.34)$$

Burada k_ψ , normalleştirme için sabit bir değerdir.

Şekilde 4.16.'da ayrık dalgacık uyumu dönüşümü örneği yer almaktadır.



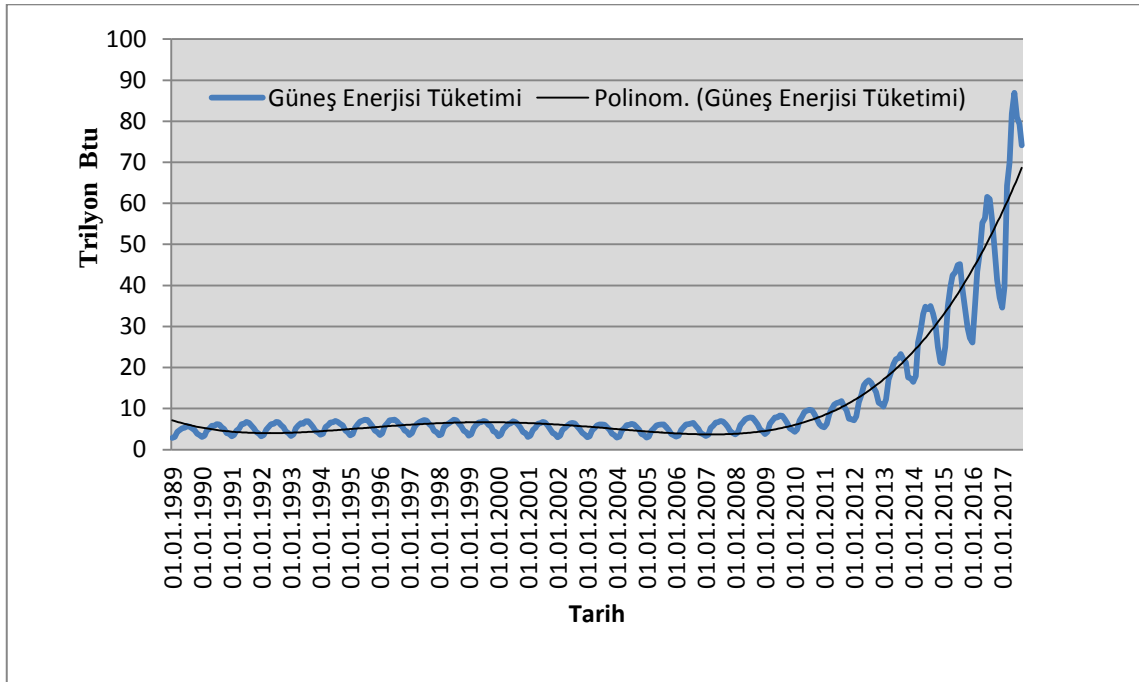
Şekil 4.16. Ayrık Dalgacık Dönüşümü

4.5. Veri Seti ve Temel İstatistikî Özellikleri

Bu araştırmanın etkin bir şekilde yürütülebilmesi için ön koşul, ilgili değişkenlere ait gözlemlerin yüksek frekansa sahip olmaları gerekliliğidir. Bu amaç doğrultusunda, (i) yüksek frekansa sahip enerji üretim ve tüketim verilerine sahip olması, (ii) diğer takip edilebilecek yüksek frekanslı kontrol değişkenlere sahip olması, (iii) araştırma örneklemini olarak sera gazı emisyonu açısından Dünya'daki ikinci ülke konumunda olması, (iv) 18. yüzyıldan bu yana, yasama birimlerinin önemle üzerinde durdukları enerji politikalarının varlığı, (v) bu mevcut enerji politikalarının sonuçlarının analiz edilebilecek olması ve (vi) enerji verilerine de erişilebilirlik açısından, bu tezde Amerika Birleşik Devletleri'ne ait enerji ve enerji politikalarına ait veriler takip edilmektedir. Veri kısıtı dikkate alınarak analize, 1989:1-2017:8 dönemi dahil edilmiştir.

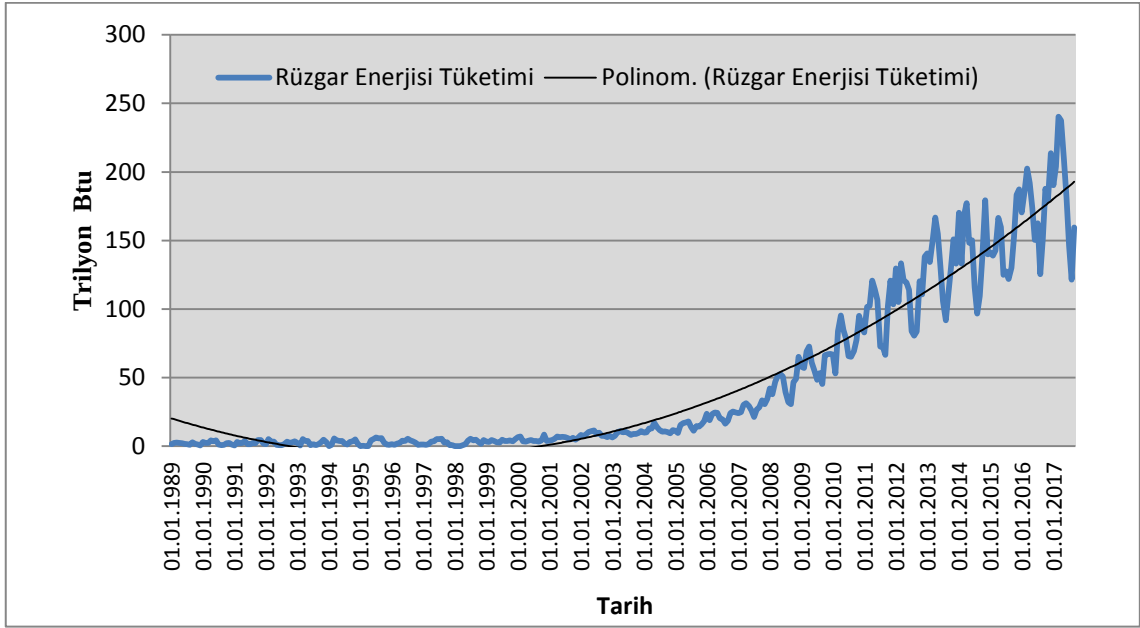
Çalışmanın bu bölümünde, ABD'ye ait değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ve 1989:1-2017:8 zaman aralığında ki gelişimleri grafiksel olarak ele alınmıştır. Sırasıyla grafiklerde; ABD'nin güneş enerjisi tüketimi, rüzgar enerjisi tüketimi, biyoyakıt

tüketimi, biyokütle enerjisi tüketimi, hidroelektrik güç tüketimi, odun enerjisi tüketimi, atık enerjisi tüketimi, jeotermal enerjisi tüketimi, toplam yenilenebilir enerji tüketimi, sanayi üretim endeksi, toplam fosil yakıt tüketimi ve son olarak da toplam karbon dioksit emisyonuna ait trend grafikleri ile bu değişkenlere ait denklemlere yer verilmiştir. Denklemlerle birlikte anlamlılık katsayı olarak ifade edilen R^2 değerleri de yer almıştır. Daha sonra ABD enerji kaynaklarına ait özet tanımlayıcı istatistikler değerlendirilmiştir.



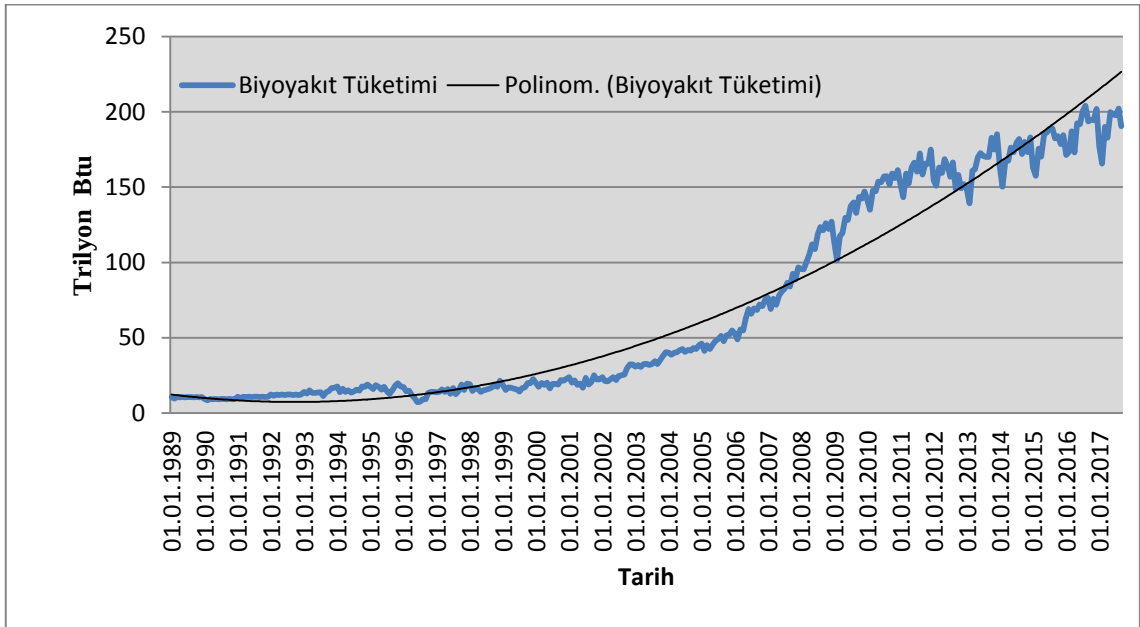
Grafik 4.1. ABD'nin Güneş Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği

ABD'nin güneş enerjisi tüketimine ait $R^2=0,916$ ve güneş enerjisi tüketimine ait denklem " $y = 5E-14x^4 - 7E-09x^3 + 0,0004x^2 - 9,7688x + 88413$ " şeklindedir.



Grafik 4.2. ABD'nin Rüzgar Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği

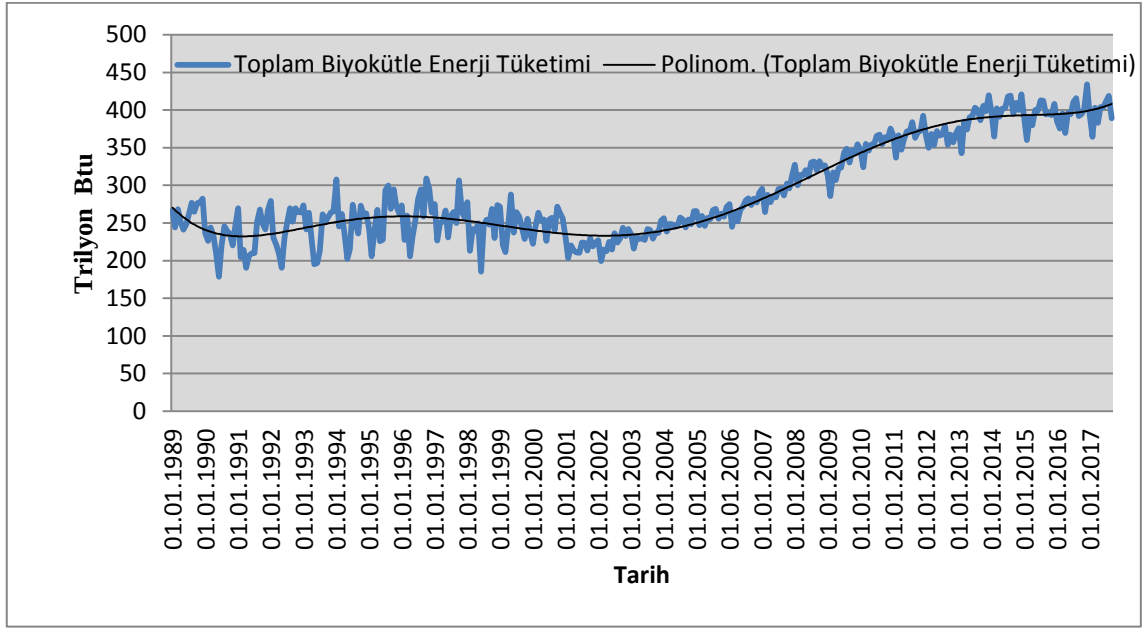
ABD'nin rüzgar enerjisi tüketimine ait $R^2=0,933$ ve rüzgar enerjisi tüketimine ait denklem " $y = 3E-06x^2 - 0,2423x + 4275,2$ " şeklindedir.



Grafik 4.3. ABD'nin Biyoyakıt Tüketimine Ait Trend Grafiği

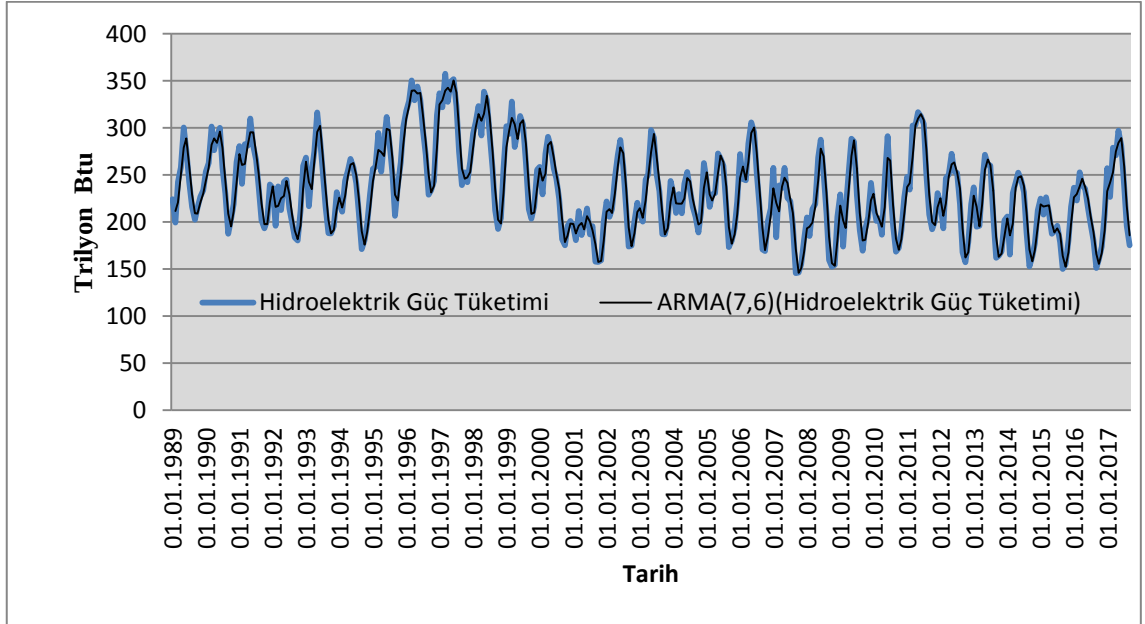
ABD'nin biyoyakıt tüketimine ait $R^2=0,950$ ve biyoyakıt tüketimine ait denklem

" $y = 3E-06x^2 - 0,1791x + 3040,8$ " şeklindedir.



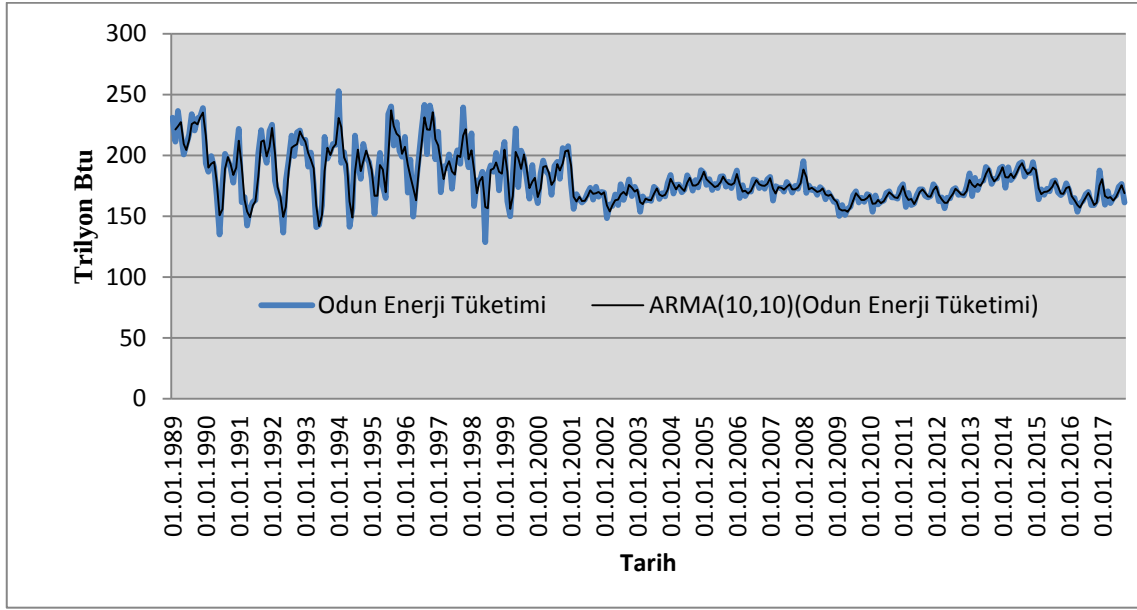
Grafik 4.4. ABD'nin Biyokütle Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği

ABD'nin biyokütle enerjisi tüketimine ait $R^2=0,911$ ve biyokütle enerjisi tüketimine ait denklem, “ $y = 2E-20x^6 - 5E-15x^5 + 5E-10x^4 - 2E-05x^3 + 0,7038x^2 - 10598x + 7E+07$ ” şeklindedir.



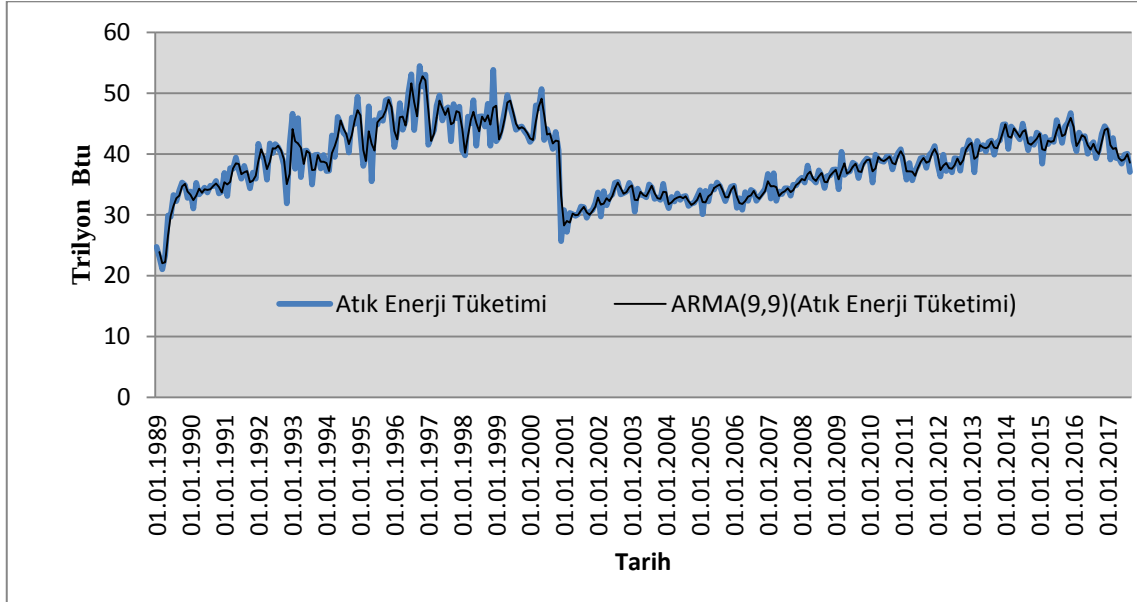
Grafik 4.5. ABD'nin Hidroelektrik Güç Tüketimine Ait Trend Grafiği

ABD'nin hidroelektrik güç tüketimine ait $R^2=0,851$ ve hidroelektrik güç tüketimine ait ARMA denklemi “ $233.410 + 1.878 [AR(1)] - 0.872[AR(2)] - 1.004[AR(3)] + 0.866[AR(4)] + 1.009[AR(5)] - 1.868[AR(6)] + 0.867[AR(7)] - 1.024[MA(1)] - 0.0508[MA(2)] + 0.981[MA(3)] + 0.103[MA(4)] - 1.025[MA(5)] + 0.914[MA(6)]$ ” şeklindedir.



Grafik 4.6. ABD'nin Odun Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği

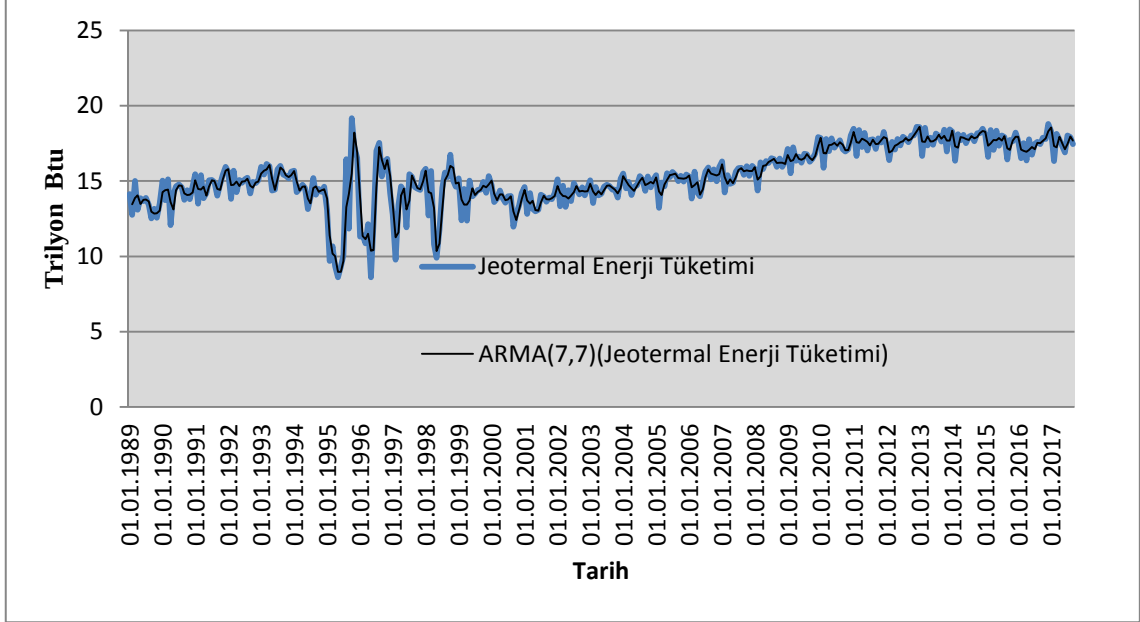
ABD'nin odun enerji tüketimine ait $R^2=0.646$ ve odun enerji tüketimine ait ARMA denklemleri “ $183.100 + 0.633 [AR(1)] + 0.291[AR(2)] + 1.002[AR(3)] - 0.893[AR(4)] - 0.315[AR(5)] - 0.754[AR(6)] + 0.963[AR(7)] + 0.067[AR(8)] + 0.659[AR(9)] - 0.689[AR(10)] - 0.169[MA(1)] - 0.305[MA(2)] - 1.190[MA(3)] + 0.633[MA(4)] + 0.466[MA(5)] + 0.875[MA(6)] - 0.831[MA(7)] - 0.237[MA(8)] - 0.516[MA(9)] + 0.619[MA(10)]$ ” şeklindedir.



Grafik 4.7. ABD'nin Atık Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği

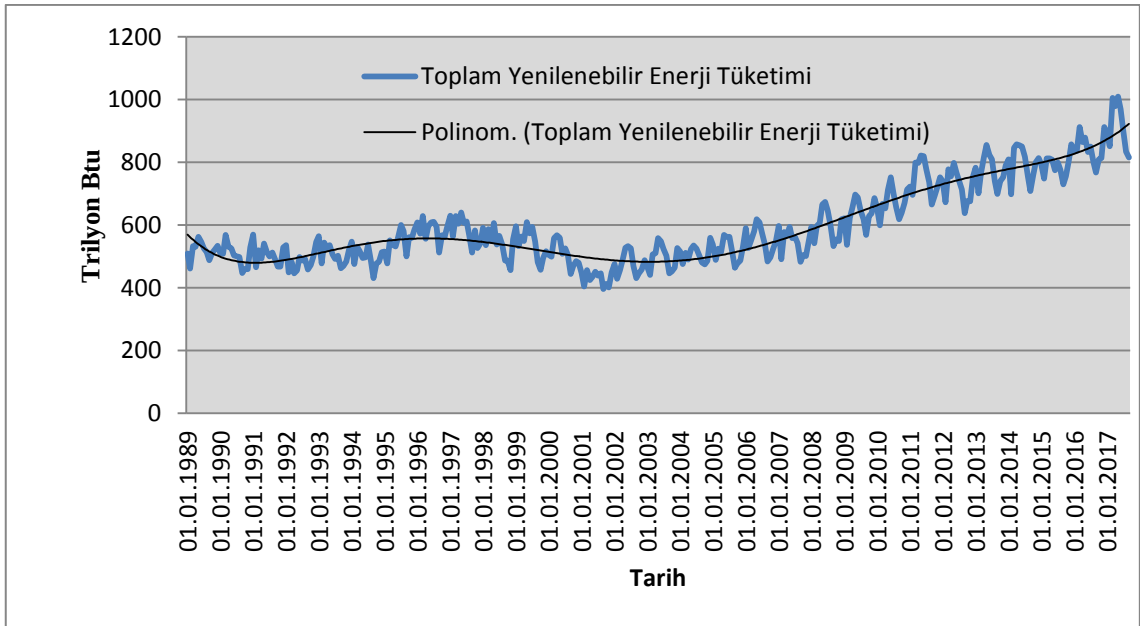
ABD'nin atık enerji tüketimine ait $R^2=0.802$ ve atık enerji tüketimine ait ARMA denklemleri “ $37.042 + 1.392 [AR(1)] - 1.290[AR(2)] + 0.586[AR(3)] + 0.0722[AR(4)] + 0.152[AR(5)] - 0.876[AR(6)] + 1.492[AR(7)] - 1.187[AR(8)] + 0.615[AR(9)] - 0.998[MA(1)] +$

$1.182 [MA(2)] - 0.289[MA(3)] + 0.143[MA(4)] - 0.034[MA(5)] + 0.879[MA(6)] - 1.072 [MA(7)] + 0.943[MA(8)] - 0.523[MA(9)]$ şeklindedir.



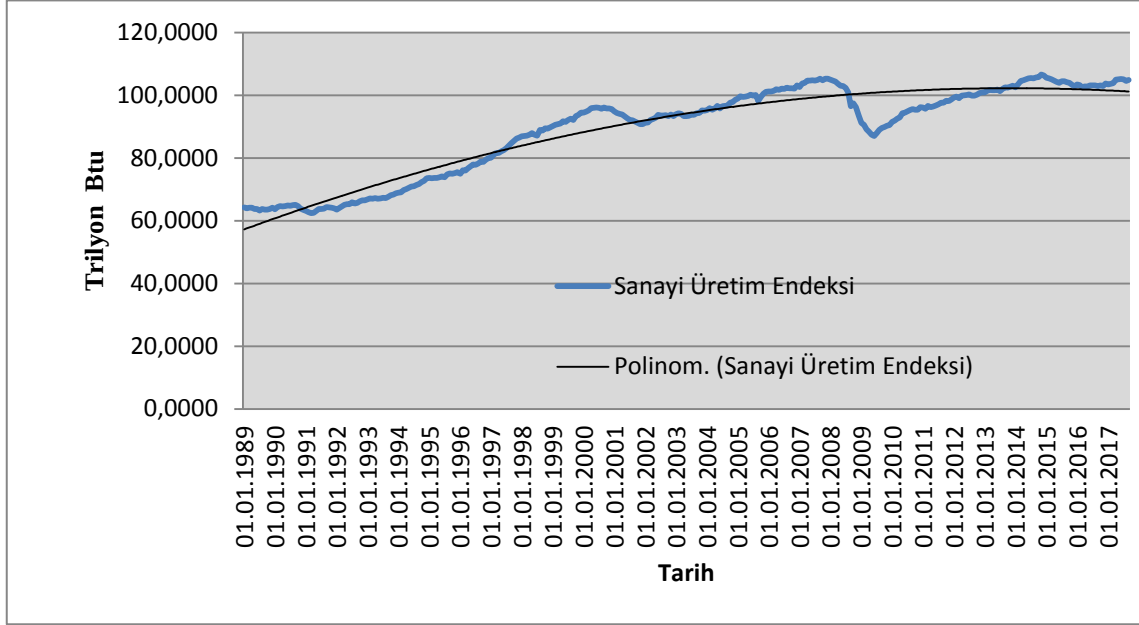
Grafik 4.8. ABD'nin Jeotermal Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği

ABD'nin jeotermal enerji tüketimine ait $R^2=0.782$ ve jeotermal enerji tüketimine ait ARMA denklemi " $15.472 + 0.929[AR(1)] + 0.044[AR(2)] + 0.004[AR(3)] + 0.027[AR(4)] + 0.0502[AR(5)] - 0.964[AR(6)] + 0.891[AR(7)] - 0.450[MA(1)] - 0.130[MA(2)] - 0.137[MA(3)] - 0.042[MA(4)] - 0.221[MA(5)] + 0.842[MA(6)] - 0.378[MA(7)]$ " şeklindedir.



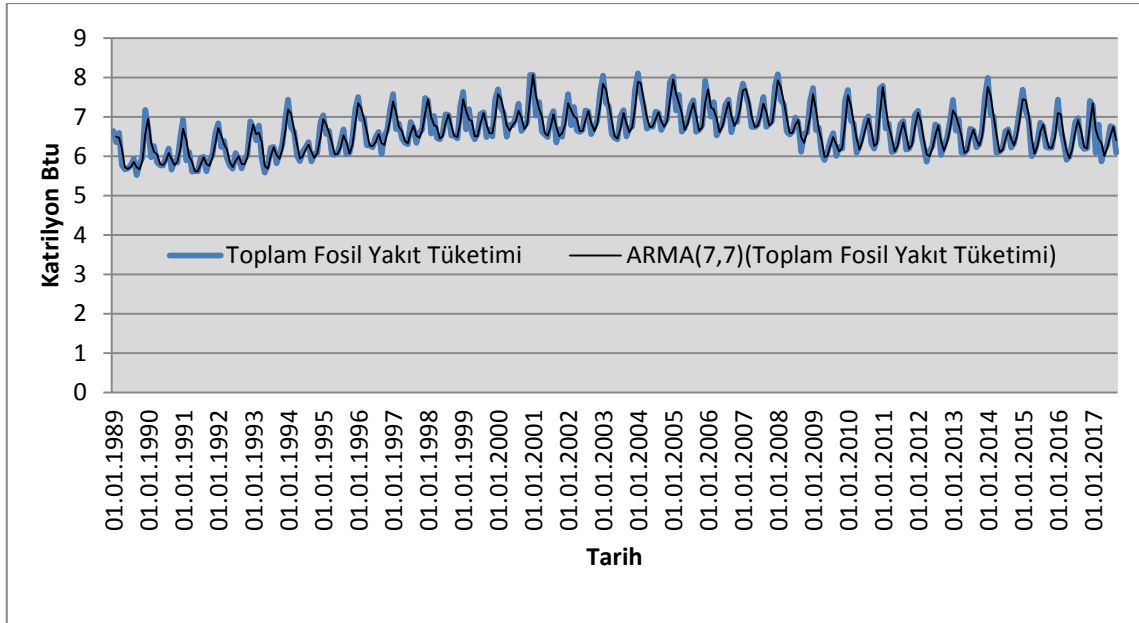
Grafik 4.9. ABD'nin Toplam Yenilenebilir Enerjisi Tüketimine Ait Trend Grafiği

ABD'nin toplam yenilenebilir enerjisi tüketimine ait $R^2=0,871$ ve toplam yenilenebilir enerjisi tüketimine ait denklem " $y = 5E-20x^6 - 1E-14x^5 + 1E-09x^4 - 6E-05x^3 + 1,6179x^2 - 24375x + 2E+08$ " şeklindedir.



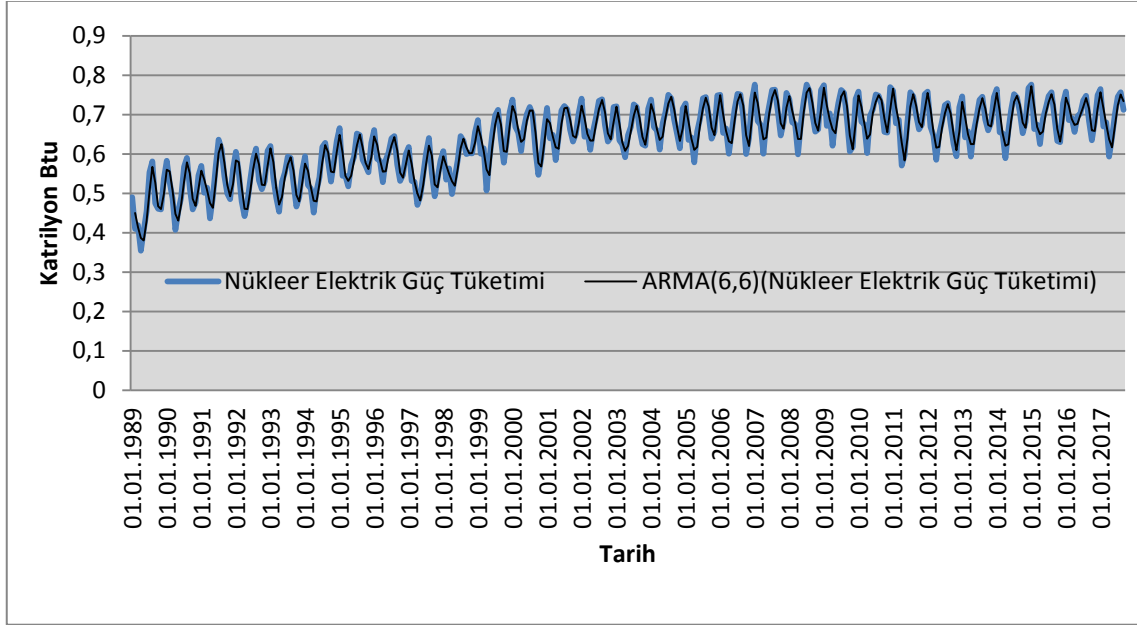
Grafik 4.10. ABD'nin Sanayi Üretim Endeksine Ait Trend Grafiği

ABD'nin sanayi üretim endeksine ait $R^2=0,913$ ve sanayi üretim endeksine ait denklem " $y = -5E-07x^2 + 0,0454x - 841,98$ " şeklindedir.



