

**TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİ
KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE OECD
ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

Medine Nur TÜRKÖĞLU ELİTAŞ

**TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI
VE OECD ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Medine Nur TÜRKÖĞLU ELİTAŞ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

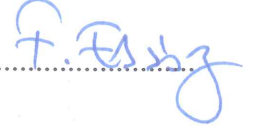
KARABÜK

Ağustos 2016

Medine Nur TÜRKOĞLU ELİTAŞ tarafından hazırlanan "TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE OECD ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Filiz ERSÖZ

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Doç. Dr. Semra BORAN

Tez Danışmanı, Sakarya Üniversitesi



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 29/07/2016

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Doç. Dr. Mehmet KABAK (GÜ)

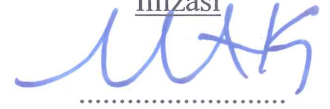
Üye : Doç. Dr. Filiz ERSÖZ (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Semra BORAN (SAÜ)

Üye : Doç. Dr. Günay ÖZBAY (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Taner ERSÖZ (KBÜ)

İmzası









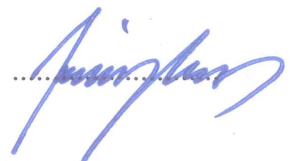


./.../2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü





“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Medine Nur TÜRKOĞLU ELİTAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE OECD ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Medine Nur TÜRKOĞLU ELİTAŞ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Tez Danışmanları:

Doç. Dr. Filiz ERSÖZ

Doç. Dr. Semra BORAN

Ağustos 2016, 113 sayfa

Bu çalışmada, enerji ve yenilenebilir enerji konuları ele alınmıştır. Çalışmanın amacı; OECD ülkelerinin biyokütle kaynaklı elektrik enerjisi üretiminin araştırılması, bunu etkileyen değişkenlerin etkinlik derecesinin belirlenmesi ve Türkiye'nin konumunun araştırılarak gerekli stratejilerin belirlenmesine katkıda bulunmaktır. Yenilenebilir enerjinin önemi anlatılarak yenilenebilir enerjilerden biyokütle enerjisi ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Biyokütlenin dünya ve Türkiye açısından önemi üzerinde durulmuştur. Çalışmanın uygulama kısmında OECD ülkelerinin biyokütleden enerji üretimleri öncelikle kümeleme yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda; OECD ülkeleri 3 gruba ayrılmıştır. Öne çıkan ülkelerin ise ABD, Almanya ve Japonya olduğu görülmüştür. Ayrıca OECD ülkelerini biyokütle ve atıklardan elde edilen enerji üretimleri ile karbondioksit salımı ve birincil enerji tüketimleri arasında ilişkileri ortaya

koyabilmek amacıyla, sınıflayıcı modellere ilişkin analiz yapılmıştır. Söz konusu değişkenler arasında sınıflayıcı modellerden, regresyon ve korelasyon analizi ve karar ağacı analizi yapılmıştır. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarı ile birincil enerji tüketimi miktarı arasında yüksek düzeyde bir ilişki, karbondioksit salınımı ile orta düzeyde bir ilişki görülmüştür. Yapılan karar ağacı analizi sonucunda ise, bu değişkenlerin biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimine olan etkileri araştırılmıştır. Birincil enerji tüketiminin, biyokütle ve atıklardan elde edilen enerji üretimi üzerinde etkili bir değişken olduğu ortaya koyulmuştur.

Anahtar Sözcükler : Yenilenebilir enerji, biyokütle, kümeleme yöntemi, çoklu doğrusal regresyon analizi, karar ağacı analizi.

Bilim Kodu : 906.1.233

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF BIOMASS ENERGY RESOURCES IN TURKEY AND COMPARISON WITH OECD COUNTRIES

Medine Nur TÜRKOĞLU ELİTAŞ

Karabuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Thesis Advisors:

Assoc. Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Assoc. Prof. Dr. Semra BORAN

August 2016, 113 pages

In this study, energy and renewable energy issues were discussed. The purpose of the study; investigation of biomass energy power generation in the OECD countries, to determine the variables that affect it and to investigate the extent of the activities of Turkey's position is to contribute to the identification of the necessary strategies. The importance of renewable energy is described. Biomass energy is discussed in detail. The importance of biomass has been emphasized Turkey and the World. In the implementation of the study; energy production from biomass in OECD countries first were compared with clustering method. According to the cluster analysis results; OECD countries are divided into 3 groups. USA Germany and Japan are leadind contries. In addition; classifier model analysis is performed in order to reveal the relationship between carbon dioxide emissions and primary energy consumption with the production of energy derived from biomass and waste in OECD countries.

Regression analysis, correlation analysis and decision tree analysis from the classifier models among these variables were made. High level correlation was observed between the electric power generation amount from biomass, waste and primary energy consumption amount. Moderate correlation was observed with carbon dioxide release. According to the decision tree analysis results; the effects on electricity production from biomass and waste of these variables were researched. As a result; primary energy consumption was effective variable on the production of energy from biomass and waste.

Key Words : Renewable energy, biomass, clustering method, multiple linear regression analysis, decision tree analysis.

Science Code : 906.1.233

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Filiz ERSÖZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezimde eş danışmanlık yapan sayın hocam Doç. Dr. Semra BORAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin araştırma ve uygulama süresinde yenilenebilir enerjiye yönelik öncelikli alanlar konusundaki tez çalışmama verdiği burs ile destek olan TÜBİTAK' a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan sevgili aileme ve eşim Muhammed ELİTAŞ'a manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim ve bu çalışmayı bana hayatımda tarifsiz bir mutluluk yaşatan biricik kızım Elif Zeynep ELİTAŞ'a ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
ENERJİ KAVRAMI	3
2.1. ENERJİ KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI	4
2.1.1. Birincil Enerji Kaynakları	4
2.1.1.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	4
2.1.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	4
2.1.2. İkincil Enerji Kaynakları	6
BÖLÜM 3	8
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	8
3.1. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	8
3.1.1. Dünyada Güneş Enerjisi	8
3.1.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi	10
3.2. RÜZGÂR ENERJİSİ.....	11
3.2.1. Dünyada Rüzgâr Enerjisi	12
3.2.2. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi	15

	<u>Sayfa</u>
3.3. HİDROELEKTRİK ENERJİ	16
3.3.1. Dünyada Hidroelektrik Enerji.....	16
3.3.2. Türkiye'de Hidroelektrik Enerji.....	18
3.4. JEOTERMAL ENERJİ	19
3.4.1. Dünyada Jeotermal Enerji.....	20
3.4.2. Türkiye'de Jeotermal Enerji.....	20
3.5. DİĞER ENERJİ KAYNAKLARI.....	22
3.5.1. Dalga Enerjisi	22
3.5.2. Gelgit Enerjisi	22
BÖLÜM 4	24
BİYOKÜTLE ENERJİSİ	24
4.1. BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN TANIMI.....	24
4.2. BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI	25
4.3. BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN OLUMLU VE OLUMSUZ YÖNLERİ.....	26
4.4. BİYOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARI.....	27
4.4.1. Bitkisel Biyokütle Enerji Kaynakları	28
4.4.2. Hayvansal Biyokütle Enerji Kaynakları	29
4.4.3. Şehir Ve Endüstriye Bağlı Biyokütle Enerji Kaynakları	29
4.5. BİYOKÜTLE TEKNOLOJİSİ.....	30
4.5.1. Termik Sistemler	30
4.5.1.1. Doğrudan Yakma	30
4.5.1.2. Gazlaştırma	31
4.5.1.3. Piroliz.....	31
4.5.2. Biyolojik Sistemler	32
4.5.2.1. Havasız Ortamda Sindirim.....	32
4.5.2.2. Fermantasyon (Mayalanma)	32
4.5.2.3. Biyofotoliz	33
4.5.2.4. Karbonlaştırma.....	33
4.6. DÜNYADA BİYOKÜTLE SEKTÖRÜ	34
4.7. TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE SEKTÖRÜ	38
BÖLÜM 5	42

	<u>Sayfa</u>
MATERYAL VE METOD	42
5.1. MATERYAL.....	42
5.2. VERİ TOPLAMA ARACI.....	42
5.3. METOD.....	44
5.3.1. Kümeleme Analizi	44
5.3.2. Regresyon Analizi	46
5.3.3. Karar Ağacı Sınıflandırma Algoritmaları.....	51
BÖLÜM 6	54
TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE OECD ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN BİR UYGULAMA.....	54
6.1. LİTERATÜRDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE BİYOKÜTLEYE İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	54
6.2. BULGULAR	64
6.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler	64
6.2.2. Kümeleme Analizi Bulguları.....	67
6.2.2.1. Hiyerarşik Kümeleme Yöntemi Bulguları	67
6.2.2.2. Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Yöntemi Bulguları	69
6.2.3. Sınıflayıcı Modellere İlişkin Bulgular	72
6.2.3.1. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Bulguları	73
6.2.3.2. Karar Ağacı Analizi Bulguları	82
BÖLÜM 7	95
SONUÇ VE ÖNERİLER	95
KAYNAKLAR	102
EK AÇIKLAMALAR A. BİYOKÜTLE VE ATIKLARDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ (2008-2012)	109
EK AÇIKLAMALAR B. BİYOKÜTLE VE ATIKLARDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ VE ÜRETİMİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	111
ÖZGEÇMİŞ.....	113

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yenilenebilir enerji güçleri	5
Şekil 3.1. Dünya güneş enerjisi üretim kapasitesi.....	9
Şekil 3.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası	10
Şekil 3.3. Ülkelere göre toplam kümülatif yüklü rüzgâr kapasitesi	12
Şekil 3.4. Küresel rüzgâr enerjisi pazarının yıllık büyüme oranları.....	13
Şekil 3.5. Dünya rüzgâr enerjisi üretimi kapasitesi.....	14
Şekil 3.6. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı	15
Şekil 3.7. Bölgelere göre hidroelektrik tüketimi ve milyon ton petrol eşdeğeri	17
Şekil 3.8. Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli	19
Şekil 3.9. Türkiye'de nanotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal alanlar	21
Şekil 6.1. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi.....	65
Şekil 6.2. Gruplararası dendogram.....	68
Şekil 6.3. Sınıflayıcı algoritma karşılaştırmaları.....	72
Şekil 6.4. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi histogram.....	80
Şekil 6.5. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi serpilme diyagramı.....	80
Şekil 6.6. CR&T ve Chaid algoritma karşılaştırmaları	83
Şekil 6.7. Üretim miktarı tahmini için oluşturulan karar ağacı.	84
Şekil 6.8. CR&T analizine ilişkin kurallar bütünü.....	85
Şekil 6.9. Karar ağacının başlangıç düğümü.....	86
Şekil 6.10. Düğüm 0: Tahmini üretim miktarı.	86
Şekil 6.11. Karar ağacının birinci düğümü.....	87
Şekil 6.12. Düğüm 1: Tahmini üretim miktarı.	87
Şekil 6.13. Karar ağacının 2-14 düğümleri.	88
Şekil 6.14. Düğüm 2-14: Tahmini üretim miktarları.....	88
Şekil 6.15. Karar ağacının 15-27 düğümleri	90
Şekil 6.16. Düğüm 15-27: Tahmini üretim miktarları.....	90
Şekil 6.17. Karar ağacının 28-32 düğümleri	91

	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.18. Düzüm 28-32: Tahmini üretim miktarları	92
Şekil Ek A.1. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi (2008-2012).	110
Şekil Ek B.1. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi ve üretimi etkileyen faktörler.	112



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Dünyada enerji kaynaklarının tahmini büyüme oranları	3
Çizelge 2.2. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik kapasiteleri ...	6
Çizelge 2.3. Türkiye elektrik enerjisi kuruluş ve yakıt cinslerine göre kurulu güç .	7
Çizelge 3.1. 2012 yılı global rüzgâr enerjisi pazarındaki ilk on ülke	13
Çizelge 4.1. Biyoyakıt üretimi	35
Çizelge 6.1. Tanımlayıcı istatistikler.	65
Çizelge 6.2. Küme sayısına göre k-ortalama analizi.....	70
Çizelge 6.3. Regresyon model özeti	73
Çizelge 6.4. Regresyon modeli anova sonuçları	74
Çizelge 6.5. Çoklu doğrusal regresyon modeli/bağımsız değişkenler ve katsayıları.....	75
Çizelge 6.6. Değişkenlerin tanımlayıcı değerleri.....	75
Çizelge 6.7. Korelasyon tablosu	76
Çizelge 6.8. Model özeti tablosundan otokorelasyonun tespiti	77
Çizelge 6.9. Eşdoğrusallık testi.....	77
Çizelge 6.10. Tolerans ve VIF değerleri.....	78
Çizelge 6.11. Artıkların istatistiği.....	79

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- CO₂ : karbondioksit
CO : karbonmonoksit
CH₄ : metan
H₂SN₂ : hidrojen siyanür
SO₂ : sülfür

KISALTMALAR

- OECD : Organisation for Economic Co-Operation and Development (İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı)
TEP : Ton Eşdeğer Petrol
TMMOB : Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
GSYH : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
KW_s : Kilowatt Saat
AB : Avrupa Birliği
MW : Megawatt
GWh : Gigawatt Saat
TÜREP : Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
ETKB : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
JES : Jeotermal Enerji Sanayi
Res : Rüzgâr Enerjisi Santrali
PV : Fotovoltaik
MTA : Maden Tetkik Arama
HES : Hidroelektrik Santral
MJ : Megajoule
PJ : Petajoule

TWh : Terawatt Saat
EJ : Enerjijoule
KW : Kilowatt
EPA : Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Acentesi)
MTEP : Milyon Ton Eşdeğer Petrol
EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
TÜREP : Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
DSİ : Devlet Su İşleri
HES : Hidroelektrik Santral
MTBE : Metil Tersiyer Bütil Eter
ÖTV : Özel Tüketim Vergisi
AB : Avrupa Birliği
LNG : Liquefied Naturel Gas (Sıvılaştırılmış Doğalgaz)
MTA : Maden Tetkik Arama
LPG : Liquid Petrol Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde enerji üretimi, ülkelerin gelişmişlik düzeyini gösteren bir ölçüt haline gelmiştir. Dolayısıyla ekonomik büyümenin en önemli unsurlarından biri olan enerji ve öğeleri, ekonomik kalkınmanın vazgeçilmez unsurlarından biri olmuştur.

Ekonomik büyüme ile beraber enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Dünyada yaşanan sanayileşmenin hızlanması, nüfus artışı ve yaşam düzeyinin üst noktalara taşınması gibi etkenler, özellikle fosil kaynaklı enerji tüketimini artırmıştır. ve önemli oranda çevre kirliliğine yol açmıştır. Bu noktada bu sorunlara çözüm bulunmasını sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarının birçok konuda ülkelere ekonomik ve sosyal katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Enerjide büyük ölçüde dışa bağımlı olan ülkemiz için yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma büyük önem taşımaktadır. Bu kaynaklar diğer ülkelerdeki gibi ülkemizde de ön plana çıkmaya başlamıştır. Yenilenebilir enerji günümüzde ısıtma, ulaştırma, elektrik üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yerli nitelikli olması, yakıtların mali giderlerinin az miktarda olması ve doğal özellikleri ile elektrik üretiminde son yıllarda önemi gittikçe artmaktadır.

Literatürde yapılmış olan bilimsel araştırmalar, çalışmada yer almaktadır. Araştırmacılar ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji arasındaki ilişkiyi, biyokütlenin yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki yerini araştırmışlardır. Detayları çalışmanın literatür taraması kısmında belirtilmiştir.

Bu çalışma, OECD ülkelerinin yıllık yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi analizlerini içermektedir. OECD ülkelerinin yıllık

yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi analizlerini içermektedir. Çalışmada birden fazla analiz tekniği kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Böylelikle enerji alanındaki stratejilerde gittikçe artan bir öneme sahip olan biyokütle konusunda OECD ülkeleri ve Türkiye'nin konumu araştırılmış olup, strateji geliştirme önerileri sunulmuştur. Çalışma, günümüzde ülkelerin ekonomik gelişimi açısından planlanan stratejilere yardımcı olabilmesi, yenilenebilir enerji ve biyokütle konusuna dikkat çekilerek güncel verilerin paylaşılması ve ülkelerin potansiyel üretimlerinin araştırılması açısından önemlidir.

Bu çalışma aynı zamanda ülkelerin elektrik enerjisi potansiyelinin, biyokütle üretim ihtiyacının, sanayisinin ve gelişmişlik düzeyinin araştırılmasına birçok farklı açıdan bakılmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

BÖLÜM 2

ENERJİ KAVRAMI

Yararlı iş yapabilme yeteneğine enerji adı verilir [1]. Enerji, ekonomiyi etkileyen en önemli etmenlerden biridir. Ekonomik faaliyetlerin en önemli girdisi, enerji sektöründeki bileşenler aracılığıyla temin edilmektedir. Bu nedenle enerji, piyasalarda faaliyet gösteren diğer sektörlerin en önemli üretim kaynağıdır [2].

Enerji kullanıldığında, bir tür enerjiden diğer bir türe dönüşebilmektedir [1]. Enerjinin günlük yaşamda farklı aşamalarda kullanım alanları bulunmaktadır.. Enerji kaynakları, kullanılabilirliklerine göre yenilenebilir ve yenilenemez olarak ikiye ayrılırlar. Ayrıca dönüştürülebilirliklerine göre ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak ele alınmaktadır. Çizelge 2.1'de dünyada enerji kaynaklarının tahmini büyüme oranları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünyada enerji kaynaklarının tahmini büyüme oranları [3].