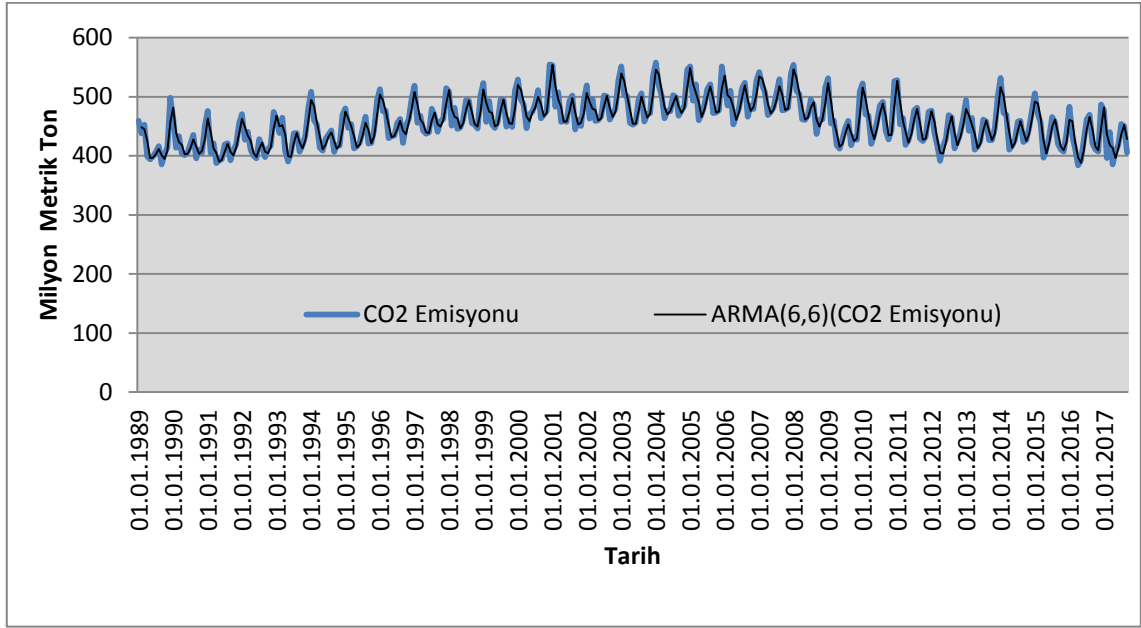
Grafik 4.11. ABD'nin Toplam Fosil Yakıt Tüketimine Ait Trend Grafiği

ABD'nin toplam fosil yakıt tüketimine ait $R^2=0.849$ ve toplam fosil yakıt tüketimine ait ARMA denklemi " $6.358+1.997[AR(1)] -0.997[AR(2)] -1.001[AR(3)]+ 0.998[AR(4)]+ 1.000[AR(5)]-1.996 [AR(6)]+ 0.997 [AR(7)] -1.759 [MA(1)]+ 0.727[MA(2)]+ 1.055[MA(3)] -0.776[MA(4)] -1.030[MA(5)]+ 1.739[MA(6)] -0.725[MA(7)]$ " şeklindedir.



Grafik 4.12. ABD'nin Nükleer Elektrik Güç Tüketimine Ait Trend Grafiği

ABD'nin nükleer elektrik güç tüketimine ait $R^2=0.905$ ve nükleer elektrik güç tüketimine ait ARMA denklemi " $0.593 + 0.850[AR(1)]+ 0.308[AR(2)] -0.736[AR(3)] +0.004[AR(4)]+ 1.155[AR(5)] -0.584[AR(6)] -0.273[MA(1)] -0.357[MA(2)]+ 0.532[MA(3)] +0.291[MA(4)] -0.9291[MA(5)]+ 0.104[MA(6)]$ " şeklindedir.



Grafik 4.13. ABD'nin Toplam Karbon Dioksit Emisyonuna Ait Trend Grafiği

ABD'nin CO₂ emisyonuna ait $R^2=0.804$ ve CO₂ emisyonuna ait ARMA denklemini
 “ $430.140 + 0.651 [AR(1)] + 0.360[AR(2)] - 0.641[AR(3)] - 0.091[AR(4)] +$
 $1.101[AR(5)] - 0.382[AR(6)] + 0.109[MA(1)] - 0.495[MA(2)] + 0.353[MA(3)] +$
 $0.510[MA(4)] - 0.782[MA(5)] - 0.318[MA(6)]$ ” şeklindedir.

ABD'nin enerji kaynaklarına ait tanımlayıcı istatistiklere Tablo 4.2.'de yer verilmiştir.

Tablo 4.2. ABD'nin Enerji Kaynaklarına Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Tanım İstatistik	H. Elekt. Güç Tük.	Jeotermal Enerji Tüketimi	Güneş Enerjisi Tük.	Rüzgar Enerjisi Tük.	Odun Enerji Tük.	Atık Enerji Tük.	Biyoyakıt Tük.	Toplam Biyokütle Enerji Tük.	Toplam Yen. Enerji Tük.	Toplam Fosil Yakıt Tük.	Nükleer Elektrik Güç Tük.	Sanayi Üretim Endeksi	CO ₂ Emisyonu
Ortalama	234,27	15,36	11,22	44,09	180,46	38,750	71,24	290,45	595,42	6,65	0,63	89,18	458,35
Standart Hata	2,47	0,10	0,77	3,19	1,12	0,301	3,63	3,46	6,95	0,03	0,00	0,76	2,08
Ortanca	230,56	15,28	6,12	9,73	174,71	38,734	32,47	267,03	551,69	6,63	0,64	93,90	458,32
Standart Sapma	45,93	1,95	14,37	59,42	20,81	5,589	67,55	64,26	129,16	0,55	0,08	14,14	38,75
Örnek Varyans	2110,27	3,80	206,73	3531,24	433,38	31,238	4563,33	4129,32	16682,54	0,31	0,01	200,14	1502,22
Basıklık	-0,42	0,68	9,36	0,54	0,80	-0,063	-1,25	-0,96	0,07	-0,31	-0,29	-0,96	-0,46
Çarpıklık	0,37	-0,57	2,99	1,33	0,91	0,089	0,67	0,57	0,96	0,35	-0,53	-0,69	0,30
Aralık	211,67	10,57	84,02	240,30	124,20	33,394	196,82	255,81	613,22	2,58	0,42	44,18	173,95
En Küçük Değer	145,71	8,60	2,88	0,00	128,70	21,067	7,25	178,54	395,82	5,51	0,35	62,42	383,66
En Büyük Değer	357,38	19,18	86,90	240,30	252,90	54,461	204,08	434,35	1009,05	8,10	0,77	106,61	557,62
Toplam	80826,33	5301,09	3873,86	15212,79	62258,84	13368,59	24578,58	100206,00	205420,08	2295,32	219,36	30770,37	158133,45
Gözlem Sayısı	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345

4.6. Bulgular ve Değerlendirme

ABD ekonomisi, 1989:1-2017:8 dönemine ait enerji tüketim (güneş enerjisi tüketimi, rüzgar enerjisi tüketimi, biyoyakıt tüketimi, biyokütle enerjisi tüketimi, hidroelektrik güç tüketimi, odun enerjisi tüketimi, atık enerjisi tüketimi, jeotermal enerjisi tüketimi, toplam yenilenebilir enerji tüketimi) oranları ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmak için dalgacık ve kısmi dalgacık uyumu yöntemlerinden birisi olan Morlet Dalgacık Uyumu Modeli tercih edilmiştir. Analiz sonuçlarına sırasıyla aşağıda yer verilmiştir. Öncelikle enerji tüketim verileri ile CO₂ emisyonu arasındaki dalgacık uyumu dikkate alınmış, ardından analizin güvenilirliği için kontrol değişkenlerinin dahil edildiği dalgacık uyumu incelenmiştir. Dalgacık uyumu sonuçlarının tamamı sırasıyla, 1~3 frekans bandı ve 3~8 frekans bandında yorumlanmıştır. Değişkenlerin faz bandında bulundukları durum aşağıdaki gibi değerlendirilmektedir (Aguiar-Conraria and Soares, 2011:16-17).

Değişkenler, faz farkının sıfır olduğu yerde bulunuyorlar ise; X ve Y zaman frekansında birlikte hareket etmektedirler.

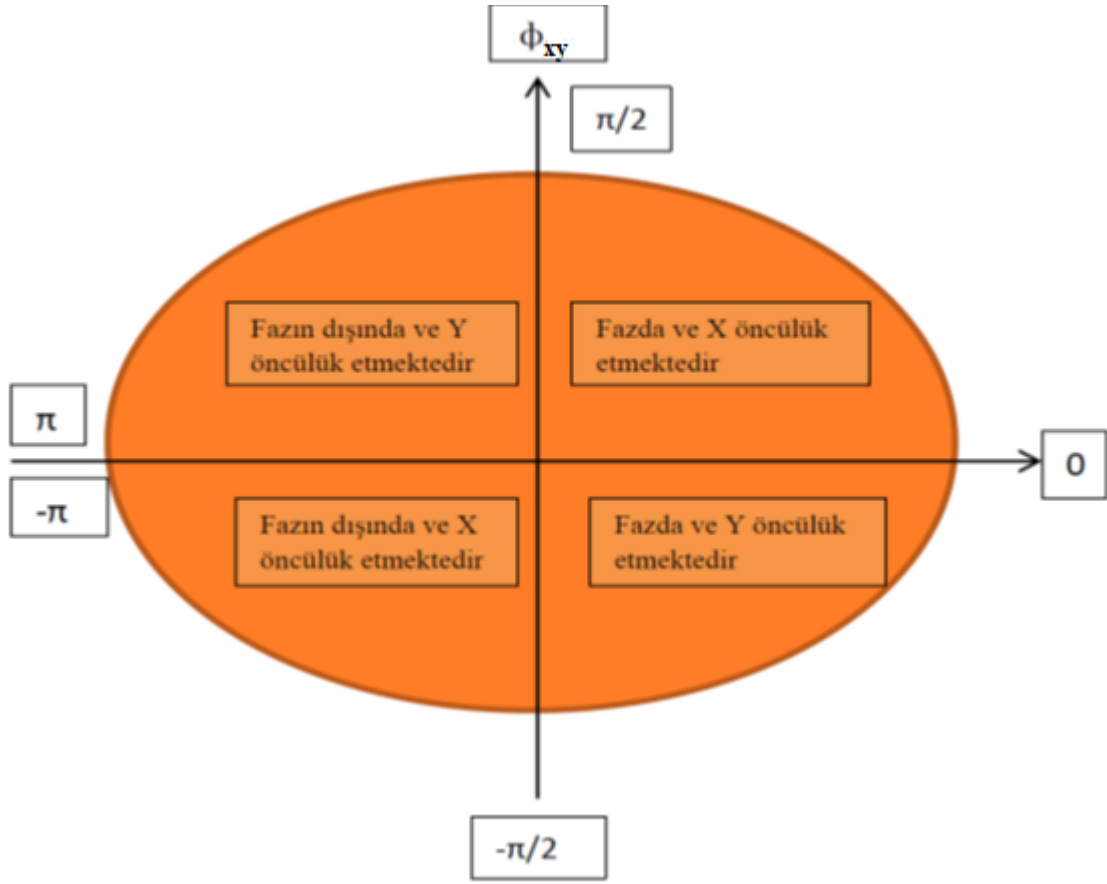
Değişkenler, $(\pi/2, \pi)$ aralığında ise; $Y \rightarrow X$ 'e öncülük etmektedir.

Değişkenler, $(0, \pi/2)$ aralığında iseler, $X \rightarrow Y$ 'ye öncülük etmektedir.

Değişkenler, $(0, -\pi/2)$ aralığında ise $Y \rightarrow X$ 'e öncülük etmektedir.

Değişkenler, $(-\pi/2, -\pi)$ aralığında ise, $X \rightarrow Y$ 'ye öncülük etmektedir.

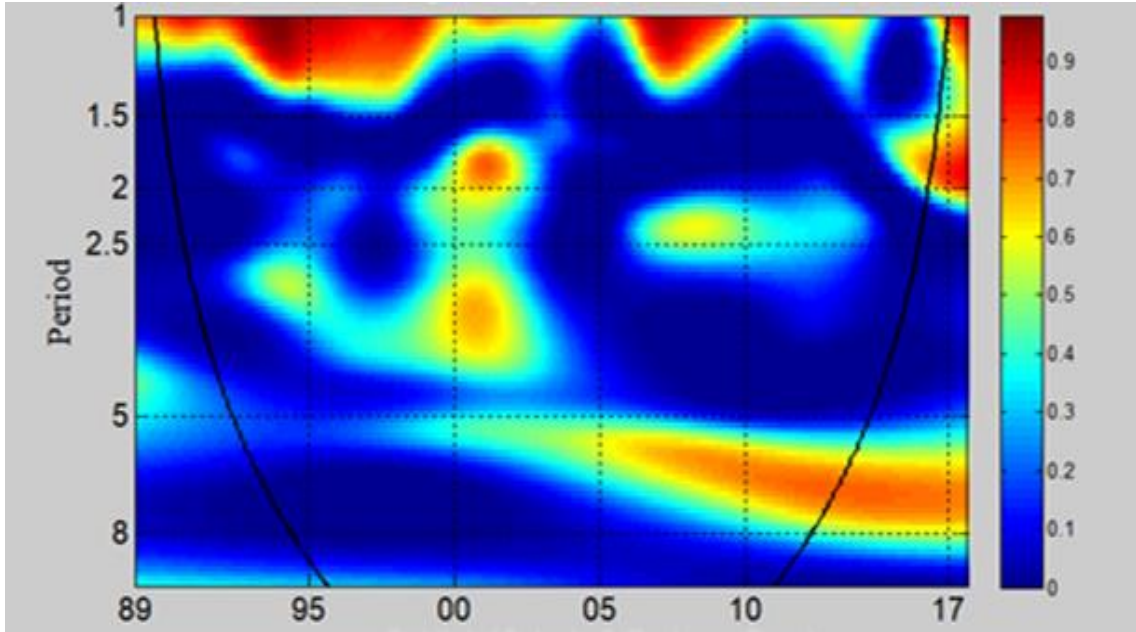
Değişkenlerin faz bandında bulundukları konumlara göre değişkenler arasındaki ilişkiler, özet olarak Şekil 4.17'de yer almaktadır.



Şekil 4.17. Faz Bandındaki Konumlarına Göre Değişkenler Arasındaki İlişkiler

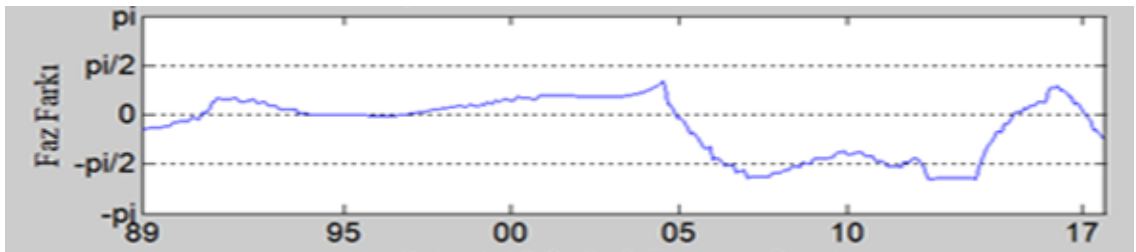
Kaynak: Aguiar-Conraria, Luis and Maria Joana Soares, The Continuous Wavelet Transform: A Primer, 2011, pp:17 <http://www.eeg.uminho.pt/economia/nipe> (Erişim Tarihi: 03.11.2017).

Dalgacık analizine ilk olarak, hidroelektrik tüketim ile CO₂ emisyonu arasındaki dalgacık uyumunun ardından farklı frekans bantlarındaki değişkenler arasındaki ilişki ve ilişkinin yönünü gösteren şekillere yer verilmiştir. Bunun devamında aynı işlemler sırasıyla; jeotermal enerji tüketimi, güneş enerji tüketimi, rüzgar enerji tüketimi, odun enerji tüketimi, atık enerji tüketimi, biyoyakıt enerji tüketimi, toplam biyokütle enerji tüketimi ve toplam yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri için uygulanmıştır. Ayrıca her değişken için, kontrol değişkenler dahil edilerek analiz yinelenmiştir.



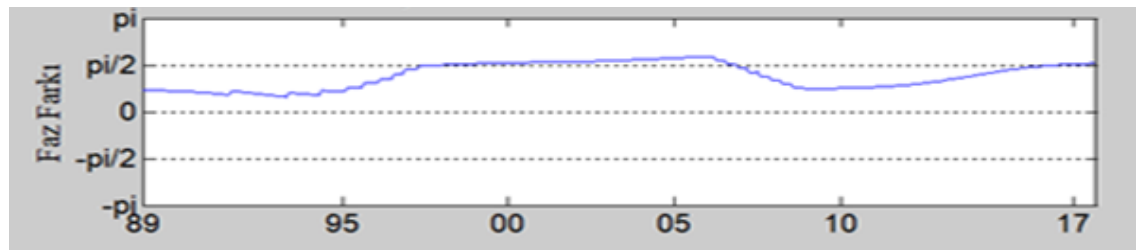
Şekil 4.18. Dalgacık Uyumu (Hidroelektrik, CO2)

- Şekil 4.18'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahmini %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.18'in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.18.1. 1~3 Frekans Bandı

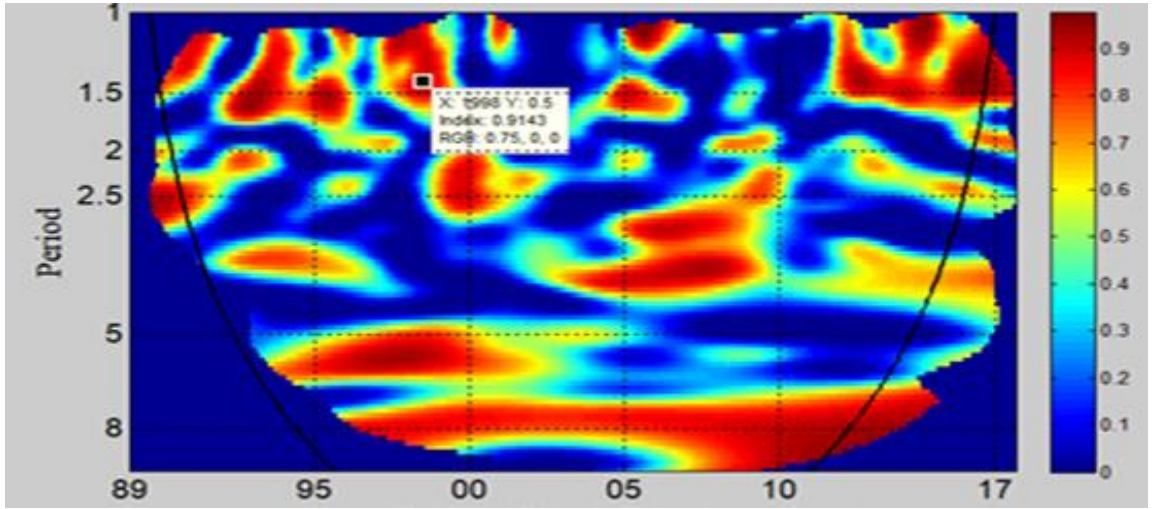
Şekil 4.18.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 1~3 frekans bandında ABD'nin hidroelektrik kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.



Şekil 4.18.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.18.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 3~8 frekans bandında ABD'nin hidroelektrik kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

Şekil 4.18 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf bir izlenime sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle kontrol değişkenlerin modele dahil edildiği kısmi dalgacık analizlerinin yapılmasının uygun olacağı ortaya çıkmıştır.

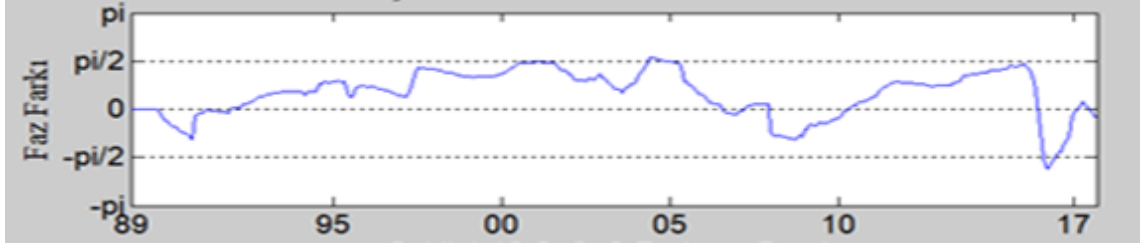


Şekil 4.19. Kısmi Dalgacık Uyumu (Hidroelektrik, CO₂, TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE)

- Şekil 4.19'da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.19'un yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

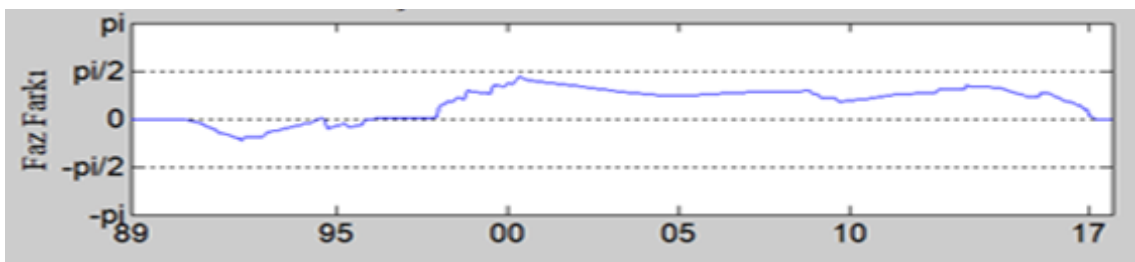
Şekil 4.19, Şekil 4.18'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Modele dahil edilen yeni kontrol değişkenler sayesinde, hidroelektrik tüketimi ve toplam enerji ile bağlantılı CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu sayede, Şekil 4.20 ile daha spesifik dalgacık analizi elde edilmesi amaçlanmıştır. Şekil 4.19, iki değişken arasında 1-3 frekans aralığında; 1991-2002, 2004-2010 ve 2012-2016 dönemlerinde, 3-8 frekansında ise; 1992-2015 döneminde kuvvetli korelasyonun yer aldığını göstermektedir. Ancak bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine

öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.19.1. 1~3 Frekans Bandı

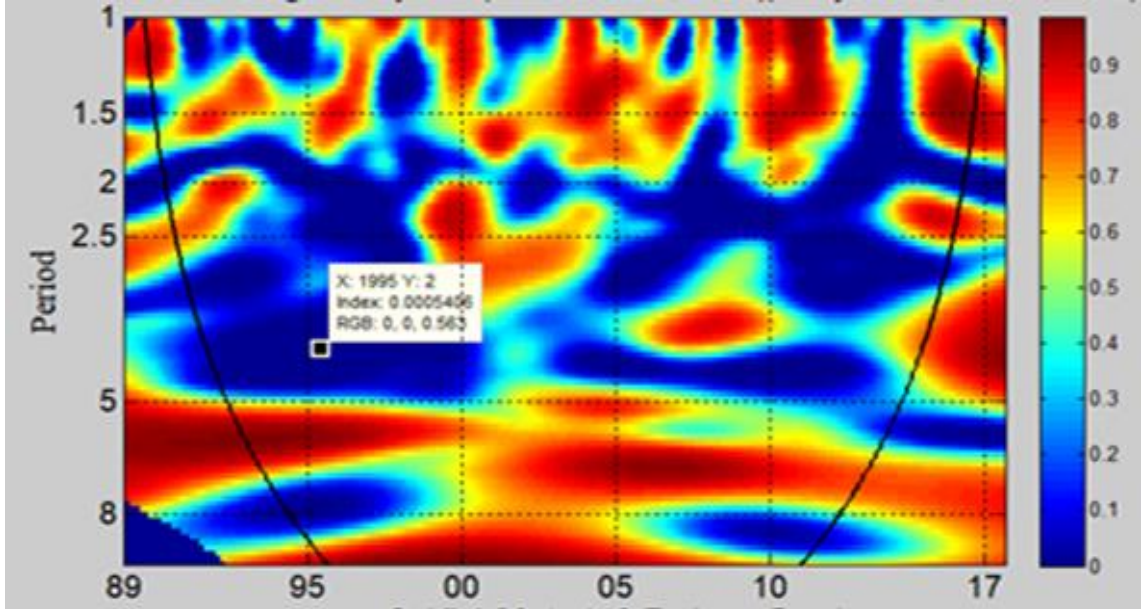
Şekil 4.19.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin hidroelektrik kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığında bulunduğu dikkate alındığında hidroelektrik kullanımının; 1992-2002, 2004-2007 ve 2012-2016 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1991:1-1991:12, 2008-2010 ve 2016:1-2016:12 dönemlerinde hidroelektrik kullanımını artırdığı tespit edilmiştir. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında ise; hidroelektrik kullanımının 2015:1-2015:12 döneminde CO₂ emisyonunu azalttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.19.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.19.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin hidroelektrik kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; hidroelektrik kullanımının, 1999-2015 döneminde CO₂ emisyonunu

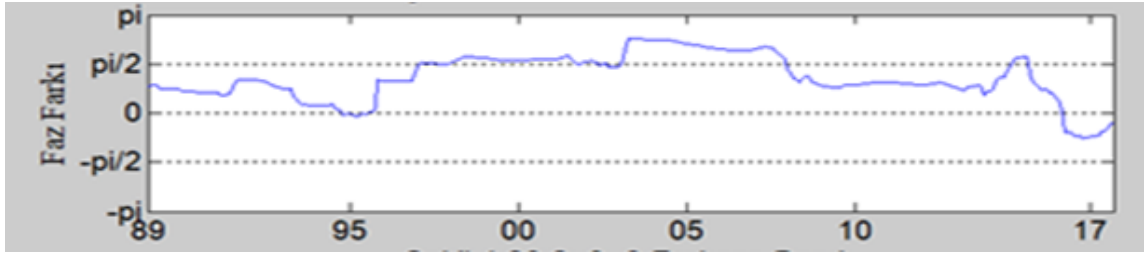
artırdığı gözlemlenmektedir. Diğer taraftan, CO₂ emisyonu; 1992-1995 döneminde de hidroelektrik kullanımını artırdığı anlaşılmaktadır. Ayrıca 1996-1998 döneminde hidroelektrik kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.20. Kısmi Dalgacık Uyumu (Hidroelektrik, CO₂, TBiyokütle, TFosil, SÜE)

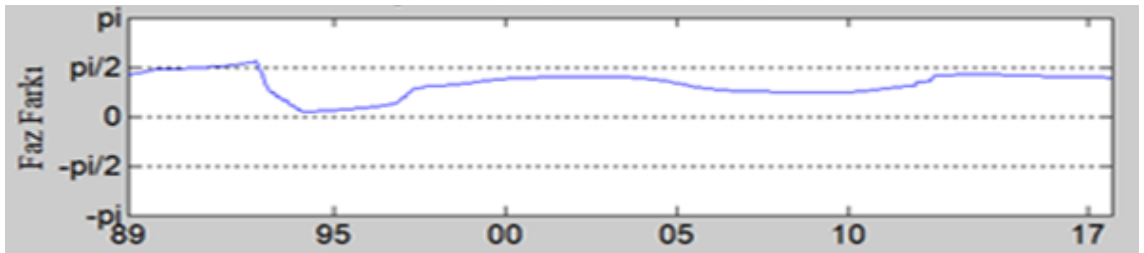
- Şekil 4.20’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.20’nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.20, Şekil 4.18’deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek, hidroelektrik tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)’dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.20.1. 1~3 Frekans Bandı

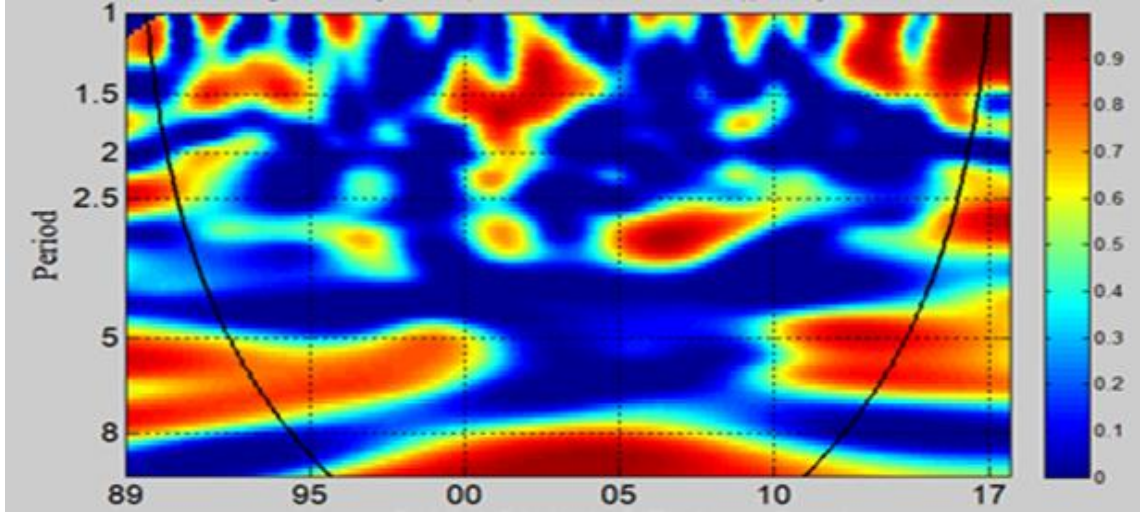
Şekil 4.20.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin hidroelektrik kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; hidroelektrik kullanımının, 1990-1993, 1995-1997, 2009-2012 ve 2015:7-2016:6 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 2016:7-2016:12 döneminde hidroelektrik kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 1998-2007, 2015:1-2015:6 dönemlerinde hidroelektrik kullanımını azaltmaktadır. Son olarak ise, 1995:1-1995:12 döneminde hidroelektrik kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.20.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.20.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin hidroelektrik kullanımı ve toplam enerji kaynaklı CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında hidroelektrik kullanımının; 1993:3-2015 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı anlaşılmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı

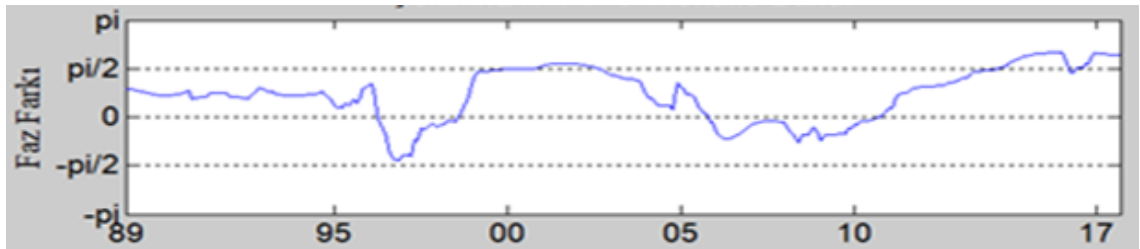
dikkate alındığında; CO₂ emisyonu, 1992-1993:2 döneminde hidroelektrik kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.21. Kısmi Dalgacık Uyumu (Hidroelektrik, CO₂, TBiyokütle, TFosil, Nüklr)

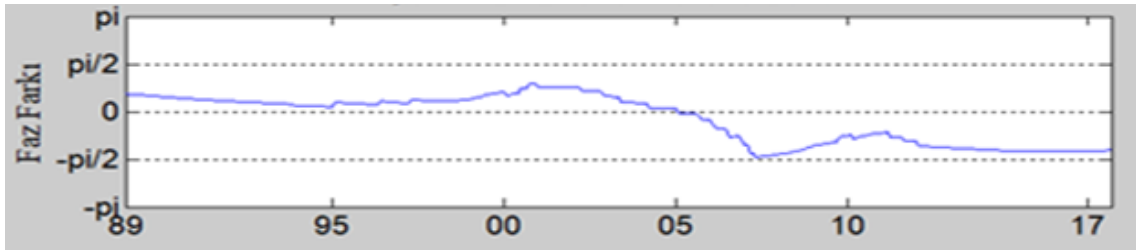
- Şekil 4.21’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.21’in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.21, Şekil 4.18’deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek hidroelektrik tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)’dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin incelenmesi gerekmektedir.



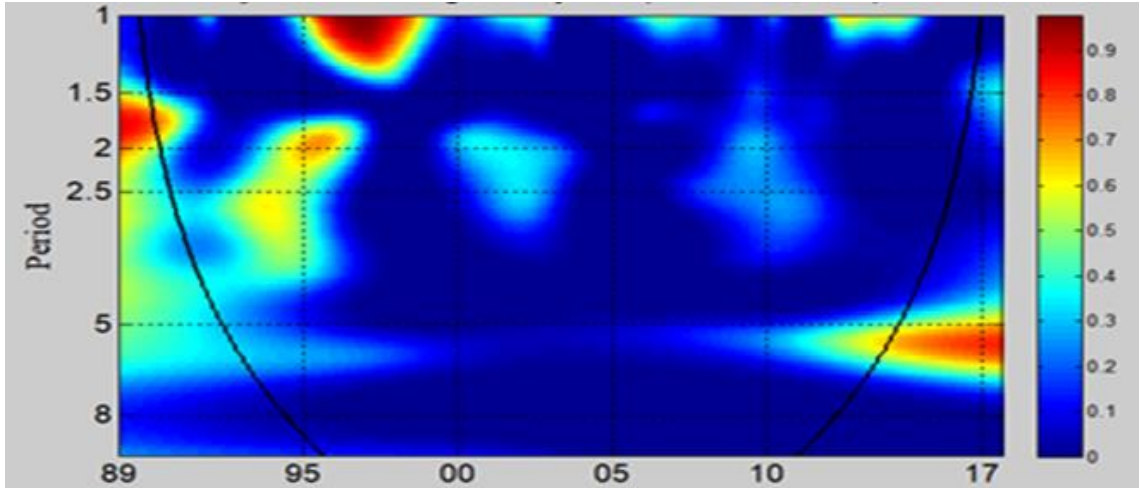
Şekil 4.21.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.21.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin hidroelektrik kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; hidroelektrik kullanımının, 1990-1995, 1999:1-1999:12, 2003-2006:4 ve 2012-2014:6 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Diğer taraftan CO₂ emisyonunun, 2006:5-2010 döneminde hidroelektrik kullanımını artırdığı ortaya çıkarmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında ise; CO₂ emisyonunun, 2001:9-2002, 2014:7-2016 dönemlerinde hidroelektrik kullanımını azalttığı belirlenmektedir.