	2014-35 Büyüme Yüzdesi (%)	2014-35 Kümülatif Büyüme Büyüme (%)	2014 (%)	2035 (%)
Birincil Enerji	1,4	34	100	100
Petrol	0,9	20	32	29
Gaz	1,8	44	24	26
Kömür	0,5	10	30	25
Nükleer	1,9	50	4	5
Hidrolik	1,8	45	7	7
Yenilenebilir Enerji	6,6	285	3	9

Çizelge 2.1'de görüldüğü üzere küresel birincil enerjinin çeyreği için yenilenebilir enerji kaynakları 2035 yılına kadar büyüyecek ve büyümenin üçte birinden fazlası küresel güç üretiminde olacaktır.

2.1. ENERJİ KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI

Enerji kavramı günümüzde en önemli konularından biri haline gelmiştir. Sosyal kalkınma ve ekonomi açısından enerji kaynakları oldukça önemli bir yer edinmiştir [4]. Dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu kaynaklar aşağıda incelenmiştir.

2.1.1. Birincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji; doğal kaynaklardan elde edilen enerjidir. Bunu meydana getiren kaynaklar doğrudan kullanılabilirler ya da ikincil enerjiye dönüştürülürler. Birincil enerji kaynakları olarak isimlendirilen bu kaynaklar; yenilenemez ve yenilenebilir kaynakları kapsamaktadır.

2.1.1.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Doğadaki hammaddesi tüketildiğinde tekrar meydana gelemeyen, yandığında zararlı gazlar ortaya çıkaran kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil enerji kaynaklarıdır [5]. Bu tür kaynaklar aynı zamanda temelinde karbon olan ve bitki fosillerinin çözünmesiyle oluşan enerji kaynaklarıdır. Dünya üzerindeki klasik enerji kaynakları toplam rezerv olarak yaklaşık 900 milyar Tep civarındadır. Günümüzde fosil kökenli yakıtların dünyada bilinen rezervleri petrol eşdeğeri olarak % 68 oranında kömür, % 18 oranında petrol ve % 14 oranında doğal gaz olarak belirlenmiştir [6].

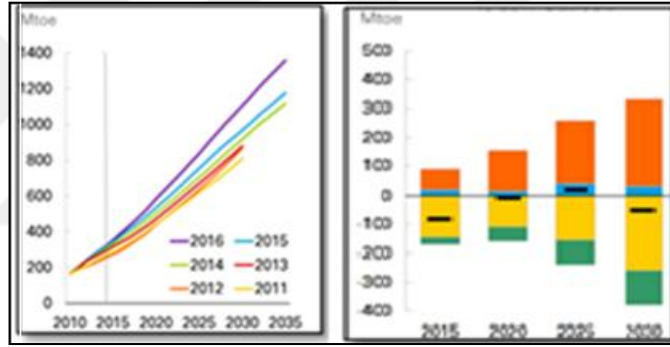
Türkiye'de yenilenemeyen enerji kaynakları mevcuttur. Bu kaynaklar taşkömürü, doğal gaz, petrol ve linyittir. Kaynaklar ülkemizin çeşitli bölgelerinde çıkarılmakta ve petrol gibi kaynakların bir kısmı ithal edilmektedir.

2.1.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir ve doğal olan enerji, fosil yakıt kaynakları gibi tükenir nitelikte olmayan güneş, jeotermal, biyokütle, okyanus, rüzgâr, hidroelektrik gibi sürekli ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından elde edilen bir enerji türüdür [7]. Yenilenebilir

enerji kaynakları tükenmekte olan fosil enerji kaynaklarının yerini alabilecek en iyi alternatiflerden biri olarak görülmektedir. Kullanıma hazır olarak doğada var olan sürekli yenilenen yerli, bağımsız, güvenilir ve doğa dostu kaynaklar olmaları nedeniyle ülkelere ekonomik ve politik alanda katacağı değer ile beraber, sürdürülebilir gelecek için önemli bir yere sahiptir [2].

Çizelge 2.1'de 2010 yılında elde edilen enerji kaynaklarının 2014 yılı büyüme oranları ve 2035 yılı tahminleri gösterilmektedir. Bu kaynakların büyüme oranları önemlidir; çünkü ülkelerin gelişmişliklerini ve ekonomik büyümelerini göstermektedir. Kısa ve uzun vadede oluşturulacak stratejik planlamalar için bir kaynak teşkil etmektedir. Şekil 2.1'de yıllara göre yenilenebilir enerji güçleri grafiği gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Yenilenebilir enerji güçleri [3].

Şekil 2.1'de çizgi değeri toplam değeri, yeşil alan biyoyakıtları, sarı alan nükleer enerjiyi, mavi alan hidroelektrik enerjisini ve turuncu alan yenilenebilir enerjiyi göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklı güç üretimi geçen beş yıl dikkate alındığında her yıl artmıştır. Yenilenebilir enerji, 2011 yılında beklenene göre 2030 yılında % 35 daha yüksek olacaktır. Beklenenden daha hızlı maliyet azalması, daha hızlı yayılma (özellikle OECD ülkeleri dışında) ve genişleyen plan desteği, gelecek büyümenin yeniden değerlendirilmesine katkıda bulunacaktır. 2030 yılında fosil olmayan yakıtlardan beklenen seviye 2011 yılından biraz daha az olacaktır. Şekil 2.1, nükleer enerji ve biyoyakıt için daha zayıf bir görüntü yansıtmaktadır. Fukushima kazasından sonra birçok ülke nükleer enerjide planladığı kullanımı düşürmüştür. Hem ileri biyoyakıtlarda beklenen teknolojik gelişmelerde daha yavaş ilerleme hem

de nakledilen yakıtta daha zayıf adaptasyon bakımından biyoyakıtlar için daha düşük profil yansıtmaktadır [3]. Çizelge 2.2'de Türkiye'de 2015 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik kapasiteleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik kapasiteleri [8].

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Toplam Kurulu Güç Potansiyeli (MW)	Kurulu Güç (MW)	Kapasite Faktörü (%)	2023 Yılı Hedefi (MW)	Ortalama Üretim Potansiyel (Milyar kWh/Yıl)
Hidrolik En.	36000	19609	44	36000	144
Rüzgâr En.	48000	2260	30	20000	60
Güneş En.	50000	-	20	3000	7,5
Jeotermal En.	600	162	84	600	4,4
Biyokütle En.	2000	44	80	2000	14
Toplam	136600	22075	-	61600	229.9

Çizelge 2.2'de görüldüğü üzere toplam kurulu güç potansiyeli en fazla olan enerji Güneş enerjisi'dir. Kapasite faktörü en yüksek olan enerji jeotermal enerjidir. İkinci olarak ise % 80 ile biyokütle enerjisidir. 2023 hedefinde 36.000 MW ile hidrolik enerji ilk sıradadır. Biyokütle enerjisi 2000 MW ile 4. sırada yer almıştır. Ortalama üretim potansiyeli ise en fazla hidrolik enerjiye aittir. Güneş enerjisi kurulu gücü ve toplam kapasite faktörü 0 olarak alınmıştır.

2.1.2. İkincil Enerji Kaynakları

İkincil enerji; birincil enerji kaynaklarından dönüştürülebilen petrol ve elektrik gibi enerji kaynaklarıdır [9]. Günümüzde doğal gaz, petrol, kömür, uranyum gibi sonlu birincil enerji kaynaklarını kullanan sistemlerin yanı sıra; jeotermal, güneş, rüzgâr ve gelgit enerjisi gibi yenilenebilir nitelikte ve bu tarafıyla tükenmez bir kaynak niteliğine sahip olan ikincil enerji kaynaklarının kullanımını az da olsa mevcuttur. Yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı elektrik üretiminin maliyetlerinin de düşürülmesine bağlı olarak payının zaman içinde artması beklenen bir durumdur [1].

En önemli ikincil enerji türlerinden biri de elektrik enerjisidir. Eelektrik enerjisinin üretiminde Türkiye’de fosil yakıtlardan doğal gaz, kömür, asfaltit ve petrol yenilenebilir enerji kaynaklarından ise; hidrolik, rüzgâr, jeotermal, biyokütle enerjisinden yararlanılmaktadır. Elektrik enerjisi genel olarak hizmet ve sanayinin üretiminde kullanılmaktadır [10]. Türkiye elektrik enerjisi kuruluş ve yakıt cinslerine göre kurulu güç miktarları Çizelge 2.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Türkiye elektrik enerjisi kuruluş ve yakıt cinslerine göre kurulu güç [3].

Yakıt Cinsleri	2015 Yılı Sonu			30 Nisan 2016 Sonu İtibariyle		
	Kurulu Güç (MW)	Katkı (%)	Santral Sayısı (Adet)	Kurulu Güç (MW)	Katkı (%)	Santral Sayısı (Adet)
Fuel-Oil + Nafta + Motorin	446.0	0,6	17	446.0	0,6	17
Yerli Kömür(Taş Kömürü + Linyit + Asfaltit)	9,418.4	12,9	29	9,848.4	13,2	30
İthal Kömür	6,064.2	8,3	8	6,064.2	8,1	9
Doğalgaz + Lng	21,222.1	29,0	233	21,555.5	28,9	240
Yenilen.+Atık+Atık Isı+ Piroolitik yağ	344,7	0,5	69	385,0	0,5	70
Çok Yakıtlılar Katı+Sıvı	667,1	0,9	23	667,1	0,9	23
Çok Yakıtlılar Sıvı+D.Gaz	3,684.0	5,0	46	3,684.0	4,9	46
Jeotermal	623,9	0,9	21	647,9	0,9	22
Hidrolik Barajlı	19,077.2	26,1	109	19,382.2	26,0	113
Hidrolik Akarsu	6,790.6	9,3	451	6,820.8	9,1	453
Rüzgâr	4,498.4	6,1	113	4,648.1	6,2	117
Termik (Lisanssız)	56,5	0,1	24	59,7	0,1	27
Rüzgâr (Lisanssız)	4,8	0,0	9	8,0	0,0	15
Güneş (Lisanssız)	248,8	0,3	362	409,7	0,5	556
Toplam	73,146.7	100,0	1,514	74,626.7	100,0	1,738

Çizelge 2.3'de görüldüğü üzere Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından ilk sırada hidrolikler yer almaktadır. İkinci sırada rüzgâr enerjisi yer almaktadır. Üçüncü sırada ise Güneş enerjisi bulunmaktadır. 2015 yılında 248,8 MW iken, 2016 yılında 409,7 MW ile % 64,67'lik artış sağlanmıştır. Yenilenemeyen kaynaklar arasında ise 2015 yılındaki kurulu gücü 21,222.1 MW ile doğalgaz ve lng olmuştur. 2016 yılı nisan sonu itibariyle toplam kurulu gücü 21,555.5 olmuştur. Toplamda elektrik enerjisi üretimine % 28,9 oranında katkı sağlamıştır.

BÖLÜM 3

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynakları, çoğunlukla doğada bulunan ve herhangi sürece ihtiyaç duymadan ulaşılabilen, fosil kaynaklı olmayan yakıtlardır [11].

Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve diğer enerji kaynakları olarak ayrılmıştır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli bakımından fosil kaynaklara göre daha avantajlıdır. Özellikle; hidrolik, güneş, biyokütle, rüzgâr ve jeotermal enerjilerin potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir [10]. Biyokütle enerjisi sonraki bölümde ayrıntılı biçimde incelenmiş olup, diğer kaynaklar aşağıda alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

3.1. GÜNEŞ ENERJİSİ

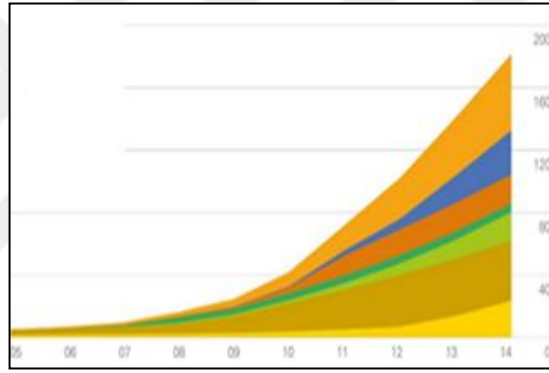
Güneş enerjisi, Güneş'in çekirdeğinde hidrojenin helyuma dönüşmesi ile oluşan sonrasında ortaya çıkan enerji biçimidir [12]. Başlıca yenilenebilir enerji kaynağı, hidrolik ve fosil enerjinin de ana kaynağı olan ve yaydığı yüksek miktardaki ısı ve ışık enerjisi ile, karanlık ve soğuk yerkürenin hem ısınması hem de aydınlatılmasında önemli bir göreve sahiptir [13].

3.1.1. Dünyada Güneş Enerjisi

Dünyada güneş enerjisi üretiminde iki temel sistem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi PV sistemlerdir. Diğer sistem ise termal teknolojiye dayalı güneş enerjisi sistemleridir. Dünyaya gelen güneş enerjisi miktarı, yeryüzünde şu ana kadar saptanmış fosil yakıt miktarına göre ortalama 160 kat daha fazladır [12].

Güneş enerjisi kullanımında lider olan ülke Almanya'dır. Sadece 2012 yılında Almanya'da 7,5 GW güneş enerjisi sistemi elektrik şebekesine başlanmıştır. Almanya'yı Çin, İtalya ve ABD takip etmektedir. Bu ülkeler PV pazarının % 80'ini oluşturmaktadır. Tüm Avrupa ülkelerindeki PV modül üretiminin payı % 10 ve ABD'de % 4'tür. 2012 yılında küresel PV modül üretim kapasitesinin yaklaşık % 50'si kullanılabilmiştir [14].

2014 yılında 40,2 GW değerinde toplam güneş enerjisi üretim kapasitesi, yıl sonunda 180 GW değerine ulaşmıştır ve 2013 yılı sonuna göre % 28,7 artış meydana gelmiştir. Geçen dört yılda, kapasite dört katından fazla bir değere ulaşmıştır [15]. Şekil 3.1'de dünya güneş enerjisi üretim kapasitesi gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Dünya güneş enerjisi üretim kapasitesi [15].

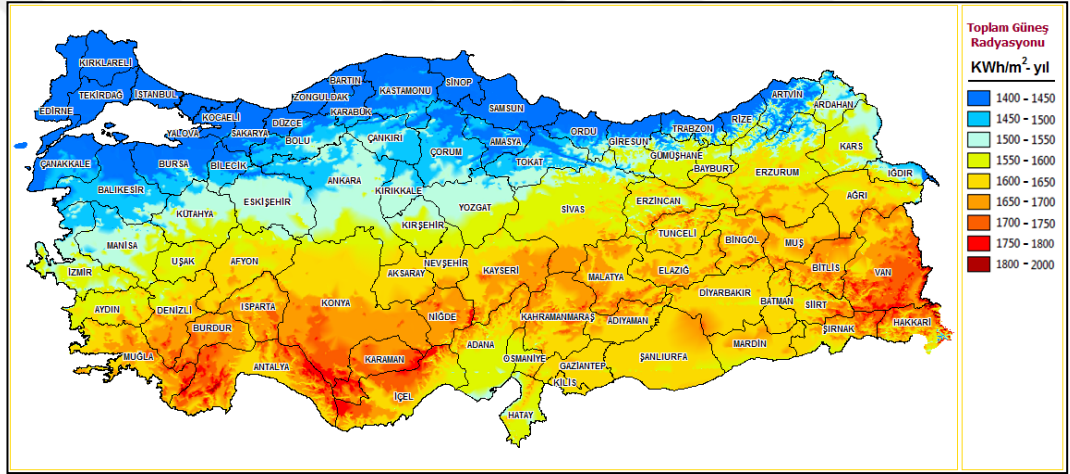
Şekil 3.1 incelendiğinde grafikte ülkeler aşağıdan yukarıya sırasıyla Japonya, Almanya, ABD, İspanya, İtalya, Çin ve diğer ülkelerdir. 2014 yılında kaydedilen en büyük artış Asya Pasifik bölgesindedir. Çin'in 10,6 GW ve Japonya'nın 9,7 GW toplam güneş enerjisi kapasitesi; küresel güneş enerjisi kapasitesi büyümesinin yarısından fazlasına karşılık gelmektedir. Üçüncü en büyük katkıyı 6,2 GW kapasite ile Amerika sağlamaktadır. Almanya, 38,2 GW kümülatif kurulum kapasitesi ile dünya lideri olarak kalmıştır; fakat Çin (28,2 GW kapasite) ve Japonya (23,3 GW kapasite) İtalya'nın önüne geçmiştir.

2014 yılında % 38'lik artış ile güneş enerjisi üretiminde çok hızlı büyüme meydana gelmiştir. Bu yılın, küresel güneş enerjisi üretimindeki payı düşük kalmıştır (% 0,8) fakat bu pay yakın iki yılda ikiye katlanmıştır. Enerji üretim kaynaklarındaki büyüme

bakımından güneş enerjisi dikkat çeken bir etkiye sahip olmaya başlamıştır; çünkü 2014 yılında küresel güçteki büyümenin yaklaşık % 15'ini oluşturmaktadır [6].

3.1.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Türkiye güneş enerjisi açısından oldukça zengin potansiyele sahip bir ülkedir. Ülkede yıllık ortalama güneş enerjisi 1315 kWh/m²'dir. Bu durumda Türkiye'nin geneline düşen enerji miktarı 1025-1012 kWh'tır. Bu miktar Türkiye'nin 1996 yılında ürettiği toplam elektrik enerjisinin yaklaşık olarak 11000 katına karşılık gelmektedir [16]. Şekil 3.2'de Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası [16].

Şekil 3.2'de görüldüğü üzere Marmara Bölgesi, Karadeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde toplam güneş radyasyonu 1400-1550 KWh/m²-yıl arasında değişmektedir. Harita üzerinde kuzeyden güneye gidildikçe rengin kırmızı ve tonlarına döndüğü görülmektedir. Bu bölgelerde toplam güneş radyasyonu 200 KWh/m²-yıl'a kadar ulaşmaktadır.

Ülkemizde yıllık ortalama toplam güneş ışınımının en küçük ve en büyük değerleri sırası ile 1120 kWh/m²-yıl ile Karadeniz Bölgesi'nde, 1460 kWh/m²-yıl ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmektedir. Türkiye'nin hemen hemen her yerinde, güneşli su ısıtıcıları yılın % 70'i kadar bir sürede tam randımanla

çalışabilmektedir. Halen kullanılmakta olan güneş pili sistemlerin toplam kapasitesi 3000 kWh'tır [17].

Türkiye'de özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin güneş alma kapasitesi oldukça fazladır. Bu bölgelerde yılın tamamında su ısıtıcıları tam kapasite olarak ile su ısıtmada kullanılmaktadır. Diğer bölgelerde ise su ısıtıcıları yılın % 70'i kadar zamanda tam kapasite ile çalışabilmektedir. Güneş enerjisinden su ısıtmada gösterilen başarıların elektrik elde edilmesinde de gösterilmesi için yapılan yasal düzenlemelerle birlikte çalışmalar daha da artmaktadır [5].

Ülkemiz güneş enerjisinin devamlılığı bakımından yüksek potansiyelli olması dolayısıyla şanslıdır. Bu yüzden enerji kaynağının kullanılabilir enerji türüne dönüştürülebilmesi önemlidir. Bu sebeple kendi enerjisini kendi üretecek sistemlerin tasarlanması ülke açısından önemlidir [12].

3.2. RÜZGÂR ENERJİSİ

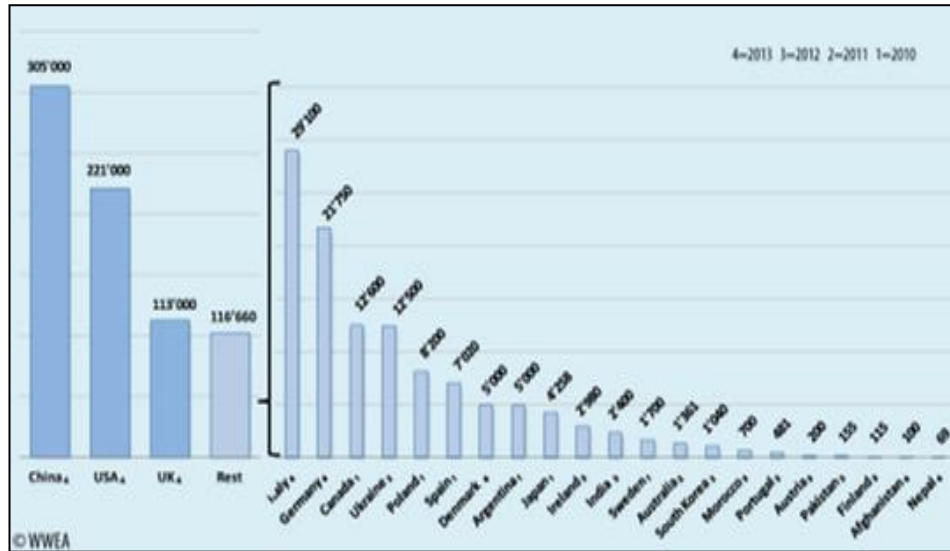
Rüzgâr enerjisi; güneşin denizleri, atmosferi ve karaları her yerde aynı düzeyde ısıtmamasından kaynaklı basınç ve sıcaklık farklarına bağlı olarak meydana gelmektedir [11]. Çevreyi kirleten ve oldukça fazla tüketilen kaynaklardır. Yenilenebilir kaynaklardan en avantajlı olan rüzgâra günümüzde öncekinden daha fazla ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu yüzden rüzgâr enerjisi için önemli yere sahip olan rüzgâr santralleri kurulurken mevcut olan kaynağın daha verimli kullanılması için santrallerin kurulduğu yerler önemlidir. Rüzgâr verimi yüksek olan yerleri tespit etmek rüzgâr santrallerinin verimini yükseltecektir [18].

Ülkelerin kendi potansiyelleri ölçüsünde faydalandığı rüzgâr enerjisi, çevre dostu olduğu için ülkelerin dışa bağımlı olmalarını engelleme açısından büyük ve önemli bir enerji sektörüdür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sınırsız kullanıma sahip olması açısından düşünüldüğünde rüzgâr enerjisinin kaynak çeşitliliğini artırmak amacıyla devletler tarafından bu enerji türü teşvik edilmekte ve üreticileri desteklemektedir. Rüzgâr enerjisinin 2020 itibariyle dünya genelindeki elektrik

tüketiminin %20'sini karşılaması hedeflenmekte ve bu yönde çalışmalar devam etmektedir [19].

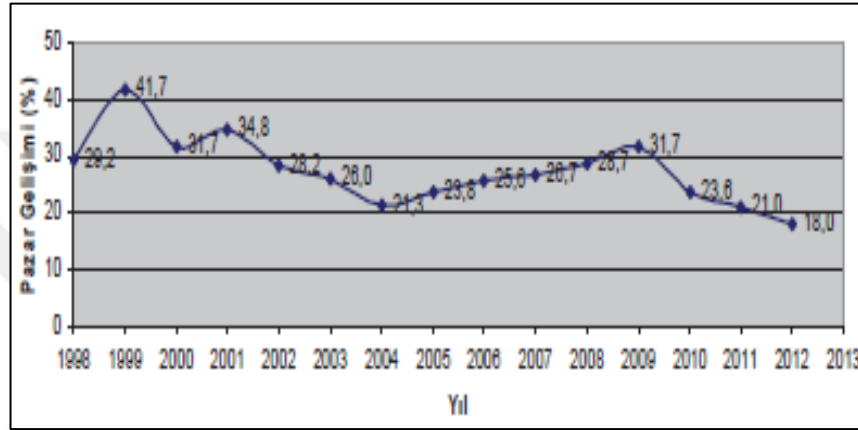
3.2.1. Dünyada Rüzgâr Enerjisi

2013 yılının sonunda dünya çapında kurulmuş kaydedilen küçük rüzgâr kapasitesi 755 MW'den daha fazla bir değere ulaşmıştır. Bu değer, 678 MW olarak kaydedilen 2012 yılına göre % 12 daha fazla büyüme olduğunu göstermektedir. Kurulan kapasite açısından, küresel kapasitenin % 41'ini Çin, % 30'unu Amerika ve % 15'ini Birleşik Krallık oluşturmaktadır. Amerika küçük rüzgâr marketi 2013 yılında 5,6 MW değerine ulaşmıştır, yeni kapasite 2012 yılındaki 18,4 MW ile karşılaştırıldığında kapasitede % 70 azalma meydana geldiği görülmüştür. Küçük rüzgâr marketi 36 milyon dolar yatırım yapmıştır. Kümülatif küçük rüzgâr kapasitesi bakımından Iowa, Nevada ve Kaliforniya lider eyaletler olarak kalmıştır. Birleşik Krallıkta 50 kW değerinin altı çarpıcı bir azalma göstermiştir, 2012 yılında aylık ortalama 32 birim kurulurken; aylık ortalama 181 birim kurulmuştur. 2013 yılı boyunca toplam 26 MW kuruluşur, bunun % 87'si 50- 100 kW aralığında, % 4'ü 15- 50 kW aralığında ve % 9'u 0-15 kW aralığındadır. Şekil 3.3'de ülkelere göre toplam kümülatif yüklü rüzgâr kapasitesi grafiği gösterilmektedir [20].



Şekil 3.3. Ünelere göre toplam kümülatif yüklü rüzgâr kapasitesi [20].

Şekil 3.3'e göre 2010 yılında ortalama boyut 0,66 kW olmuştur ve 2013 yılında 0,85'e ulaşmıştır. Küresel olarak, küçük rüzgâr türbinleri 2012 yılında 0,84 kW, 2011 yılında 0,77 kW ortalama büyüklüğe ulaşmıştır ve büyümeye devam etmektedir. Ülkelerin ortalama boyutları oldukça çeşitlidir: Örneğin Çin'deki türbinler 0,5 kW kapasiteli iken, ABD'de küçük rüzgâr türbinleri 1,4 kW ortalama kapasiteye sahip ve İngiltere'de ise kapasite 4,7 kW'a ulaşmıştır [20]. Şekil 3.4'de küresel rüzgâr enerjisi pazarının yıllık büyüme oranları gösterilmektedir.



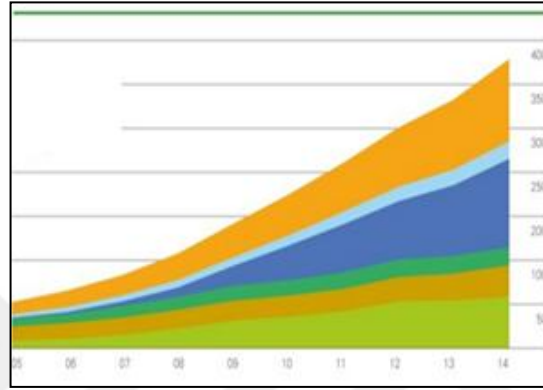
Şekil 3.4. Küresel rüzgâr enerjisi pazarının yıllık büyüme oranları [9].

Şekil 3.4'de küresel rüzgâr enerjisi pazarının yıllık büyüme oranları gösterilmektedir. Büyüme oranları 2009 yılında % 31,7 ile en üst değerine ulaşırken, 2013 yılında % 18'lik büyüme oranı gerçekleşmiştir [14]. Çizelge 3.1'de global rüzgâr enerjisi pazarındaki ilk 10 ülke gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. 2012 yılı global rüzgâr enerjisi pazarındaki ilk on ülke [9].

Ülkeler	Kurulu Güç (MW)	Küresel Pazar Payı (%)	2012 Kapasite Artışı
Çin	75,564	26,8	13,200
ABD	60,007	21,2	13,124
Almanya	31,332	11,1	2,439
İspanya	22,736	8,1	1,122
Hindistan	18,421	6,5	2,336
İngiltere	8,445	3	1,897
İtalya	8,144	2,9	1,273
Fransa	7,196	2,5	404
Kanada	6,200	2,2	935
Portekiz	4,525	1,6	145
Diğer Ülkeler	39,853	14,1	7,836
Toplam	282,485	100	44,711

Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere 2012 yılında eklenen en büyük kurulu güç 13,200 MW ile Çin'de olmuş ve Çin'deki rüzgâr enerjisi pazarı % 21 oranında bir büyüme sergilemiştir. Çin'i 13,124 MW ile ABD ve 1,566 MW ile de Avrupa bölgesindeki yatırımlar izlemiştir. 2012 yılı sonu itibariyle dünyadaki en büyük rüzgâr kurulu gücü 75,564 MW ile Çin'de bulunmakta ve onu 60,007 MW ile ABD izlemektedir. Şekil 3.7'de dünya rüzgâr enerjisi üretimi kapasitesi gösterilmektedir [21].



Şekil 3.5. Dünya rüzgâr enerjisi üretimi kapasitesi [23].

Şekil 3.5'de ABD'de mevcut pazar gelişim eğilimleri incelendiğinde, 2017 yılına kadar küresel rüzgâr enerjisi pazarından kümülatif bazda % 13 civarında büyüme oranları öngörülmekte olup mevcut eğilimlere göre 2017 yılında küresel rüzgâr gücünün 536.000 MW'a ulaşması beklenmektedir [22].

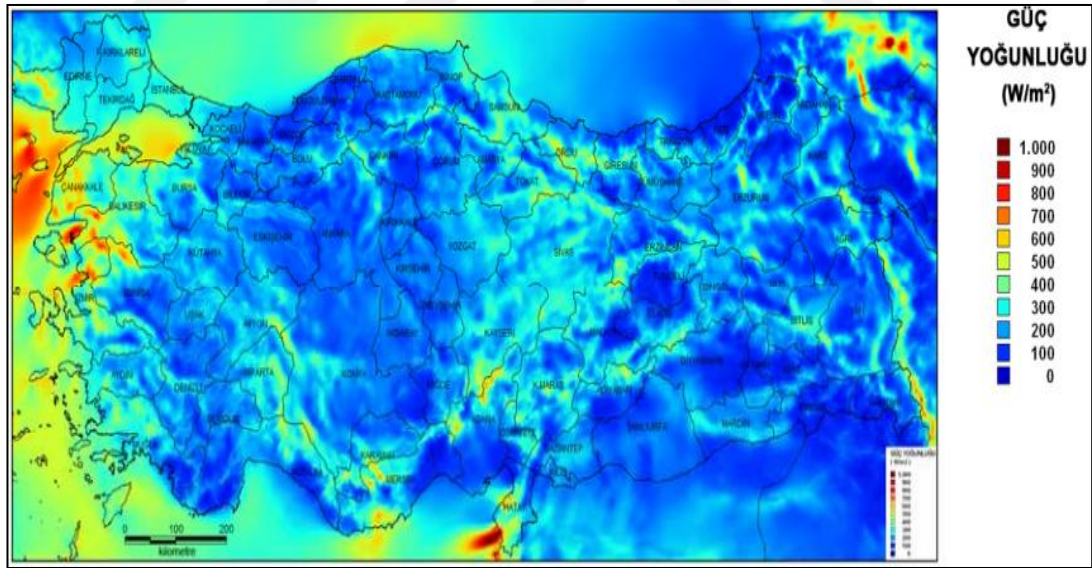
Rüzgâr gücü üretim kapasitesi 2014 yılında % 16,2 büyüyerek, kapasite artışı 2014 yılının sonunda 52 GW'den 373 GW değerine ulaşmıştır. Rüzgâr gücü şu anda elektriğin 706 TWh'ını üretmektedir ve bu değer dünyadaki toplam elektrik üretiminin % 3'dür. Bu değer, yaklaşık olarak Almanya ve Hollanda'nın toplam güç üretimine eşittir. Çin rüzgâr gücü açısından Dünyaya öncülük etmektedir (115 GW) ve 2014 yılında Çin yeni rüzgâr gücüne 236 GW ile en büyük katkıyı yapmıştır, onu da Almanya (6 GW) ve Amerika'da (5 GW) takip etmiştir. Rüzgâr Avrupa'nın elektrik üretiminde önemli bir katkıda bulunmuştur. Danimarka'da rüzgâr gücü 2014'te güç üretimine 41,4 GW katkı sağlamıştır. Şimdi İspanya, Portekiz, İrlanda ve Litvanya' da rüzgâr gücü % 15 veya daha fazla güce katkı sağlamaktadır. 2014'te

Avrupa'nın en büyük rüzgâr gücü olan İspanya'yı geçen Almanya, geçen sene rüzgârdan sağladığı gücün % 9,1'ini elde etmiştir [22].

Dünya Enerji Konseyi (WEC) tarafından yayınlanmış çalışmaya göre; 5,1 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip bölgelerin uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile % 4'ünün kullanılacağı kabul edilerek, dünya rüzgâr enerjisi teknik potansiyeli 53.000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır [23].

3.2.2. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi

Türkiye, rüzgâr bakımından zengin yerleri olan bir ülkedir. Türkiye'nin % 64,5'inde rüzgâr enerjisi güç yoğunluğu 20 W/m^2 'yi aşmazken, % 16,11'inde $30\text{-}40 \text{ W/m}^2$ arasında, % 5,9'unda 50 W/m^2 'nin ve % 0,08'inde de 100 W/m^2 'nin üzerindedir [24]. Şekil 3.6'da Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı [25].

Şekil 3.6'da görüldüğü üzere Türkiye'de 50 m üzerindeki güç yoğunluğu oldukça az olmakla birlikte Batı Karadeniz, Akdeniz, Güney Doğu ve Doğu Anadolu bölgelerinde 600 W/m^2 civarında seyretmektedir. 2015 yılı sonu itibari ile işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü ise 4.503 MW olarak belirlenmiştir [23].

Rüzgâr kurulu güç değeri bazında en önemli 5 ilmiz ve tesisimiz; Balıkesir-Şanlı Baki Elektrik Üretim Ltd. Şti. kurulu gücü 114.00 MW, Osmaniye-Bahçe Rotor Elektrik Üretim A.Ş. kurulu gücü 135.00 MW, Manisa-Soma Soma Enerji Elektrik Üretim A.Ş. kurulu gücü 140.10 MW, İzmir-Bergama, Aliğa Bergama Rüzgâr Enerji Santrali Enerji Üretim A.Ş. kurulu gücü 90.00 MW ve Kayseri-Yahyalı Aksu Temiz Enerji Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş. kurulu gücü 72.00 MW'dir [26].

3.3. HİDROELEKTRİK ENERJİ

Hidroelektrik enerji sahip olduğu yüksek verimlilik seviyesiyle dünyada yaklaşık 35 ülkenin en başta gelen enerji kaynağı konumundadır.

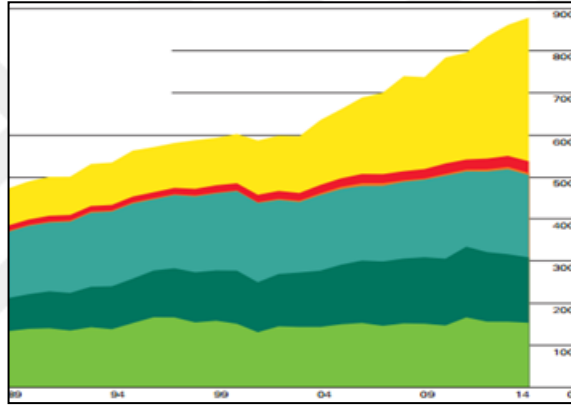
Hidroelektrik enerjisinin kullanımını sağlayan hidroelektrik santraller, akan su gücünü elektriğe çevirmektedir. Su, içerisindeki enerji miktarını suyun akış veya düşüş hızı belirlemektedir. Büyük bir nehirde akan su fazla miktarda enerjiye sahiptir. Su çok yüksek bir noktadan akarken de yine yüksek miktarda enerji elde edilmektedir [1]. İki biçimde de kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere akar, elektrik üretimi için pervaneye benzer kollara sahip türbinlerin dönmesini kolaylaştırır. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür [27].