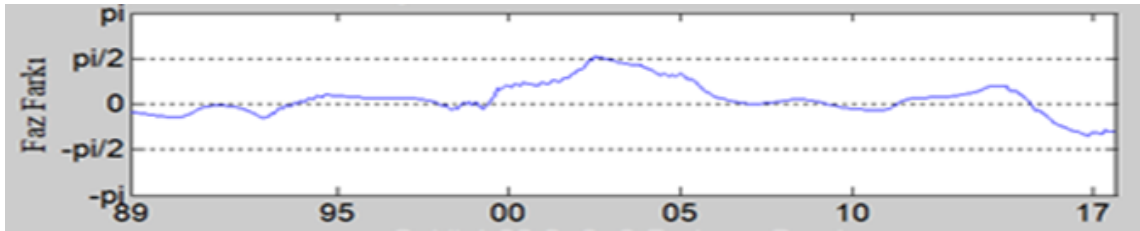
Şekil 4.21.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.21.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin hidroelektrik kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında hidroelektrik kullanımı; 1992-2005:6 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonunun; 2006-2015 döneminde hidroelektrik kullanımını artırdığı anlaşılmaktadır. Buna ek olarak, 2005:7-2005 döneminde hidroelektrik kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



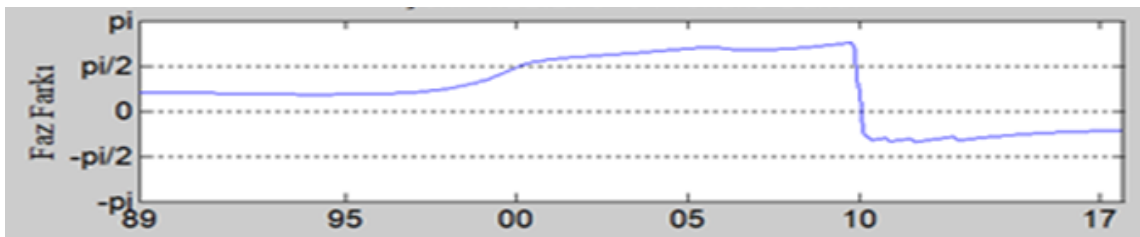
Şekil 4.22. Dalgacık Uyumu (Jeotermal, CO₂)

- Şekil 4.22’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.22’nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.22.1. 1~3 Frekans Bandı

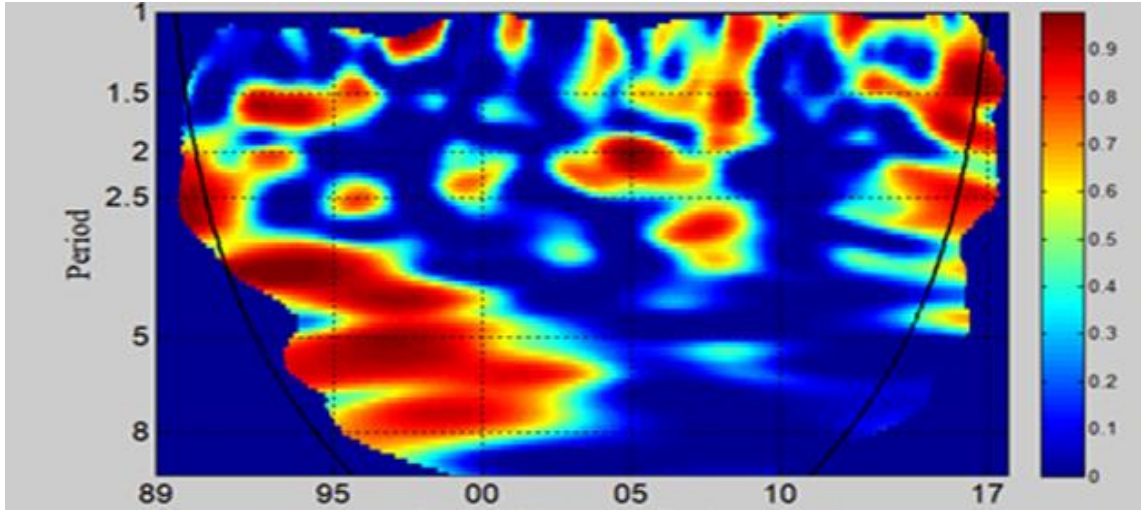
Şekil 4.22.1.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar 1~3 frekans bandında ABD’nin jeotermal enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkına yer verilmiştir.



Şekil 4.22.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.22.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 3~8 frekans bandında ABD'nin jeotermal enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

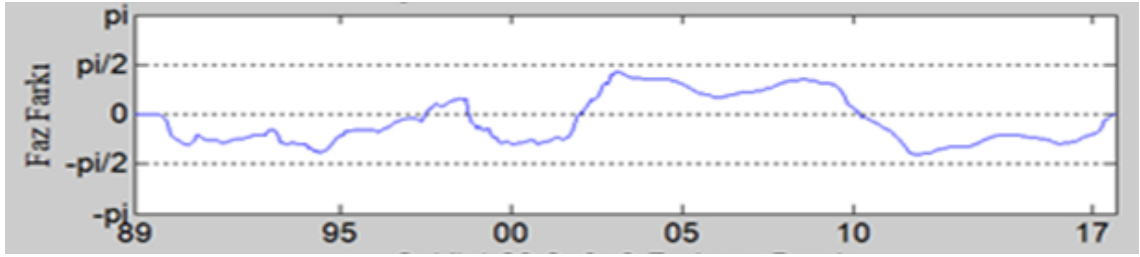
Şekil 4.22 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu nedenle kontrol değişkenlerin modele edilerek kısmi dalgacık analizinin yapılması uygun olacaktır.



Şekil 4.23. Kısmi Dalgacık Uyumu (Jeotermal, CO₂, TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE)

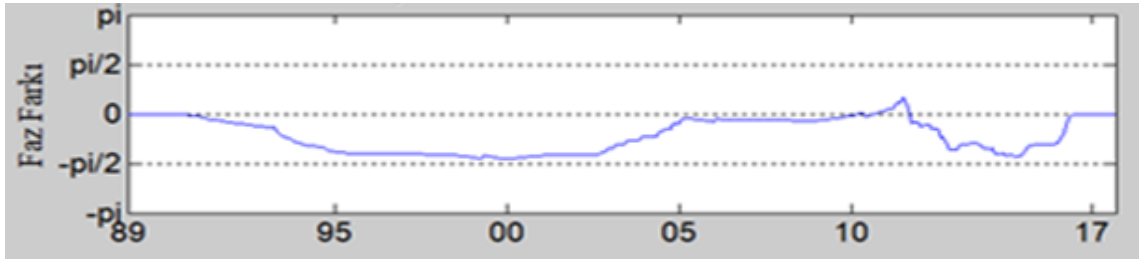
- i. Şekil 4.23'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ii. ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- iii. Şekil 4.23'ün yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.23, Şekil 4.22'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Kontrol değişkenlerinin dahil edilmesiyle, jeotermal enerji tüketimi ve toplam enerji kaynaklı CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Değişkenler arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için, aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



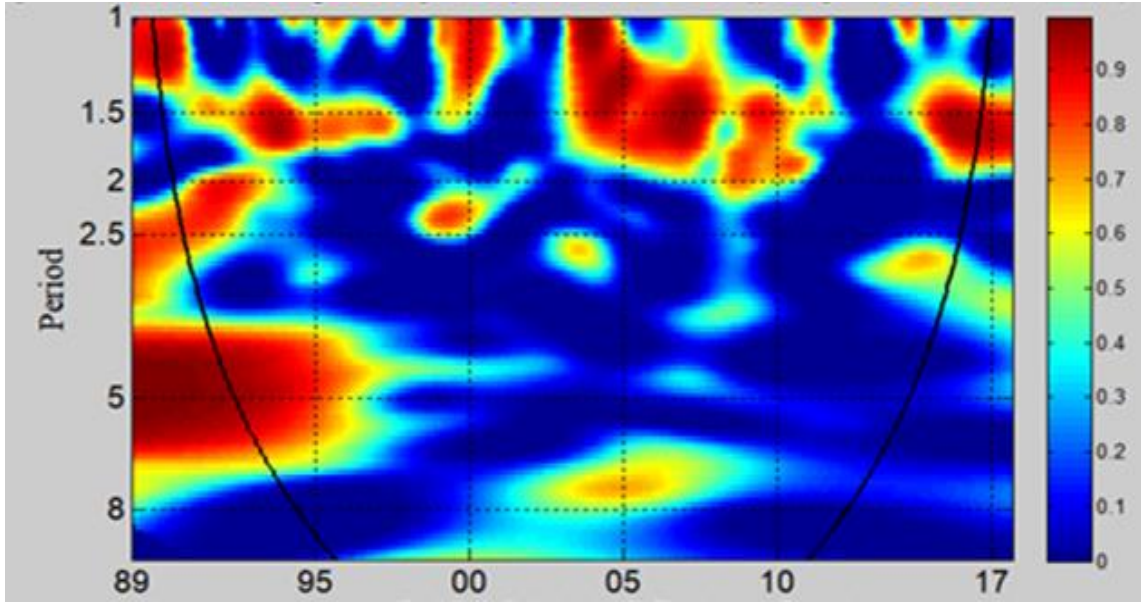
Şekil 4.23.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.23.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin jeotermal enerji ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; jeotermal enerji kullanımının, 1998-1999:5 ve 2003-2010 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu da 1991-1997, 1999:6-2001 ve 2012-2016 dönemlerinde jeotermal enerji kullanımını artırmaktadır.



Şekil 4.23.2. 3~8 Frekans Bandı

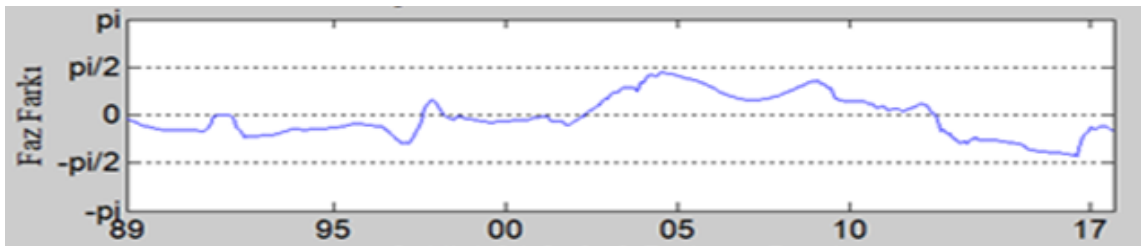
Şekil 4.23.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin jeotermal enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonunun, 1991-2004 ve 2007:1-2007:12 dönemlerinde jeotermal enerji kullanımını artırdığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.24. Kısmi Dalgacık Uyumu (Jeotermal, CO₂, TBiyokütle, TFosil, SÜE)

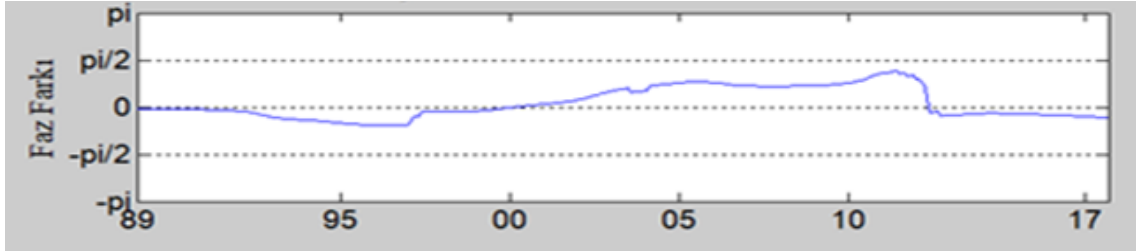
- Şekil 4.24’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.24’ün yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.24, Şekil 4.22’deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Dahil edilen kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)’dir. Kontrol değişkenler sayesinde jeotermal enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Değişkenler arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



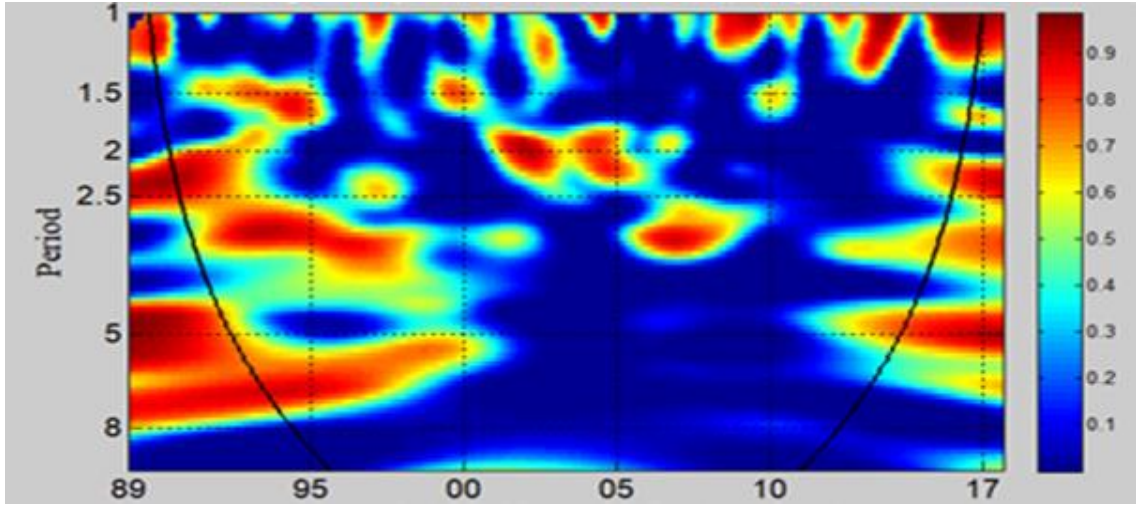
Şekil 4.24.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.24.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin jeotermal enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; jeotermal enerji kullanımının, 1998:1-1998:12 ve 2003-2012 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Diğer taraftan, CO₂ emisyonu; 1991:1-1991:12, 1992:7-1997, 1999-2001 ve 2014-2016 dönemlerinde jeotermal enerji kullanımını artırmaktadır. Son olarak; 1992:1-1992:6 döneminde jeotermal enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.24.2. 3~8 Frekans Bandı

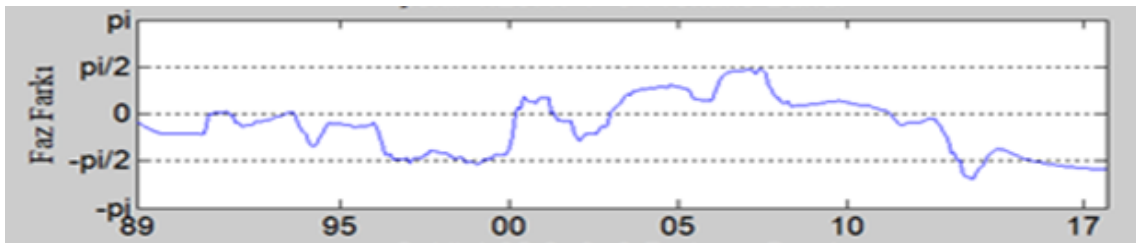
Şekil 4.24.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin jeotermal enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; jeotermal enerji kullanımının, 2004-2007 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı görülmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu da 1992-1997 döneminde jeotermal enerji kullanımını artırmaktadır.



Şekil 4.25. Kısmi Dalgacık Uyumu (Jeotermal, CO₂, TBiyokütle, TFosil, Nükleer)

- Şekil 4.25’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamaı temsil etmektedir.
- Şekil 4.25’in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

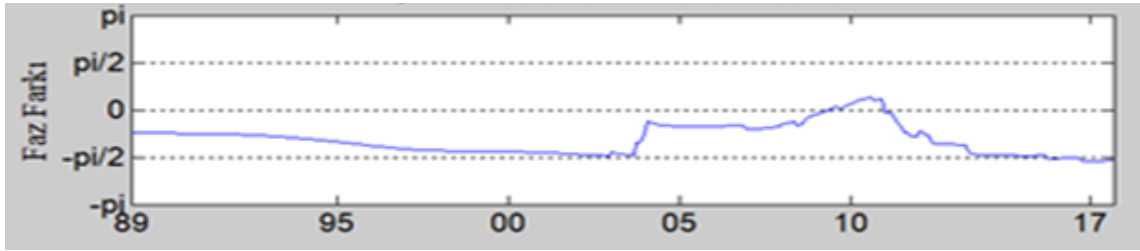
Şekil 4.25, Şekil 4.22’deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek jeotermal enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)’dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.25.1. 1~3 Frekans Bandı

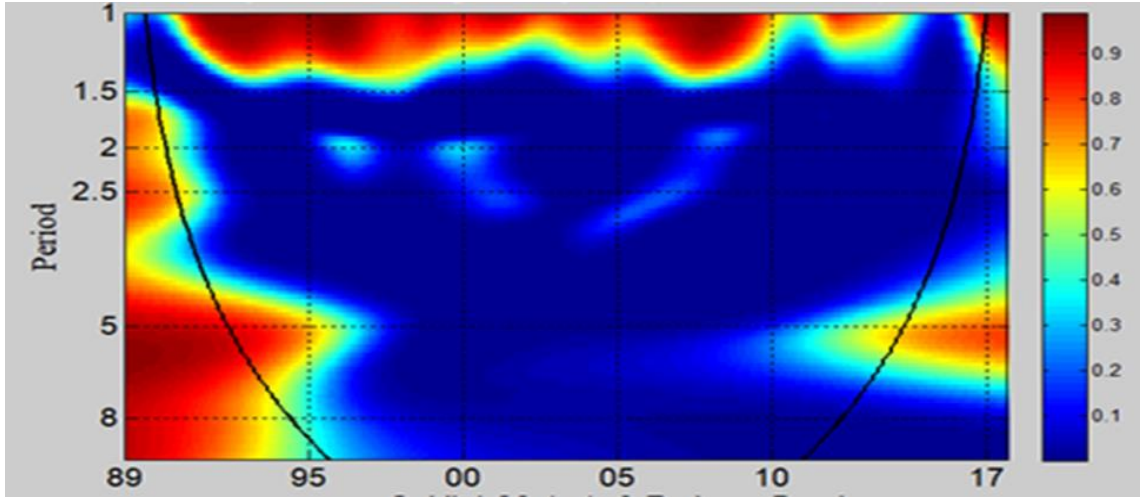
Şekil 4.25.1.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD’nin jeotermal enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı

yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; jeotermal enerji kullanımının, 2000:7-2001:6 ve 2003:6-2011:8 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonunun; 1990-1991:7, 1992:5-1997, 1999-2000:6, 2001:7-2003:5, 2011:9-2011:12, 2013:1-2013:6, 2014:6-2014:12 dönemlerinde jeotermal enerji kullanımını artırdığı anlaşılmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında ise; jeotermal enerji kullanımının, 2013:7-2014:5 ve 2016:1-2016:12 dönemlerinde CO₂ emisyonunu azalttığı belirlenmiştir. Son olarak 1991:8-1992:4 döneminde jeotermal enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



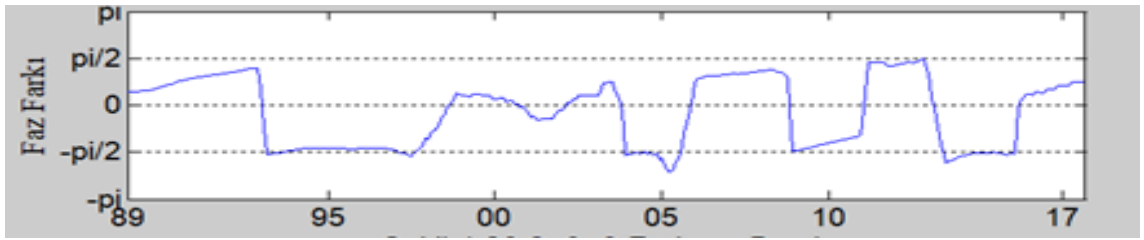
Şekil 4.25.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.25.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin jeotermal enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonunun, 1992-2000 ve 2013-2015 dönemlerinde jeotermal enerji kullanımını artırdığı ortaya çıkmaktadır.



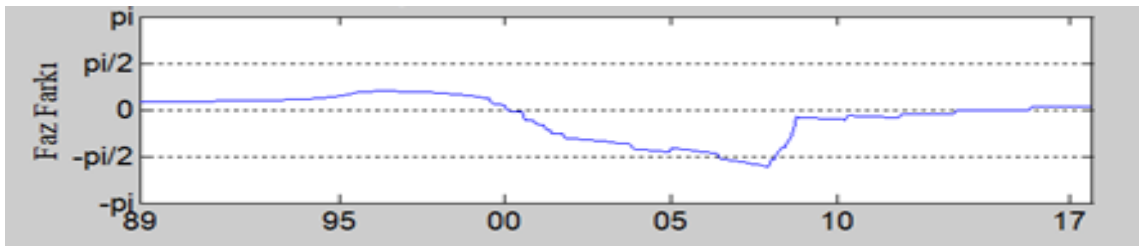
Şekil 4.26. Kısmi Dalgacık Uyumu (Güneş, CO₂)

- Şekil 4.26'da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.26'nın yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.26.1. 1~3 Frekans Bandı

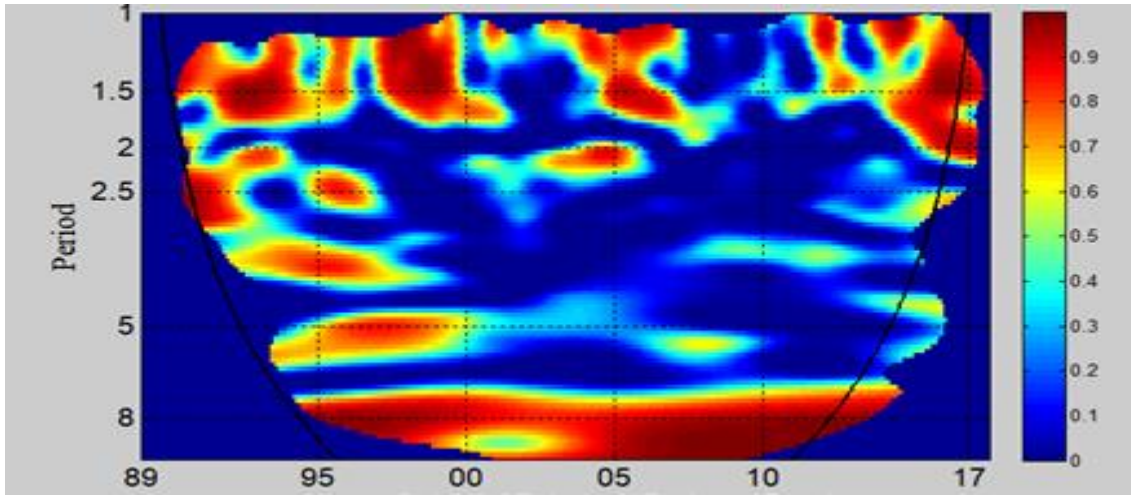
Şekil 4.26.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 1~3 frekans bandında ABD'nin güneş enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.



Şekil 4.26.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.26.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 3~8 frekans bandında ABD'nin güneş enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

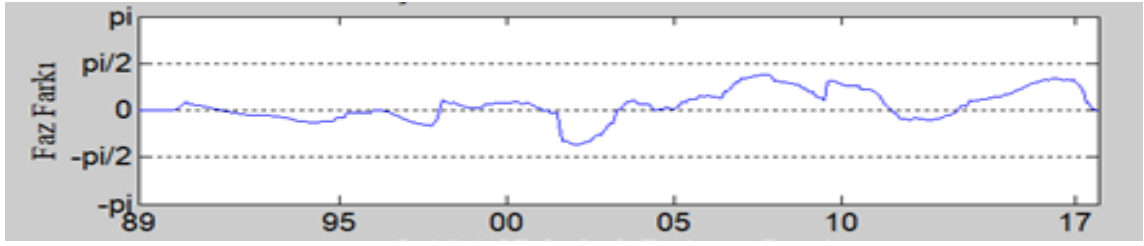
Şekil 4.26 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu nedenle çeşitli kontrol değişkenleri modele dahil edilerek kısmi dalgacık analizlerine devam edilecektir.



Şekil 4.27. Kısmi Dalgacık Uyumu (Güneş, CO₂, TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE)

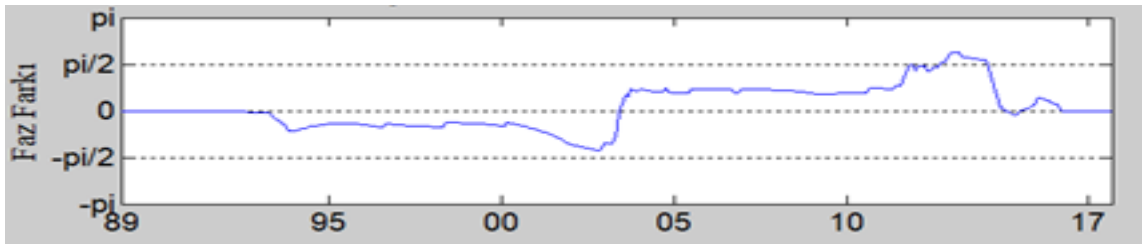
- Şekil 4.27'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.27'nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.27, Şekil 4.26'daki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek güneş enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) faz farkı analizlerinin ele alınması gerekmektedir.



Şekil 4.27.1. 1~3 Frekans Bandı

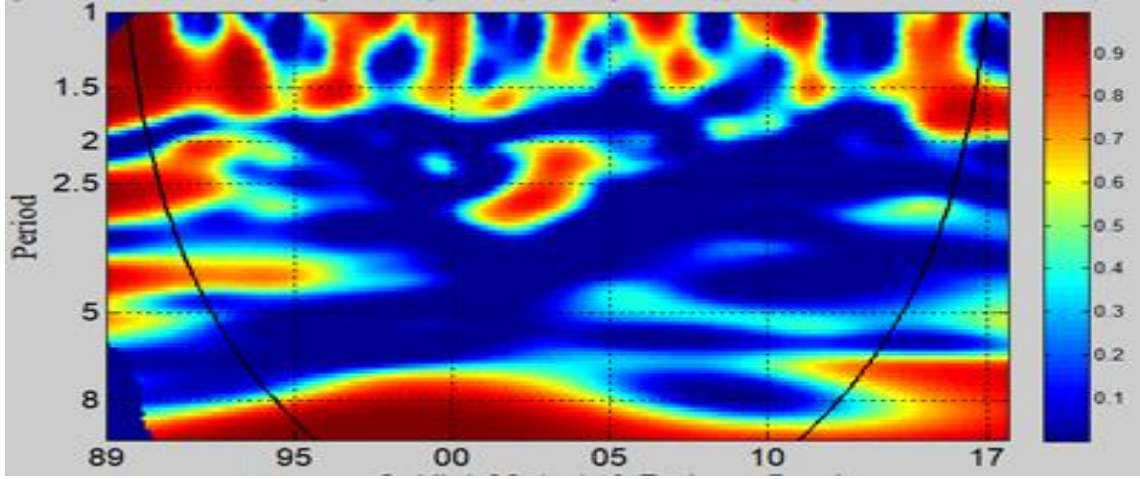
Şekil 4.27.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin güneş enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Pozitif korelasyonun geçerli olduğu faz aralığı dikkate alındığında; güneş enerjisi kullanımının, 1998-2001, 2004-2007, 2011:1-2011:12 ve 2014-2016 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Diğer taraftan, CO₂ emisyonu; 1992-1996:6, 1997-1998, 2001:1-2001:12, 2003:1-2003:12 ve 2013:1-2013:6 dönemlerinde güneş enerjisi kullanımını artırmaktadır. Ayrıca; 1996:7-1996:12 döneminde güneş enerjisi kullanımı ve CO₂ emisyonunun birlikte arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.27.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.27.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin güneş enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkına yer verilmiştir. Pozitif korelasyonun geçerli olduğu faz aralığı dikkate alındığında; güneş enerjisi kullanımının, 2003:7-2012, 2014:7-2016 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1993:7-2003:6 dönemlerinde güneş enerjisi kullanımını artırmıştır. Değişkenlerin negatif korelasyona

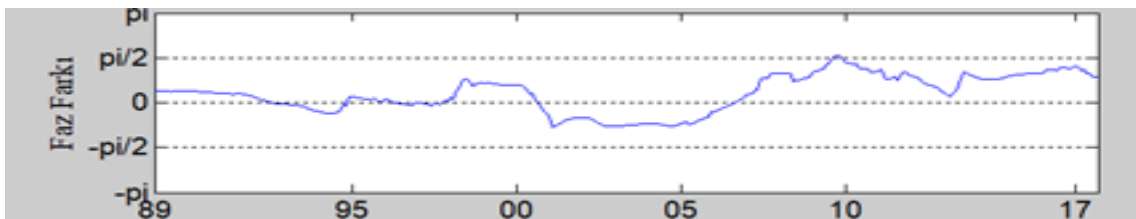
sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında ise CO_2 emisyonun; 2013-2014:6 döneminde güneş enerjisi kullanımını azalttığı anlaşılmaktadır. Buna ek olarak, 1992-1993:6 döneminde güneş enerjisi kullanımı ve CO_2 emisyonunun birlikte arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.28. Kısmi Dalgacık Uyumu (Güneş, CO_2 , TBiyokütle, TFosil, SÜE)

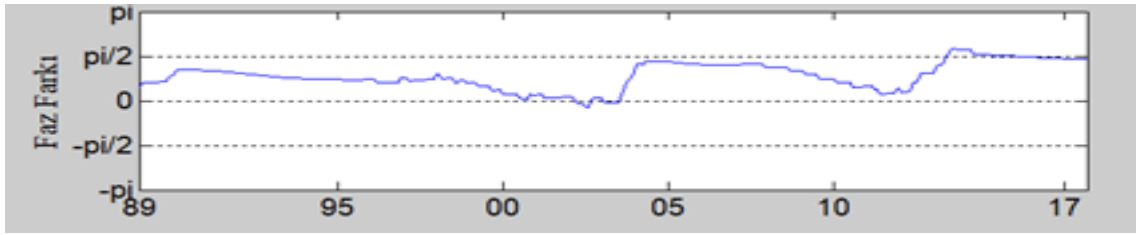
- Şekil 4.28’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.28’in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.28, Şekil 4.26’daki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Modele dahil edilen kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)’dir. Kontrol değişkenler dâhil ederek güneş enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO_2 emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



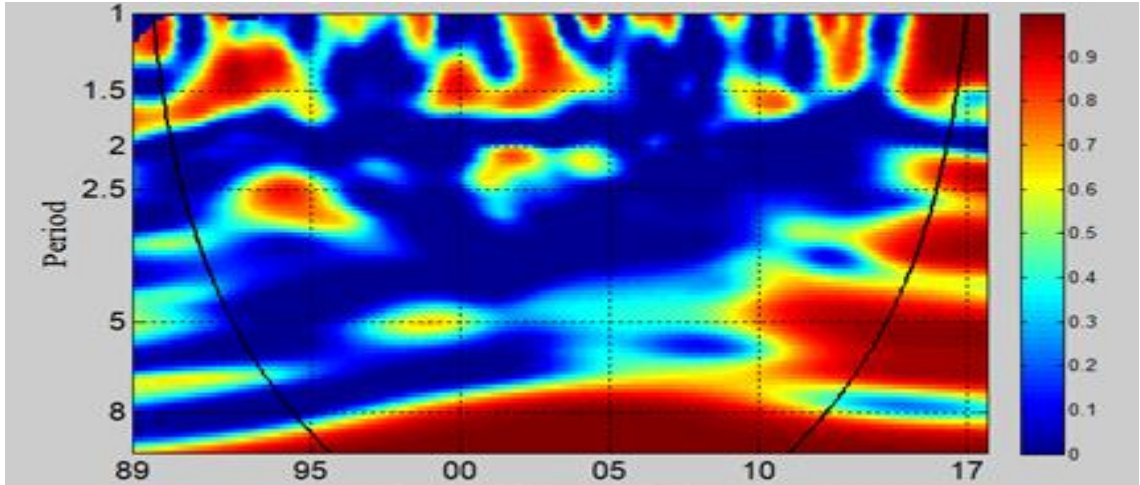
Şekil 4.28.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.28.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin güneş enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; güneş enerjisi kullanımının, 1990-1992, 1995:7-1995:12, 1998:7-2000, 2007-2008:6, 2009-2012:6 ve 2013-2016 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1994:1-1994:6, 1995:1-1995:6, 2001-2005:6 ve 2006:1-2006:12 dönemlerinde güneş enerjisi kullanımını artırmaktadır. Son olarak; 1996-1998:6 döneminde güneş enerjisi kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.28.2. 3~8 Frekans Bandı

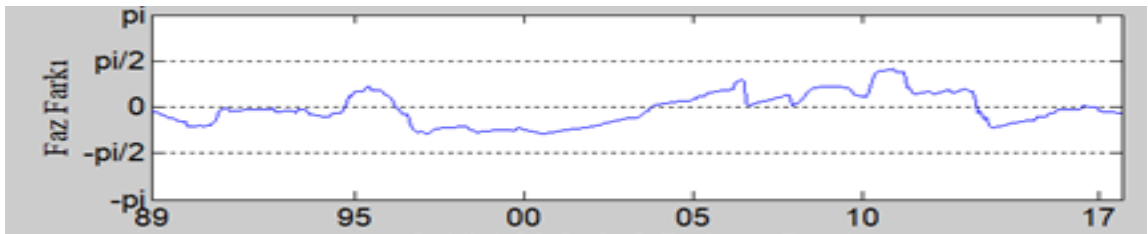
Şekil 4.28.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin güneş enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; güneş enerjisi kullanımının, 1992-2013:5 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı anlaşılmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında ise; CO₂ emisyonunun, 2013:6-2013:12 döneminde güneş enerjisi kullanımını azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, 2003:1-2003:12 döneminde de güneş enerjisi kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artış göstermiştir.



Şekil 4.29. Kısmi Dalgacık Uyumu (Güneş, CO₂, TBiyokütle, TFosil, Nükleer)

- Şekil 4.29'da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.29'un yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

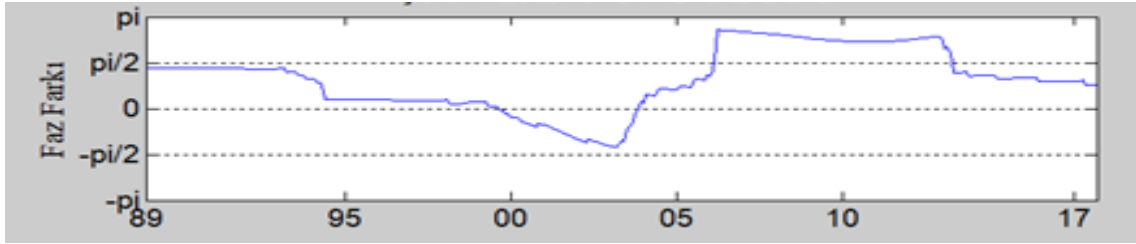
Şekil 4.29, Şekil 4.26'da ki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek güneş enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden ele alınmıştır. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)'dir. Değişkenler arasındaki korelasyonun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmiştir.



Şekil 4.29.1. 1~3 Frekans Bandı

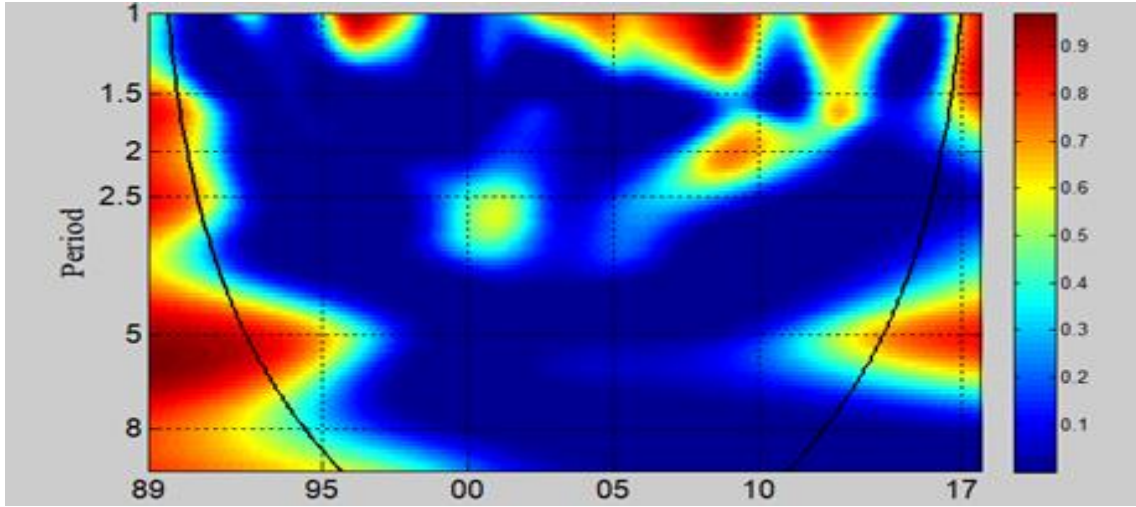
Şekil 4.29.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin güneş enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz

farklarına yer verilmiştir. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; güneş enerjisi kullanımının, 1995:7-1995:12, 2004-2005:6, 2006-2007, 2009-2011:6 ve 2012-2013 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1990-1995:6, 1996:1-1996:12, 1998:7-2004, 2013-2014:6, 2015-2016 dönemlerinde güneş enerjisi kullanımını artırmaktadır.



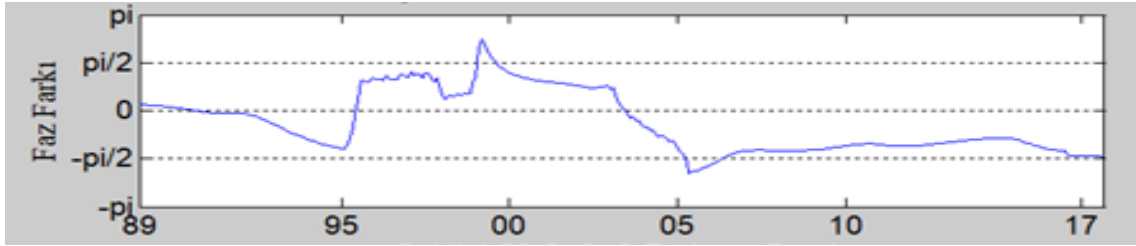
Şekil 4.29.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.29.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin güneş enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; güneş enerjisi kullanımı, 1995-1999, 2004:7-2006:6, 2013:7-2015 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Diğer tarftan CO₂ emisyonu; 2000-2004:6 döneminde güneş enerjisi kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında ise CO₂ emisyonun; 2006:7-2013:6 döneminde güneş enerjisi kullanımını azalttığı görülmektedir.



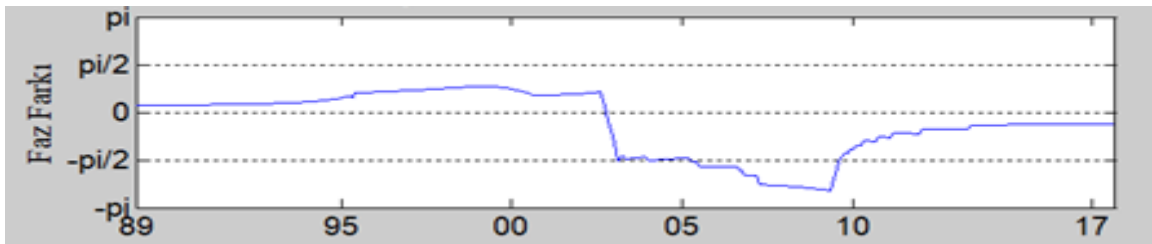
Şekil 4.30. Kısmi Dalgacık Uyumu (Rüzgar, CO₂)

- Şekil 4.30'da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.30'un yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.30.1. 1~3 Frekans Bandı

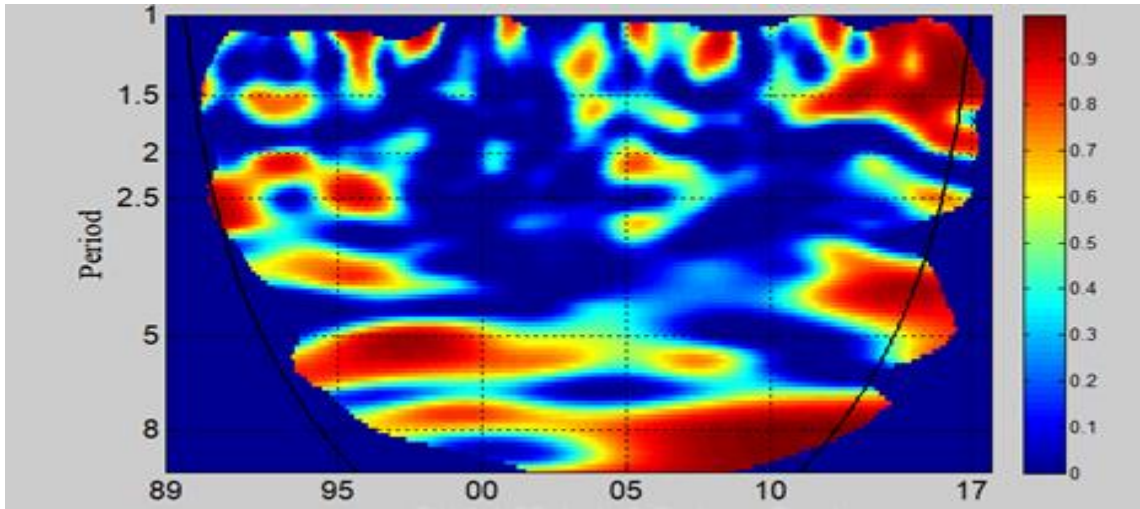
Şekil 4.30.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 1~3 frekans bandında ABD'nin rüzgar enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.



Şekil 4.30.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.30.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 3~8 frekans bandında ABD'nin rüzgar enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

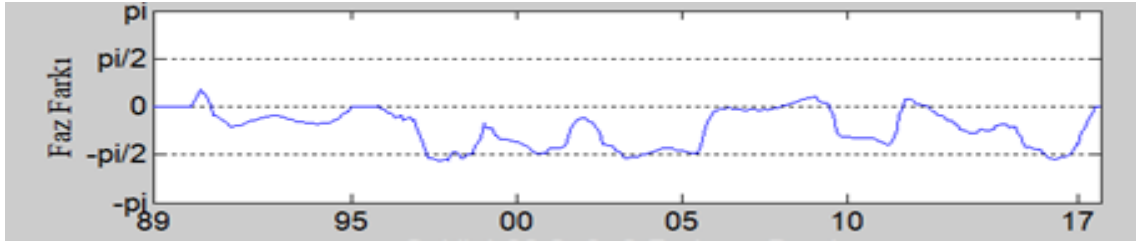
Şekil 4.30 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu nedenle kontrol değişkenlerin modele dahil edildiği kısmi dalgacık analizleri takip edilecektir.



Şekil 4.31. Kısmi Dalgacık Uyumu (Rüzgar, CO₂, TBiyokütle, TFosil, Nüklr, SÜE)

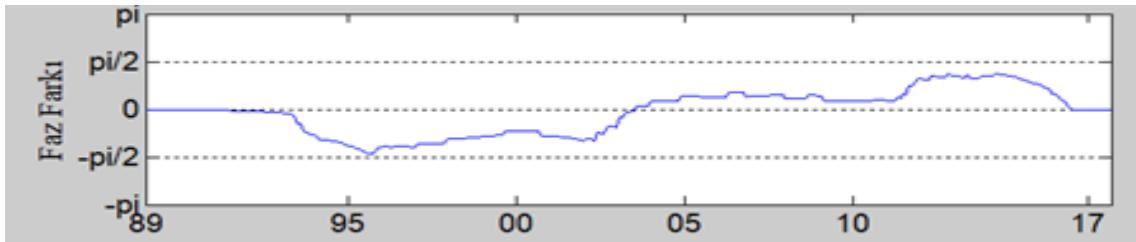
- i. Şekil 4.31'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ii. ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamaı temsil etmektedir.
- iii. Şekil 4.31'in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.31, Şekil 4.30'daki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek rüzgar enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



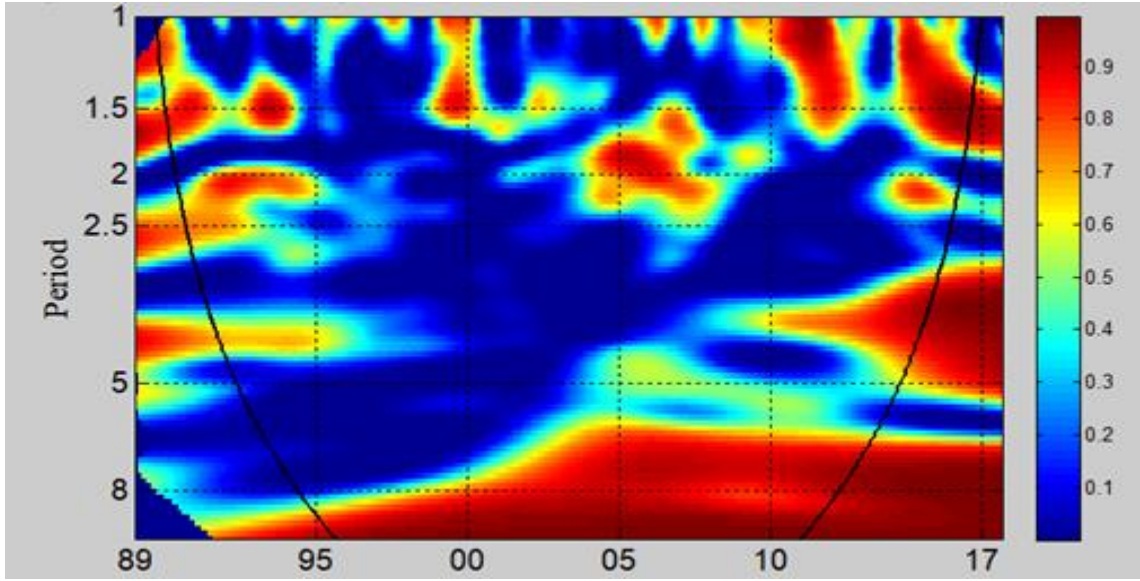
Şekil 4.31.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.31.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin rüzgar enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; rüzgar enerjisi kullanımının, 1990-1991:6, 2008-2009 ve 2012:1-2012:7 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1991:7-1995:6, 1996:7-1997:6 ve 2011-2016 dönemlerinde rüzgar enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında rüzgar enerjisi kullanımı; 1997:7-1998:6 döneminde CO₂ emisyonunu azalttığı belirlenmiştir. Diğer taraftan 1995:7-1996:6 döneminde rüzgar enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.31.2. 3~8 Frekans Bandı

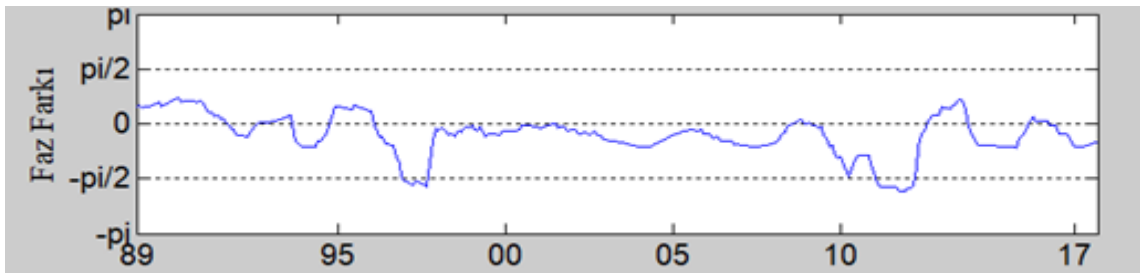
Şekil 4.31.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin rüzgar enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında rüzgar enerji kullanımı; 2004-2015 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1992-2003 döneminde rüzgar enerji kullanımını artırmaktadır.



Şekil 4.32. Kısmi Dalgacık Uyumu (Rüzgar, CO₂, TBiyokütle, TFosil, SÜE)

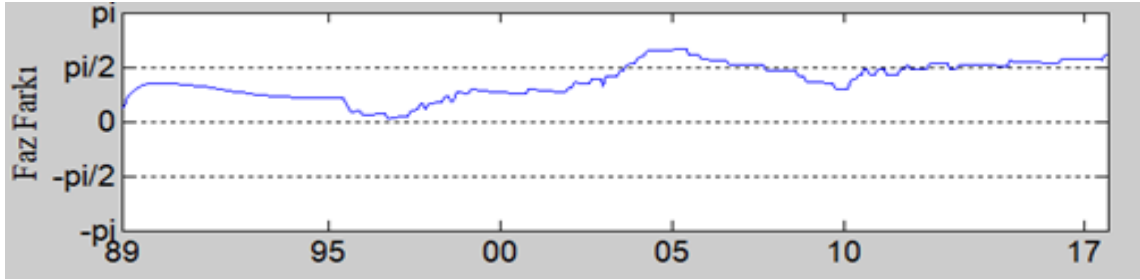
- Şekil 4.32’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalama’yı temsil etmektedir.
- Şekil 4.32’nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.32, Şekil 4.30’daki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek rüzgar enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)’dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



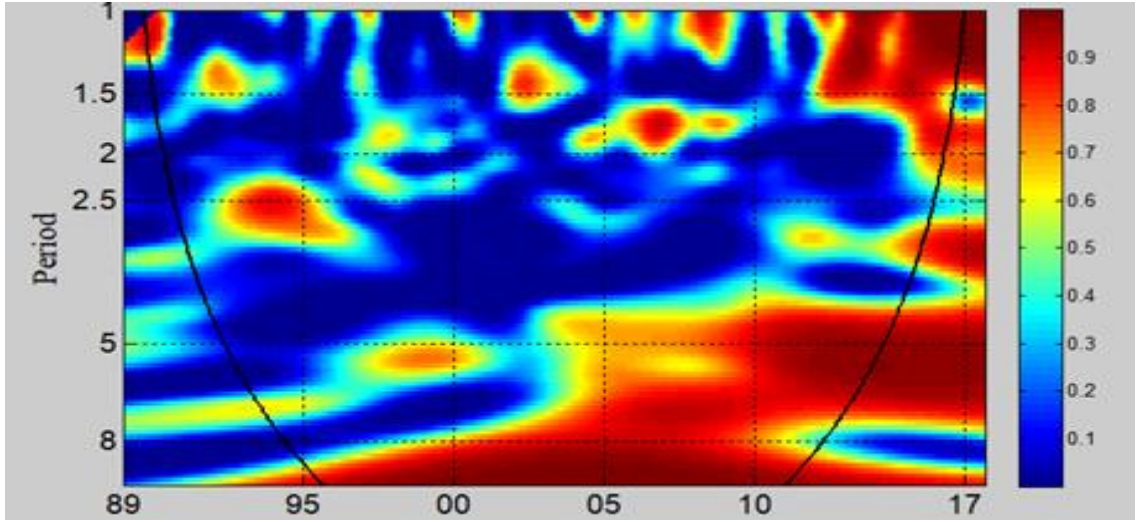
Şekil 4.32.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.32.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin rüzgar enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; rüzgar enerji kullanımının, 1990-1991, 1994:1-1994:6, 1995:7-1995:12 ve 2013-2014:6 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1992-1993, 1994:7-1995:6, 1999-2011:6, 2012:7-2012:12 ve 2014:7-2016 dönemlerinde rüzgar enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında rüzgar enerji kullanımı; 2011:7-2012:6 döneminde CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.



Şekil 4.32.2. 3~8 Frekans Bandı

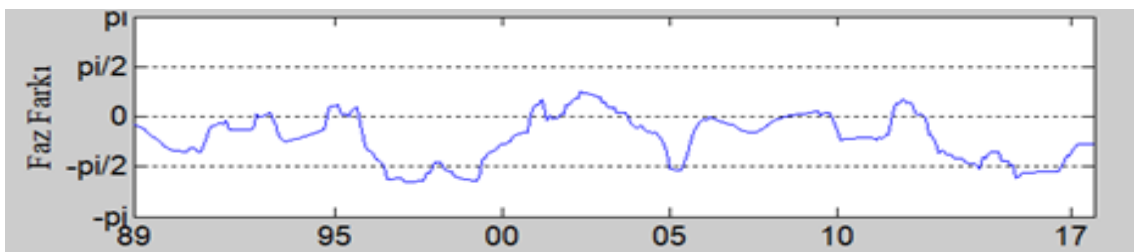
Şekil 4.32.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin rüzgar enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; rüzgar enerji kullanımının, 1992-2004:6 ve 2009-2011 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 2004:7-2007 ve 2012-2015 dönemlerinde rüzgar enerji kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.33. Kısmi Dalgacık Uyumu (Rüzgar, CO₂, TBiyokütle, TFosil, Nükleer)

- Şekil 4.33’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.33’ün yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

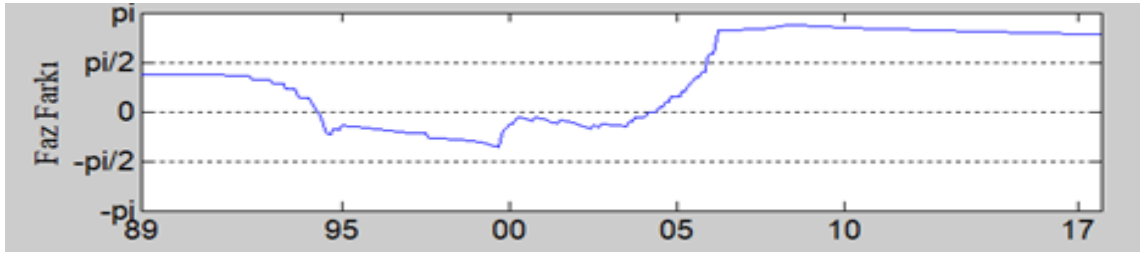
Şekil 4.33, Şekil 4.30’daki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek rüzgar enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam biyokütle (TBiyokütle), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)’dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.33.1. 1~3 Frekans Bandı

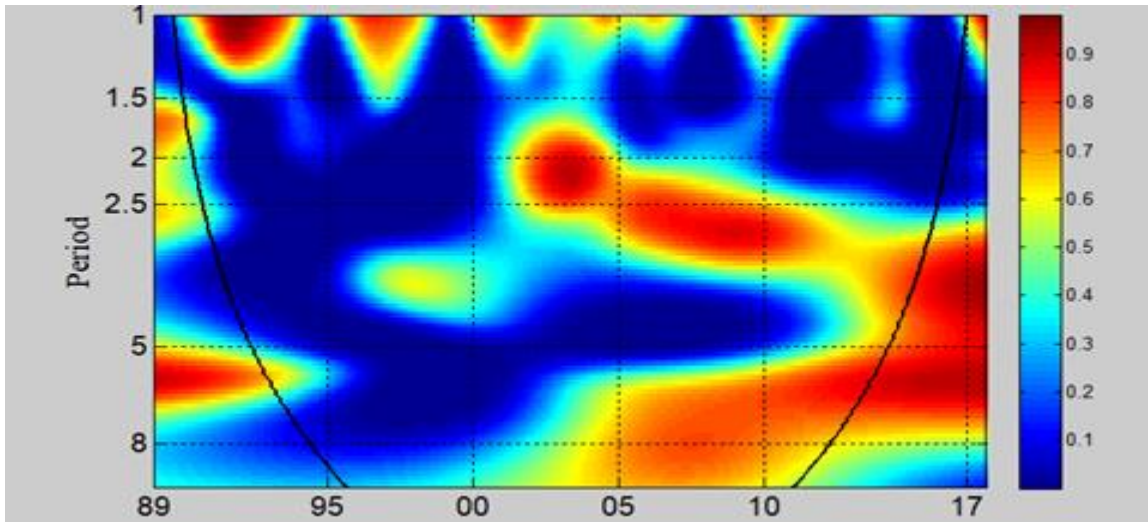
Şekil 4.33.1.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD’nin

rüzgar enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; rüzgar enerji kullanımının, 1995:7-1996:6, 2001:7-2004:6, 2009:1-2009:12 ve 2012:7-2012:12 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1990:1-1990:12, 1992-1995:6, 1996:7-1996:12, 2000-2001:6, 2004:7-2008, 2011-2012:6 ve 2013-2015 dönemlerinde rüzgar enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında rüzgar enerji kullanımı; 1996-1998 ve 2015:7-2016:12 dönemlerinde CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.



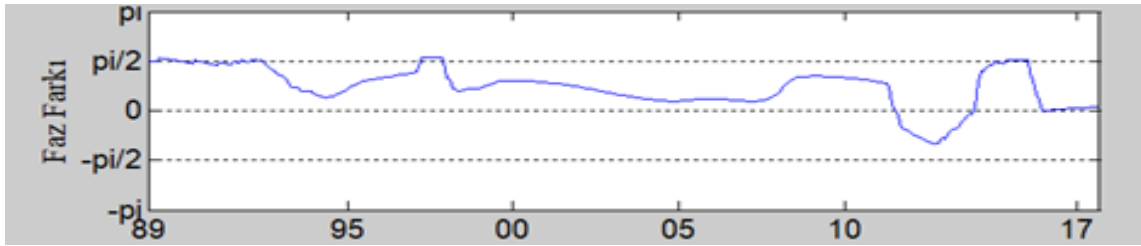
Şekil 4.33.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.33.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TBiyokütle, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin rüzgar enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; rüzgar enerjisi kullanımı, 1992-1994 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1994:7-2004:6 döneminde rüzgar enerji kullanımını artırmaktadır. Son olarak, değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonunu; 2006-2015 döneminde rüzgar enerji kullanımını azaltmaktadır.



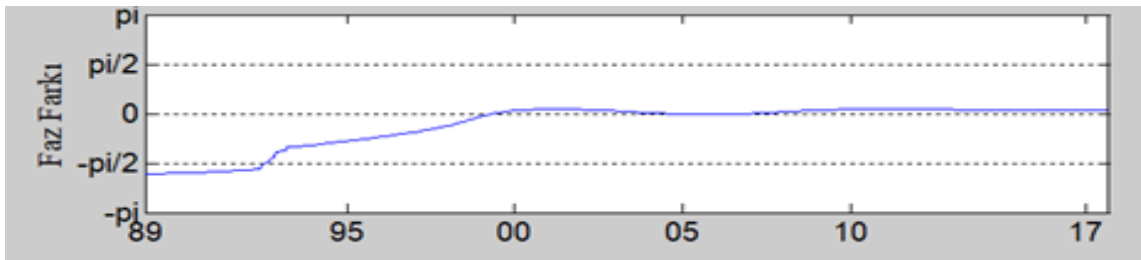
Şekil 4.34. Kısmi Dalgacık Uyumu (Odun, CO₂)

- Şekil 4.34'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.34'ün yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.34.1. 1~3 Frekans Bandı

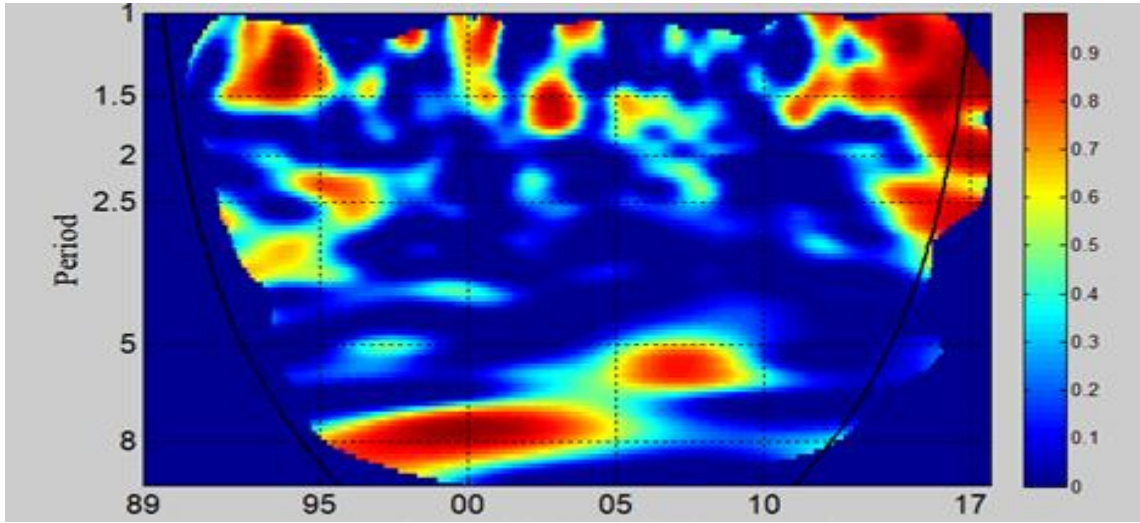
Şekil 4.34.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 1~3 frekans bandında ABD'nin odun enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.



Şekil 4.34.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.34.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 3~8 frekans bandında ABD'nin odun enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

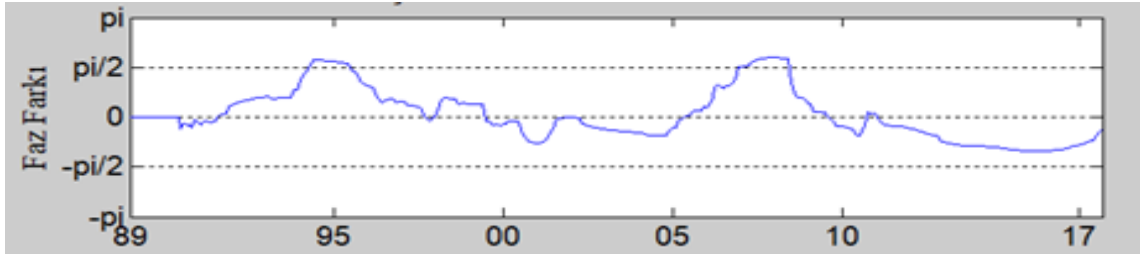
Şekil 4.34 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf izlenebildiği görülmektedir. Bu nedenle kontrol değişkenlerin modele dahil edildiği kısmi dalgacık analizleri takip edilecektir.



Şekil 4.35. Kısmi Dalgacık Uyumu (Odun, CO₂, Biyoyakıt, TFosil, Nüklr, SÜE)

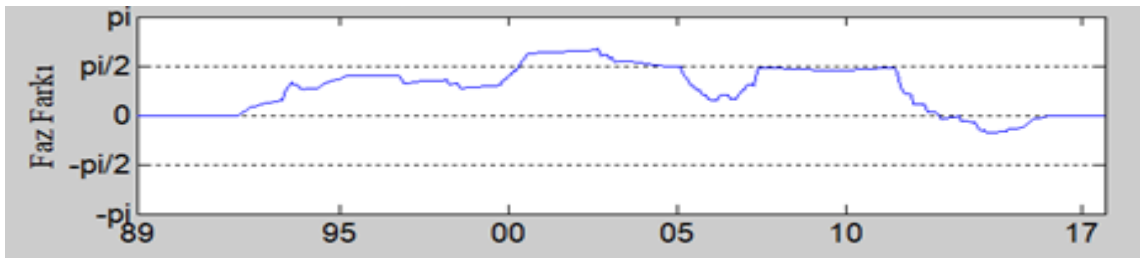
- Şekil 4.35'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.35'in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.35, Şekil 4.34'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek odun enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; biyoyakıt tüketimi (Biyoyakıt), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



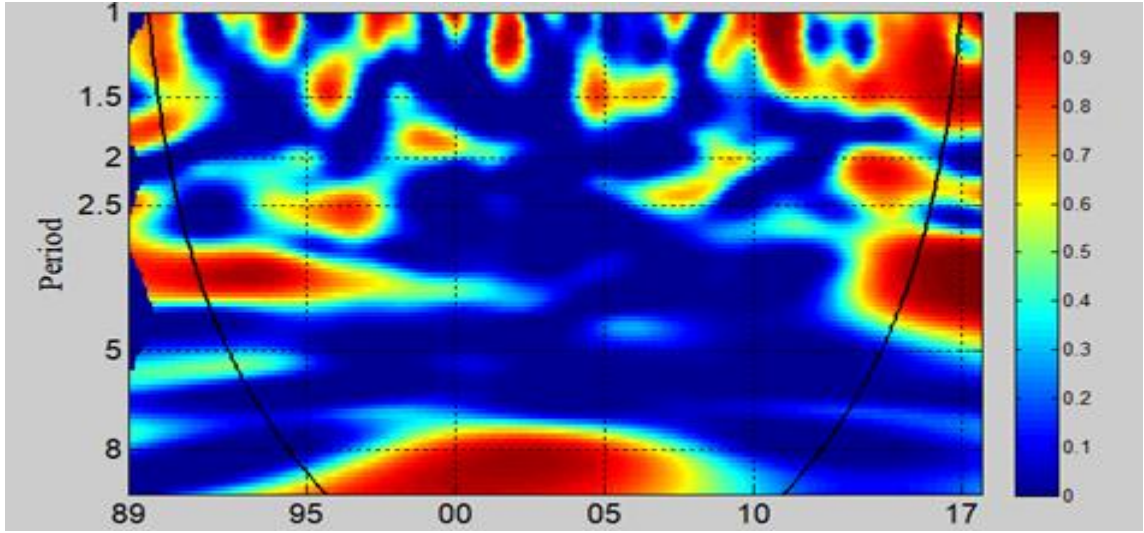
Şekil 4.35.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.35.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin odun enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; odun enerjisi kullanımının, 1992:6-1994:8, 1996-1997:6, 1998:1-1998:12 ve 2006-2007:9 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1992:1-1992:5, 2000-2001:6, 2002-2004:6, 2005:1-2005:12 ve 2011-2016 dönemlerinde odun enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonu 1994:9- 1995 ve 2007:1-2007:10 dönemlerinde odun enerji kullanımını azalttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.35.2. 3~8 Frekans Bandı

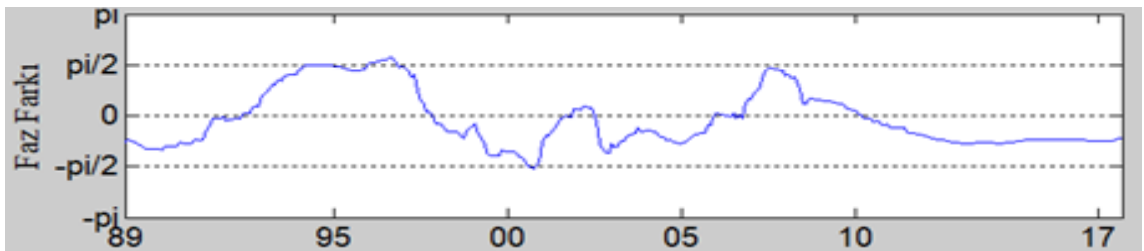
Şekil 4.35.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin odun enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında odun enerjisi kullanımı; 1993-2000:8 ve 2005-2007 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında ise; CO₂ emisyonu 2000:9-2004 döneminde odun enerji kullanımını azalttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.36. Kısmi Dalgacık Uyumu (Odun, CO₂, Biyoyakıt, TFosil, SÜE)

- Şekil 4.36’da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.36’nın yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