Büyük ölçekte hidrolik enerji üreten santrallerin kurulumdaki ilk aşaması maliyetli olmaktadır, fakat buna rağmen yakıt ihtiyacına ihtiyaç duymamasından dolayı işletim aşamasına geçilmesiyle birlikte kısa zamanda maliyetini telafi edebilmekte ve ucuz enerji sağlayarak ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır [28].

3.3.1. Dünyada Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik, dünyadaki en ucuz ve geniş yenilenebilir elektrik kaynağıdır. Bununla birlikte, hidrogücün çevresel etkilere sahip olduğu söylenebilir. Dünyada Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Kanada, Brezilya önde gelen hidroelektrik üreticileridir. Ayrıca büyük ölçekli hidro projelere Çin, Hindistan, Malezya, Vietnam, Brezilya ve Azerbaycan gibi birçok gelişen ülkede bulunmaktadır [29].

Hidroelektrik üretimi, 2014 yılında bölgeler bazında şu şekilde sıralanmıştır: 2014 yılında Kuzey Amerika 153,3 milyon ton, Güney Amerika 155,4 milyon ton, Avrupa 195,7 milyon ton, Orta Doğu 5,2 milyon ton, Afrika 27,5 milyon ton ve Asya ülkeleri ise 341,6 milyon ton üretim yapmıştır. Bölgesel olarak en fazla üretimi Asya ülkeleri gerçekleştirirken, en az üretimi Orta Doğu ülkeleri gerçekleştirmiştir. OECD ülkeleri 315,7 ile hidroelektrik enerji üretiminde önemli bir paya sahip olmuşlardır. 2013 yılına kıyasla % 1,5'lik azalma meydana gelmiştir. OECD ülkelerinin toplam üretimdeki payları ise % 35,9'dur. Ülke bazında bakıldığında 2014 yılında en fazla üretimi 240,8 milyon ton ile Çin yapmıştır. Çin 2013 yılına kıyasla % 15,7' lik artış sağlamıştır [3]. Şekil 3.7'de bölgelere göre hidroelektrik tüketimi gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Bölgelere göre hidroelektrik tüketimi ve milyon ton petrol eşdeğeri [30].

Şekil 3.7'de grafikte renklere göre aşağıdan yukarı doğru Kuzey Amerika, Güney Amerika, Avrupa, Orta Doğu, Afrika ve Asya bölgeleri yer almaktadır. Bölgelere göre hesaplanan hidroelektrik tüketimine bakıldığında en fazla tüketimin Asya bölgesinde, en az tüketimin ise Kuzey Amerika'da olduğu görülmektedir.

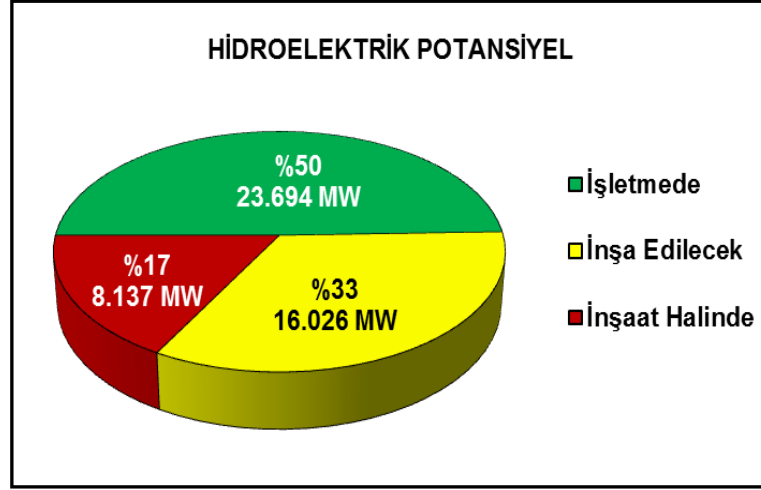
Küresel hidroelektrik üretimi ortalama % 2'nin altında büyümüştür. Asya Pasifik bölgesindeki hidroelektrik üretimindeki büyüme, Batı Yarımküre, Avrupa ve Avrasya'da kuraklıktan kaynaklanan hidroelektrik üretimindeki düşüşleri dengelemiştir. Çin'deki % 15,7'lik hidroelektrik çıkışı rekor bir ikinci büyük artış olarak büyüyerek ve tüm global üretim artışından sorumlu olmuştur. Kuraklık koşulları % 32 oranında ve % 5,5 oranında Türkiye'de ve Brezilya'da azalmıştır. Veriler başlıca brüt hidroelektrik üretimine dayalı, fakat sınır ötesi elektrik alımı

hesaplarına dayalı değildir. Hidroelektrik üretiminin birincil enerji değeri, bir termik santralin elektriğini aynı hacimde üretmek için gerekli olan fosil yakıtın eşdeğer miktarda hesaplanmasıyla % 38'lik (OECD termal enerji üretimi için ortalama) dönüşüm verimliliği varsayılarak türetilmiştir [31].

3.3.2. Türkiye'de Hidroelektrik Enerji

DSİ Genel Müdürlüğü HES Daire Başkanlığı'nın Haziran 2013 tarihindeki verilerine göre bu tarihe kadar hazırlanarak ekonomik olduğu için DSİ'ye başvuru olan 47.524 MW Kurulu gücünde 1598 adet projeden yılda ortalama 165.000 GWh enerji üretimi yapılabileceği öngörülmüştür. Bu rakam Türkiye ekonomik potansiyelinin günümüz şartlarında yükseldiğinin bir göstergesidir. Ancak bu potansiyel içerisinde bazı projeler ekonomik olsa bile çevresel ve sosyal nedenlerden dolayı gerçekleştirilmesi mümkün olmayabilecektir [14].

Türkiye'nin teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin % 1,5'i, Avrupa potansiyelinin ise % 17,6'sıdır. Ülkemiz bu potansiyeli ile Avrupa ülkeleri içerisinde Rusya'dan sonra en büyük potansiyele sahip ikinci ülke konumunda olmasına rağmen bu potansiyelinin gelişim oranı açısından iyi bir konumda değildir. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre (IEA) 2020'de dünya enerji tüketimi içerisinde hidroelektrik ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının payının bugüne göre % 53 oranında artacağı öngörülmüş olup, bu her güçteki hidroelektrik potansiyelin değerlendirilmesi olarak yorumlanmaktadır [30]. Şekil 3.8'de Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli [30].

Şekil 3.8'de hidroelektrik potansiyelin en fazla olduğu alanın 23,694 MW ile işletmelerde olduğu görülmektedir. İnşa edilecek alanlar 16,026 MW potansiyele sahipken; inşaat halindeki alanların 8,137 MW ile son sırada yer aldığı görülmektedir.

Ayrıca Türkiye hidroelektrik alanında 2014 yılında 9.1 milyon ton üretim yapmıştır. 2013 yılındaki toplam üretim ise 13.4 milyon tondur. 2008 yılından bu yana artış gösteren üretim seyri, 2013 yılında azalarak devam etmiştir ve % 32'lik azalma meydana gelmiştir. Son üretim rakamlarına göre Türkiye'nin üretiminin dünyanın toplam üretim payında % 1 oranına sahip olduğu görülmektedir [3].

3.4. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal kaynaklar yer kabuğunun farklı derinliklerinde yüzeyden sızarak birikmiş suların, dünyanın derinliklerinde bulunan magma tabakasından aldığı ısı ile enerji kazanan sıvılar ya da buharlardır. Bu kaynakların, normal sulardan farklı olarak yapısında çeşitli mineraller, tuz ve gazlar vardır ve genellikle 20 °C'nin üzerindedirler [28].

Enerji kaynağı olarak jeotermal enerji kendini ispatlamıştır ve elektrik üretmede ticari olarak 1913'ten bu yana kullanılmaktadır. Jeotermal enerji temiz, ucuz ve yenilenebilirdir ve alan ısıtma ve sıcak su temininde, CO₂ ve kuru buz üretim

sürecinde, ısı pompalarında, endüstriyel proseslerde ve elektrik üretmede, vb. sistemlerde yararlanılabilir [29].

3.4.1. Dünyada Jeotermal Enerji

Dünya toplam enerji sektörünün küçük bir kısmı jeotermal kaynaklardan karşılamaktadır. Buna rağmen bazı ülkelerde önemli ölçeklerde paya sahip olduğu da bilinmektedir. Filipinler'de jeotermal santrallerden elde edilen enerji ülkenin toplam ihtiyacının % 17'sini meydana getirmektedir [28].

Jeotermal kapasite 2014'te 12,6 GW'a ulaşarak % 5,7'ye (677 MW'a) yükselmiştir. Kapasitesine en büyük eklemeler Kenya'da (338 MW) ve Türkiye'de (141 MW) olmuştur. ABD, en büyük jeotermal kapasiteye sahiptir, şu an ise 3,5 GW'nin üzerine çıkmıştır (bu değer dünya toplamının % 28'ini oluşturmaktadır). Filipinler'de (1,9 GW), Endonezya'da (1,4 GW) ve Yeni Zelanda'da (1.0 GW) olarak meydana gelmiştir.

Jeotermal enerji üretimi 2014'te % 6,4'e yükselmiştir. Genel küresel enerji üretiminin jeotermal payı çok küçük kalır (% 3), fakat bazı ülkelerde bu önemli rol oynar örneğin Kenya (güç % 32), İzlanda (% 30), El Salvador (% 25) ve Yeni Zelanda (% 17). Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2013 yılı Ağustos ayı itibari ile 11,766 MW'dır [23].

3.4.2. Türkiye'de Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, bugün dünyanın pek çok yerinde tercih edilen temiz bir kaynaktır. Ülkemizde de faydalanılan önemli bir enerji çeşididir. Jeotermal enerji potansiyeli bakımından dünyanın zengin ülkeleri arasında yer alan Türkiye'de 1000 civarlarında sıcak ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynakların % 95'i ısıtma ve kaplıca uygulamaları için elverişli iken elektrik üretimi için yüksek sıcaklığa sahip olduğu rezerv sayısı oldukça sınırlıdır [28].

Türkiye, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer alması sebebiyle oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip olan bir ülkedir. Türkiye'nin jeotermal ısı kapasitesi teorik olarak 31.500 MW'tır. Türkiye'de potansiyel oluşturan alanların % 79'u Batı Anadolu'da, % 8,5'i Orta Anadolu'da, % 7,5'i Marmara Bölgesinde, % 4,5'i Doğu Anadolu'da ve % 0,5'i diğer bölgelerde yer almaktadır [1]. Şekil 3.9'da Türkiye'de nanotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal alanlar gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Türkiye'de nanotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal alanlar [27].

Yaklaşık 1000 civarında doğal çıkış halinde sıcak su ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Bu zenginlik kısaca bilimsel olarak potansiyel, açığa çıkarılan kısmı ise kapasite olarak ifade edilebilir. Ülkemizin jeotermal ısı potansiyeli yaklaşık 31.500 MW termal olarak kabul edilmektedir.

2005 yılından itibaren Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı desteğiyle, mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranması çalışmalarına ağırlık verilmesi nedeniyle, 2004 sonu itibari ile 3100 MW olan kullanılabilir ısı kapasitesi, 2015 yılı Aralık sonu itibari ile ilave 190.000 metre sondajlı arama tamamlanarak, ilave 1900 MW ısı enerjisi artışı sağlanmıştır [23].

Türkiye'de bilinen binin üzerinde jeotermal enerji kaynağı vardır ve bu kaynaklar jeolojik yapıdan dolayı Batı Anadolu'da yoğunlaşmaktadır. Bu bölgeleri sırası ile Marmara, İç Anadolu, Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri

izlemektedir. Jeotermal enerji açısından Avrupa'da birinci, dünyada yedinci sırada olan Türkiye'de kaynakların doğru kullanılması enerji ithalatını ve petrole olan bağımlılığı azaltmaktadır [6].

3.5. DİĞER ENERJİ KAYNAKLARI

Deniz kökenli yenilenebilir enerji kaynakları; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyant enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve gelgit enerjisidir [29]. Günümüz şartları itibarıyla ticari anlamda henüz yararlanılamayan; ancak teknolojik olarak belirli bir seviyeye ulaşılmış olan diğer yenilenebilir enerji kaynakları deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve med-cezir enerjisi olarak adlandırılmaktadır. Ülkemiz için üzerinde durulabilecek enerji grubu ise özellikle deniz dalga enerjisi olmuştur. Deniz dalga enerjisinin temelinde yine rüzgâr enerjisi vardır [32].

3.5.1. Dalga Enerjisi

Denizdeki dalgalar doğar, büyür ve yok olurlar. Dalgaların ortaya çıkardığı potansiyel enerjiyi kullanmak, düşünen ve düşündüğünü uygulayabilen insanoğlu için yeni bir enerji kaynağı olmuştur [33].

Dalga enerjisi, doğrudan dalga yüzeyinden veya yüzey altındaki dalga basınçlarından elde edilmektedir. Dalgalar deniz veya okyanusların yüzeyinde esen rüzgârlar tarafından üretilmektedir. Dünyanın birçok yerinde rüzgâr sürekli dalgalar oluşturacak kadar düzenli ve devamlı bir süreçte esmektedir. Deniz ve okyanus dalgalarında çok fazla enerji vardır. Dalga enerjisi makineleri dalgaların yüzey hareketlerinden veya dalga basınçlarından direk olarak enerji üretmektedir [1].

3.5.2. Gelgit Enerjisi

Gelgit enerjisi; Ay ve Güneş'in hareketleri sonucunda oluşan suların yükselmesi ve alçalmasına bağlı olarak elde edilen enerjidir [1]. Gelgit enerji kaynaklarının ve zamanlamasının yüksek tahmin edilebilirliğine rağmen, yapım aşamasının uzun

olması, maliyetinin yüksek olması ve yükleme faktörlerinin düşük olması, yakın bir gelecekte gelgit teknolojilerindeki önemli fiyat düşmesi ihtimalini de geçersiz kılmaktadır [34].



BÖLÜM 4

BİYOKÜTLE ENERJİSİ

4.1. BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN TANIMI

Biyokütle enerjisi yenilenebilir, her yerde yetiştirilebilen, sosyal ve ekonomik gelişmelere olanak sağlayan, açığa çıkan enerjiyle elektrik üretilebilen, çevre dostu ve taşıtlar için yakıt elde edilebilen stratejik özellikleri olan bir enerji kaynağıdır [35]. Biyokütle, insan ve doğa etkinlikleri tarafından üretilen tüm organik maddelerin türetilmiş bol ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır [36].

Biyokütle enerjisi, hayvan ve bitki atıklarının doğrudan işleme koyulmasıyla elde edilen enerji kaynağı olarak dünyada yaygın şekilde kullanılmaktadır ve dünya ekonomisine de önemli katkılar sağlamaktadır [37]. Biyokütle enerjisi, içinde sayılan, biyoyakıtlar, canlı organizmalardan elde edilmiş her türlü yakıt olarak tanımlanmaktadır [38]. Biyokütle enerjisi çevresel kirliliğe sebep olmayan sürdürülebilir kalkınma olduğu sürece faydalanılacak enerji kaynakları arasında yer almaktadır.

Biyokütle, kentsel çöpler, endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar, odun, ormancılık atıkları, etanol, biyodizel vb. ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan katı, sıvı ve gaz gibi yakıtların tamamını içermektedir. Bunlardan elde edilen her türlü enerjiye de biyoenerji adı verilmektedir. Biyokütle; bitkiler, ağaçlar ve tarım bitkilerinin oluşturduğu bütün organik maddeleri tanımlayan bir terim olarak esasen fotosentez ile güneş enerjisinin toplandığı ve depolandığı ortamlardır [14].

4.2. BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI

Küresel ölçekte biyokütle; tuğla ve kiremit yapımı, gıda işleme süreçlerinde, dokuma endüstrisinde, metal işleme alanında, lokantalar ve benzeri birçok kuruluştta, sanayide ve evlerde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Klasik biyokütle enerjisi, diğer enerji kaynaklarının yetmediği yerlerde, ilkelden gelişmişe kadar kullanılabilen doğrudan yakma teknikleriyle elde edilen enerji türüdür. Bu tip biyoküteller genellikle ısıtma ve pişirme amacıyla kullanılmaktadır. Modern biyokütle kaynakları ise, ağaç ve orman endüstrisi atıkları, enerji ormancılığı, hayvansal atıklar ve kentsel atıklardır. Ayrıca pazar işlemleri ile karakterize edilmekte, ulaştırma, sanayi ve ticaret sektöründe kullanılmaktadırlar [29].

Biyokütleden enerji elde edilmesinin yanında; yalıtım maddesi yapımı, kâğıt, mobilya gibi birçok alanda ve sanayide faydalanılmaktadır. Enerji olarak kullanılmasında ise, katı, sıvı ve gaz yakıtlar elde etmek amacıyla çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Biyokütleden biyoetanol, biyogaz, biyodizel gibi üretilen yakıtların yanı sıra, yine biyokütleden elde edilen, gübre, hidrojen, metan ve odun briketi gibi daha birçok yakıt türü saymak olanaklıdır [39]. Çalışmada en çok kullanılan yakıtlar olan biyogaz, biyodizel ve biyoetanol hakkında ayrıntılı bilgiler aşağıda verilmiştir.

Hayvansal ve bitkisel atıkların oksijensiz ortamda ayrışması sonucu ortaya çıkan bir gaz karışım olan biyogazın bileşiminde % 60-70 metan (CH_4), % 30-40 karbondioksit (CO_2), % 0-2 hidrojen sülfür (H_2S) ile çok az miktarda azot (N_2) ve hidrojen (H_2) bulunmaktadır [32]. Bitki ve hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda fermentasyonu neticesinde oluşan renksiz ve yanıcı bir gaz karışımı olan biyogaz, ısı değeri bileşimindeki metan oranına bağlı olarak ısınma, aydınlatma ve su ısıtılması gibi amaçlarla, geleneksel enerji kaynaklarına seçenek olabilecek bir enerji kaynağıdır [38].