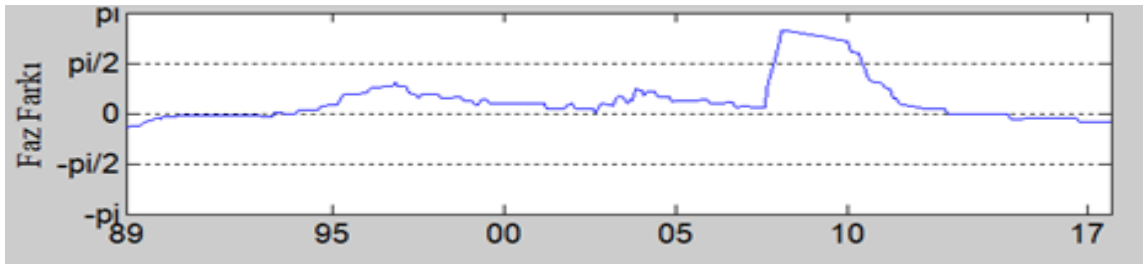
Şekil 4.36, Şekil 4.34’deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek odun enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; biyoyakıt tüketimi (Biyoyakıt), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)’dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.36.1. 1~3 Frekans Bandı

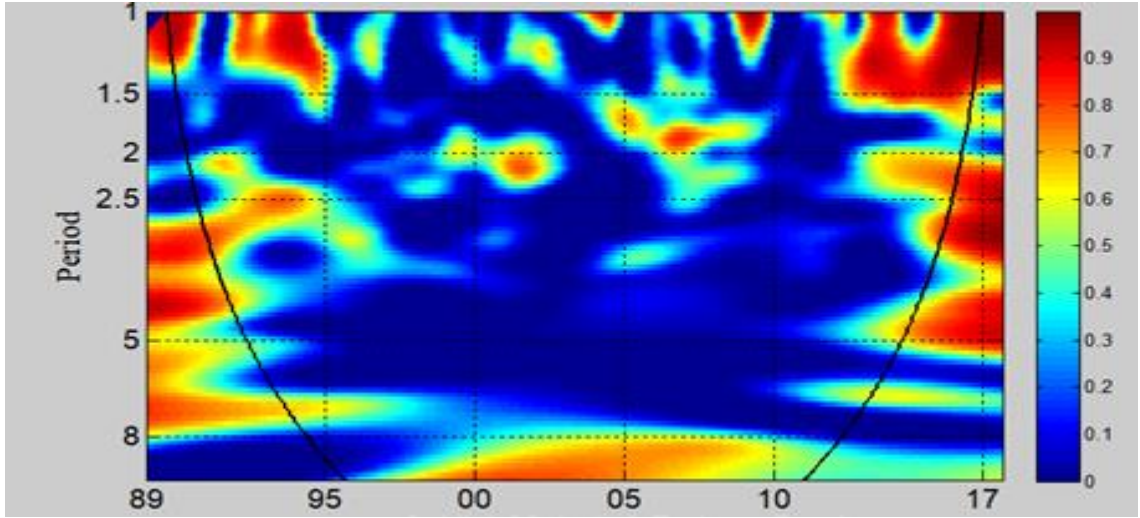
Şekil 4.36.1.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar (Biyoyakıt, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD’nin

odun enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; odun enerji kullanımının, 1993-1994, 1997-1998 ve 2007:5-2010 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1990-1991, 1998-2002, 2004-2006:6 ve 2011-2016 dönemlerinde odun enerji kullanımını artırmaktadır. Son olarak; 2006:7-2007:4 döneminde odun enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.36.2. 3~8 Frekans Bandı

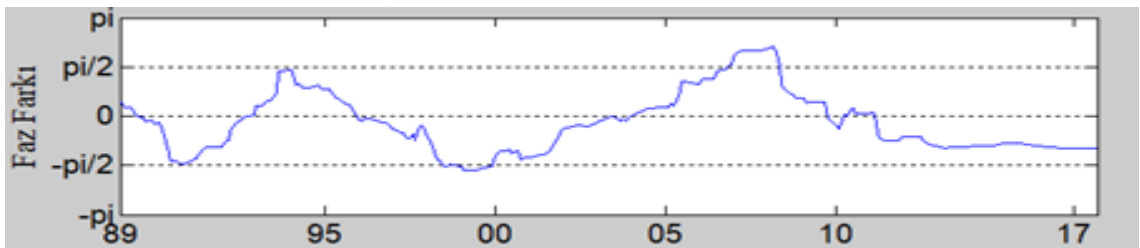
Şekil 4.36.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin odun enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında odun enerjisi kullanımı; 1994-2008:6 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 2015:1-2015:12 döneminde odun enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında ise; CO₂ emisyonu 2008:7-2008:12 döneminde odun enerji kullanımını azalttığı belirlenmiştir. Diğer taraftan, 1992-1993 ve 2014:1-2014:12 dönemlerinde odun enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.37. Kısmi Dalgacık Uyumu (Odun, CO₂, Biyoyakıt, TFosil, Nükleer)

- Şekil 4.37'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.37'nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

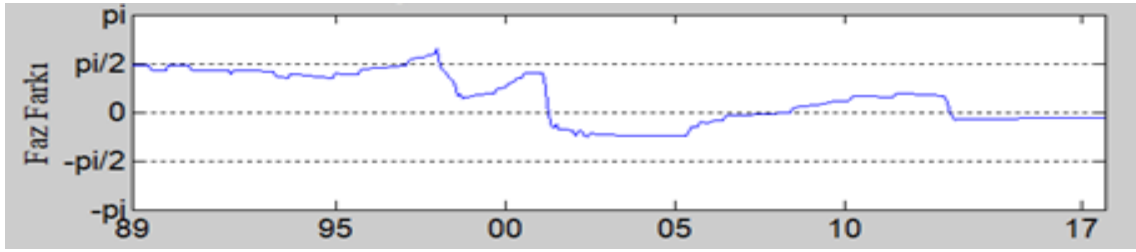
Şekil 4.37, Şekil 4.34'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek odun enerjisi tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; biyoyakıt tüketimi (Biyoyakıt), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.37.1. 1~3 Frekans Bandı

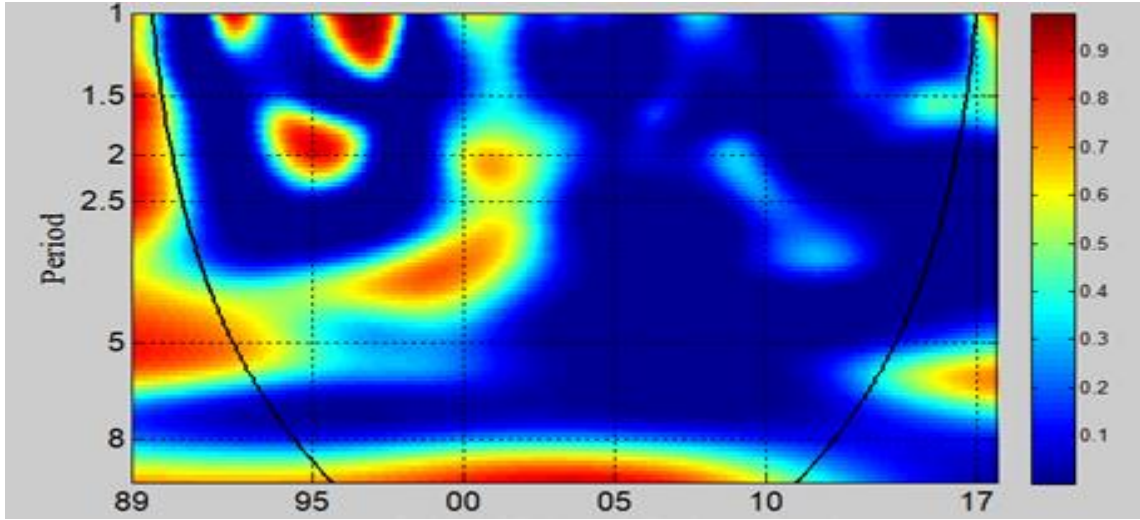
Şekil 4.37.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin

odun enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; odun enerji kullanımının, 1993-1995, 2004-2006 ve 2008:7-2010:6 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1990:1-1990:12, 1992:1992:12, 2000:7-2002, 2010:7-2010:12 ve 2012-2016 dönemlerinde odun enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; odun enerjisi kullanımının, 2000:1-2000:6 döneminde CO₂ emisyonunu azalttığı belirlenmiştir. Aynı doğrultuda, CO₂ emisyonunun 2007:2008:6 döneminde odun enerji kullanımını azalttığı görülmüştür.



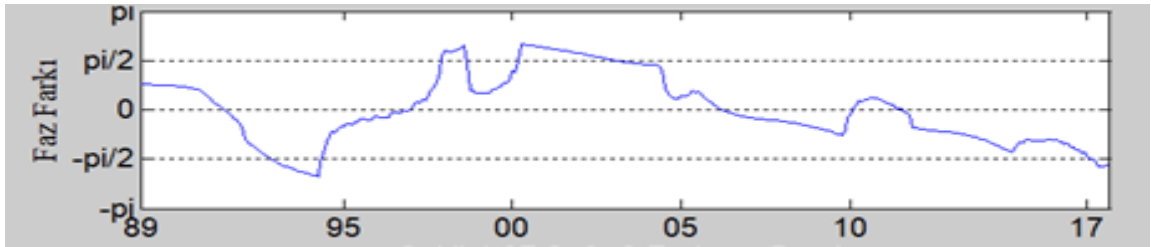
Şekil 4.37.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.37.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin odun enerjisi kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında odun enerjisi kullanımı; 1992-1997:6, 1998:5-2001:9, 2009-2010, 2012-2013:9 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 2001:10-2006 ve 2013:10-2015 dönemlerinde odun enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonu, 1997:7-1998:4 döneminde odun enerjisi kullanımını azaltmaktadır. Son olarak, 2007-2008 döneminde odun enerji kullanımı ve CO₂ emisyonunun birlikte arttığı belirlenmiştir.



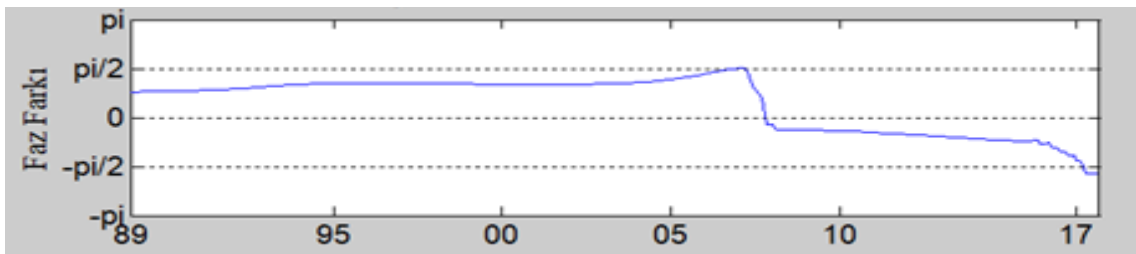
Şekil 4.38. Kısmi Dalgacık Uyumu (Atık, CO₂)

- Şekil 4.38’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.38’in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.38.1. 1~3 Frekans Bandı

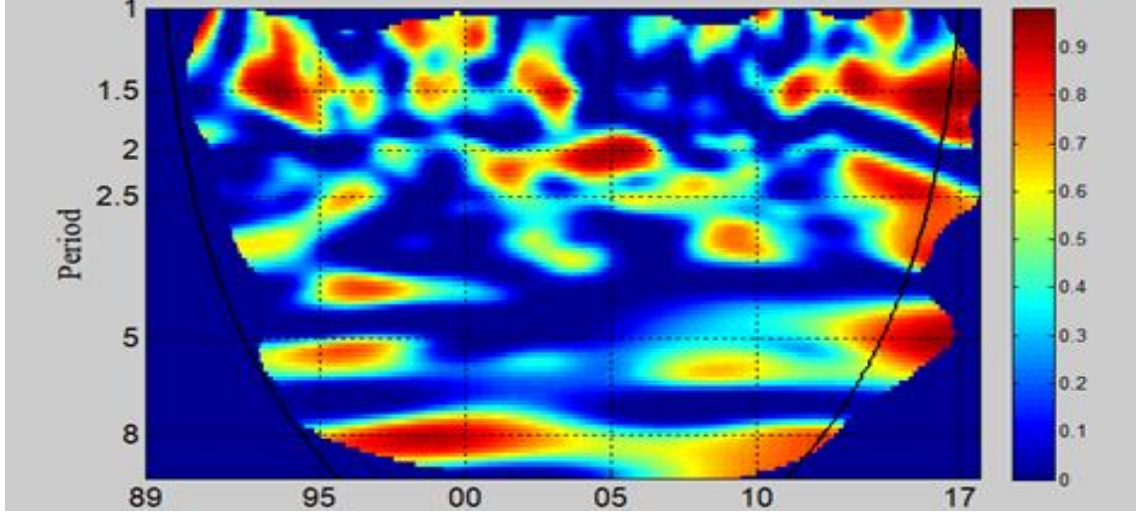
Şekil 4.38.1.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar 1~3 frekans bandında ABD’nin atık enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.



Şekil 4.38.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.38.2.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar 3~8 frekans bandında ABD’nin atık enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

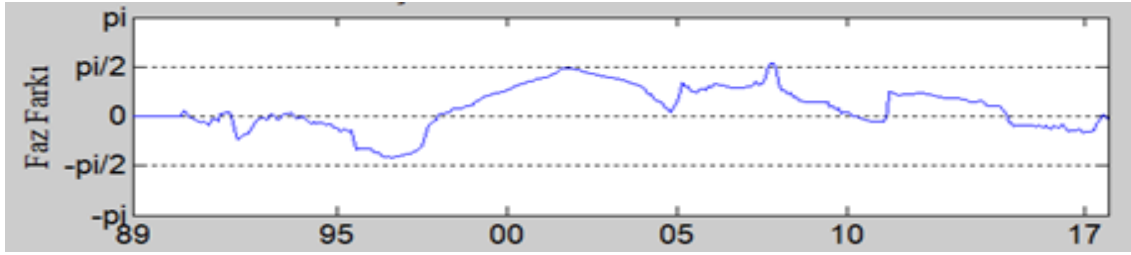
Şekil 4.38 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf izlenebildiği görülmektedir. Bu nedenle kontrol değişkenlerin modele dahil edildiği kısmi dalgacık analizleri takip edilecektir.



Şekil 4.39. Kısmi Dalgacık Uyumu (Atık, CO₂, Biyoyakıt, TFosil, Nükleer, SÜE)

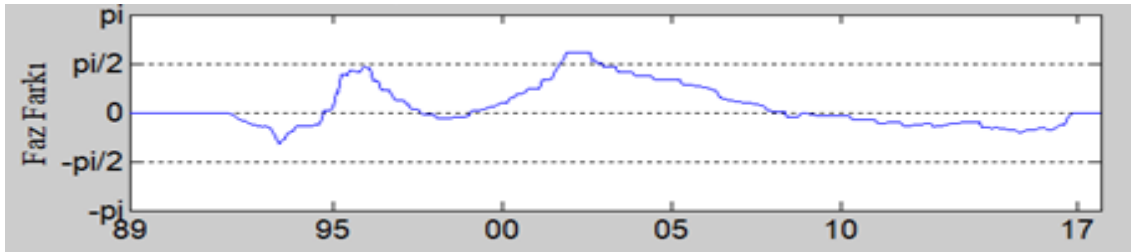
- Şekil 4.39'da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.39'un yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.39, Şekil 4.38'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek atık enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; biyoyakıt tüketimi (Biyoyakıt), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



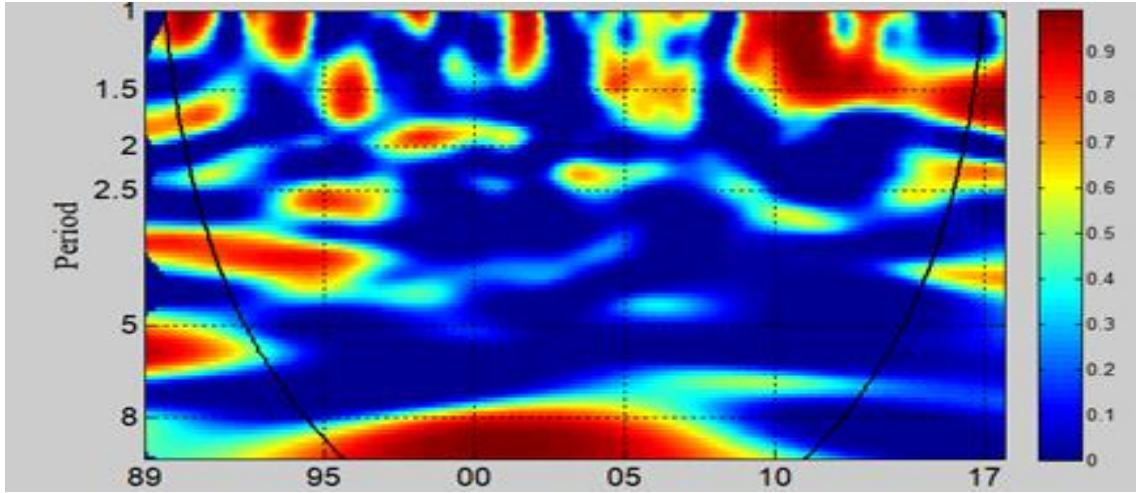
Şekil 4.39.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.39.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin atık enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; atık enerji kullanımının, 1998:9-1999 ve 2011-2014 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1991-1998:8 ve 2015-2016 dönemlerinde atık enerji kullanımını artırmaktadır.



Şekil 4.39.2. 3~8 Frekans Bandı

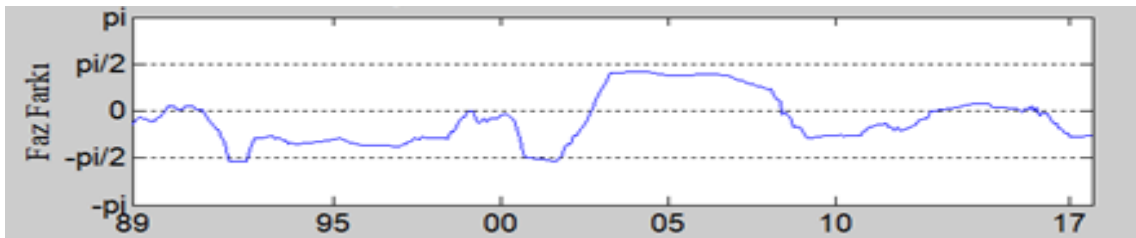
Şekil 4.39.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin atık enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında atık enerji kullanımı; 1995:6-2001 ve 2003:7-2007 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1992-1995:5, 2009:1-2009:12 ve 2011-2015 dönemlerinde atık enerjisi kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 2002-2003:6 döneminde atık enerji kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.40. Kısmi Dalgacık Uyumu (Atık, CO₂, Biyoyakıt, TFosil, SÜE)

- Şekil 4.40'da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.40'ın yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

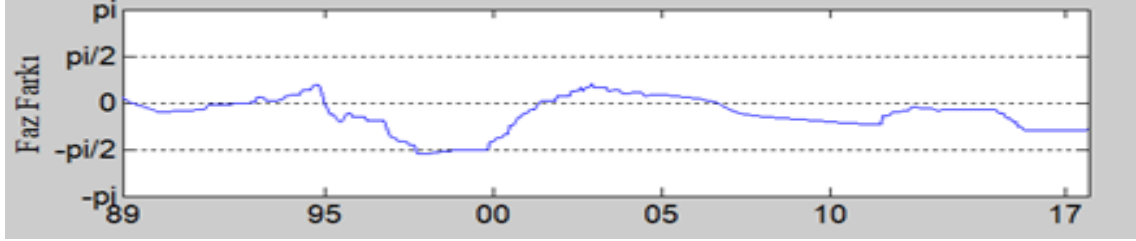
Şekil 4.40, Şekil 4.38'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek atık enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; biyoyakıt tüketimi (Biyoyakıt), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.40.1. 1~3 Frekans Bandı

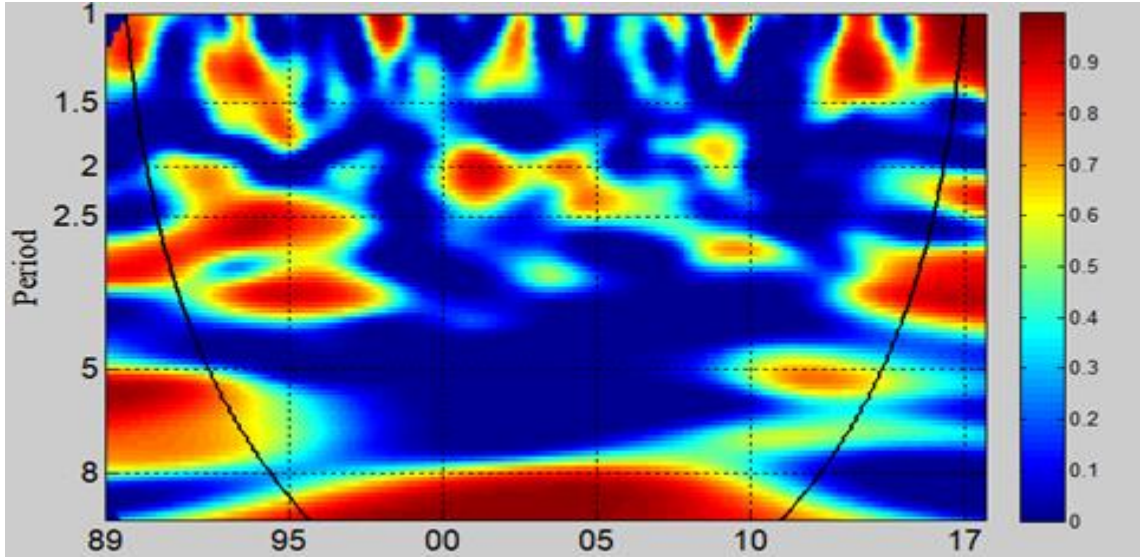
Şekil 4.40.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin atık enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer

almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; atık enerji kullanımının, 1990-1991:3, 2004-2008:6 ve 2013:5-2016 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1991:4-2001:5, 2002:1-2002:12 ve 2009-2013:4 dönemlerinde atık enerji kullanımını artırmaktadır.



Şekil 4.40.2. 3~8 Frekans Bandı

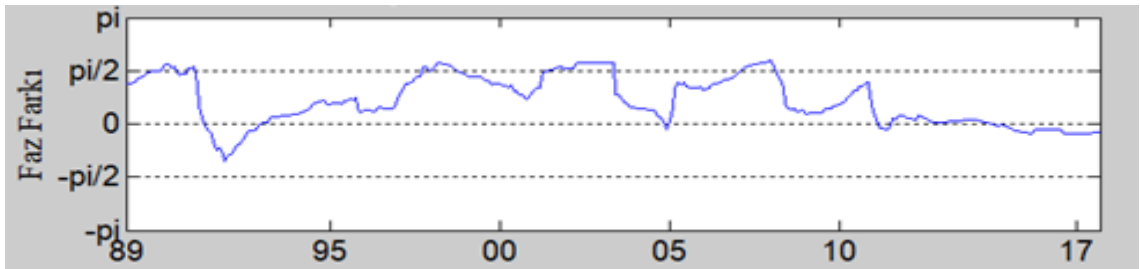
Şekil 4.40.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin atık enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; atık enerji kullanımı, 1993:5-1995:7 ve 2002-2006 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1991:1-1991:12, 1995:8-1998, 2000-2001 ve 2007-2009 dönemlerinde atık enerji kullanımını artırmaktadır. Son olarak 1992-1993:4 döneminde atık enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.41. Kısmi Dalgacık Uyumu (Atık, CO₂, Biyoyakıt, TFosil, Nükleer)

- Şekil 4.41’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.41’in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

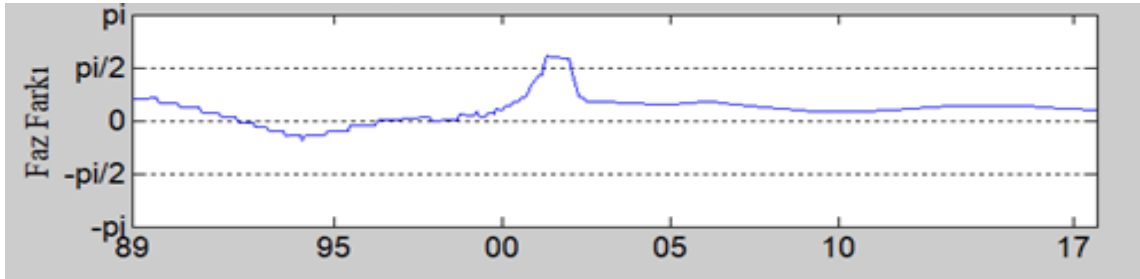
Şekil 4.41, Şekil 4.38’de ki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek atık enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; biyoyakıt tüketimi (Biyoyakıt), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)’dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.41.1. 1~3 Frekans Bandı

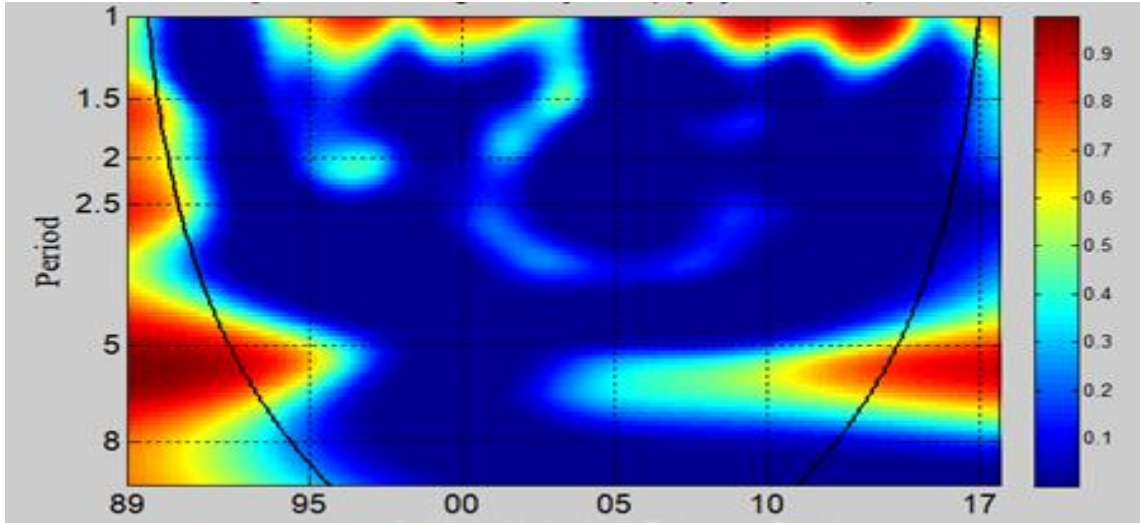
Şekil 4.41.1.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar (Biyoyakıt, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD’nin

atık enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında atık enerji kullanımının; 1991:1-1991:9, 1993:5-1998, 2001:1-2001:12, 2003:7-2006, 2009-2010 ve 2013-2014 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1991:10-1993:4 ve 2015:5-2016 dönemlerinde atık enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonu, 2002-2003:6 döneminde atık enerji kullanımını azaltmaktadır.



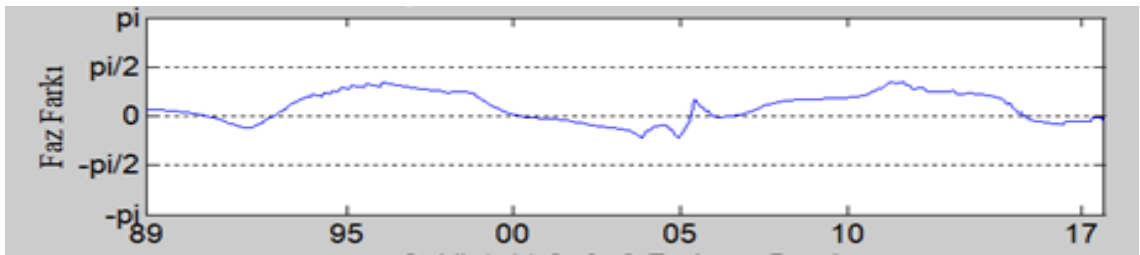
Şekil 4.41.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.41.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Biyoyakıt, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin atık enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında atık enerji kullanımı; 1991-1992, 1997-2001:7 ve 2002:5-2016 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1993-1996 döneminde atık enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonu, 2001:8-2002:4 döneminde atık enerji kullanımını azaltmaktadır. Son olarak 1998-1999 döneminde atık enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



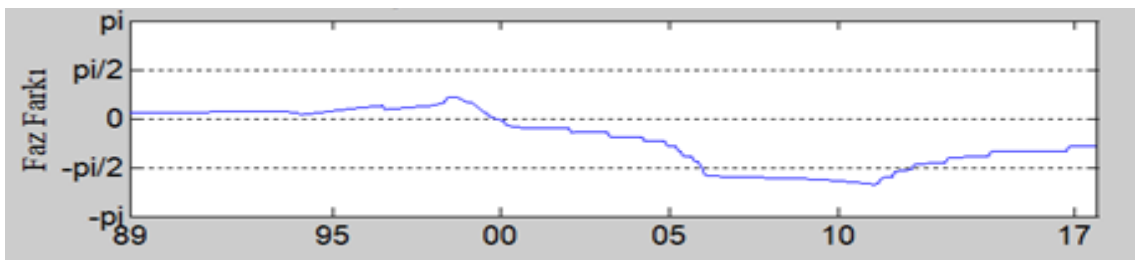
Şekil 4.42. Kısmi Dalgacık Uyumu (Biyoyakıt, CO₂)

- Şekil 4.42’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.42’nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.42.1. 1~3 Frekans Bandı

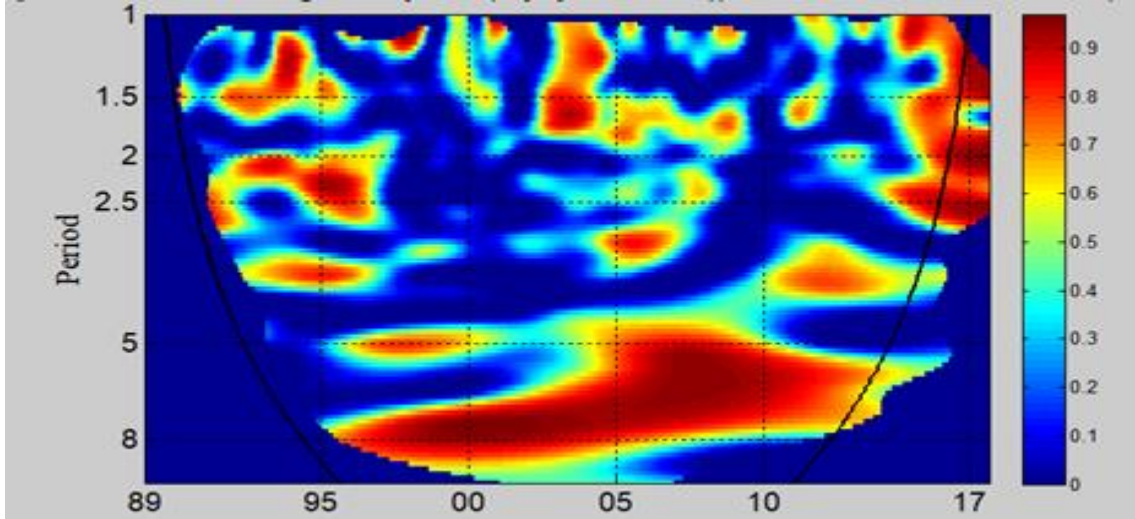
Şekil 4.42.1.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar 1~3 frekans bandında ABD’nin biyoyakıt kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.



Şekil 4.42.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.42.2.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar 3~8 frekans bandında ABD’nin biyoyakıt kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

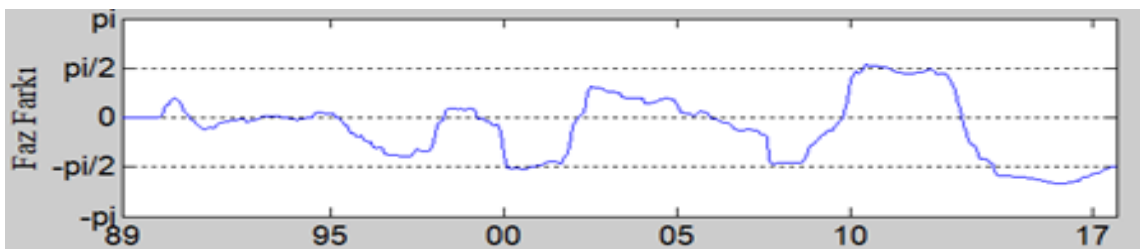
Şekil 4.42 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf izlenebildiği görülmektedir. Bu nedenle kontrol değişkenlerin modele dahil edildiği kısmi dalgacık analizleri takip edilecektir.



Şekil 4.43. Kısmi Dalgacık Uyumu (Biyoyakıt, CO₂, Odun, TFosil, Nükleer, SÜE)

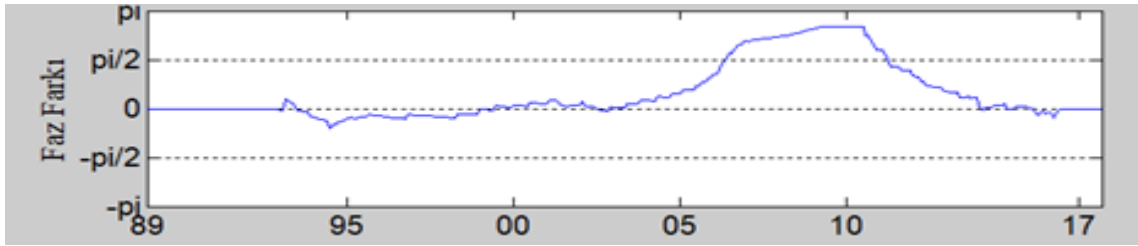
- Şekil 4.43'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.43'ün yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.43, Şekil 4.42'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek biyoyakıt tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; odun enerji tüketimi (Odun), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



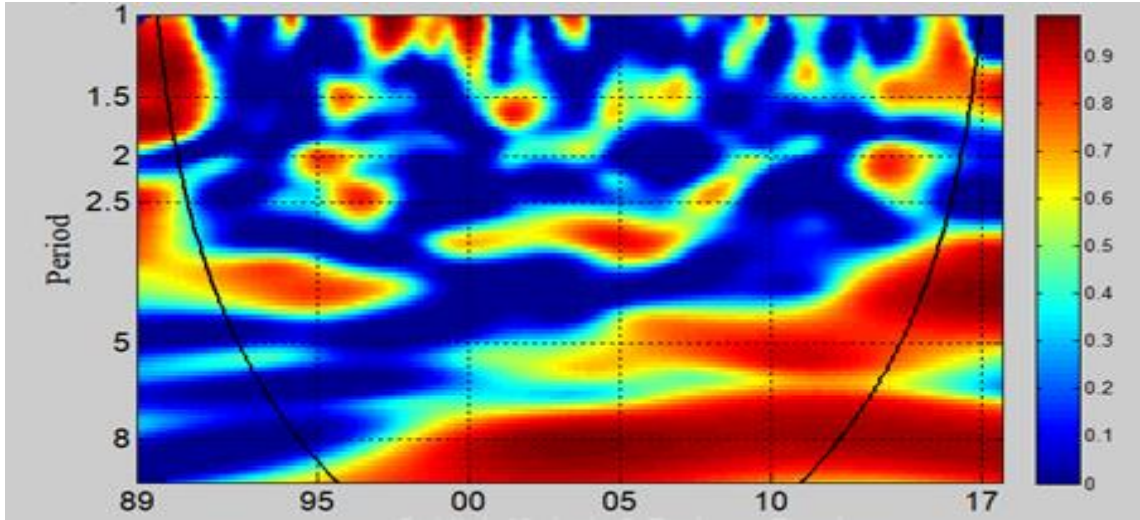
Şekil 4.43.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.43.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Odun, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin biyoyakıt kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; biyoyakıt kullanımının, 1990-1991:6, 1999:1-1999:12, 2002:9-2006:7 ve 2011-2013:7 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1991:7-1992, 1995-1998, 2000:1-2000:12, 2006:8-2009 ve 2014:1-2014:7 dönemlerinde biyoyakıt kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; biyoyakıt kullanımının 2014:8-2016 döneminde CO₂ emisyonunu azalttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.43.2. 3~8 Frekans Bandı

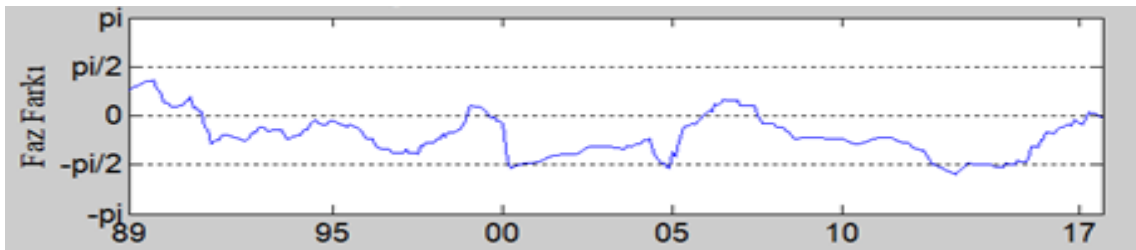
Şekil 4.43.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Odun, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin biyoyakıt kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; biyoyakıt kullanımı, 2000-2006:9 ve 2011:10-2015 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1994-1999 döneminde biyoyakıt kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 2006:10-2011:9 döneminde biyoyakıt kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.44. Kısmi Dalgacık Uyumu (Biyoyakıt, CO₂, Odun, TFosil, SÜE)

- Şekil 4.44'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.44'ün yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

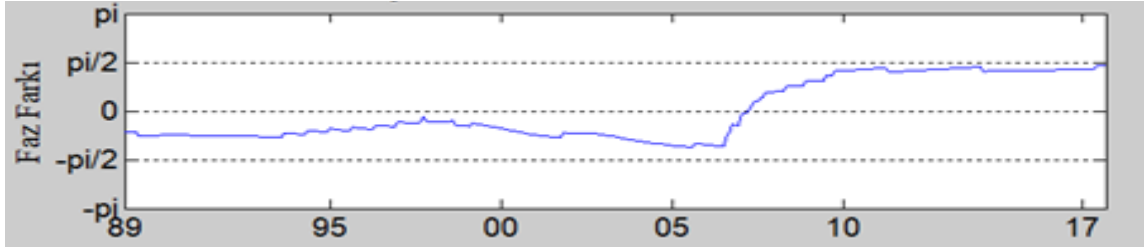
Şekil 4.44, Şekil 4.42'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek biyoyakıt tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; odun enerji tüketimi (Odun), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.44.1. 1~3 Frekans Bandı

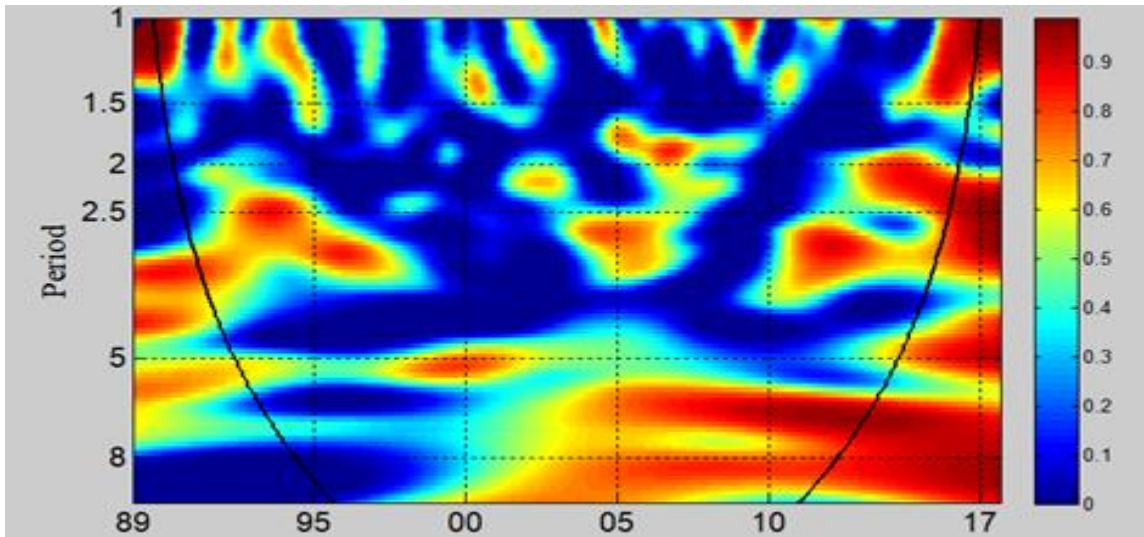
Şekil 4.44.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Odun, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin biyoyakıt kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında biyoyakıt

kullanımının; 1990-1991:6, 1999:7-1999:12 ve 2007:1-2007:12 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1991:7-1991:12, 1995-1999:6, 2000-2005:6, 2013:1-2013:12 ve 2015:6-2016 dönemlerinde biyoyakıt kullanımını artırmaktadır. Son olarak 2014-2015:5 döneminde biyoyakıt kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.44.2. 3~8 Frekans Bandı

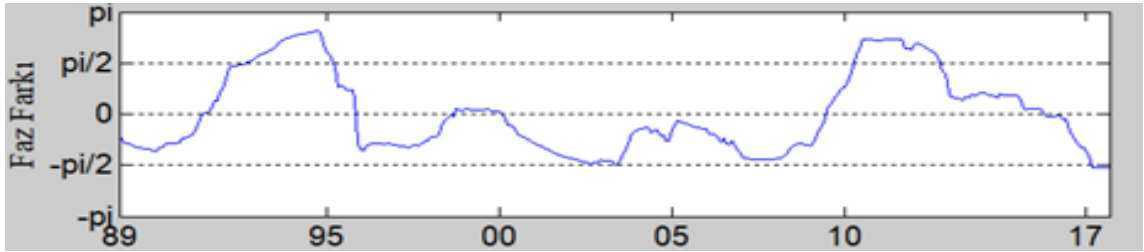
Şekil 4.44.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Odun, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin biyoyakıt kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; biyoyakıt kullanımı, 2007:9-2016:6 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1991-2007:8 döneminde biyoyakıt kullanımını artırmaktadır.



Şekil 4.45. Kısmi Dalgacık Uyumu (Biyoyakıt, CO₂, Odun, TFosil, Nükleer)

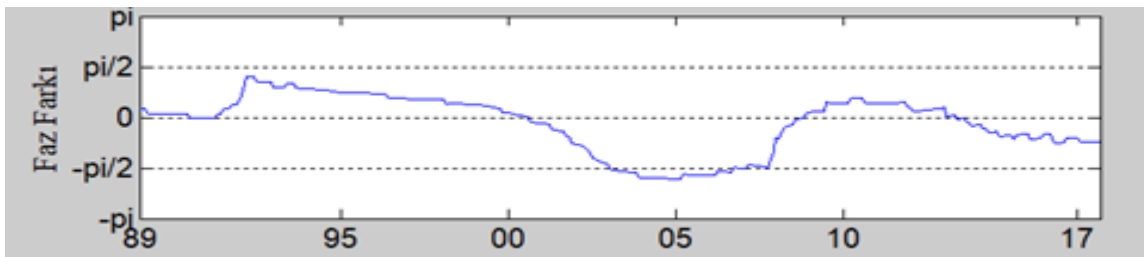
- Şekil 4.45'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamaı temsil etmektedir.
- Şekil 4.45'in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.45, Şekil 4.42'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek biyoyakıt tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; odun enerji tüketimi (Odun), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



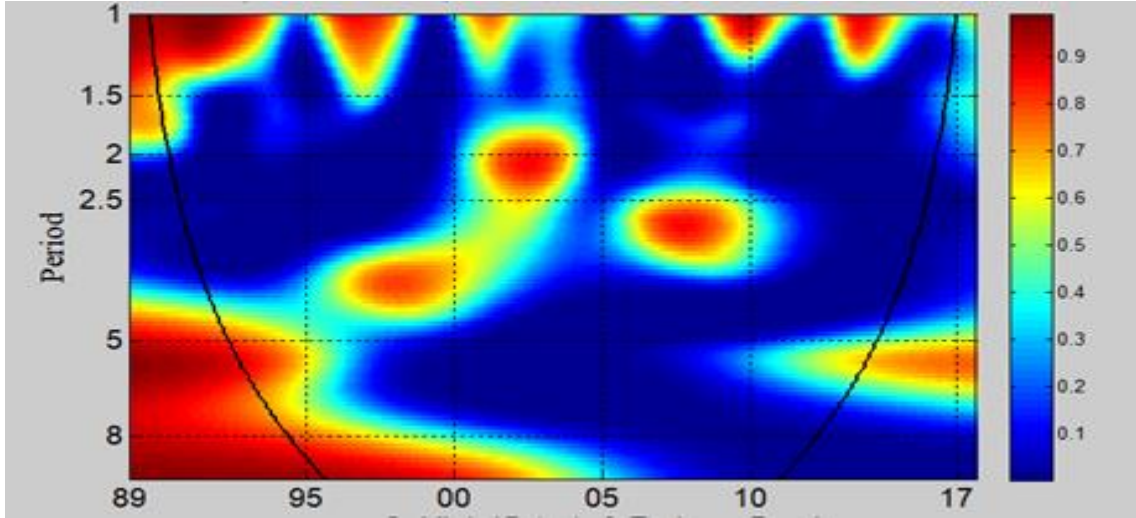
Şekil 4.45.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.45.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Odun, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin biyoyakıt kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında biyoyakıt kullanımının; 1992:1-1992:12, 1995:8-1996:5, 2009:10-2009:12 ve 2013:5-2016:5 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1990-1991, 1996:6-1996:12, 2001-2002, 2005-2007, 2009:1-2009:9 ve 2016:6-2016:12 dönemlerinde biyoyakıt kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 1993-1995:7 ve 2011-2013:4 dönemlerinde biyoyakıt kullanımını azaltmaktadır.



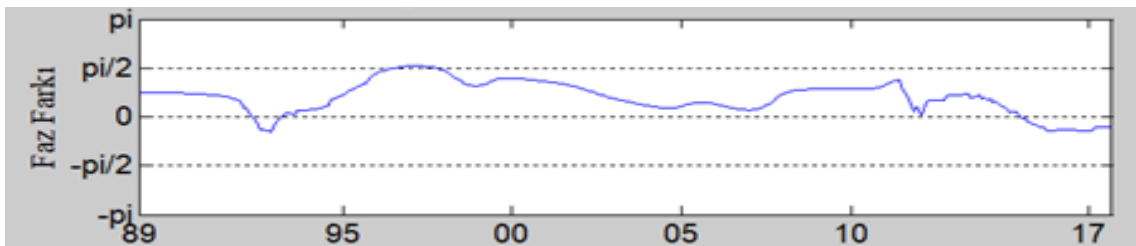
Şekil 4.45.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.45.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Odun, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin biyoyakıt kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; biyoyakıt kullanımı, 1992-2000 ve 2009-2013 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 2001-2003:5, 2007-2008 ve 2014-2016 dönemlerinde biyoyakıt kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında biyoyakıt kullanımı; 2003:6-2006 döneminde CO₂ emisyonu azaltmaktadır.



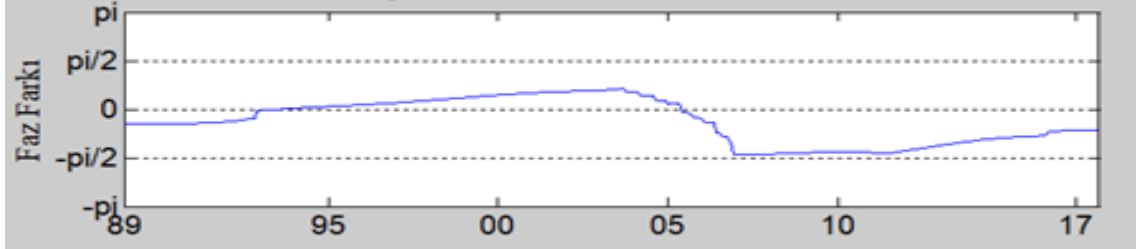
Şekil 4.46. Kısmi Dalgacık Uyumu (TBiyokütle, CO₂)

- Şekil 4.46'da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.46'nın yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.46.1. 1~3 Frekans Bandı

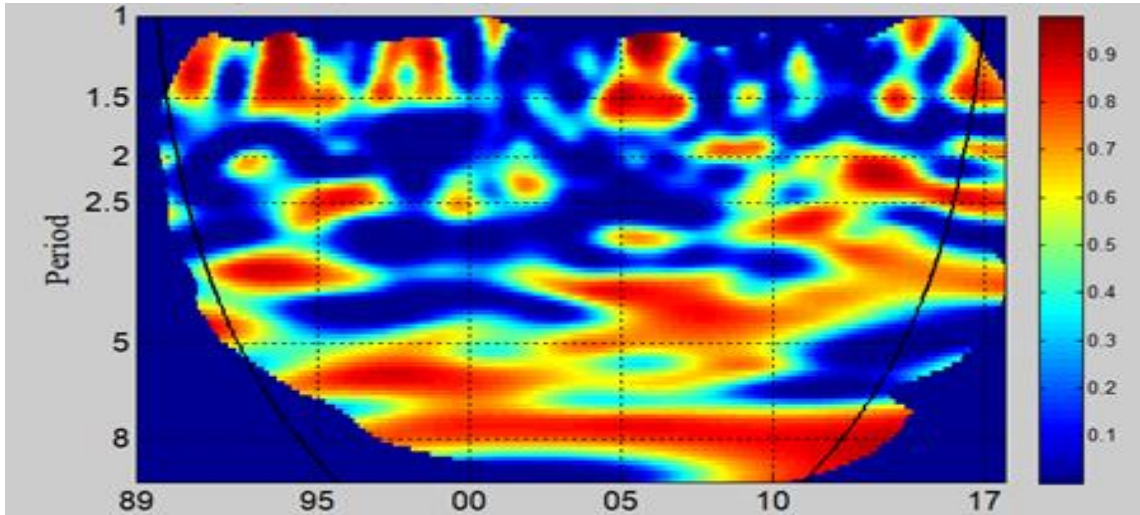
Şekil 4.46.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 1~3 frekans bandında ABD'nin toplam biyokütle enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.



Şekil 4.46.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.46.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 3~8 frekans bandında ABD'nin toplam biyokütle enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

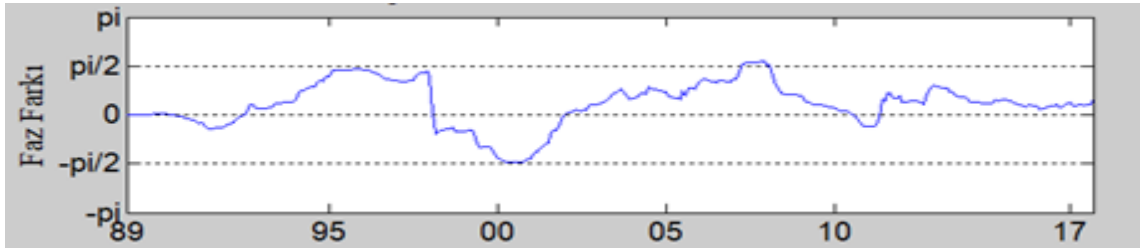
Şekil 4.46 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf izlenebildiği görülmektedir. Bu nedenle kontrol değişkenlerin modele dahil edildiği kısmi dalgacık analizleri takip edilecektir.



Şekil 4.47. Kısmi Dalgacık Uyumu (TBiyokütle, CO₂, Hidroelektrik, TFosil, Nükleer, SÜE)

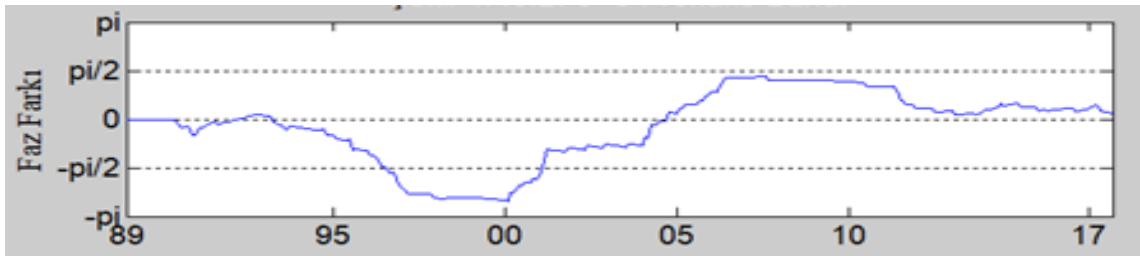
- Şekil 4.47'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.47'nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.47, Şekil 4.46'daki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek toplam biyokütle enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; hidroelektrik tüketimi (Hidroelektrik), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



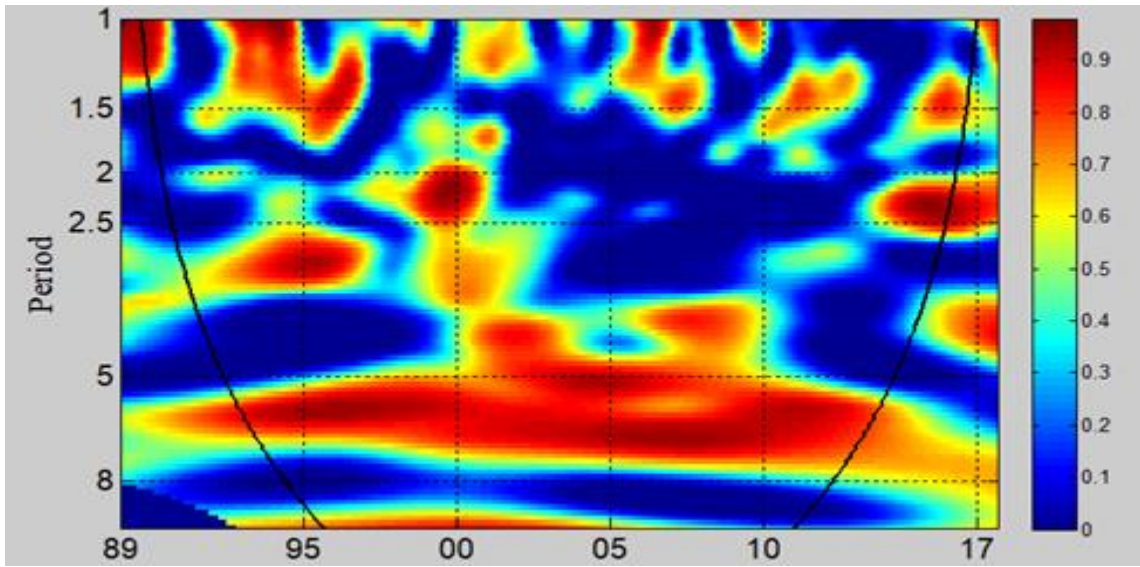
Şekil 4.47.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.47.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Hidroelektrik, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin toplam biyokütle enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam biyokütle enerji kullanımının, 1993-1998:9, 2005-2010 ve 2011:10-2016 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1991:8-1992, 1998:9-1999, 2001:1-2001:12 ve 2011:1-2011:9 dönemlerinde toplam biyokütle enerji kullanımını artırmaktadır. Son olarak 1990-1991:7 döneminde toplam biyokütle enerji ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.47.2. 3~8 Frekans Bandı

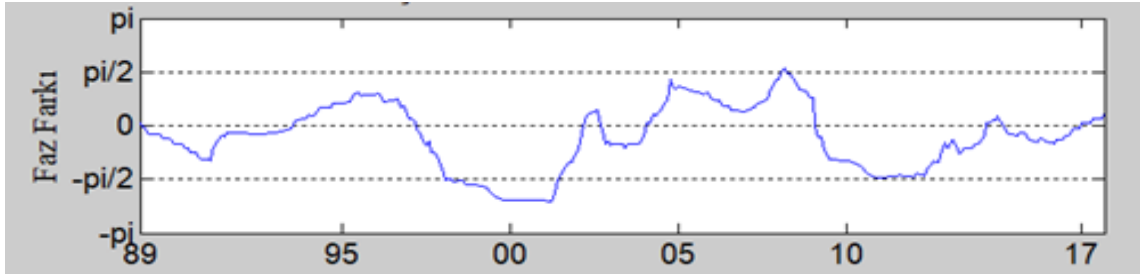
Şekil 4.47.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Hidroelektrik, TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin toplam biyokütle enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında toplam biyokütle enerji; 1992-1993 ve 2005-2015 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1994-1996 ve 2001:6-2004 dönemlerinde toplam biyokütle enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam biyokütle enerji kullanımı, 1997-2001:5 döneminde CO₂ emisyonu azaltmaktadır.



Şekil 4.48. Kısmi Dalgacık Uyumu (TBiyokütle, CO₂, Hidroelektrik, TFosil, SÜE)

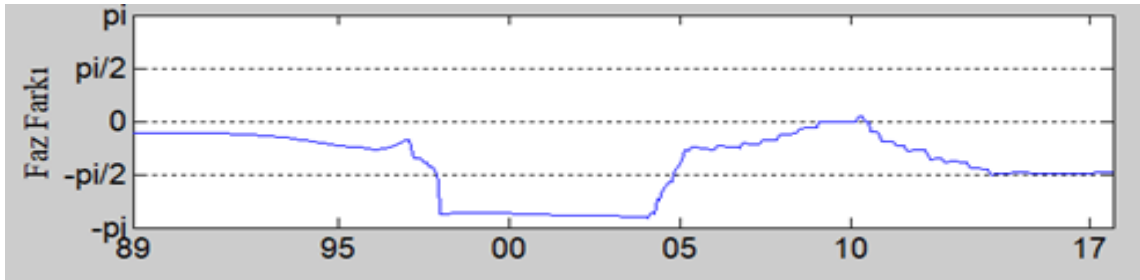
- Şekil 4.48'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.48'in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.48, Şekil 4.46'daki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek toplam biyokütle enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; hidroelektrik tüketimi (Hidroelektrik), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.48.1. 1~3 Frekans Bandı

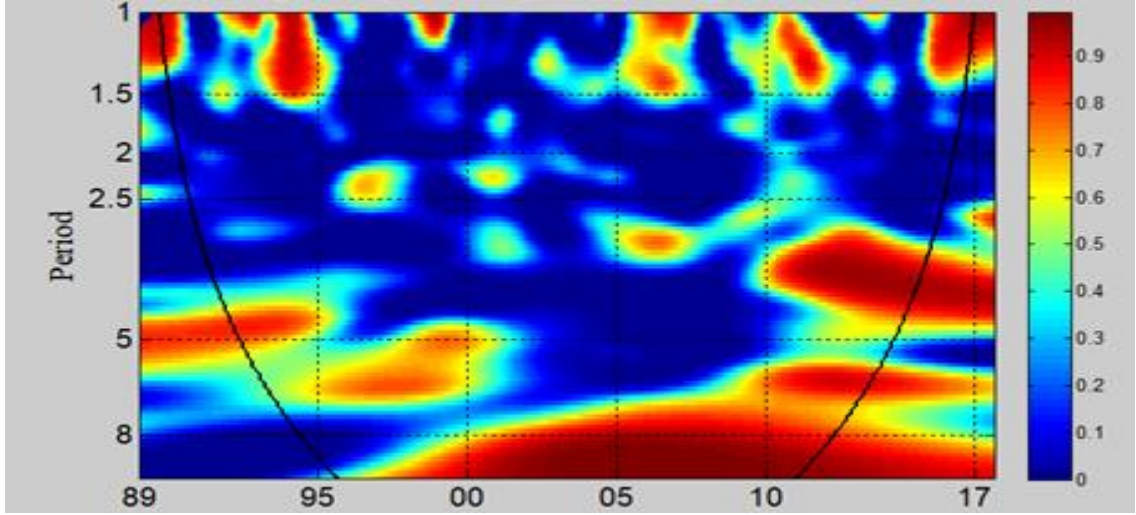
Şekil 4.48.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Hidroelektrik, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin toplam biyokütle enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam biyokütle kullanımının, 1994-1997:9, 2002:9-2002:12 ve 2005-2008 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1990:1-1990:12, 1992-1993, 1997:10-1998, 2002:1-2002:8 ve 2010-2016 dönemlerinde toplam biyokütle enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam biyokütle enerji kullanımının, 1999-2001 döneminde CO₂ emisyonunu azalttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.48.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.48.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Hidroelektrik, TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin toplam biyokütle enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 1991-1998:4, 2005:5-2009:4 ve 2011-2014 döneminde toplam biyokütle enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam biyokütle enerji kullanımı, 1998:5-2005:4 döneminde CO₂ emisyonunu azaltmaktadır. Son olarak

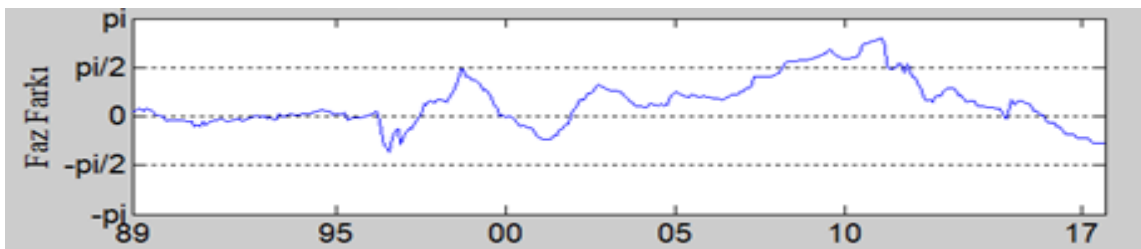
2009:5-2010 döneminde toplam biyokütle enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu birlikte artmaktadır.



Şekil 4.49. Kısmi Dalgacık Uyumu (TBiyokütle, CO₂, Hidroelektrik, TFosil, Nüklr)

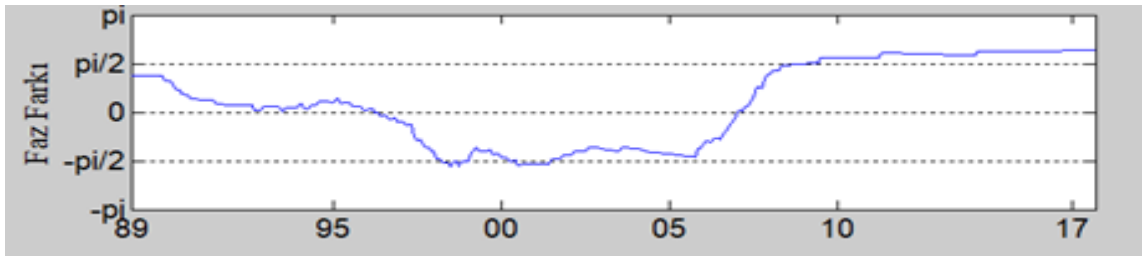
- Şekil 4.49'da siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.49'un yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.49, Şekil 4.46'daki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek toplam biyokütle enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; hidroelektrik tüketimi (Hidroelektrik), toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



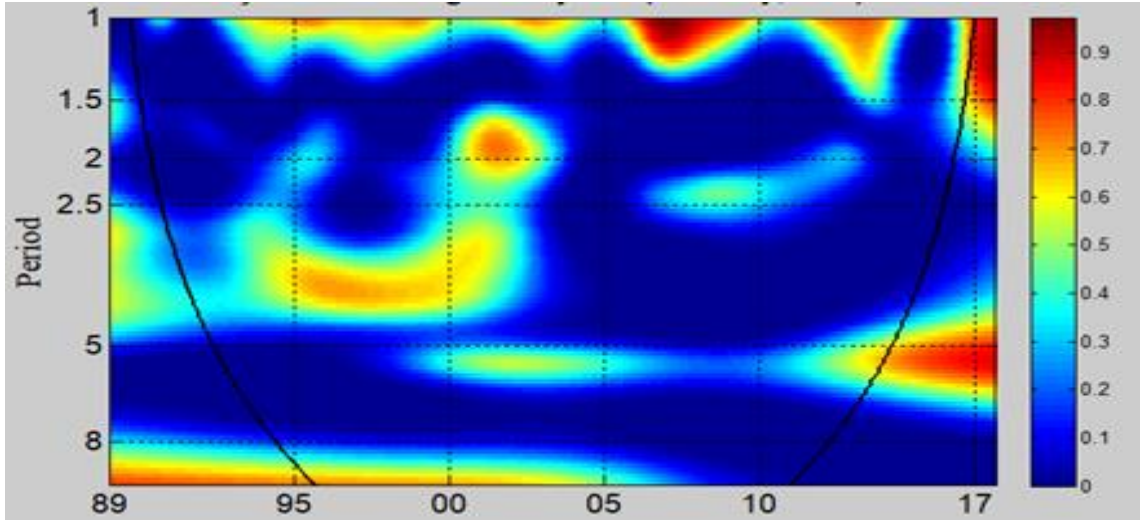
Şekil 4.49.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.49.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Hidroelektrik, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin toplam biyokütle enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında toplam biyokütle enerji kullanımının; 1994-1995, 1998-1999, 2005-2008:6, 2012:1-2012:12 ve 2015-2016:3 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 1990:1-1990:12, 1992:1-1992:12, 1997:1-1997:12, 2001:1-2001:12 ve 2016:4-2016:12 dönemlerinde toplam biyokütle enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonu, 2008:7-2008:12 döneminde toplam biyokütle enerji kullanımını azalttığı belirlenmiştir.



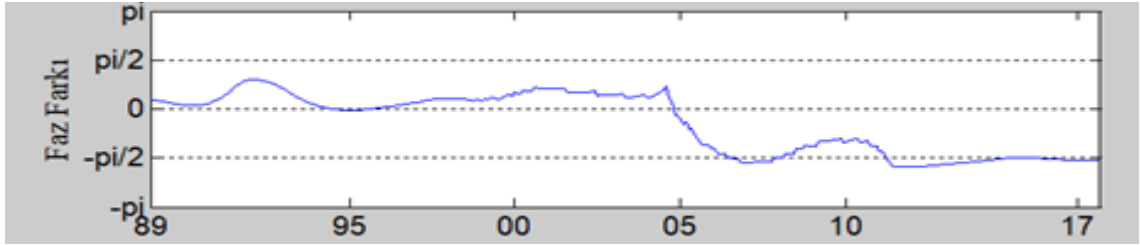
Şekil 4.49.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.49.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (Hidroelektrik, TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin toplam biyokütle enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında toplam biyokütle enerji kullanımı; 1992-1996 ve 2007:6-2008 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1997-2007 döneminde toplam biyokütle enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonu, 2009-2015 döneminde toplam biyokütle enerji kullanımını azaltmaktadır.



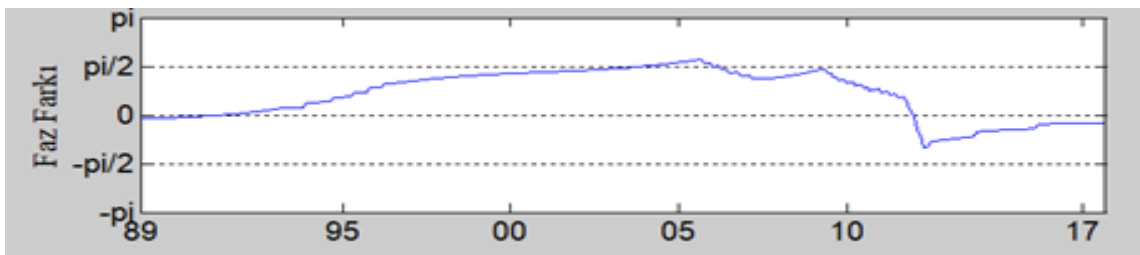
Şekil 4.50. Kısmi Dalgacık Uyumu (TYEnerji, CO₂)

- Şekil 4.50’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.50’nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.