Biyogaz, çok yönlü bir enerji kaynağı olarak doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanıldığı gibi, elektrik enerjisine ve mekanik enerjiye çevrilerek de kullanılmaktadır.

Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlar olarak kullanılmaktadır. Yağlar, yağ asitlerinin gliserin ile meydana getirdiği esterler ve trigliseritlerdir. Doymuş veya doymamış yağ asitleri trigliseritlerin hidrolizinden elde edilerek metanol ya da etanol ile transesterifikasyon işlemine tabi tutulur. Bu işlemler sonucu oluşan yağ asidi metil-etil esterleri doymuş ya da doymamış hidrokarbon zinciri içermektedir. Bu hidrokarbon zinciri, kimyasal enerjinin çoğunu depolamaktadır. Bu amaçla kullanılan yağlar; ayçiçeği yağı, hurma yağı, soya yağı, kanola yağı, fındık yağı ve hayvansal yağlar gibi yağlardır. Mutfakta biriken atık yağların biyodizel olarak değerlendirilmesi mümkündür. Ayrıca yosunlar da biyodizel için kullanılmaktadır. Biyodizel, kendi başına yakıt olarak kullanılabilmesi gibi dizel yakıtlarla birlikte de kullanılarak enerji üretilebilir [40].

Biyometanol, hammaddesi şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen ve benzinle belirli oranlarda harmanlanarak kullanılan alternatif bir yakıttır. Nişasta ilk önce şekere dönüştürülür, ardından şekerin doğrudan fermente edilmesi ile elde edilir. Biyometanol renksiz, berrak ve tipik bir kokuya sahip bir sıvıdır [41]. Ulaştırma sektöründe benzin ile karıştırılarak, küçük ev aletlerinde, kimyasal ürün sektöründe kullanılan biyometanol, yakıtın oksijen seviyesini arttırarak, yakıtın daha verimli yanmasını sağlar, egzoz çıkışındaki zararlı gazları azaltır, kanserojen maddelerin çevreci alternatifidir, egzoz emisyonlarını azaltır. 3 milyon tonu benzin tüketimi olmak üzere toplam 22 milyon ton akaryakıt tüketimi olan ülkemizde 160 bin ton biyometanol kurulu kapasitesi bulunmaktadır [23].

4.3. BİYOKÜTLE ENERJİNİN OLUMLU VE OLUMSUZ YÖNLERİ

Yüzyıllardır kullanılmakta olan biyokütle enerji kaynağı ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan olumlu ve olumsuz yönleri söz konusudur. Biyokütle enerjisi kullanımını sırasında karbondioksit açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu karbondioksit

bitkiler tarafından emilmekte ve fotosentez sürecinden geçmektedir. Bu döngü sonucunda çevreye salınan karbondioksit miktarı fosil yakıtlara göre % 90 daha azdır. Bu bakımdan biyokütle enerjisinin daha çevre dostu bir enerji kaynağı olduğu söylenebilir [42].

Biyokütle enerjisini üreten tesisler, kuruldukları bölgelerin gelir-istihdam seviyesinin artmasına ve göçün azalmasına yardımcı olurlar. Petrol, kömür, doğal gaz gibi tükenmekte olan enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ayrıca bunların çevre kirliliği oluşturması nedeni ile biyokütle kullanımı enerji sorununu çözmek için giderek önem arz etmektedir. Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde bulunabilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [2].

Biyokütle enerjisinin ekonomik kalkınma açısından önemli olan avantajlarının yanı sıra bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar; biyokütle atıkları geniş bir alana yayılmış olduğundan değerlendirme merkezlerine taşınması için ek bir masraf gerektirmesi, biyokütlenin düşük çevrim verimine sahip olması, tarım alanları için rekabet oluşturması ve su içeriğinin fazla olması, enerji bitkilerinin dekarda yaş 20 ton, kuru 40 ton olarak üretilebilmesi, verimsiz topraklarda bu rakamların düşmesidir [43].

Biyokütle enerjisinin avantaj ve dezavantajları arasında denge sağlamak ve dezavantajlarını azaltmak, biyokütle enerjisinin yerel ekonomik kalkınma üzerindeki olumlu etkilerinin artmasına katkı sağlayacaktır. Bunun için etkin ve sürdürülebilir enerji politikalarının uygulanması gerekmektedir.

4.4. BİYOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARI

Biyoküteller; odun ve odun atıkları, kentsel katı atıklar, zirai mahsül ve atık yan ürünleri, gıda işleme proseslerinin atıkları, hayvan atıkları suda yaşayan bitkiler ve algleri kapsayan enerji kaynaklarıdır. Birçok biyokütle selüloz, hemiselüloz, lignin ve önemli oranda diğer organiklerden oluşur. Biyokütle genelde tükenen fosil

yakıtların yerine kullanılabilen yenilenebilir enerji için potansiyel bir kaynak olarak kabul edilmektedir [29].

Biyokütle enerjisi, biyokütlenin değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerden geçirilmesi ile elde edilen bir enerji türüdür. Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) hepsi birer kaynaktır [2].

Ayrıca ahşap ve ahşap atıkları, endüstriyel veya tarımsal atıklar ve onların yan atıkları olarak katı atık, hayvan atıkları veya özel enerji bitkileri de dahil olmak üzere biyokütle kaynakları (örneğin, hızlı büyüyen ağaçlar, çalılar ve otlar) mevcuttur. Giderek artan öneme sahip olan ana biyokütle yakıtları dünyanın birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 15'ini ve gelişmekte olan ülkelerde birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 38'ini kapsayarak dünyanın dördüncü büyük enerji kaynağı olmuştur [37].

World Energy Council (WEC)'e göre, 2012 yılı itibariyle toplam yenilenebilir enerji kaynaklarının % 77'si biyokütle kaynaklarından oluşmaktadır. Biyokütle kaynaklarının içerisinde orman ve orman ürünleri % 87, tarımsal kaynaklar % 9 ve şehir ve endüstri atıkları ise % 4 paya sahiptir. Genel olarak biyokütle enerji kaynakları bitkisel, hayvansal ve şehir-endüstri atıkları olarak 4 başlık altında toplanabilir.

4.4.1. Bitkisel Biyokütle Enerji Kaynakları

Biyokütle enerjisi üretimi için kullanılan bitkisel kaynaklar çok geniş bir alan içindedir. Bitkisel kaynaklar; orman ürünleri, çok hızlı bir şekilde büyüyen bazı ağaç türleri, suda yetişen yosun benzeri otlar, algler ve enerji bitkilerini içine almaktadır. Enerji bitkileri (C₄) panikum, pensitum, şeker pancarı, tatlı darı, tatlı sorgum, şeker kamışı, mısır gibi bitkilerdir. Bitkisel kaynaklı biyokütleden etil alkol ve metil alkol elde edilmektedir. Enerji bitkileri diğer bitkilere göre CO₂'yi daha iyi emmekte ve suyu daha iyi kullanmakta, kuraklığa karşı daha dayanıklı olmaktadır. Şekerli

karbonatlardan (şeker kamışı, melas ve sorgum), nişastalardan (mısır ve patates) ve selülozlu bitkilerden (odun ve zirai artıklar) etanol elde edilmektedir [43].

Türkiye ormanlarında her yıl odun üretimi sonrası ortaya çıkan yaklaşık 7 milyon m³ kadar ağaç atıklarının ve tarım arazilerinde üretim sonrası oluşan 50-60 milyon ton bitki sapı ve atıklarının kurulacak biyokütle santrallerinde yakılarak elektrik ve ısı enerjisi üretiminde değerlendirilmesi ile ülkemizde biyokütle ve atıklarından enerji üreten ülkeler gibi biyoenerjiden yararlanmayı gerçekleştirecektir. Bu nedenle en kısa zamanda ülke çapında modern enerji ormanları ve biyokütle santrallerinin kurulması ile ülkemiz enerji açığının azaltılmasında büyük destek sağlanacaktır [22].

4.4.2. Hayvansal Biyokütle Enerji Kaynakları

Hayvansal gübrenin enerji eldesi amacıyla kullanımı söz konusudur. Hayvansal gübrenin geleneksel yöntemlerle değerlendirilmesinde, samanla karıştırılıp kurutulması suretiyle elde edilen tezeğin köylerde yakıt olarak kullanımı oldukça yaygındır. Hayvansal gübrenin oksijensiz ortamda fermantasyonu ile üretilen biyogazın dünyada kullanımı da oldukça yaygındır. Biyogazın ısı değeri, karışımdaki metan yüzdesine bağlı olarak 1900 ile 27500 kJ/m³ arasında değişmektedir [43].

Hayvansal atık ortalamaları; büyükbaş hayvanlar için, 10-20 kg/gün (yaş) gübre ya da canlı ağırlığın % 5-6'sı, küçükbaş hayvanlar için 2 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 4-5'i ve kümes hayvanları için 0,08-0,1 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 3-4'ü şeklindedir. Buna göre, 1 adet büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanından elde edilecek yıllık yaş atık/gübre miktarı sırasıyla; 3,6-0,7 ve 0,022 tondur. Söz konusu atık miktarlarına göre, 1 ton büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı atığından elde edilecek yıllık biyogaz miktarları sırasıyla; 33, 58 ve 78 m³tür [44].

4.4.3. Şehir Ve Endüstriye Bağlı Biyokütle Enerji Kaynakları

Belediye atıkları olarak da adlandırılan şehir ve endüstri atıkları; her türlü evsel organik atıkları ve sanayide fabrikasyona uğramış organik atıkları kapsamaktadır. Bu

atıkların elde edilmesi kolaydır ve neredeyse sınırsız arza sahiplerdir. Geçmişte büyük oranda ihmal edilen bu atıklar büyük miktarlara ulaşabilmekte ve önemli çevresel problemlere yol açabilmektedir. Bu atıklardan biyokütle enerjisi üretimi sayesinde hem çevresel sorunlar giderilebilmekte hem de ekonomik faydalar elde edilebilmektedir [44].

Çöp depolama alanlarındaki katı, evsel ve endüstriyel atıklar, evsel atık su arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurları, aerobik organizmalarla metan gazına çevrilerek değerlendirilmektedir. Elde edilen biyogazın doğal gaz dağıtım sisteminde kullanılması, gaz temizleme işleminin pahalı olması sebebiyle fazla uygulanmamaktadır. Depolama alanından oluşan 1 m³ gazın ısı değeri ise yine çöpün bileşenlerine bağlı olarak 18- 27 MJ/m³ arasında değişmektedir [43].

4.5. BİYOKÜTLE TEKNOLOJİSİ

Biyokütleden enerji elde etmek için termik ve biyolojik olmak üzere iki sistem kullanılmaktadır. Termik sistemlerde, katı veya sıvılar ya doğrudan yakılmaktadır ya da bunlardan piroliz veya gazlaştırma suretiyle elde edilen gazlar yakılmaktadır. Biyolojik sistemler ise, fermantasyon gibi, havasız ortamlarda çözülme gibi metotlarla katı biyokütlelerin ayrıştırılmasıyla sıvı ya da gaz yakıtlarının üretilmesidir. Biyokütle teknolojisi termik sistemler ve biyolojik sistemler olarak 2 grupta incelenmektedir.

4.5.1. Termik Sistemler

Biyokütle enerjisi yeni yöntemler geliştirilene kadar ısı enerjisi elde etmekte kullanılmıştır. Yeni yöntemlerle birlikte biyokütleden elektrik enerjisi elde etmek mümkün hale gelmiştir. Bu yöntemlerden başlıcaları şunlardır:

4.5.1.1. Doğrudan Yakma

Biyokütlelerin doğrudan yakılarak enerji üretilmesi, bilinen en eski metot olmasına karşın, son yıllarda yüksek verim elde etmek için yeni yakma sistemleri

geliştirilmektedir. Her türlü biyokütle kaynağını yakmak mümkündür. Fakat nem oranı yükseldikçe, elde edilen ısıl değerde azalmaktadır [45]. Özellikle biyokütle ile kömürün bir arada kullanıldığı termik santrallerde, % 45'in üzerindeki verimlilik oranıyla elektrik üretiminde ticari seviyelere ulaşmıştır [42].

Doğrudan yakma işleminin ana bileşenlerini, yüksek ısıda ve basınçta buhar üreten buhar kazanı ve bu buharı elektrik üretme sürecinde kullanan türbinler oluşturmaktadır. Doğrudan yakma teknolojileri, elektrik ve ısı üretimini aynı anda yapabildikleri için kojenerasyon sistemi ile çalışma seçeneğine de sahiptir [45].

4.5.1.2. Gazlaştırma

Gazlaştırma, çok az veya hiç oksijenin bulunmadığı ortamlarda biyokütlenin, düşük enerjili bir gaz oluşturmak amacıyla ısıtılıp, termokimyasal bir işlemde geçirilmesidir [45]. Üretilen gaz karbonmonoksit, karbondioksit, hidrojen, metan, su ve azotun yanısıra kömür parçacıkları, kül ve katran gibi artıkları da içermektedir. Üretilen gaz temizlendikten sonra kazanlarda, motorlarda, türbinlerde ısı ve güç üretmek üzere kullanılmaktadır [43].

4.5.1.3. Piroliz

Piroliz, biyokütlenin oksijensiz bir ortamda 900 °C'ye kadar ısıtılması sonucunda ayrıştırılmasıyla buharlaştırılması sürecidir [42]. Biyokütle biyolojik (fermantasyon ve anaerobik) ya da termokimyasal (gazlaştırma, sıvılaştırma) yoldan akaryakıt ürünleri dönüştürülebilir. Bu dönüştürme işlemleri arasında, piroliz biyokütle değerli biyolojik yağlar, char ve gaz halindeki ürünlere dönüştürülebilen bir etkili bir teknoloji olarak kabul edilir. Özellikle, piroliz biyoyağlar nedeniyle kullanımı, depolanması ve taşınmasında yüksek enerji yoğunluğu ve kolaylık açısından oldukça cazip konumdadır [46].

Oksijensiz ortamda 500–600 °C'ye kadar yapılan ısıtmada; gaz bileşenleri, uçucu yoğunlaşabilir maddeler, mangal kömürü ve kül açığa çıkabilmektedir. Yüksek sıcaklıkta ise gaz bileşenleri ile odun gazı açığa çıkmaktadır [43].

Biyokütle, istenen enerji tipine bağılı olarak, bir çok termokimyasal süreçlerle enerji çeşitli şekillerde dönüştürülebilir. Termokimyasal işlemler arasında, piroliz yakıt ya da kimyasal besleme stok maddesi olarak kullanılabilir biyoyağ temin edilmesi için gelecek vaat eden bir araçtır. Piroliz biyokütle enerji kullanımı için çeşitli sistemler arasında çok eski bir enerji teknolojisidir. Piroliz işlemi iki sınıfa ayrılabilir. Geleneksel piroliz yıllardır metanol ve asetik asit gibi kömür (esas olarak) ve kimyasal madde üretmek için bilinen bir teknolojidir. Hızlı pirolizin temel amacı bir sıvı içerisinde biyokütlenin dönüştürülmesidir. Uygulamada, biyokütle (kuru bazda) yaklaşık % 40-75 oranında pirolitik bir yağa dönüştürülür. Biyokütle yaklaşık % 10-20 oranında dönüştürülür. Hızlı piroliz; kolayca depolanabilir, nakledilebilir ve ısı, güç ve kimyasal maddelerin üretimi için işlenebilir bir sıvı, biyokütle dönüştürme esnek ve çekici bir yol sunmaktadır [47].

4.5.2. Biyolojik Sistemler

Biyolojik sistemler biyokütleyi; havasız ortamda sindirim, fermantasyon, biyofotoliz ve karbonlaştırma gibi 4 farklı işlemle ayrıştırır. Bu işlemler sırasıyla aşağıda incelenmektedir.

4.5.2.1. Havasız Ortamda Sindirim

Oksijensiz ortamda bakteriler aracılığıyla artıkların sindirilmesi ve ayrışması şeklinde olmaktadır. Bu sayede % 65 metan % 35 karbondioksit açığa çıkmaktadır. Saflaştırılmış biyogaz ısıtma ve elektrik üretme amacıyla kullanılabilir [45]. Bu yöntemin sonucunda, temel olarak metan gazı ve karbondioksitten meydana gelen biyogaz elde edilmektedir. Ortaya çıkan biyogaz ısı ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmakta, aynı zamanda doğalgaz ile birleştirilerek taşıtlarda yakıt olarak değerlendirilmektedir [42].

4.5.2.2. Fermantasyon (Mayalanma)

Biyokütlenin içindeki nişasta ve selülozun biyoetanole dönüşüm işlemidir [42]. Alkol mayalanması ve metan mayalanması şeklinde ele alınmaktadır. Alkol

mayalanması, şeker kullanılarak gerçekleştirilen çok eski bir yöntemdir. Selüloz ve nişastayla da sağlanması mümkündür. Metan mayalanması ise, biyokütlenin metan bakterilerince havasız ortamda sindirilmesi olayıdır. Özellikle tarım ve hayvancılığın yoğun olduğu ülkelerde, kırsal kesimlerde sıkça görülmektedir [45].

4.5.2.3. Biyofotoliz

Biyofotoliz, bazı mikroskobik alglerden güneş enerjisi yardımıyla hidrojen ve oksijen elde edilmesi işlemidir. Deniz suyu içindeki bu algler bir tür güneş pili gibi çalışarak deniz suyunu fotosentetik olarak ayrıştırmaktadır. Önümüzdeki yirmi yıl içinde hidrojen enerjisi teknolojisini kullanmayı planlayan Japonya'da bu konu üzerine yoğun araştırmalar yapılmaktadır [48]. Biyokütlenin termal olarak parçalanmasında ise üç farklı işlem uygulanır. Bu işlemler karbonlaştırma, gazlaştırma ve pirolizdir. Bu üç proses aşağıda belirtildiği gibidir.

4.5.2.4. Karbonlaştırma

Karbonlaştırma, odun ve maden kömürü gibi organik maddelerin havasız ortamda kimyasal parçalanmaya uğramasıdır. Karbonlaştırma işlemi sonucu açığa çıkan gaz bileşenleri ile yaklaşık olarak % 50 CO₂, % 35 CO, % 10 CH₄ ve % 5 diğer hidrokarbonlar ve H₂'dir. Odunun karbonlaştırılmasındaki sıvı ürünler ise sulu kısım ve katrandır. Gaz karışımının yaklaşık kalori değeri 8,9 MJ/m³'tür [48].

Bitkilerin fotosentezi sırasında kimyasal olarak özellikle selüloz hammaddesi şeklinde depo edilen ve daha sonra çeşitli şekillerde kullanılabilen enerjinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin biyokütle biçimindeki depolanmış enerjiye dönüşümü, insan yaşamı için gerekli bir olaydır. Fotosentez yapılarak enerji kaynağı olan organik maddeler sentezlenirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijen de atmosfere gönderilir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilirken çevre, karbondioksit salınımı açısından korunmuş olacaktır [5].

4.6. DÜNYADA BİYOKÜTLE SEKTÖRÜ

Yenilenebilir enerji teknolojileri içinde biyoenerji piyasasının en fazla istihdam potansiyeli taşıyan piyasalardan biri olduğu tahmin edilmektedir. 2010 yılında doğrudan ve dolaylı olarak 1,4 milyon kişiye iş imkânı sağlayan biyoenerji piyasasında Brezilya, ABD ve Avrupa birliği bölgesi istihdam bakımından zirvede yer almaktadır. Özellikle Brezilya'da düşük işgücü verimliliğinden dolayı şeker kamışı endüstrisi, tek başına en fazla işçi çalıştıran sektör konumundadır. 2011 verilerine göre biyoetanol sektöründe doğrudan 580 bin kişinin istihdam edildiği Brezilya'da 365 bini şeker kamışı bölümünde yer almaktadır. Elektrik üretimi piyasasında Amerika 2013 yılında 0,8 GW ilave kapasiteyle birlikte toplam 15,8 GW Kurulu güce ulaşarak zirvede yer almaktadır. Akabinde biyoenerji kurulu gücü 11,4 GW olan Brezilya'da, şeker kamışı elektrik üretiminin % 7'sine karşılık gelmektedir. Almanya'da biyoenerji kurulu gücü 8 GW iken, biyoenerji üretimi Almanya'nın toplam elektrik üretiminin % 8'ini oluşturmaktadır. İsveç'te ise genel elektrik üretiminin % 10'unu biyokütller sağlamaktadır ve bunların çoğunluğu katı biyokütllerdir [30].

Biyokütlenin ve biyokütle ile elde edilen biyoyakıtların öneminin artması dünya ülkeleri tarafından dikkatli bir şekilde değerlendirilmekte ve bu konuda çeşitli yatırımlar yapılmaktadır. ABD'de biyoetanol sektöründe yapılan yatırım 2010 yılında 53,6 milyar dolarlık bir katma değer yaratmıştır. Ayrıca 70.400'ü doğrudan olmak üzere toplamda 400.677 kişiye istihdam oluşturulmuştur. Petrol ithalatında 445 milyon varil azalma ve 34 milyar dolar tasarruf elde edilmiştir. Avrupa Birliği'nde ise 2020 yılında enerji tüketiminin % 20'sini yenilenebilir enerjiden karşılanacağı ve her bir üye ülkenin ulaştırma sektöründe % 10 biyoyakıt kullanımı hedefleri oluşturulmuştur. Almanya'da 4078 biyogaz tesisinden 12 milyar kWh elektrik elde edilmektedir. 2020 yılında ülkede tüketilen elektriğin % 20'sinin biyogazdan karşılanması hedeflenmektedir. Bir diğer AB üyesi İsveç'te otomobillerin % 60'ı biyogaz ile çalışmakta olup 2005 yılından bu yana trenlerde de biyogaz kullanılmaktadır. İsveç'te doğalgazın kullanıldığı her alanda biyogaz kullanılmakta olup 2020 yılında doğalgaz kullanımından vazgeçilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca dünyanın en çok yenilenebilir enerji yatırımı yapan ülkesi Çin'de 2010 yılında 530

milyon ton biyokütle kaynağı elde edilmiş ve 2020 yılında 730 milyon ton biyokütle kaynağı elde edilmesi hedeflenmektedir. Çin'de elektrik üretimi yapan 22.570 biyogaz tesisi bulunmaktadır. Yıllık elektrik üretimi 660 GWh'dir. Ülkedeki en büyük biyogaz tesisi günlük 30.000 m³ biyogaz üretmektedir [32]. Dünya ülkelerinde 2011 yılı itibari ile toplam biyoyakıt üretimi Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Biyoyakıt üretimi [31].

Biyoyakıt üretimi (Petrol eşdeğeri bin ton)	2011	2012	2013	2014	2013-2014 Değişim (%)	2014 Toplam Pay
ABD	28518	27270	28462	30056	5,6	42,5
Kanada	851	1001	1037	1143	10,2	1,6
Meksika	12	14	53	53	-	0,1
Avusturya	370	370	354	310	-12,7	0,4
Belçika	641	539	524	550	4,9	0,8
Finlandiya	206	174	47	47	-	0,1
Fransa	1859	2071	2220	2269	2,2	3,2
Almanya	2825	2888	2632	2884	3,0	3,8
İtalya	479	292	432	432	-	0,6
Hollanda	651	1250	1445	1445	-	2,0
Polonya	398	631	674	696	3,3	1,0
Portekiz	293	338	208	246	18,2	0,3
İspanya	809	586	709	938	32,2	1,3
İsveç	315	305	305	305	-	0,4
Birleşik Krallık	251	287	482	482	-	0,7
Diğer Avrupa	1314	1221	1241	1280	3,1	1,8
Toplam Avrupa Asya	10412	10953	11274	11683	3,6	16,5
Toplam Ortadoğu	4	4	4	4	-	*
Toplam Afrika	25	21	21	21	-	*
Avustralya	203	176	183	152	-16,8	0,2
Çin	1673	1931	2016	2083	3,3	2,9
Diğer Asya Pasifik	249	392	541	834	54,3	1,2
Toplam Asya	4450	5361	6286	7538	19,9	10,6
OECD	39952	39376	40967	43034	5,0	60,8
Dünya	60888	61658	65928	70792	7,4	100,0

*: %0.05' den az.

Çizelge 4.1'e göre biyoyakıt üretiminde öne çıkan ülke 2014 yılındaki 30.056 petrol eşdeğeri bin ton eşdeğeri bin ton üretimiyle ABD olmuştur. 2013 ve 2014 yılındaki değişim yüzdesi ise % 5,6'dır. Fransa, Almanya ve Çin, ABD'den sonra en fazla üretim yapan ülkelerin başında gelmektedir. Toplam olarak bakıldığında OECD ülkelerinin toplam biyoyakıt üretimi 2014 yılında 43034 petrol eşdeğeri bin ton olmuştur. 2013 ve 2014 yılları arasındaki değişim yüzdesi ise % 5 olarak görülmektedir. Dünyada biyokütlenin en çok kullanım biçimleri olan biyogaz,

biyodizel, biyodizel ve biyogücün güncel durumu, verilerle aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Biyogaz, Asya'da ısı üretiminin önemli miktarını karşılamaktadır. 2014 yılında, Çin'de yaklaşık yüz bin büyük ölçekli biyogaz tesisi bulunmakta ve 43 milyon konut ölçekli gaz üretmektedir. Çin, bireysel ve çiftlik ölçekli biyogaz tesislerinden önemli miktarda ısı üretmektedir (her gün yaklaşık üretim miktarı 400 GWh). Hindistan'da 2014 yılında 82.730'dan fazla aile biyogaz tesisi kurulmuştur ve toplam getirisi 4.75 milyondur. Güney Kore'de biyogaz üretiminin yaklaşık % 24'ü yıl boyunca ısı üretimi için kullanılmaktadır [49].

Almanya'da 11.000 kişinin istihdam edildiği biyogaz alanında 2020 yılında tüketilen elektriğin % 20'sinin yaklaşık 85 milyar kWh'inin biyogazdan karşılanması hedeflenmektedir. İsveç'te 15 yılı aşkın süredir biyogaz, doğal gazın kullanıldığı her alanda (elektrik, ısı, ulaştırma yakıtı) kullanılmakta ve 2020 yılında doğalgazdan tamamen vazgeçilerek biyogaz kullanımına geçilmesi hedeflenmektedir. 2005 yılından beri trenlerde biyogaz kullanan İsveç'te araçların 2/3'ü biyogaz ile çalışmaktadır. Kanada'nın British Columbia kentinde, 2014 yılında başlatılan bir proje ile belediye ve uygun sanayi atıklarından çöp kamyonlarında yakıt olarak kullanılmak üzere % 100 doğal gaz üretilecektir. Kanada'nın en büyük biyoyakıt projesi olan bu çalışma 2015 yılında uygulamaya başlanmıştır. Hali hazırda sadece Kanada'nın British Columbia kentinde odun pellet üretimi, oduna dayalı elektrik üretimi, biyokütle gazlaştırma ve çöp santralleri bulunmakla birlikte 40'a yakın biyoenerji şirketinin araştırma projeleri, yenilikçi biyoenerji projeleri, hükümet tarafından tahsis edilen programlar, geliştirici faaliyetler ve özel sektör yatırımları eyalet tarafından desteklenmektedir [14].

Biyodizel sektörü incelendiğinde, 2013 yılında biyoetanol üretiminde düşme yaşanmasına rağmen biyodizel üretiminde artış kaydedilmiştir. En büyük üretici ülkeler AB ülkeleri, Amerika, Arjantin ve Brezilya'dır. Biyodizel üretimi 2011 yılında 22,1 milyar lt olarak kayıtlara geçmiştir. Dünyada biyodizel pazarının büyüklüğü 82.7 milyar dolardır. 38 ülkede biyodizel üretimine destek verilmektedir [15].

Asya'da biyodizel üretimi 2014 yılında artmıştır. Endonezya 3,1 milyar litrelik üretimle bölgedeki liderliği elinde bulundurmaktadır. Malezya'nın üretimi önemli ölçüde (% 141) artmıştır. Hindistan'da dizel fiyatlarının serbestleştirilmesi üreticilerin tüketicilere doğrudan satmasına izin verilmesi ve Hint demiryollarında biyodizel harmanlamak için girişimler olmasına rağmen biyodizel üretiminde azalma meydana gelmiştir. Çin'deki biyodizel üretimi % 5 artarak 1,3 milyar litreye yükselmiştir. Yine de, Çin'de kullanılan kapasite beslenme stoklarının büyük ölçüde toplanmasındaki eksiklikten dolayı sadece % 28'dir. 2014 yılı sonunda Çin 50'den fazla biyodizel üretim tesisine (3.5 milyon tondan fazla üretim kapasiteli) sahiptir [49].

Biyometanol sektörü incelendiğinde, 2012 yılında biyometanol üretiminin Amerika ve Brezilya'da düşmesiyle birlikte küresel etanol üretimi 2000 yılından bu yana ilk defa 2012 yılında düşüş göstermiştir. 2013-2014 yılında beklenen mısır ve şekerdeki düşük fiyatlar nedeniyle aynı dönemde Amerika ve Brezilya'da etanol üretiminde büyük artış olması öngörülmektedir. 2022 yılında, dünya etanol üretiminin 2010-2012 dönemine göre % 70 artarak yaklaşık 168 milyar litreye ulaşması beklenmektedir. Pazardaki en büyük oyuncuların ABD, Brezilya ve AB ülkelerinin olması beklenmektedir. ABD ve AB'de biyoyakıt üretim ve kullanımının yaygınlaşması politikalarla desteklenmektedir. Teşvik politikalarıyla 2022 yılında etanol üretiminin 168 milyar litreye, biyodizel üretiminin 41 milyar litreye ulaşması beklenmektedir. Etanol pazarında ABD ve Brezilya ana oyuncular olmakla birlikte AB ülkelerinde küçük üretim artışları görülmektedir. Bununla birlikte biyodizel pazarında ana oyuncu AB ülkeleridir. Bunu ABD, Arjantin ve Brezilya izlemektedir [14].

Biyogüç sektörü incelendiğinde; ABD biyogüç üretiminde ve kapasitesinde liderliği sürdürmesine rağmen yılsonundaki operasyon miktarı 16,1 GW olup 2014 yılında sadece 0,3 GW ilave edilmiştir. Yeni tesisler için sınırlı politika teşviklerinden dolayı büyüme son yıllarda yavaşlamıştır. ABD'de biyogüç öncelikle biyoenerji kojenerasyon tesislerinde yakılan odun ve tarımsal artıklardan elde edilmektedir. 2014 yılında odunsu biyokütle temelli elektrik üretimi 42 TWh değerine ulaşarak % 6 artmış; atık biyokütle temelli üretim ise % 2 düşerek 19,7 TWh olmuştur. 2014

yılında Çin'in biyogüç kapasitesi 1,5 GWh'den 10 GWh değerine ulaşmıştır. Çoğu, (yaklaşık % 53) tarımsal ürünlerden ve belediye katı atıklarındandır(yaklaşık % 45). Diğer yandan bölgede, Japonya yeni katı biyokütle kapasitesine 0,9 GW'den fazla, katkıda bulunmuş ve yeni biyogaz kapasitesine 6 MW katkıda bulunmuştur (toplam 4,7 GW) [49].

2014 yılında biyogüç kapasitesi 5 GW artmış, küresel toplam değeri yaklaşık 93 GW'dır. Biyogüç üretimi de artmıştır. 2013 yılında 396 TWh iken 2014 yılında 433 TWh değerine ulaşmıştır. Biyogüç üretiminde ABD (69,1 TWh), Almanya (49,1 TWh), Çin (41,6 TWh), Brezilya (32,9 TWh) ve Japonya (30,2 TWh) en yüksek üretime sahip ülkelerdir.

4.7. TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE SEKTÖRÜ

2016 yılında, gazın temizlenerek hidrojen gazı elde edilmesi ve 2018 yılından sonra biyokütleden de elde edilebilen hidrojen teknolojisinin taşıtlarda uygulanması beklenmektedir. Türkiye'de biyogaz sektörü başta Ankara, İstanbul, Bursa, Kayseri, Gaziantep, Samsun şehirleri olmak üzere çöpten biyogaz üretimi, bazı sanayi tesisleri ve belediyelerin atık su ve tesislerinden biyogaz üretimi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından Anadolu'nun farklı yörelerinde yürütülen gazifikasyon, demonstrasyon projeleri ve özel sektörde yürütülmekte olan sayıları az da olsa nitelikli biyogaz projelerinden oluşmaktadır. 22,6 MW'lık elektrik üretim kapasitesine sahip olan Ankara-Mamak çöplüğünden elde edilen elektriğin yanı sıra oluşan atık ısı çöplük arazisinde kurulan seralarda kullanılmaktadır. Ayrıca toplamda 2.000 m²'ye tamamlanacak havuzlarda verimli bir biyoyakıt ham maddesi olan algler (su yosunu) yetiştirilmektedir [32].

Türkiye 78 milyon hektarlık alana sahiptir. Ekolojik bakımdan oldukça zengin bir çeşitliliğe sahip olan Türkiye bu zenginlik içerisinde ormanlar da tür ve kompozisyon olarak önemli bir yer tutmaktadır. 2015 yılı itibariyle yapılan tespitlere göre ormanlık alanlar, ülke alanının % 28,6'sını oluşturmaktadır. Bu alanlara ağaçsız orman alanları dâhil edilmemiştir. Ormanlık alanların sahip olduğu büyüklük ve değişimleri bugüne kadar gerçekleştirilen orman envanter değerlendirme sonuçlarına ve yıllara göre

2015 yılında 22.342.935 hektar (ülke genelinin % 28,6'sı) olarak tespit edilmiştir. Bu envanter sonuçlarına göre; ormanlık alanda son 42 yılda yaklaşık 2,1 milyon hektarlık artış olduğu gözlemlenmiştir [50].

Biyogaz sektörü incelendiğinde, Avrupa'nın en büyük çöp biyogaz tesisine sahip şehri İstanbul'dur denilebilir. Daha temiz çevre sağlayan biyokütle enerjisi üretimi sonrasında atıklar yok olmayıp organik gübre haline dönüştürülebilmektedir. Bloomberg New Energy Finance'a göre, 2015 yılı yeşil enerji yatırımlarında rekor bir yıl olurken, küresel temiz enerji yatırımları 329 milyar dolara yükselmiştir. En büyük biyokütle projesi 330 MW'lık kapasite ve 2.3 milyar dolarlık yatırım ile Brezilya'daki Klabin Ortiguera Tesisi olurken, en büyük jeotermal yatırımı ise 170 MW'lık kapasite ve 717 milyon dolarlık yatırım ile Türkiye'deki Gürış Efeler olmuştur [51]. Biyokütleden elde edilen biyogaz, biyodizel ve biyoetanol sektörleri gelişimi ayrıntılı olarak aşağıda gösterilmektedir.

EPDK verilerine göre 2011 yılında ülkemizde toplam kurulu gücü 22,34 MW olan 14 biyogaz tesisi, kurulu gücü 16,43 MW olan 5 biyokütle tesisi, toplam kurulu gücü 120,02 MW olan 9 adet çöp gazı tesisi bulunmaktadır. 2012 yılı sonunda biyogaz tesislerinin sayısı 18'e çıkmış, kurulu güç 103,33 MW olarak kaydedilmiştir. Bunlara ilaveten 2013 yılında, EPDK tarafından, toplam yaklaşık 23 MW'lık biyokütle üretim tesisine elektrik üretim lisansı verilmiştir. 17 Şubat 2014 tarihi itibarı ile EPDK'dan üretim lisansı alan biyokütle tesislerinin sayısı 42, üretim kapasitesi 203,5 MW olarak tespit edilmiştir [14].