Şekil 4.50.1. 1~3 Frekans Bandı

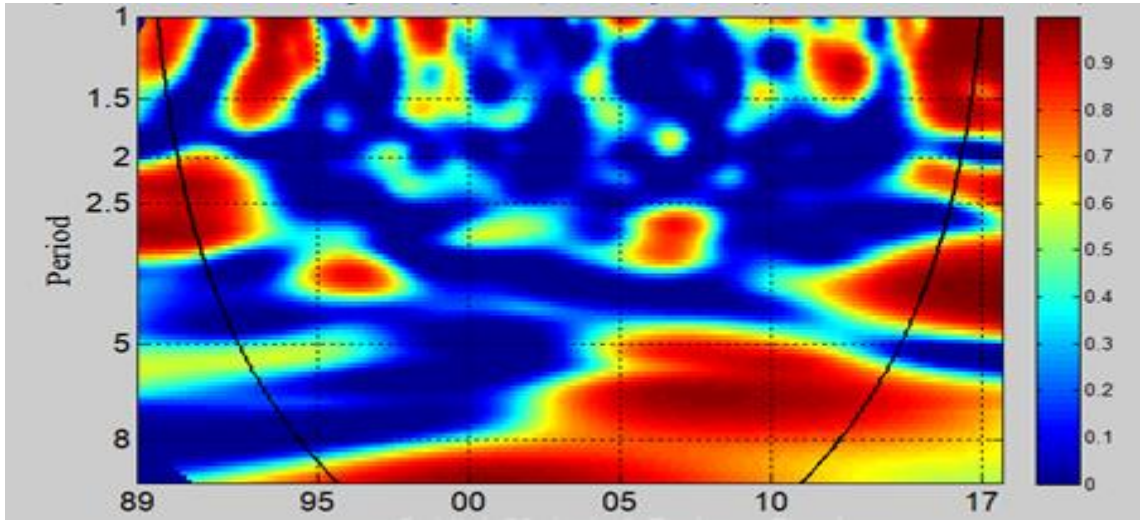
Şekil 4.50.1.’de 1989:1’den, 2017:8’e kadar 1~3 frekans bandında ABD’nin toplam yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.



Şekil 4.50.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.50.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar 3~8 frekans bandında ABD'nin toplam yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır.

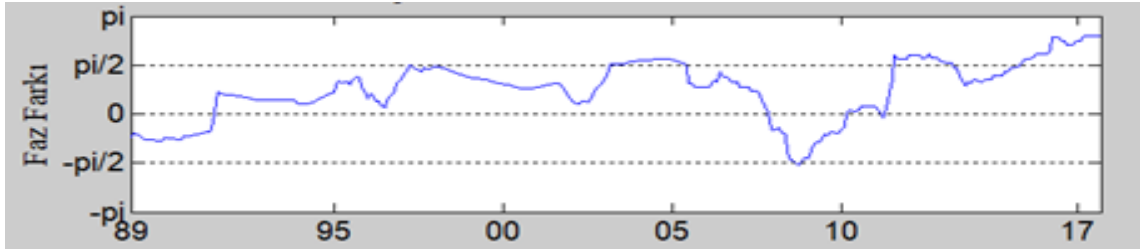
Şekil 4.50 dikkate alındığında, iki değişken arasındaki ilişkinin net olmadığı veya zayıf izlenebildiği görülmektedir. Bu nedenle kontrol değişkenlerin modele dahil edildiği kısmi dalgacık analizleri takip edilecektir.



Şekil 4.51. Kısmi Dalgacık Uyumu (TYEnerji, CO₂, TFosil, Nükleer, SÜE)

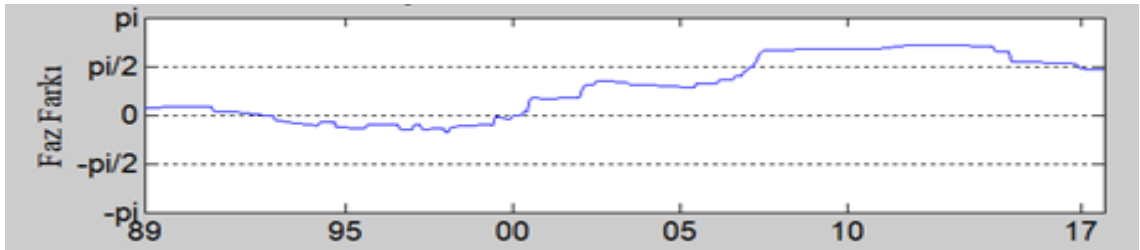
- i. Şekil 4.51'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ii. ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- iii. Şekil 4.51'in yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.51, Şekil 4.50'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek toplam yenilenebilir enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil), nükleer enerji tüketimi (Nükleer) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.51.1. 1~3 Frekans Bandı

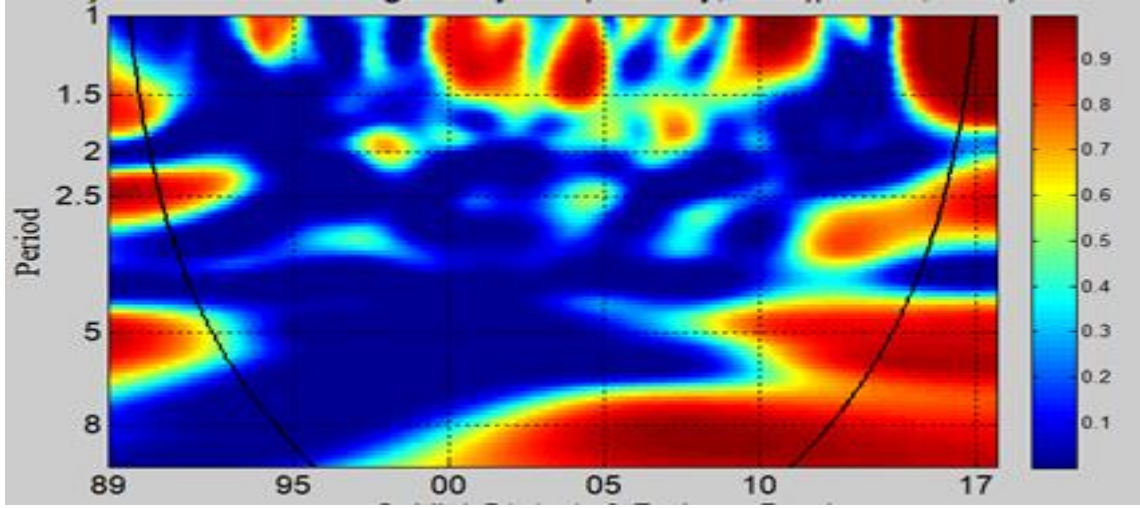
Şekil 4.51.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin toplam yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam yenilenebilir enerji kullanımı, 1991:10-1995, 1998-1999, 2005:6-2006, 2011:1-2011:12, 2013:8-2013:12 ve 2015:1-2015:12 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonu; 1990-1991:9 ve 2009-2010 dönemlerinde toplam yenilenebilir enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonu, 2004-2005:7, 2012-2013:7 ve 2016:1-2016:12 dönemlerinde toplam yenilenebilir enerji kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.51.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.51.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TFosil, Nükleer, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin toplam yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında toplam yenilenebilir enerji kullanımı; 1993:9-1993:12 ve 2000-2007:5 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, CO₂

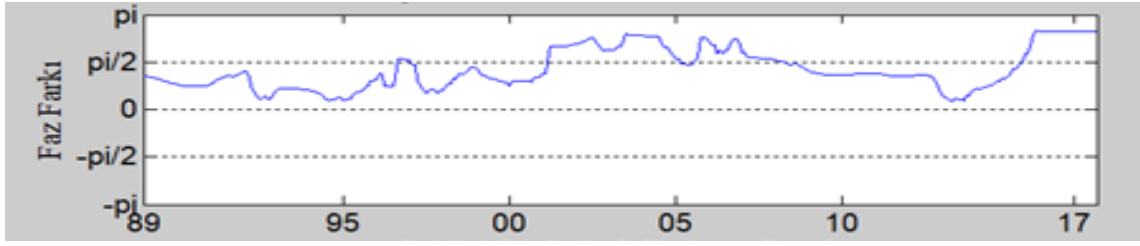
emisyonu; 1993:10-1999 döneminde toplam yenilenebilir enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 2007:6-2015 döneminde toplam yenilenebilir enerji kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.52. Kısmi Dalgacık Uyumu (TYEnerji, CO₂, TFosil, SÜE)

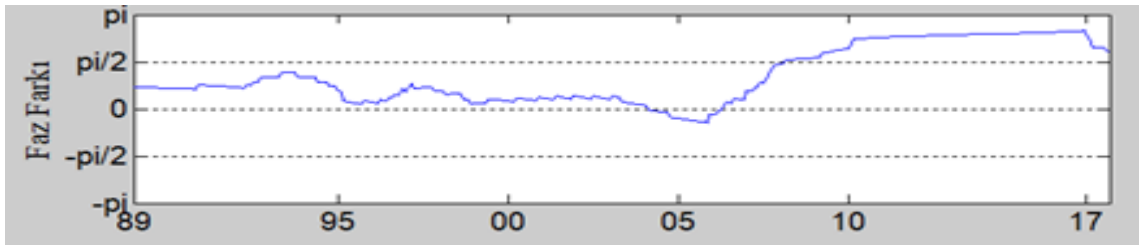
- Şekil 4.52’de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5’lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.52’nin yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

Şekil 4.52, Şekil 4.50’deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek toplam yenilenebilir enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve sanayi üretim endeksi (SÜE)’dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



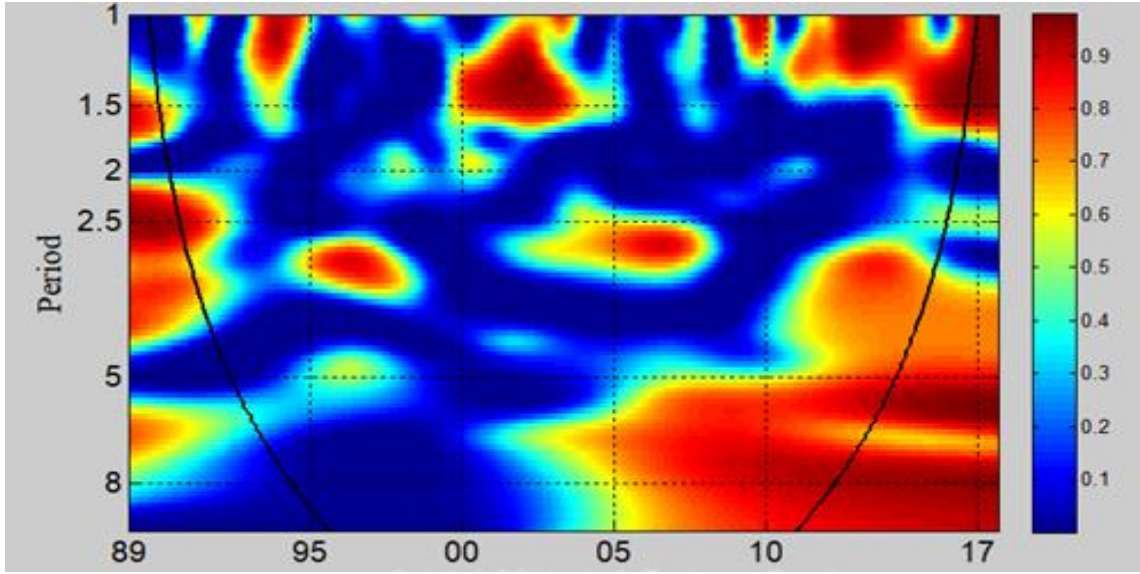
Şekil 4.52.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.52.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin toplam yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında toplam yenilenebilir enerji kullanımı; 1990-1995, 1998:1-1998:12, 2000-2001:8, 2009:2012 ve 2014-2015 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; CO₂ emisyonu, 2001:9-2008 ve 2015:10-2016 dönemlerinde toplam yenilenebilir enerji kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.52.2. 3~8 Frekans Bandı

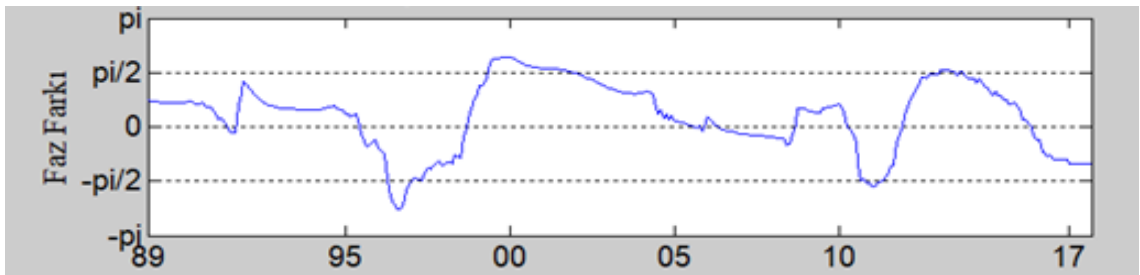
Şekil 4.52.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TFosil, SÜE kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin toplam yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam yenilenebilir enerji kullanımı, 1999-2004 ve 2007-2008 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 2005-2006 döneminde toplam yenilenebilir enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 2009-2015 döneminde toplam yenilenebilir enerji kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.53. Kısmi Dalgacık Uyumu (TYEnerji, CO₂, TFosil, Nükleer)

- Şekil 4.53'de siyah eğri (kontur), ARMA (1,1) gösterimi vasıtasıyla tahminin %5'lik anlam düzeyini belirtmektedir.
- ARMA modeli bakımından AR (1) ve MA (1) terimleri, sırasıyla bir gecikmeli otoregresif modeli ve bir gecikmeli hareketli ortalamayı temsil etmektedir.
- Şekil 4.53'ün yanında ki renk kod çubuğu, değişkenler arasındaki zayıf tutarlılıktan (mavi), güçlü tutarlılığa (kırmızıya) kadar olan aralığı göstermektedir.

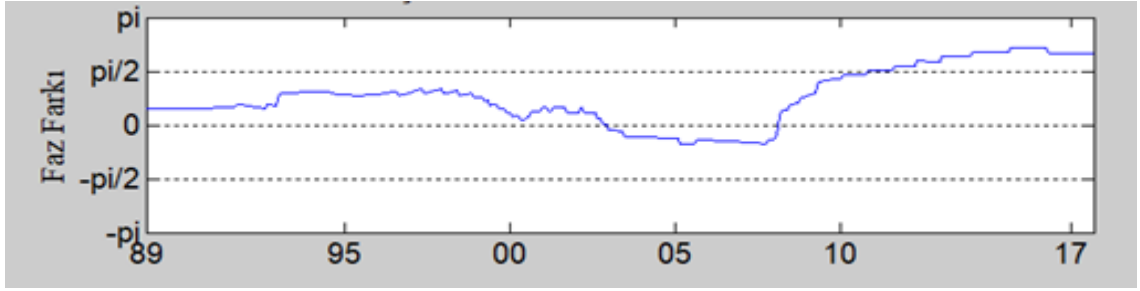
Şekil 4.53, Şekil 4.50'deki modele bazı kontrol değişkenlerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Böylece modele yeni kontrol değişkenler dâhil ederek toplam yenilenebilir enerji tüketimi ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi gösteren dalgacık uyumu yeniden incelenmiştir. Söz konusu kontrol değişkenler sırasıyla; toplam fosil yakıt tüketimi (TFosil) ve nükleer enerji tüketimi (Nükleer)'dir. Bu iki değişken arasındaki korelasyonunun yönünü anlamak için (hangi değişkenin diğerine öncül olduğunu anlayabilmek için) aşağıdaki faz farkı analizlerinin takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.53.1. 1~3 Frekans Bandı

Şekil 4.53.1.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dâhil edildikten sonra) 1~3 frekans bandında ABD'nin toplam

yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam yenilenebilir enerji kullanımının, 1990:1-1990:12, 2002:7-2006, 2009:5-2010 ve 2012-2016:3 dönemlerinde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 2007-2008:9, 2009:1-2009:4 ve 2016:4-2016:12 dönemlerinde toplam yenilenebilir enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 2000-2002:6 döneminde toplam yenilenebilir enerji kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 4.53.2. 3~8 Frekans Bandı

Şekil 4.53.2.'de 1989:1'den, 2017:8'e kadar (TFosil, Nükleer kontrol değişkenleri dalgacık modeline dahil edildikten sonra) 3~8 frekans bandında ABD'nin toplam yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji ile ilişkili CO₂ emisyonu arasındaki faz farkı yer almaktadır. Değişkenlerin pozitif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında; toplam yenilenebilir enerji kullanımı, 1992:1-1992:6, 1995-1998, 2003:1-2003:6 ve 2008:8-2011 döneminde CO₂ emisyonunu artırdığı gözlemlenmektedir. Benzer şekilde CO₂ emisyonu; 2003:7-2008:7 döneminde atık enerji kullanımını artırmaktadır. Değişkenlerin negatif korelasyona sahip olduğu faz aralığı dikkate alındığında CO₂ emisyonu; 2012-2015 döneminde toplam yenilenebilir enerji kullanımını azaltmaktadır.

SONUÇ

Dünya yüzeyinde uzun dalga boylarına sahip radyasyonu tutan belirli gazlar bulunmaktadır (Mitchell, 1989). Sera gazları olarak adlandırılan bu gazlar, yeryüzü sıcaklığını artırarak doğal sera etkisine neden olmaktadır (Mitchell, 1989, 115). Bu etki, atmosferdeki sera gazlarının sıcaklığı tutmaları neticesinde ortaya çıkmakta ve yeryüzünü, canlıların yaşayabileceği ortam sıcaklığına getirmektedir. Bu nedenle, doğal sera gazları ve sera etkisi yeryüzü için önemli ve gereklidir.

Karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitrojen oksit (N_2O) ve su buharı (H_2O) atmosferde yer alan en güçlü ve en uzun ömürlü sera gazlardır. Genel olarak; atmosferdeki gazlar dikkate alındığında sera etkisinin temel belirleyicileri, CO_2 ve H_2O gazlarıdır. Doğal olarak atmosferde bulunan sera gazlarının seviyesi ve yoğunlukları zamanla değişebilmektedir. Bu değişimin en önemli kaynaklarından birisi, insan aktiviteleridir. Temel iki sera gazı açısından bakıldığında ise, insan faaliyetlerinin CO_2 üzerinde doğrudan etkisi görülürken, su buharı üzerinde doğrudan etkisinin olmadığı görülmektedir (Wallington et al., 2009, 7).

Canlı yaşamı için vazgeçilmez olan sera gazlarının emisyon yoğunluğunun aşırı artması ise beraberinde küresel ısınma sorununu getirmektedir. Günümüzde küresel ısınma kaynaklı tehdit, sanayileşme düzeylerine paralel olarak yüksek sera gazı salınımına sahip gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm ülkelerin ortak sorunu haline gelmiştir. Bu nedenle de, son yıllarda küresel ısınmayla mücadele konusu önemli araştırma konuları arasında yer almaya başlamıştır.

Küresel ısınma ile mücadele etmenin en etkin yollarından birisi, hükümetlerin ilgili enerji politikalarının küresel ısınma boyutunu da dâhil ederek hazırlanmasıdır. Bu doğrultuda, fosil yakıt kullanımının azaltılması ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının

daha etkin kullanımını teşvik eden politikaların daha başarılı olacağı varsayılmaktadır. Bu varsayım doğrultusunda, uygulanan enerji politikalarının, sera gazı emisyonu üzerindeki etkisinin araştırılması da önemli hale gelmiştir.

Çalışmada öncelikle sera etkisi, küresel ısınma ve enerji politikalarının kavramsal boyutlarına yer verilmiştir. Sırasıyla diğer bölümlerde, yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ emisyonu üzerindeki etkileri hem teorik hem de ampirik olarak ele alınmıştır. Araştırmada, “dalgacık uyumu (wavelet coherence)” yöntemlerinden birisi olan Morlet Dalgacık Uyumu Modeli ile yenilenebilir enerji kullanımı ve CO₂ emisyonu arasındaki mevcut olası tüm ‘aynı yönde’ ve ‘tezat yönde’ hareketlerin gözlemlenebilmesi amaçlanmıştır.

Dalgacık uyumu yöntemi, diğer zaman serisi analizlerden farklı olarak, değişkenlerin hem zaman hem de frekans boyutunda analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Dalgacık analizi ile, ilgili tüm zaman dönemi içerisinde ve alt dönemler içerisinde, iki değişken arasındaki, ‘sürekli’ ya da ‘süreksiz’ olabilecek nedenselliğin var olup olmadığı araştırılmaktadır.

Tezde, ‘takip eden’ ve ‘takip edilen, öncül’ değişkenler arasındaki eş-anlı hareketler gözlemlenirken, diğer ilgili kontrol değişkenleri de ilgili modellerde istihdam edilmektedir. Böylece dalgacık ve kısmi dalgacık uyumu analizleri ile bu tez, değişkenler arasındaki nedenselliğin hangi dalga boyutunda mevcut olduğunu ve bu nedensellikte hangi değişkenin öncül ve hangi değişkenin takip eden değişken olduğu hakkında detaylı bilgi vermektedir.

Tezde dalgacık analiziyle, 1989:1-2017:8 dönemi ABD'nin enerji politikalarının etkinliği araştırılmıştır. Uygulanan enerji politikaları ile ilişkili olarak; yenilenebilir enerji (hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, odun enerjisi, atık enerjisi, biyoyakıt enerji, toplam biyokütle enerji ve toplam yenilenebilir enerji) kullanımı ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişki incelenmiştir.

Tezin analiz sonuçlarına göre elde edilen ana bulgular aşağıda sunulmaktadır:

- i. Hidroelektrik kullanımı, (TBiyokütle, TFosil, Nükleer ve SÜE kontrol değişken iken) 1~3 frekans bandında, 2015:1-2015:12 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- ii. Jeotermal enerji kullanımı, (TBiyokütle, TFosil ve Nükleer kontrol değişken iken) 1~3 frekans bandında, 2013:7-2014:5 ve 2016:1-2016:12 dönemlerinde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- iii. Rüzgar enerji kullanımı, (TBiyokütle, TFosil, Nükleer ve SÜE kontrol değişken iken) 1~3 frekans bandında, 2011:7-2012:6 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- iv. Rüzgar enerjisi kullanımı (TBiyokütle, TFosil ve SÜE kontrol değişken iken) 1~3 frekans bandında, 2011:7-2012:6 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- v. Rüzgar enerjisi kullanımı (TBiyokütle, TFosil ve Nükleer kontrol değişken iken) 1~3 frekans bandında, 1996-1998 ve 2015:7-2016:12 dönemlerinde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- vi. Odun enerjisi kullanımı, (Biyoyakıt, TFosil ve Nükleer kontrol değişken iken) 1~3 frekans bandında, 2000:1-2000:6 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- vii. Biyoyakıt enerjisi kullanımı (Odun, TFosil, Nükleer ve SÜE kontrol değişken iken) 1~3 frekans bandında, 2014:8-2016 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- viii. Biyoyakıt enerjisi kullanımı (Odun, TFosil ve Nükleer kontrol değişken iken) 3~8 frekans bandında, 2003:6-2006 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- ix. TBiyokütle enerjisi kullanımı (Hidroelektrik, TFosil, Nükleer ve SÜE kontrol değişken iken) 3~8 frekans bandında, 1997-2001:5 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- x. TBiyokütle enerjisi kullanımı (Hidroelektrik, TFosil ve SÜE kontrol değişken iken) 1~3 frekans bandında, 1999-2001 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.
- xi. TBiyokütle enerjisi kullanımı (Hidroelektrik, TFosil ve SÜE kontrol değişken iken) 3~8 frekans bandında, 1998:5-2005:4 döneminde, CO₂ emisyonunu azaltmaktadır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda; ABD'nin 1989:1-2017:8 dönemi enerji politikalarının, özellikle 1996-2016 döneminde CO₂ emisyonunu azaltmada daha etkin olduğu görülmektedir. Enerji politikalarının etkin olduğu bu son on yıl dikkate alındığında; TBiyokütle enerji kullanımı ve rüzgar enerji kullanımının, CO₂ emisyonunu azaltmada daha başarılı oldukları dikkat çekmektedir. Bu durum ABD'nin yenilenebilir enerji kaynaklı birincil enerji tüketimi içerisinde TBiyokütle ve rüzgar enerji kullanım oranının, (tezin ikinci bölümünde belirtildiği üzere) yüksek olması nedeniyle, bu alanlarda uygulanan politikaların daha etkin olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan, yenilenebilir enerji kaynaklı birincil enerji tüketimi içerisinde hidroelektrik enerji tüketiminin de payı yüksek olmasına karşın, CO₂ emisyonunu azaltmada aynı başarıyı elde edemediği görülmektedir. Bu sonucun muhtemel nedenine ulaşmak için, IPCC Danışmanı Éric Duchemin'in açıklaması takip edilebilir. Duchemin (Newscientist, 2018), hidroelektrik santrallerinin yüksek miktarda karbondioksit ve metan gazı üretebileceğini, hatta bazı durumlarda, bu miktarın fosil yakıtlarla çalışan santrallerden bile fazla sera gazı üretebileceğini ifade etmiştir. Ancak bu durum, hidroelektrik üretimi sağlayan barajlar arasında farklılık göstermektedir. Gerekli koşullar sağlandığında, bu kaynaktan da CO₂ emisyonu açısından, daha yüksek fayda sağlanabileceği öngörülmektedir. Konu ile ilgili benzer ya da kısmen benzer analizleri/açıklamaları bazı OECD, IEA, EIA, Dünya Bankası ve EuroStat enerji raporlarında da görmek mümkündür.

Tezin elde ettiği sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde;

- Tez, ABD ekonomisinde uygulanan enerji politikalarının ve böylece teşvik edilen yenilenebilir enerji tüketimlerinin karbon emisyonu üzerinde azaltıcı etkisinin olup olmadığı konusundaki tartışmalara bir açıklama getirmektedir.
- Bu tartışma ve getirilen açıklık diğer ülkelere de bir rehberlik niteliğini taşımaktadır.
- Böylece, tez, 'sürekli dalgacık uyumu' ve 'kısmi sürekli dalgacık uyumu' yöntemlerini takip ederek, yenilenebilir enerji tüketimlerinin karbon emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmaktadır.

- Dolayısı ile tez, ABD’de uygulanan 2005 Enerji Politikası Yasası ve 2009 Amerikan Temiz Enerji ve Güvenlik Kanunu ve diğer ilgili yasa/kanunları takip eden enerji politikalarının devam ettirilmesini ve kapsamlarının genişletilmesini tavsiye etmektedir.
- Yukarıda değinilen enerji politikalarının/olumlu sonuçlarının, BM, OECD, IEA ve diğer ilgili uluslararası platformlarda ele alınarak diğer ülkelerde de takip edilmesi/elde edilmesi amaçlanmalıdır.

Neticede, dalgacık yöntemi ile yapılan analizlerin, literatürdeki mevcut zaman serisi analizlerine kıyasla, değişkenler arasındaki kısa ve uzun zaman bağımlılığın tespitinde, farklı frekanslar açısından daha belirgin sonuçlar sağladığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, enerji politikalarının ne ölçüde istenilen başarıya ulaştığını ortaya çıkarmaktadır. Global boyutta etkilere sahip küresel ısınmanın ve bu doğrultuda tüm ülkelere uygulan enerji politikalarının etkinliğinin kıyaslanması, hangi politikanın hangi koşullarda daha başarılı olduğunu ortaya çıkarabilecektir. Bu nedenle gelecekteki olası sürekli dalgacık uyumu ve/veya kısmi sürekli dalgacık uyumu çalışmalarının takip edebileceği farklı ülke ve bölge analizleri, ilgili enerji politikaları literatürüne ayrıca önemli katkı(lar) sağlayabilecektir.

KAYNAKÇA

A. KİTAPLAR

- 1990 Clean Air Act, <https://www3.epa.gov/airtoxics/smbus.pdf> (Date accessed: 22.03.2016).
- Acaroğlu, M. *Alternatif Enerji Kaynakları*, 2. Baskı, Nobel Yayıncılık, Ankara 2007.
- Addison, P.S. *The Illustrated Wavelet Transform Handbook Introductory Theory and Application in Science, Engineering, Medicine and Finance*. (1 st Edition). Taylor&Francis Group, CRS Press 2012.
- Algan, N. ve Dündar, K.A. "Türkiye'nin Çevre Konusunda Verdiği Sözler", *Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları*, Ankara 2003.
- Arat, G. ve M. Türkeş ve E. Soner. *Uluslararası Sözleşmeler Ön Rapor, Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri, Teknoloji Öngörü Projesi: Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli*, Ankara 2002.
- Arı, N., Ş. Özen ve Ö.H. Özen. *Dalgacık Teorisi (Wavelet)*. Palme Yayıncılık, Ankara 2008.
- Arıkan, Y. ve G. Özsoy. *A' dan Z' ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi*, Bölgesel Çevre Merkezi, Ankara: Tuna Matbaacılık, 2008.
- BAKA. *Biyokütle Sektör Raporu*, Batı Kalkınma Ajansı Yayınları 2012.
- Barbour, E.C. *International agreements on Climate Change: Selected Legal Questions*, Congressional Research Service, CRS Report for Cogress, 2010.
- Bhattacharjee, A. *Everything You Need to Know About The Types of Renewable Energy*, Brainmass Inc. 2012.
- Boggess, A. and F. J. Narcowich. *A First Course in Wavelet with Fourier Analysis*, N.J:Prentice Hall. Canada 2011.
- Burrus, C.S., R.A. Gopinath, and H. Guo. "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms A Primer", Prentice Hall New Jersey 1998.
- Büyüktür, A.R. *Termodinamik*, Birsan Yayınevi, İstanbul 1995.

- CNSC. Canadian Nuclear Safety Commission, *Introduction to Radiation*, <http://nuclearsafety.gc.ca/eng/pdfs/Reading-Room/radiation/Introduction-to-Radiation-eng.pdf>, 2012, (Date accessed: 01.03.2016).
- CRS, Congressional Research Service, *Energy Policy Act 2005: Summary and Analysis of Enacted Provisions*, CRS Report for Congress, 2006.
- Denhez, F. *Küresel Isınma Atlası*, NTV Yayınları, İstanbul 2007.
- Dostrovsky, I. *Energy And The Missing Resource*, First Published, Cambridge University Press, New York 1988.
- DPT. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, *Nükleer Enerji Hammaddeleri Uranyum-Toryum*, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu, Ankara 1996.
- EISA 2007, Energy Independence And Security Act of 2007, <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf> (Date accessed: 01.06.2016).
- Eken, M., A. Ceylan., T. Taştekin., H. Şahin. ve S. Şensoy. *Klimatoloji II*, Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- EPA, U.S. Environmental Protection Agency, *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks:1990-2013*, U:S:A. 2015.
- EPAct 1992, Energy Policy Act of 1992, <https://www.afdc.energy.gov/pdfs/2527.pdf> (Date Accessed: 05.05.2017).
- EPAct 2005, Energy Policy Act of 2005, <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-109publ58/pdf/PLAW-109publ58.pdf> (Date accessed: 01.06.2016).
- Erdoğan, İ. ve N. Ejder. *Çevre Sorunları; Nedenler, Çözümler: Egemen ve Marksist Anlayışın İlettikleri Üzerine*, Doruk Yayıncılık, Ankara 1997.
- Erol, O. *Genel Klimatoloji*. 7. Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul 2004.
- Gençay R., F. Selçuk and B. Whitcher, "An Introduction to Wavelets and Other Filtering Methods in Finance and Economics", Academic Press, California 2002.

- Halliday, D. and R. Resnick. *Fiziğin Temelleri Mekanik ve Termodinamik*, Çev.: Cengiz Yalçın, Sevim Matbaası, Ankara 1985.
- IEA, International Energy Agency, *Solar Energy Perspectives*, 2011.
- İKV, İktisadi Kalkınma Vakfı. "2020'ye Doğru Kyoto-Tipi İklim Değişikliği Müzakereleri Avrupa Birliğinin Yeterliliği ve Türkiye'nin Konumu", İktisadi Kalkınma Vakfı Yayınları, İstanbul AraKarakaylık 2013.
- Illing, L. "Fourier Nalysis", 2008, <http://www.reed.edu/physics/courses/Physics331.f08/pdf/Fourier.pdf> . (Date accesed: 07.08.2016).
- IPCC. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Nguer, P.J. Van Der Linden, X. Dai, K. and C.A. Jahnsen (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2001.
- IPCC. *Climate Change 1990: The IPCC Scientific Assessment*, Contribution of Working Group I to the First Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change [Houghton, J.T., G.J. Jenkins and J.J. Ephraums (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, New York, NY, Port Chester, Mel Bourne, Sydney, 1990.
- IPCC. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, New York, NY, USA, Australia, 1995.
- IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tigor and H.L. Miller (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

- IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G. -K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report*, Contribution of Working Group I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland 2014.
- Jayakumar, P. *Solar Energy, Resource Assessment Handbook*, Renewable Energy Corporation Network for the Asia Pacific 2009.
- Kaplan, A. *Küresel Çevre Sorunları ve Politikaları*, Mülkiye Birliği Vakfı Yayınları:19, Ankara 1999.
- Keleş, R. *Kentbilim Terimleri Sözlüğü*, İmge Kitabevi, Ankara 1998.
- Keleş, R. ve B. Ertan. *Çevre Hukukuna Giriş*, 1. Baskı, İmge Kitabevi, Ankara 2002.
- Keleş, R., C. Hamamcı ve A. Çoban. *Çevre Politikası*, 7. Baskı, İmge Kitabevi, Ankara 2012.
- Kural, O. *Kömür*. Kurtiş Matbaası. İstanbul 1991.
- Lawn, P. *Resolving the Climate Change Crisis: The Ecological Economics of Climate Change*, Springer, Australia 2016.
- Liu, C.L. *A Tutorial of the Wavelet Transform*, 2010, <http://disp.ee.ntu.edu.tw/tutorial/WaveletTutorial.pdf>. (Date accessed: 27.06.2016).
- McCarthy, J.E. "EPA Regulation of Greenhouse Gases: Congressional Responses and Options", CRS Report 2015.
- Misiti, M., Y. Misiti, G. Oppenheim and J.M. Poggi, *Wavelet Toolbox For Use With Matlab*, 1st ed., The MathWorks Inc. 1996.
- Misiti, M., Y. Misiti, G., Oppenheim and J.M. Poggi. *Wavelets and Their Applications*, ISTE, USA 2007.