Türkiye'nin hayvansal atık potansiyeline göre üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 Mtep olduğu tahmin edilmektedir. Biyokütle kaynaklarımız tarım, orman, hayvan, organik şehir atıkları gibi maddelerden oluşmaktadır. Atık potansiyelimiz yaklaşık 8,6 Mtep olup bunun 6 Mtep'i ısınma amaçlı kullanılmaktadır [52].

Biyodizel sektörü ülkemizde 2000'li yılların başlarında oluşmaya başlamasına rağmen hala sıkıntılı bir sektördür. Geçtiğimiz yıllarda Türkiye'de 56'sı lisanslı olmak üzere 200'den fazla biyodizel tesisi kurulmuştur. Kurulan biyodizel tesislerinin toplam kapasiteleri 1.5 milyon ton civarında olmakla birlikte yerli

hammadde bulunmaması nedeniyle pek çok tesisin kapandığı bilinmektedir. 14 Eylül 2013 verilerine göre EPDK'da kayıtlı 23 firma biyodizel üretim lisansına sahiptir. Ancak yerli tarım ürünlerinden aktif biyodizel üretimi yapan sadece bir firma (DB Tarımsal Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş) bulunmaktadır. İzmir'de faaliyet gösteren firma Eskişehir'den Turhal'a, Uşak'tan Siirt'e kadar verimsiz tarım arazilerinde yetiştirilen aspir bitkisi ile biyodizel üretimini gerçekleştirmektedir. 20 bin ton/yıl olan tesis kapasitesi, 80 bin ton/yıl'a çıkartmayı planlanmaktadır [14].

Türkiye'de sadece bir firma tarafından 20 bin tonluk bir üretim yapıldığı saptanmıştır. 2012 yılı itibariyle 34 adet biyodizel üretmek için işleme lisansı almış tesis mevcuttur. Bu tesislerin toplam biyodizel üretim kapasitelerinin 561,217 ton olduğu EPDK tarafından belirlenmiştir. Bu lisansı alan tesislerin bir an önce üretime başlamaları ülke ekonomisi için ve çevresel açıdan çok büyük faydalar sağlayacaktır [41].

EPDK sektör raporlarına göre 2011 yılında DB Tarım tarafından 11,646 ton biyodizel üretimi yapılmış ve dağıtıcı lisansı sahiplerine 10,136 ton satılmıştır. 2012 yılında, ülkemizde yine sadece DB Tarım tarafından 17,729 ton biyodizel üretimi yapılmış ve dağıtıcı lisansı sahiplerine 18,366 ton satılmıştır. Anılan yıl içerisinde biyodizel ithalatı ve ihracatı yapılmamış olup, üretime göre yapılan fazla satış üreticinin stoklarından karşılanmıştır. Bununla birlikte 2012 yılı içerisinde İtalya ve İngiltere'den 24,790 ton biyodizel içeren motorin ithal edilmiştir. İthal edilen biyoyakıtın akaryakıtın bileşiminde bile ithal edilmiş olsa ülkeye hiçbir katma değeri yoktur. Sadece ithalat yapılan ülkenin çiftçisini ve ekonomisini desteklemektedir [14].

Biyoetanol sektöründe, 2013 yılında ülkemizde benzine harmanlanması zorunlu biyoetanol miktarı yaklaşık 54 milyon lt olmuştur. Ülkemizde kurulu biyoetanol kapasite portföyü dikkate alındığında; 54 milyon lt biyoetanolün 34 milyon litresinin şeker pancarından, 10 milyon litresinin mısırdan ve 10 milyon litresinin buğdaydan elde edileceği düşünülebilir.

Sadece yem piyasasından 2 milyon 456 bin dolar yeni vergi imkanı doğacaktır. Ayrıca yemin nakliyesinden 2.06 milyon dolar katma değer sağlanacaktır. Biyoetanol tesislerinin artığı olarak elde edilen 106,080 ton yem olmasaydı, bu miktardaki yemin üretilmesi için 10.000 hektar alana ihtiyaç duyulacaktır.

Hizmet sektöründe 2,8 milyon dolarlık iş hacmi oluşturulması hedeflenmektedir. 119.500 ton CO₂ tasarrufu sağlanacak bugünün teknolojisi ile üretilen biyoyakıtların ülkemizde kullanım yolunun açılması, gıda dışı hammaddelerin kullanıldığı ileri kuşak biyoyakıt teknolojilerinin gelişimine önem verilecektir.



BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOD

5.1. MATERYAL

Araştırmada OECD ülkelerinin biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi ile birincil enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı değişkenlerinin birlikte değerlendirilmesi amacıyla; kümeleme ve sınıflayıcı algoritmalara ilişkin teknikler kullanılmıştır. Kümeleme yöntemlerinden hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemi ve K-Ortalama analizleri yapılmış olup; sınıflayıcı yöntemlerden; çoklu doğrusal regresyon analizi ve karar ağacı analizi yapılmıştır. Ayrıca, sınıflayıcı modellerin doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşabilmesi için çok değişkenli istatistiksel varsayımların sağlanıp sağlanmadığı araştırılmıştır. Verilerin analizinde; IBM SPSS Modeler 11.0 ve IBM SPSS Statistics 20.0 paket programı kullanılmıştır.

5.2. VERİ TOPLAMA ARACI

Tanımlanan problem için gerekli olan veriler ilk aşamada kümeleme analizi için otuz üç OECD ülkesinin milyar kilowatt saat cinsinden beş yıllık (2008-2012) üretim değerlerinden faydalanılmıştır. Biyokütle ve atıklara ilişkin veri toplamak ülkemizde oldukça zor olduğu görülmüştür. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının, biyokütle kaynakları ve üretim verileri ile ilgili toplu veri olmadığı bilgisi alınmıştır. Bu alanda uygulanan yöntemle paralel olarak veriler, ABD'deki gelişmiş enerji verilerini barındıran ve bunları biraraya getiren, U.S. Energy Information Administration (EIA) veritabanından alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan değişkenler; biyokütleden ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi, birincil enerji tüketimi ve karbondioksit salınımıdır. Literatür çalışmasına göre yenilebilir enerji kaynaklarından üretim ile ilgili olabileceği değerlendirilen söz konusu değişkenler aşağıda açıklanmıştır.

- **Biyokütle ve Atıklardan Elektrik Enerjisi Üretimi:** Biyokütleden üretilen sıvı nitelikli biyoyakıtlar olan biyodizel ve etanolün ve bunlardan üretilen elektrik enerjisinin Türkiye'de üretimi çok sınırlı düzeydedir [81]. Bu kriter OECD ülkelerinin 2008'den bu yana beş yıldaki biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimini kapsamaktadır. Verilerin birimi milyar kilowatt saattir ve U.S. Energy Information Administration veritabanından alınmıştır [82].
- **Birincil Enerji Tüketimi:** Birincil enerji, enerji dönüşüm yöntemleriyle daha kullanılmaya elverişli enerji biçimlerine çevrilmektedir. Bu enerji biçimlerine elektrik enerjisi, akaryakıt ya da hidrojen benzeri sentetik yakıtlar örnekler verilebilir. Enerji terminolojisinde tüm bunlar ikincil enerji olarak adlandırılır. BP (British Petroleum) tarafından 2015 yılında yayımlanan raporda ülkelerin birincil enerji tüketim miktarlarına da yer vermiştir. Bu rapora göre nükleer enerji dışındaki tüm yakıtlar ortalamanın altında kalmıştır. Bunun dışında yağ, dünyanın en çok kullanılan yakıtını içermektedir. Ayrıca elektrik üretiminde hidroelektrik ve diğer yenilenebilir kaynaklar hem küresel bazda hem de birincil enerji tüketimi bazında rekor hisselerine ulaşmıştır. Bu kriter verileri 2014 yılına ait BP raporundan alınmış olup, milyon ton (petrol eşdeğeri) ile ölçülmüştür [31].
- **Karbondioksit Salınımı:** Karbondioksit emisyonları küresel ısınmaya önemli katkıda bulunmaktadır. Nüfus, endüstriyel aktiviteler ve ekonomik büyüme gibi faktörler tarafından büyük ölçüde etkilenmektedir [83]. Birimi milyon tondur ve 2013 yılı verileri International Energy Agency (IEA) veritabanından alınmıştır [84]. AB, CO₂ emisyonlarını azaltarak sadece çevreyi korumak için değil aynı zamanda iklimlerin değişikliği konularıyla da araştırmalar yapmaktadır. Birlik, bu çerçevede yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil tüketimdeki payını yükseltmek, enerji verimliliğini arttırmak, temiz enerji teknolojileri geliştirmek ve daha az CO₂ emisyonu salan yakıtları tercih etmek gibi amaçları tespit etmiştir. Tüm bu çalışmalar aynı zaman diliminde birliğin Kyoto Protokolü'nde üstlendiği görevlerin de yerine getirilmesi için gerekli olmaktadır. Kyoto Protokolü'ne göre birlik 2008-2012 yılları arasındaki sera gazı emisyonlarının 1990 yılı seviyesi altına çekilerek % 8 oranında

düşürülmesini hedeflemiştir ve yine Kyoto sonrası dönemde ise (2020 için); enerji verimliliğini % 20 oranında arttırmak, yenilenebilirlerin toplam birincil enerji tüketimi içindeki oranını arttırmak ve son olarak da CO₂ emisyon oranını % 20'ye düşürmek gibi bir sorumluluklar yüklenmiştir. AB daha kısa vadede ise (2010 yılı için) yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranını % 12'ye ve elektrik üretimindeki paylarını da ise % 22,1'e taşımak istemiştir [85].

5.3. METOD

5.3.1. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi; birimleri değişkenler arası farklılık veya benzerliklere dayanarak hesaplanan bazı ölçülerden faydalanılarak homojen gruplara ayırmak ve belirli prototipler tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Kümeleme yöntemleri; uzaklık matrisi veya benzerlik matrisinden faydalanarak birimler veya değişkenleri kendi içinde homojen ve kendi aralarında ise heterojen gruplara ayırırken, grupları belirlemede (kümelemede) izledikleri yaklaşımlara göre aşamalı kümeleme yöntemleri ve aşamalı olmayan kümeleme yöntemler olarak iki temel gruba ayırır [53].

Hiyerarşik yöntemler ikiye ayrılır. İlki birleştirici yöntemlerdir. Birleştirici yöntemler bağlantı teknikleri, varyans teknikleri, merkezileştirme teknikleri olarak 3'e ayrılır. Bağlantı teknikleri tek bağlantı, tam bağlantı ve ortalama bağlantı olarak 3 grupta incelenirken; varyans teknikleri Ward's yöntemi yardımıyla hesaplanır. Merkezileştirme teknikleri de medyan ve centroid yöntemlerini içerir. Ayrıştırıcı yöntemler bölünmüş ortalamalar ve otomatik etkileşim belirleme şeklinde ikiye ayrılmaktadır.

Hiyerarşik olmayan yöntemler ise K-Ortalama (K-Means) yöntemi, Metoid Parçalama Yöntemi, Yığılma yöntemi ve Bulanık (Fuzzy) kümeleme yöntemleridir. Kümeleme yaparken küme sayısına karar verilmesi ve değerlendirme yapılması gerekmektedir. Bunlardan analizde kullanılan yöntemler aşağıda ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Kümeleme analizinde ilk aşama, bir benzerlik veya uzaklık ölçüsünün (kareli öklid uzaklık veya pearson korelasyon gibi) seçilmesi aşamasıdır. Daha sonra kullanılacak olan kümeleme tekniğine (hiyerarşik veya hiyerarşik olmayan gibi) yönelik bir karar verilir. Üçüncü adımda seçilen yöntem için kullanılacak olan kümeleme yöntemi türü (hiyerarşik kümeleme tekniğinde centroid yöntemi gibi) seçilir. Son aşamada ise küme sayısı belirlenir ve kümeleme sonucu yorumlanır [54].

Kümelerdeki noktaların geometrik gösteriminde ikiden fazla boyut olduğu zaman, noktalar arasındaki uzaklıkları çok boyutlu olarak hesaplanmalıdır. X veri matrisinde bulunan n birimin p değişkene göre uzaklıkları, uzaklık matrisi adı verilen D matrisi ile gösterilir. D matrisinin elemanları dij biçiminde gösterilir [55]. SPSS paket programı Öklid Uzaklıklarını doğrudan hesaplamaktadır. Öklid Uzaklığı şu formülle bulunur:

$$d_2(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^p \left[|X_{ik} - X_{jk}|^2 \right]^{1/2} \quad (5.1)$$

Bu çalışmada dendogramlardan faydalanılmıştır. Hiyerarşik kümelemede kümelerin birleştiği uzaklıklar kritik olarak kullanılabilir. Bu bilgi dendogramdan temin edilebilir. Dendrogram kümeleme analizinin görsel bir sunuş şeklidir. Gerçek uzaklıklar yerine 0-25 aralığındaki sayılara göre yeniden ölçeklendirilmiş bir uzaklık ölçümü kullanır. Dendrogram soldan sağa doğru okunur. Yatay çizgiler birleştirilmiş kümeleri, çizginin konumu ise kümenin hangi mesafede birleştirildiğini gösterir.

Kümeleme analizi, veri setlerinden elde edilen sonuçların, uygulama alanındaki uzman kişiler tarafından doğru sonuçlar çıkarmak amacıyla yorumlanması ile son bulur. Bu çalışmada veri setlerinin kaç kümede toplanacağı bilinemediğinden hiyerarşik kümeleme yöntemi ile küme sayısı belirlenip, hiyerarşik olmayan yöntemlerden K-Ortalama algoritması ile kümeleme oluşturulacaktır.

- K-Ortalama (K-Means) Algoritması

En eski kümeleme algoritmalarından olan K-Ortalama tekniği, 1967 yılında J.B. MacQueen tarafından geliştirilmiştir ve yaygın kullanılan gözetimsiz öğrenme yöntemlerinden birisidir. Atama mekanizması, her verinin sadece bir kümeye ait olmasına izin verir. Bu sebeple, keskin kuralları olan bir kümeleme algoritmasıdır [56].

K-Ortalama algoritması, hata fonksiyonunun minimum olmasına dayanarak verilerdeki en uygun parçalanmayı bulmayı hedefler. Bu yöntemde her iterasyonda yeni bir küme merkezi oluşturulur ve bir eleman yeniden hesaplanan yeni merkeze daha yakın ise o kümeye doğru taşınır. Bu yöntemde bireyler, gruplar içi kareler toplamını en küçük yapacak şekilde k kümeye ayrılır. $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ değişkenlerinin her biri p değişkenli gözlem vektörleri, çok boyutlu X uzayında birer nokta ifade ederken, aynı uzayda $a_{1n}, a_{2n}, \dots, a_{kn}$ her grup birey için küme merkezleri olarak belirlendiği zaman, aşağıdaki formüle göre bireyler en düşük uzaklığı veren (en yakın) kümeye sınıflanmaktadır [57].

$$w_N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \min ||x_i - a_{in}||^2 \quad (5.2)$$

Birimleri kümelere ayıran ve meydana gelen kümelerin parametre tahminlerini ortaya koyan K-Ortalama tekniği, aşağıdaki adımları izleyerek n birim, p değişken ve k küme için aşağıdaki adımları izleyerek birimleri kümelere ayırır [57].

5.3.2. Regresyon Analizi

Regresyon analizinde, iki ya da daha çok değişkenin yer aldığı istatistiksel modellerde genellikle sebep-sonuç ilişkilerini araştırılır. Yani değişkenlerden biri ya da birkaçının, diğer bir ya da birkaç değişkeni ne ölçüde etkilediği incelenir.

Regresyon modeli iki (ya da daha çok) değişken arasındaki ilişkinin fonksiyonel şeklini göstermekle kalmaz, değişkenlerden birinin değeri bilindiğinde, diğeri

hakkında tahmin yapılmasını da sağlar. İki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkinin yapısı “Regresyon Analizi” ile ilişkinin yönü ve derecesi ise “Korelasyon Analizi” ile incelenir [58]. Değişkenler sayılabilir veya ölçülebilir nitelikte olabilir. Üzerinde durulan değişkenlerden bağımlı değişken y, bağımsız değişken x ise, $y=f(x)$ şeklindeki fonksiyona regresyon denir. $f(x)$ fonksiyonu aşağıda farklı şekiller alabilir [59]:

Doğrusal : $y = ax+b$

Parabolik : $y = ax^2+b$

Üstsel : $y = a.b^x+a.e^x$

Geometrik: $y = a.x^b, \log y = b.\log(a.x)$

Hiperbolik: $y=(ax + b)^{-1}$

Regresyon analizi; basit doğrusal regresyon analizi, çok değişkenli regresyon analizi ve doğrusal olmayan regresyon analizi olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada çoklu doğrusal regresyonu kullanılmıştır.

Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi: Bir ya da daha fazla değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini incelemek için kullanılır. Bu analizle, değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkileri bulunabilir ve farklı değerler için tahmin de yapılabilir. Çoklu doğrusal regresyon varsayımları; hataların normal dağılımı, otokorelasyon, çoklu doğrusal bağlantı ve doğrusallık testleri olmak üzere 4 varsayımdan oluşmaktadır. Bu varsayımlar aşağıda sırasıyla incelenmiştir.

Hataların Normal Dağılımı: Normallik varsayımı tüm istatistik yöntemler için geçerli olan bir varsayımdır. Normallik varsayımından sapmanın söz konusu olduğu durumlarda ana kütle için anlamlılık testleri yapılamaz ve tahminlerde güven aralıkları oluşturulamaz. Normallikten sapma durumunda önemli değişkenin modele dâhil edilmesi veya örneklem sayısının arttırılmasının çözüm getirmemesi durumunda yöntemin diğer varsayımlarından sapma olup olmadığı incelenir. Sapma saptanırsa gereken düzeltmeler yapıldığında hatalar da normal dağılım gösterebilir [60].