- Morsche, H. T., *Wavelet Basic*, (https://www.win.tue.nl/casa/meetings/seminar/previous/_index_files/wavelets1.pdf) (Date accessed: 12.12.2017).
- Muslu, Y. *Ekoloji ve Çevre Sorunları*, Aktif Yayınları, İstanbul 2000.
- Olkkonen, J., *Discrete Wavelet Transforms- Theory and Application*, InTech, India 2011.
- Öztürk, H.H. *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*, 1. Basım, İstanbul: Birsen Yayınevi, 2008.
- Planck, M. *Treatise on Thermodynamics*. (Translated from the seventh German Edition). Third Edition, Dover Publications Inc., London 1918.
- Polikar, R. "The Engineer's Ultimate Guide to Wavelet Analysis", 2006, <http://users.rowan.edu/~polikar/WAVELETS/WTtutorial.html>, (Date accessed: 21.02.2016).
- RAE. Royal Academy of Engineering. *Wind Energy Implications of Large-Scale Deployment on the GB Electricity System*, <https://www.raeng.org.uk/publications/reports/wind-energy-implications-of-large-scale-deployment>, 2014, (Date accessed: 22.03.2016).
- Sevük, H.Y. *Çevre Hukuku Doğal Çevrenin Korunması*, Ankara: Adalet Yayınevi, 2013.
- Spellman, F.R. *Environmental Impacts of Hydraulic Fracturing*, Taylor&Francis Group, CRS Press, 2013.
- Sukhatme, S.P. *Solar Energy Principles of Thermal Collection and Storage*, Fourth Reprint, Tata McGraw-Hill, New Delhi 1998.
- Todaro, M.P. and S.C. Smith. *Economic Development*, 9 th ed., England 2006.
- Turgut, N.Y. *Çevre Politikası ve Hukuku*, İmaj Yayınevi, Ankara 2012.
- Türkeş, M. *Klimatoloji ve Meteoroloji*, 1. Basım, Kriter Yayınevi, İstanbul 2010.
- Türkiye Çevre Vakfı. *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Önder Matbaa, TÇV Yayın No: 175, Ankara 2006.

- Türkyılmaz, O., E.Ş.Çevratoğlu ve C.A. Lişesivdin. *Türkiye'nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim Politikalarının Değerlendirilmesi Raporu*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/2006/408, 2006.
- Walker, G. and S.D. King. *Dünyamız Isınıyor: Küresel Isınmayla Nasıl Başa Çıkabiliriz?*, 1. Basım, Çev.: Özkan Akpınar, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 2010.
- Walnut, D.F. *An Introduction to Wavelet Analysis*, Springer Science, 2004.
- Wauquir, J.P. *Petroleum Refining Crude Oil Petroleum Products Process Flowsheets*, Translated from the French by David H. Smith. Editions Technip, Paris 1986.
- WES. World Energy Scenario, *Energy [R]evolution A Sustainable World Outlook 2015*, Greenpeace, 2015.
- WWF, World Wildlife Fund. *The Energy Report 100% Renewable Energy By 2050*, <https://www.ecofys.com/files/files/ecofys-wwf-2011-the-energy-report.pdf>, 2011, (Date accessed: 23.07.2016).
- Yalçın, G., M. Demircan., Y. Ulupınar ve E. Bulut. *Klimatoloji I*, Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, DMİ Yayınları, Yayın No:2005/1, Ankara 2005.
- Yıldız, M.Z. *İşaretler ve Sistemler*, Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ders Notları, 2014. http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/66752/30219/1._hafta_sinyaller_ve_sistemler_giri%C5%9F.pdf (Date accessed: 01.03.2017).

B. MAKALELER

- Acuff, K. and D. T. Kaffine, "Greenhouse Gas Emissions, Waste and Recycling Policy", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 6, 2013, p. 74-86.
- Aguiar-Conraria, L. and M. J. Soares, "The Continuous Wavelet Transform: A Primer", 2011, pp:17 <http://www.eeg.uminho.pt/economia/nipe> (Date accessed: 03.11.2017).

- Aized, T., M. Shahid, A. A. Bhatti, M. Saleem, and G. Anandarajah. "Energy Security and Renewable Energy Policy Analysis of Pakistan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Article Press, 2017.
- Akhmot, G., K. Zaman, T. Shukui, D. İrfan and M. M. Khan. "Does Energy Consumption Contribute to Environmental Pollutants? Evidence from SAARC Countries", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 21 (9), 2014, p. 5940-5951.
- Alkhatlon, K. and M. Javid, "Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in Saudi Arabia: An Aggregate and Disaggregate Analysis", *Energy Policy*, Vol.62, 2013, p.1525-1532.
- Andriosopoulos, K. and S. Silvestre. "French Energy Policy: A Gradual Transition", *Energy Policy*, Vol. 106, 2017, p. 376-381.
- Ang, J. B. "CO₂ Emissions Energy Consumption and Output in France", *Energy Policy*, Vol.35, 2007, p.4772-4778.
- Ang, J. B. "Economic Development, Pollutant Emissions and Energy Consumption in Malaysia", *Journal of Policy Modelling*, Vol. 30, 2008, p.271-278.
- Apergis, N., E. J. Payne, K. Menyah and W. Y. Rufael, "On the Causal Dynamics Between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth", *Ecological Economics*, Vol.69, 2010, p.2255-2260.
- Arıkan, Y. and G. Kumbaroğlu. "Endogenising Emission Taxes: A General Equilibrium Type Optimisations Model Applied for Turkey", *Energy Policy*, Vol. 29, p. 1045-1056.
- Arouri, M. E., A. B. Youssef, M'henni H., and C. Rault, "Energy Consumption, Economic Growth and CO₂ Emissions in Middle East and North African Countries", *Energy Policy*, Vol.45, 2012, p.342-345.
- Asongu, S., G. El-Montasser and H. Toumi. "Testing the Relationships Between Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth in 24 African Countries: A panel ARDL Approach", *Environmental Science Pollution Research*, Vol. 23 (7), 2016, p. 6563-6573.

- Baek, J. "Do Nuclear and Renewable Energy Improve the Environment? Empirical Evidence from The United States", *Ecological Indicators*, 66(20), 2016, p. 352-356.
- Bayraç, H.N. "Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar". *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 2011, s.229-260.
- Bel, G. and S. Joseph. "Climate Change Mitigation and the Role of Technological Change: Impact on Selected Headline Targets of Europe's 2020 Climate and Energy Package", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82 (3), 2018, p. 3798-3807.
- Bhamidipati, S.L., S.S. Mindagudla, H.V. Devalla, H.S. Goodi and H. Nag. "Analysis of Different Discrete Wavelet Transform Basis Functions in Speech Signal Compression", *IOSR Journal of VLSI and Signal Processing (IOSR-JVSP)*, Vol.4, Issue.1, 2014, p. 34-38.
- Bilgili, F. "The Impact of Biomass Consumption on CO₂ Emissions: Cointegration Anayyses with Regime Shifts", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.16, 2012, p. 5349-5354.
- Bilgili, F., İ. Öztürk, E. Koçak, Ü. Bulut, Y. Pamuk, E. Muğaloğlu ve H.H. Bağlıtaş. "The Influence of Biomass Energy Consumption on CO₂ Emissions: A Wavelet Coherence Approach", *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 23, 2016, p. 19043-19061.
- Bitz, C.M. and S.J. Marshall. "Cryosphere Models:Ocean and Land". Climate Change Modeling Methodology Selected Entries fromm the Encylopedia of Sustainability Science and Tecnology. *Springer*, New York, 2012, p.31-62.
- Blazquaez, J., R. Fuentes-Bracamontes, C. A. Bollino and N. Nezamuddin. "The Renewable Energy Policy Paradox", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82 (1), 2018, p. 1-5.
- Boek, J. "Panel Cointegration Analysis of CO₂ Emissions, Nuclear Energy and Income in Major Nuclear Generating Countries", *Applied Energy*, Vol.145, 2015, p.133-138.

- Borenstain, S. "The Private and Public Economics of Renewable Electricity", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 26 (6), p. 67-92.
- Boşgelmez, A. "Küresel Isınma ve Sonuçları". *21. Yüzyıl*, Ekim-Kasım-Aralık 2007, 2007, s.119-148.
- Charlier, D., A. Risch and C. Salmon. "Energy Burden Alleviation and Greenhouse Gas Emissions Reduction: Can We Reach Two Objectives with One Policy?". *Ecological Economics*, Vol. 143, 2018, p. 294-313.
- Chavan, M. S., Mastorakis, N., Chavan, M. N. and Gaikwad, M. S. "Implementation of SYMLET Wavelets to Removal of Gaussian Additive Noise from Speech Signal". *Recent Researches in Communications, Automation, Signal Processing, Nanotechnology, Astronomy and Nuclear Physics*, 2011, p. 37-41.
- Chiu, C. and T. Chang, "What Proportion of Renewable Energy Supplies is Needed to Initially Mitigate CO₂. Emissions in OECD member Countries?", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.13, 2009, p.1669-1674.
- Coakley, J.A. "Reflectance and Albedo, Surface". In: J.R. Holton and J.A. Curry. Eds. *Encyclopedia of the Atmospheric Sciences*, Academic Press, 2003, p.1914-1923.
- Çoban, O. ve N.Ş. Kılıç, "Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonu İlişkisi: TR Örneği", *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı.38, 2015, s.195-208.
- Cucchiella, F., M. Gastaldi and M. Milliacca. "The Management of Greenhouse Gas Emissions and Its Effects on Firm Performance", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 167, 2017, p. 1387-1400.
- Dinçer, F. "The analysis on Photovoltaic Electricity Status, Potential and Policies of the Leading Countries in Solar Energy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, 2011, p. 713-720.
- Dincer. I. and Y.A. Cengel. "Energy, Entropy and Exergy Concepts and Their Roles in Thermal Engineering". *Entropy*, Vol. 3(3), 2001, p.116-149.
- Dobos, E. "Albedo". *Encyclopedia of Soil Science*, Taylor & Francis N.Y., 2006, p.64-66.

- Duru, B. "Viyanadan Kyoto'ya İklim Değişikliği Serüveni". *Mülkiye Dergisi*, 25(230), 2001, s.301-333.
- Engle, R.F. and E.W.J. Granger. " Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing". *Econometrica*, 1987, Vol. 55, p.251-276.
- Erasmus, M., S. Amara and F. Tabet. "Sustainable Energy Policies in Cameroon: A Holistic Overview", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82 (3), 2018, p. 3420-3429.
- Erdem K. ve K. Kadir. "2015,Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu", *Mühendis ve Makine*, Cilt 56, Sayı, 668, s.37.
- Ergün,S. ve M. A. Polat. "OECD Ülkelerinde CO₂ Emisyonu, Elektirik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı. 45, 2015, s. 115-141.
- Garcia, A. C., E. Riegelhaupt, A. Ghilardi, M. Skutsch, J. Islas, F. Manzini and Omar Masera. "Sustainable Bioenergy Options for Mexico: GHG Mitigation and Costs", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 43, 2015, p. 545-552.
- Gilbert, Q. A. and B. K. Savacool. "US Liquefied Natural Gas (LNG) Exports: Boom or Bust for the Global Climate?", *Energy*, Vol. 141, 2017, p.1671-1680.
- Gorlov, M.A. "Tidal Energy". *Encyclopedia of Ocean Sciences*, Academic Press: Oxford, 2001, p.2955-2960.
- Graps, A. "An Introduction to Wavelets". *IEEE Computational Science and Engineering*, Num.2, 1995, p.50-51.
- Greenblatt, J. B. "Modeling California Policy Impacts on Greenhouse Gas Emissions", *Energy Policy*, Vol. 78, 2015, p. 158-172.
- Gul, S., X. Zou, C. H. Hassan, M. Azam and K. Zaman "Casual Nexus Between Energy Consumption and Carbon Dioxide Emission for Malaysia Using Maximum Entropy Bootstrap Approach", *Environmental Science Pollution Research*, Vol. 22 (24), 2015, p. 19773-19785.
- Haar, A. "Zur Theorie Des Orthogonalen Funktion Sysyteme", *Mathematische Annalen*, 1910, p.331-371.

- Hafeznia, H., A. Aslani, S. Anwar and M. Yousefjamali. "Analysis of the Effectiveness of National Renewable Energy Policies: A case of Photovoltaic Policies", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 79, 2017, p. 669-680.
- Hagg, R.W. and L.C. Bliss. "Functional Effects of Vegetation on the Radiant Energy Budget of Boreal Forest", *Canadian Geotechnical Journal*, 11(3), 1974, p. 374-379.
- Halıcıoğlu, F., "An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey", *Energy Policy*, Vol.37, 2009, p.1156-1164.
- Hamit-Haggar, M. "Greenhouse Gas Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis from Canadian Industrial Sector Perspective", *Energy Economics*, Vol. 34, 2012, p. 358-364.
- Hariharan, G. and K. Kannan. "An Overview of Haar Wavelet Method for Solving Differential and Integral Equations", *World Applied Sciences Journal*, 23(12), 2013, p.1-14.
- Hatunluoğlu, H. ve R. Tekeli. "Karbon Vergisinin Ekonomik Analizi ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltıcı Etkisi Var Mı?", *Sosyo Ekonomi*, Vol. 2, s. 107-126.
- Haus, S., L. Gustavsson and R. Sathre. "Climate Mitigation Comparison of Wondy Biomass Systems", *Biomass and Bio Energy*, Vol.65, 2014, p. 136-144.
- Hickmann, T. "Voluntary Global Business Initiatives and the International Climate Negotiations: A Case Study of the Greenhouse Gas Protocol", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 169, 2017, p. 94-104.
- Hossain, M. S. "Panel Estimation for CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Trade, Openness and Urbanization of Newly Industrialized Countries", *Energy Policy*, Vol. 39, 2011, p. 6991-6999.
- Irps, H. "Energy Sources: Non Renewable and Renewable", *Agricultural Mechanization and Automation*, Vol.1, 2009, p.200-231.

- Islam, M., A. Fartaj and D. Ting."Current Utilization andFuture Prospects of Emerging Renewable Energy Applications in Canada". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.8, 2004, p. 493-519.
- Iwata, H., K. Okada and S. Samreth, "Empirical Study on the Environmental Kuznets Curve for CO₂ in France: The Role of Nuclear Energy", *Energy Policy*, Vol.38, 2010, p.4057-4063.
- Iwata, H., K. Okada, and S. Samreth," Empirical Study on the Determinants of CO₂ Emissions: Evidence from OECD Countries", *Applied Economics*, Vol.44., 2012, p.3513-3519.
- Jalil, A. and S. F. Mahmud,"Environment Kuznets Curve for CO₂ Emissions: A Cointegration Analysis for China", *Energy Policy*, Vol.37, p.5167-5172.
- Johansen, S. and K. Juselius, " Maximum Likelihood Estimation and Inferences on Cointegration-with Applications to the Demand for Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol.52, p.169-210.
- Karakaya, E. ve M. Özçağ, "Türkiye Açısından Kyoto protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi", *VII ODTÜ İklim Konferansı*, Ankara 6-9 Eylül 2003.
- Karim, B.A., J.Sulaiman, J. Janier and M.T. Ismail, "Denoising Solar Radiation Data Using Meyer Wavelets", *AIP Conf. Proc.*, 2012, p.685-690.
- Kaur, S., G. Kaur and D. Sing. "Comparative Analysis of Haar and Coiflet Wavelets Using Discrete Wavelet Transform in Digital Image Compression", *International Journal of Engineering Resourch and Applications (IJERA)*, Vol.3, Issue.3, 2013, p.669-673.
- Khanna, M., H. Önal, B. Dhungana and M. Wonder. "Economics of Herbaceous Bioenergy Crops for Electricity Generation: Implications for Greenhouse Gas Mitigation", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 35, 2011, p. 1474-1484.
- Klier, Thomas and J. Linn. "Using Taxes to Reduce Carbon Dioxide Emissions Rates of New Passenger Vehicles: Evindence from France, Germany and Sweden", *American Economic Journal: Economic Policy*, Vol.7, No.1, 2015, p.212-247.

- Koç. E. ve K. Kaya. “Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu”. *Mühendis ve Makina*, Cilt.56, Sayı.668, 2015, s.36-47.
- Kosmas, V., M. Acciaro and B. Levy. “Schemes for Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction in International Shipping”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 57, 2017, p. 195-206.
- Kumbaroğlu, G. S. “Environmental Taxation and Economic Effects: A Computable General Equilibrium Analysis for Turkey”, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 25, 2003, p. 798-810.
- Kuşkaya, S.ve P. Gençoğlu. “OECD Ülkelerinin 1995-2015 Yılları İtibariyle Sera Gazı Emisyonları Açısından Karşılaştırılması: İstatistiksel Bir Analiz”, *Interantional Journal of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies*, Vol. 3 (3), 2017, p. 177-188.
- Kuşkaya, S.ve P. Gençoğlu. “Yenilenebilir Enerji Tüketimi: Seçilmiş Avrupa Ülkelerinin Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi ile Karşılaştırılması”, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi (ASOS Journal)*, Sayı. 44, 2017, s. 552-566.
- Lee, D.T.L. and A. Yamamoto, "Wavelet Analysis: Theory and Applications", *Hewlett-Packard Journal*, December 1994.
- Lee, H. J. and S. Lim. “The Selection of Compact City Policy Instruments and Their Effects on Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in the Transportation Sector: The Case of Korea”, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 37, 2018, p. 116-124.
- Lee, S. and W. O. Chang. “Causal Relationship of Energy Consumption, Price and CO₂ Emissions in the US-Building Sector”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 107, 2016, p.220-226.
- Liasakas, K., G. Mavrotas, M. Mandaroke and D. Diakoulaki, “Decomposition of Industrial CO₂ Emissions: The Case of European Union”, *Energy Economics*, Vol.22, p. 383-394.
- Marron, B. D. and E. J. Toder, “Tax Policy Issues Designing A Carbon Tax”, *American Economic Review*, Vol. 104 (5), p. 563-568.

- Martire, S., N. Mirabella and S. Sala. "Widening the perspective in Greenhouse Gas Emissions Accounting: The Way Forward for Supporting Climate and Energy Policies at Municipal", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 76, 2018, p. 842-851.
- McDonald, K.T. "On the Definition of Radiation by a System of Charges". Josaph Henry Laboratories, Princeton University, Princeton. <http://www.physics.princeton.edu/~mcdonald/examples/radiation.pdf>, 2015, (Date accessed:23.07.2016).
- Mentz, F.C. and S. Vachon. "The Effectiveness of Different Policy Regimes for Promoting Wind Power: Experiences from the States". *Energy Policy*, Vol. 34, 2006, p.1786-1796.
- Menyah, K. and W. Y. Rufael, "CO₂ Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in the US", *Energy Policy*, Vol.38, 2010, p.291:1-2915.
- Menyah, K. and Y. Wolde-Rufael, "Energy Consumption, Pollutant Emissions and Growth in South Africa", *Energy Economics*, Vol. 32, 2010, p. 1374-1382.
- Mitchell, J.F.B. "The Greenhouse Effect and Climate Change", *Reviews of Geophysics*, 27(1), 1989, p.115-139.
- Muller, N. Z., R. Mendelson and W. Nordhaus. "Environmental Accounting for Pollution in The United States Economy", *American Economic Review*, Vol. 101, 2011, p. 1649-1975.
- Narin, M. "Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizması: Emisyon Ticareti", *International Conference On Eurasian Economies*, 2013, ss.941-952.
- Nikzad, R. and G. Sedigh. "Greenhouse Gas Emissions and Green Technologies in Canada", *Environmental Development*, Vol. 24, 2017, p. 99-108.
- Özmehmet E. "Türkiye'de ve Dünyada Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları", *Journal of Yaşar University*, 3(12), 2008, s. 1853-1876.
- Ozog, D. "Signal Analysis", 2007, <https://www.whitman.edu/Documents/Academics/Mathematics/ozogdm.pdf> (Date accessed:06.04.2016).

- Öztürk, İ. and A. Acaravcı, “CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, 2010, p.3220-3225.
- Pallemaerts, M. "Stockholm'den Rio'ya Uluslararası Çevre Hukuku: Geleceğe Doğru Geri Adım mı?", Çev: Bülent Duru, *A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, Cilt.52, Ocak-Aralık 1997, s.613-632.
- Pehlivan, H. “Milankovitch Döngüleri”, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz ve Çevre Araştırmaları Dairesi, Ankara, 2014, s.89-95.
- Peseran, M.H., Y. Shin and R.J. Smith," Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships", *Journal of Applied Econometrics*, 2001, 16(3), p.289-326.
- Rashedut, H. K., H. H. Masjuki, M. A. Kalam, A. M. Ashraful, S. M. A. Rahman and S. A. Shahir. “The Effect of Additives on Properties, Performance and Emmision of Biodiesel Fuelled Compression İgnition Engine”, *Energy Conversion and Management*, Vol. 88, 2014, p. 348-364.
- Rua, A."Wavelets in Economics", *Economic Bulletin and Financial Stability Report Articles*, Summer 2012, p. 71-79.
- Saboori, B. and J. Subiman, “CO₂ Emission Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southwest Asian Nations (ASEAN) Countries: A Cointegration Approach”, *Energy*, 2013, p.813-822.
- Saidur, R., M. R. Islam, N. A. Rahim and K. H. Solangi.” A Review on Global Wind Energy Policy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, 2010, p. 1744-1762.
- Say, P. N. and M.Yücel, “Energy Consumption and CO₂ Emissions in Turkey: Empirical Analysis and Future Projection Based on Economic Growth”, *Energy Policy*, Vol. 34, 2006, p. 3870-3876.
- Schwaiger, H. and B. Schlamadinger. “The Potential of Fuelwood to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Europe”, *Biomass and Bioenergy*, Vol. 15, 1998, p. 369-377.

- Şeker, F. and M. Çetin. "The Relationship Between Renewable Energy Consumption and Carbon Emissions in Turkey: An ARDL Bounds Testing Approach", *17th International Academic Conference*, 21 June 2015, Vienna, p. 383-398.
- Selçuk, F."Dalgacıklar: Yeni Bir Analiz Yöntemi", *Bilken Üniversitesi, Bilkent Dergisi*, Sayı.3, 2005, s.12-14.
- Sen, D.P., M. Roy and P. Pal. "Application of ARIMA for Forecasting Energy Consumption and Consumption and GHG Emissionnn: A Case Study of an Indian Pig Iron Manufacturing Organisation, *Energy*, Vol. 116, 2016, p. 1031-1038.
- Seyfang, G. and A. Jordan. "The Johannesburg Summit and Sustainable Development: How Effective Are Environmental Mega- Conference?", In O.S. Stokke and Ø. B. Thommessen (Eds.), *Yearbook of International Co-Operation on Environment and Development 2002/2003*, 2002, s.19-39, London, Earthscan Publications.
- Shams, S., J. N. Sahu, S. M. S. Rahman and A. Ahson. "Sustainable Waste Management Policy in Bangladesh for Reduction of Greenhouse Gas", *Sustainable Cities and Society*, Vol.33, 2017, p. 18-26.
- Signanini, P., C. Giancarlo and M. Di Fazio."Geothermal Energy". *Handbook on Renewable Energy Sources*, 2011, p.103-110.
- Solangi, K. H., M. R. Islam, R. Saidur, Nç A. Rahim and H. Fayaz." A review on Global Solar Energy Policy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, 2011, p. 2149-2163.
- Sorensen, C.T. "Global Warming and Impacts on Climate of India", [file:///C:/Users/Sevda%20Ku%C5%9Fkaya/Downloads/3113.pdf%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Sevda%20Ku%C5%9Fkaya/Downloads/3113.pdf%20(3).pdf), 2016 (Date accesed: 23.06.2016).
- Soytaş, U. and R.Sarı, "Energy Consumption, economic growth and Carbon Emissions: Challenges Faced by an EU Candidate Member", *Ecological Economics*, Vol.68, 2009, p.1667-1675.

- Soytaş, U., R. Sarı and B.T. Ewing., “Energy Consumption, Income and Carbon Emissions in the United States”, *Ecological Economics*, Vol.62, 2007, p.482-489
- Specht, E., T. Redemann and N. Lorenz. “Simplified Mathematical Model for Calculating Global Warming Through Anthropogenic CO₂”, *International Journal of Thermal Science*, Vol.102, 2016, p. 1-8.
- Tong, H." On a Threshold Model in Pattern Recognition and Signal Processing" (ed. C.H. Chen), NATO ASI Series E: Applied Sc., 29, 1978, p.575-586.
- Toroman, Ö.Y. ve M. Uçurum. “Alternatif Fosil Enerji Kaynağı: Bitümlü Şeyl ”. *Tübav Bilim Dergisi*, Cilt.2, Sayı.1, 2009, s. 34-46.
- Tsai, B., C. Chang and C. Chang. “Elucidating the Consumption and CO₂ Emission of Fosil Fuels and Low-Carbon Energy in the United States Using Lotka-Volterra Models”, *Energy*, Vol.100, 2016, p.416-424.
- Turan, A." İnsan Hakkı Kuşaklar Arasındaki Tamamlayıcılık İlişkisi". *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, Cilt.4, Sayı.2, 2013, s. 352-378.
- Turhan, A. "İnsan Hakkı Kuşakları Arasındaki Tamamlayıcılık İlişkisi", *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, Cilt.4, Sayı 2, 2013, s.15-40.
- Türkeş, M. "Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye", *Makina Mühendisleri Odası Sürekli Teknik Yayın*, 2001, s.14-29.
- Türkeş, M. “Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma”. *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri*, Teknik Sunumlar, Seminer Dizisi.1, 2001, ss.187-205.
- Üçgül, İ. ve U. Elibüyük.“Tekstil Atıklarının Piroliz ile Değerlendirilmesi”. *SDÜ Teknik Bilimler Dergisi*, Cilt.4, Sayı.2, 2014, s.40-46.
- Utku, Z. “Evaluation of Biodiesel Fuel Obtained from Waste Cooking Oil”, *Energy Sources*, Part A, Vol. 29, 2007, p. 1295-1304.
- Wahlund, B., J. Yan and M. Westermarck. “Increasing Biomass Utilisation in energy Systems: A comparative Study of CO₂ Reduction and Cost for Different Bioenergy Processing Options”, *Biomass and Bioenergy*, Vol. 26, 2004, p. 531-544.

- Wallington, T.J., J.Srinivasan., O.J. Nielsen and E.J. Highwood. “Greenhouse Gases and Global Warming”. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, <https://www.eolss.net/sample-chapters/C06/E6-13-01-01.pdf>, 2016, (Date accessed: 07.02.2016).
- Wang, L., Z. Gong, G. Gao and C. Wang. “Can Energy Policies Affect the Cycle of Carbon Emissions? Case Study on the Energy Consumption of Industrial Terminals in Shanghai Jiangsu and Zhejiang”, *Ecological Indicators*, Vol. 83, 2017, p. 1-12.
- Wang, Y., Y. Yang, G. Chen, J. Zua, B. Yan and P. Yin. “Effectiveness of Waste to Energy Approaches in China: From the Perspective of Greenhouse Gas Emission Reduction”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 163, 2017, p. 99-105.
- Williams, T. "Climate Change Negotiations: The United Nations Framework Convention on Climate Change in Context" (Background Paper), *Library of Parliament*, 2015, Canada.
- Worldpress, Sources of Air Pollution 2017, <https://2ch438ss.files.wordpress.com/2013/12/sources-of-air-pollution.pdf> (Date accessed: 10.09.2017).
- Yousefi, M., M. Khoramivafo and F. Mondani. “Integrated Evaluation of Energy Use, Greenhouse Gas Emissions and Global Warming Potential for Sugar Beet (Beta Vulgaris) Agroecosystems in Iran”, *Atmospheric Environmental*, Vol. 92, 2014, p. 501-505.
- Zeng, Y., X. Tan, B. Gu, Y. Wang and B. Xu. “Greenhouse Gas Emissions of Motor Vehicles in Chinese Cities and The Implication for China’s Mitigation Targets”, *Applied Energy*, Vol. 184, 2016, p. 1016-1025.
- Zhang, X. and X. Cheng, “Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in China”, *Ecological Economics*, Vol.68, 2009, p.2706-2712.

C. İNTERNET KAYNAKLARI

Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), Recent Greenhouse Gas Concentrations, http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html (Date accessed: 06.06.2016).

Center for Climate and Energy Solutions Working Together for the Environment and the Economy, Main Greenhouse Gases, <https://www.c2es.org/content/main-greenhouse-gases/> (Erişim Tarihi 06.06.2016).

DİB, T.C. Dış İşleri Bakanlığı, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, <http://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa> (Erişim Tarihi: 09.07.2016).

EIA 2016, U.S. Energy Information Administration, Energy Explained, <https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm> (Date accessed: 09.10.2016).

EIA 2017a, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International. <https://www.eia.gov/coal/data.php#summary> (Date accessed: 11.12.2017).

EIA 2017b, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International. <https://www.eia.gov/renewable/data.cfm#summary> (Date accessed: 11.12.2017).

EIA 2017c, U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, International <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php> (Date accessed: 11.12.2017).

Encyclopedia Britannica. Electromagnetic Spectrum, <https://global.britannica.com/science/electromagnetic-spectrum> (Date accessed: 07.07.2016).

Energy.Gov, Residential Renewable Energy Tax Credit, <https://energy.gov/savings/residential-renewable-energy-tax-credit> (Date accessed: 23.07.2017).

EPA 2017a, U.S. Energy Information Administration, 1990 Clean Air Act Amendment Summary, <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/1990-clean-air-act-amendment-summary> (Date accessed: 10.08.2017).

- EPA 2017b, United States Environmental Protection Agency, Clean Air Act Overview, <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/1990-clean-air-act-amendment-summary> (Date accessed:06.05.2017).
- HistoricalCanada, Energy Policy, <http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/energy-policy/> (Erişim Tarihi 21.04.2017).
- IEA, International Energy Agency, Policies&Measures Databases, <https://www.iea.org/policiesandmeasures/> (Date accessed: 23.11.2017).
- IEA. 2013. Key World Energy Statistics 2012, www.iea.org/publications/.../kwes.pdf (Date accessed: 19.09.2017)
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Organization, <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>, (Date accessed: 03.11.2016).
- NCSA-Turkey, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Rio Sözleşmeleri, <http://www.ncsa-turkey.cevreorman.gov.tr/rio-sozlesmeleri.aspx> (Erişim Tarihi: 12.03.2016).
- Newscientist, Hydroelectric Power's Dirty Secret Revealed, <https://www.newscientist.com/article/dn7046-hydroelectric-powers-dirty-secret-revealed/> (Date accessed: 02.01.2018).
- Qandl, Financial and Economic Data, <https://www.quandl.com/data/FRED/INDPRO-Industrial-Production-Index> (Date accessed: 11.12.2017).
- TAEK. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. Toryum, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/172-nukleer-yakit-cevrimi/471-toryum.html> (Erişim Tarihi: 08.10.2016).
- UNFCCC, United Nations Framework Convention On Climate Change, Kyoto Protocol, http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (Date accessed: 03.11.2016).
- UNFCCC, United Nations Framework Convention On Climate Change, United Nations Framework Convention On Climate Change, 1992, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (Date accessed: 08.11.2016).
- WCA. World Coal Org. What is Coal, <https://www.worldcoal.org/coal/what-coal> (Date accessed: 07.11.2016).

Worldatlas, The Largest Countries in the World, <https://www.worldatlas.com/articles/the-largest-countries-in-the-world-the-biggest-nations-as-determined-by-total-land-area.html> (Date accessed: 02.01.2018).

Worldpopulationreview, United States Population 2018, <http://worldpopulationreview.com/countries/united-states-population/> (Date accessed: 02.01.2018).

D. TEZLER

Altay, Ö. *Dalgacık Analizi ile Yüksek Gerilim Aygıtlarından Alınan İşaretlerin Değerlendirilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010 (Yayımlanmamış Doktora Tezi).

Demren, E. *Dalgacık Dönüşümünün Fourier Dönüşümü İle Karşılaştırılması Ve Uygulama*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015 (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

Efe, Ş. *Biyodizelin Silindir İçi Karakteristiklerine Etkileri ve Wavelet Analiz Tekniği ile Çevrimsel Farklara Etkilerinin İncilenmesi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2014, (Yayımlanmamış Doktora Tezi).

Gürsakaal S. *Finansal Zaman Serileri Analizine Frekans Boyutu Yaklaşımı: Dalgacıklar Yöntemi ve İMKB'de Bir Uygulama*, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Bursa, 2009 (Yayımlanmamış Doktora Tezi).

Lai,W. *Wavelet Theory and Its Applications in Economics and Finance*, University of Leicester, May 2015 (Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy).

Özyol, A.İ. *Çevre Etiği Çerçevesinde Biopolitikaların Oluşturulmasında Katılımcılık*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ankara, 2013 (Yayımlanmamış Doktora Tezi).

Şenyılmaz, A. *Yönetimde Kuantum Yaklaşımı, Organizasyonel Enerjinin Ölçümü İçin Bir Model*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012 (Yayımlanmamış Doktora Tezi).

ÖZ GEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı, Soyadı	Sevda KUŞKAYA
Doğum Yeri	Kayseri
Doğum Tarihi	1984
E- mail	sevdakuskaya@gmail.com

EĞİTİM VE AKADEMİK BİLGİLER

Derece	Kurum	Mezuniyet
Lisans	Anadolu Üniversitesi	2009
Yüksek Lisans	Niğde Üniversitesi	2012
Doktora	Erciyes Üniversitesi	2018
Yabancı Dil	İngilizce	

Küresel Isınmanın Kontrol Altına alınmasında Takip Edilen Enerji Politikalarının Etkinliği: Bir Sürekli Dalgacık Uyumu Modeli yaklaşımı

ORJİNALLİK RAPORU

% 17	% 16	% 3	% 7
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	www.mgm.gov.tr İnternet Kaynağı	% 2
2	polen.itu.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
3	acikarsiv.ankara.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
4	199.71.28.69 İnternet Kaynağı	% 1
5	www.mazlumyolbas.com İnternet Kaynağı	% 1
6	ateistforum.biz İnternet Kaynağı	% 1
7	Submitted to TechKnowledge Öğrenci Ödevi	% 1
8	asosjournal.com İnternet Kaynağı	<% 1