Hata payları birer rastlantısal değişken olup her X_i için $E(u_i)=0$ 'dır. u_i ler normal olarak dağılmaktadır: $u_i \sim N(0, \sigma_u^2)$. Homoskedastisite (sabit varyans) söz konusudur [61]:

$$E(u_i^2) = \sigma_u^2. \quad (5.3)$$

Otokorelasyon: Çoklu doğrusal regresyon analizinde hata teriminin birbirini izleyen değerleri arasında ilişki bulunması halidir. Bu durum, genel doğrusal regresyon modelinin önemli bir varsayımından sapmadır. Genel doğrusal regresyon modeli varsayım gereği olarak, hata terimleri arasında bir ilişki yoktur [60]. Otokorelasyon (ardışık bağımlılık) bulunmamaktadır [61].

$Kov(u_i, u_j) = 0$ $i \neq j$. u_i hata payları bağımsız değişkenlerden bağımsızdır.

$$Kov(u_i, X_{1i}) = Kov(u_i, X_{2i}) = \dots = Kov(u_i, X_{ki}) = 0.$$

Durbin-Watson istatistiği pozitif ve negatif otokorelasyonların belirlenmesinde kullanılan testlerden biridir. Hipotezlerin kurulması, Tablo değerlerinin bulunması, 'd' istatistiğinin hesaplanması karşılaştırma ve karar verme adımlarından oluşan dört aşamalı bir test olan Durbin-Watson testi sadece birinci tip otokorelasyonun varlığını sınamaktadır [60]. Aşamalar aşağıda verilmiştir.

- Hipotezlerin kurulması:

$$H_0: \rho = 0 \text{ (otokorelasyon yoktur)}$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ (otokorelasyon vardır)}$$

- Tablo değerlerinin bulunması:

Bu aşamada, seçilen bir anlamlılık düzeyi ile gözlem sayısı ve açıklayıcı değişken sayısına göre, Durbin-Watson tablosundan, d istatistiğinin alt (dalt) ve üst (düst) sınırları bulunur.

- 'd' istatistiğinin hesaplanması:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (5.4)$$

- Karşılaştırma ve karar verme:

İkinci aşamada bulunan tablo değerleri ile üçüncü aşamada hesaplanan d istatistiğinin karşılaştırılarak otokorelasyon hakkında bir sonuca ulaşıldığı aşamadır.

Çoklu Doğrusal Bağlantı: Bağımsız değişkenler arasında kesin bir doğrusal bağlantı bulunmamaktadır. Bu varsayım ekonometride çoklu doğrusal bağlantı olarak adlandırılır. Örneğin; $X_{2i} = 4X_{3i}$ veya $X_{3j} = 5 - 4X_{2j} + 9X_{3i}$ çoklu doğrusal bağlantıyı yansıtmaktadır. Buna karşın $X_{2i} = X_{3i}^2$ veya $X_{4i} = X_{5i} \cdot X_{7j}$ gibi doğrusal olmayan ilişkiler çoklu doğrusal bağlantı olmadığı varsayımını değiştirmektedir [62].

Doğrusallık: İlişkinin doğrusallığı, bağımlı değişkendeki değişmelerin bağımsız değişkene bağımlılığının derecesini gösterir. İlişkinin doğrusal olduğu durumda regresyon katsayıları sabit kalır. Standardize edilmiş hatalarla tahmini bağımlı değişken grafiğindeki doğrusal ilişkinin, seçilen modelde söz konusu olmadığı aksine doğrusal olmayan bir ilişkinin varlığının gözleneceği söylenebilir. Çoklu doğrusal regresyon analizinde, doğrusal olmayan eğilimin hangi bağımsız değişkenden kaynaklandığını belirleyebilmek için bağımsız değişkenlere ait regresyon denkleminin standardize hataları için bu inceleme yapılmalıdır [60]. Çoklu bağlantının varlığının araştırılmasında tüm bu kriterlere bakılması çoklu bağlantının teşhisi için faydalıdır.

Regresyon çözümlemesi iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkinin yapısını incelemektedir. Regresyon çözümlemesinde, genelde ilgilenilen olayı tanımlayan rasgele değişken “bağımlı (açıklanan) değişken” ve bu olayla ilgili ya da olayı etkileyen değişken ise “bağımsız (açıklayıcı) değişken” olarak tanımlanır. Bir bağımlı değişken (Y) ve birden fazla bağımsız değişken (X arasındaki doğrusal ilişkiyi inceleyen çoklu doğrusal regresyon modeli,

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} + e_i ; i=1, 2, 3, \dots, n. \quad (5.5)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada Y bağımlı (açıklanan) değişken ve X'ler bağımsız (açıklayıcı) değişkenlerdir. Değişken sayısı p ve parametre değerleri β 'dir ($j=1,2,\dots,p$).

Bu gibi testlerin yanı sıra çoklu doğrusallık sorununun tespitinde kullanılacak diğer yöntemler ise VIF değeri, Tolerans değeri, CI koşul endeksi ve R^2 değerlerinin belirlenmesidir. Çoklu bağlantı varsayımlarının testleri aşağıda gösterilmiştir:

Varyans Artırıcı Faktör (Variance Inflation Factor, VIF): Varyans artırıcı faktör çoklu bağlantının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. $(X'X)^{-1} = C$ olmak üzere matrisinin köşegen elemanları çoklu bağlantının çıkartılmasında son derece önemlidir. VIF değerinin hesaplanmasında kısmi korelasyon katsayılarından faydalanılır.

$$\text{VIF değeri, } C_{ij}=1/(1-R_{ij}) \quad (5.6)$$

şeklinde hesaplanır. Burada R_{ij} kısmi korelasyonu ifade etmektedir. $C_{ij} \geq 10$ ise çoklu bağlantı problemi söz konusudur [61].

Tolerans Değeri (Tolerance Value): Çoklu bağlantının belirlenmesinde bir başka belirleyici faktör tolerans değeridir. Tolerans değeri, 1'den belirlilik katsayısının çıkartılması sonucu ($TV=1-R^2$) bulunur. Bunun sonucunda daha küçük TV değeri, daha büyük VIF değerine neden olur. Bu yüzden küçük çıkan TV değeri çoklu bağlantının var olabileceğini düşündürür [61].

CI Koşul Endeksi: Çoklu doğrusallık sorununun tespitinde kullanılan bir diğer test olan CI koşul endeksi, maksimum özdeğerin (λ_{\max}) minimum özdeğere (λ_{\min}) bölümünün karekökü alınarak hesaplanır.

$$CI = \sqrt{\frac{\text{maksimum özdeğer}}{\text{minimum özdeğer}}} = \sqrt{(\lambda_{\max})/(\lambda_{\min})} \quad (5.7)$$

CI \geq 30 iken yüksek dereceden çoklu bağlantı sorunu vardır sonucu elde edilir. CI $<$ 30 iken çoklu bağlantı sorunu olmadığı belirlenmiş olur [60].

Regresyon Modelinin Performansı (Belirtme Katsayısı, R²: Bağımsız değişken x' in regresyon modeli ile bağımlı değişken y' i ne kadar açıklayabildiğini görmek için bir ölçüt olan belirtme katsayısı, R²(coefficient of determination) kullanılır. Başka bir deyişle; açıklanabilen değişimin toplam değişim içindeki payı olan açıklayıcılık katsayısı, bağımlı değişkendeki değişimin yüzde kaçının bağımsız değişkenler tarafından açıklanabildiğini gösterir.

$$R^2 = \frac{\text{Açıklanabilen Değişim}}{\text{Toplam Değişim}} \quad (5.8)$$

(5.8) eşitliğinde kurulan regresyon modelinin performansı R² ile ölçülür. R², 1'e ne kadar yakınsa, regresyon o kadar anlamlıdır, belirleyicidir [58].

5.3.3. Karar Ağacı Sınıflandırma Algoritmaları

Karar ağacı (Decision Trees), model kurulumunun kolay olması, analiz sonucunda modelin kolay yorumlanması, veri tabanı sistemleri ile kolayca bütünleştirilebilmesi ve güvenilirliklerinin tatmin edici düzeyde olması gibi nedenlerden veri madenciliğinin sınıflama modelleri arasında en yaygınıdır [63].

Karar ağaçları son yıllarda literatürde en fazla kullanımı olan bir sınıflandırma ve örüntü tanımlama algoritmalarından bir tanesidir. Bu yöntemin yaygın olarak kullanımının en önemli sebebi ağaç yapılarının oluşturulmasında faydalanılan kuralların anlaşılabilir olmasıdır. Sınıflandırma işleminin oluşmasında çok aşamalı ya da ardışık bir metod kullanılmaktadır. Yöntem uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında olduğu gibi birçok karışık sınıflandırma problemini aşamalı hale getirerek basit bir karar verme işlemi gerçekleştirmektedir [64].

Algoritma oluştururken hesaplanan bölünmüş kriterler aşağıda verilmiştir. S'nin bir kümesi olan K sınıfı örnekleri için bölünmüş r altkümeleridir. Örneğin; S_j

p_{ij} fraksiyonuna sahip j sınıfının örneğidir. Sınıflar oluşturulurken bilgi entropi ve gini indeksinden yararlanılır.

Bilgi entropi: Bilgi kazancı olarak da tanımlanabilir. Bu yöntemde bütün niteliklerin ayrık değerler aldığı varsayılmakta ve sürekli değişkenlere uygulanabilmektedir. Aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\sum_{j=1}^r \frac{S_j}{S} \sum_{i=1}^k p_{ij} \log p_{ij} \quad (5.9)$$

Gini indeksi: Gini indeksinde her nitelik için olası bütün ikili bölünmeler sınanmaktadır [63].

Karar ağacı oluşturmak için geliştirilen algoritmalar arasında; CHAID (Chi-Squared Automatic Interaction Detector), Exhaustive CHAID, CR&T (Classification and Regression Trees), ID3, C4.5, MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines), QUEST (Quick, Unbiased, Efficient Statistical Tree), C5.0, SLIQ (Supervised Learning in Quest), SPRINT (Scalable Parallelizable Induction of Decision Trees) yer almaktadır [58]. Bu çalışmada C&R Tree algoritmasından yararlanılmıştır. Bu algoritmaya ilişkin açıklamalar aşağıdaki verilmiştir.

- C&R Tree Algoritması

CR&T algoritması, yordanan değişken üzerinde etkisi olan yordayan değişkenleri önem düzeyine göre bir ağaç yapısı şeklinde sunmaktadır. CR&T verileri, yordanan değişken kategorik ise sınıflandırma ağacı, yordanan değişken sürekli ise regresyon ağacı şeklinde üretmektedir [65].

CR&T algoritması 1984 yılında Breiman ve Friedman tarafından, bütün aşamalarda her bir grubu kendinden daha homojen grup oluşturacak şekilde alt gruplara ayırmayı hedefleyen bir yapı ile oluşturulmuştur. Her seviyede öznelik seçme işlemi yapılırken bağımlı değişkenler için gini ve twoing indeks, sürekli değişkenler için ise en küçük kare sapması (Least-Squared Deviation) indeks hesaplamaları yapılır. Bu

algoritma kar, maliyet değerleri ve önceliklerin tanımlanması gibi esneklikleri gibi avantajları nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gini indeksi hesaplanırken , $\Phi(s,t) = g(t) - p_L g(t_L) - p_R g(t_R)$ formülasyonu kullanılmaktadır. Bu eşitlikte $\Phi(s,t)$ değerinin maksimum olmasını sağlayacak s değerinin seçilmesi amaçlanmaktadır. t düğümündeki bütün verilerle hesaplanan bu değer, CR&T ağacında improvement kavramı ile ifade edilmektedir [66].

Tüm algoritmalarda olduğu gibi CR&T algoritması için de amaç en doğru modeli kurabilmektir. Modelin doğruluğu, bağımlı değişkenin kategorik olması durumunda doğru tahmin edilen kayıtların oranı, sürekli olması durumunda ise ortalama hata kareler yöntemi ile belirlenir [60].

BÖLÜM 6

TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE OECD ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN BİR UYGULAMA

6.1. LİTERATÜRDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE BİYOKÜTLEYE İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yenilenebilir enerji ve biyokütle ile ilgili farklı literatür çalışmalarına raslamak mümkündür. Yenilenebilir enerji ve biyokütle son yıllarda birçok araştırmaya konu olmuş ve bu konulara farklı yorumlar getirilmiştir.

Bayramoğlu, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan Biyokütle Enerjisi (BE)'nin Yerel Ekonomik Kalkınma (YEK) sürecindeki yeri ve önemini incelemiştir. Bu konuyla ilgili olarak literatürde yer alan başlıca teorik ve uygulamalı çalışmaların, BE' nin, YEK'e olumlu katkıda bulunduğunu ifade etmiştir. Çalışmada, TRA1 Bölgesi'ndeki BE potansiyeli ve ekonomik etkileri 2013 yılı için araştırılmıştır. Bu amaçla, 32 sorudan oluşan 952 anket formu kullanılarak bir saha araştırması yapılmış ve saha araştırması sonucunda elde edilen veriler istatistiki ve ekonometrik analizlere tabi tutulmuştur. Anket çalışmasından elde edilen sonuçlara göre, TRA1 Bölgesi'nde hayvansal ve bitkisel kaynaklı toplam ekonomik BE potansiyelinin 4,778 TEP olduğu belirtilmiştir. BE'nin % 56'sının Erzurum'da, % 27,2'sinin Erzincan'da ve % 16,8'inin Bayburt'ta üretilebilecek düzeyde olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca TRA1 Bölgesi'nde BE üretim tesisinin kurulmasının yerel ekonomi üzerindeki en önemli üç etkisinin; ilave gelir artışı, istihdam artışı ve toprak verimliliğinin artması şeklinde olacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak, TRA1 Bölgesi'nde BE potansiyelinin var olduğu ve bu potansiyele uygun üretim tesislerinin kurulmasının YEK'e olumlu katkıda bulunacağı tespit edilmiştir. Buna göre TRA1 Bölgesi'nin sürekli ve istikrarlı bir büyüme-kalkınma trendi yakalamasının, biyokütle

kaynaklarını harekete geçirmeye yönelik yatırımlara ağırlık vermesine bağlı olduğu belirtilmiştir. Türkiye'nin en geri kalmış bölgelerinden biri olan TRA1 Bölgesi'nin diğer bölgelerle aralarındaki gelişme farklılıklarını azaltması açısından biyokütle ve bununla bağlantılı sektörlerle ilişkin gelişmeleri yakından izlemesi ve bu alana öncelik veren politikaların oluşturulması için gerekli çabanın içerisinde olması gerektiği belirtilmiştir. Bu kapsamda BE üretim ve tüketiminin teşvik edilmesi, BE üretimine yönelik KOBİ'lere vergi indirimi, fiyat-alım garantisi, lisans alma muafiyeti vb. gibi kolaylıklar sağlamaya, BE'den elektrik üretilmesinin sağlanmasına ve BE sektörünün kayıt altına alınmasına yönelik yasal düzenlemeler yapılması gibi önlemlere ağırlık verilmesinin gerekli olduğu ifade edilmiştir [44].

Akçiçek, Türkiye nezdinde yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Granger Nedensellik Testi; 1980–2013 yılları arasındaki 2005 yılı sabit dolar ile ölçülmüş GSYH verileri ve 1980–2013 yılları arasındaki yakılabilir yenilenebilir enerji kaynakları ve atık enerjisi tüketimi verileri ile yapılmıştır. Test sonucunda teorik beklentilerden birisi olan ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında, yenilenebilir enerjiden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğu ifade edilmiştir. Bu ilişki büyüme hipotezi olarak kabul edildiği belirtilmiştir. Bu hipoteze göre yenilenebilir enerji tüketimini kısıtlayan politikaların ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etki yaratacağı anlamına geldiği belirtilmiştir. Bildirici (2013), Yıldırım vd (2013) Ben Aïssa vd (2013) çalışmalarında bu hipotezi destekleyecek sonuçlara ulaştıkları belirtilmiştir. Türkiye için yenilenebilir enerji tüketiminin arttırılmasının ekonomik büyümeye de pozitif bir etki yaratacağı ifade edilmiştir. Yenilenebilir enerji yatırımlarının arttırılması yoluyla enerji bağımlılığının azaltılmasının, ulusal kaynaklardan yararlanılmasının ve yeni oluşacak iş kollarının da etkisiyle işsizlik oranının azaltılabileceği belirtilmiştir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelinin TMMOB tarafından 700-756 Milyar kW's olarak ölçüldüğü belirtilmiştir. Giderek artan enerji ihtiyacı ve dışa bağımlılığının Türkiye'nin istikrarlı ve yüksek büyüme hedefine ulaşmasına engel olduğu belirtilmiştir. Fosil yakıtların yoğun kullanımından dolayı oluşabilecek cezai yaptırımların ve nükleer enerji santrallerinin taşıdıkları yüksek riskin, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının desteklenmesi gerekliliğini ortaya koyduğu ifade edilmiştir. Türkiye'nin temiz ve ulusal enerji

kaynaklarının verimli kullanabilmesinin ekonomik büyümeye katkı sağlayacağı belirtilmiştir [67].

Çalışkan, yaptığı çalışmada Almanya, Büyük Britanya, Brezilya ve Türkiye örneklerini kullanarak bu ülkelerin yenilenebilir enerji performanslarının arkasındaki nedenleri belirlemeye çalışmıştır. “En benzer sistem tasarımı” yöntemi örneklere uygulanarak gerçekleştirilen analizle, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri 1990-2010 yılları arasında kendi aralarında farklı çift olarak karşılaştırılmıştır. Yenilenebilir enerjideki başarının, yenilenebilir enerjinin toplam birincil enerjideki payı olarak değerlendirilmiş ve bu başarıya yol açan etkenler farklı hipotez gruplarını oluşturan beş farklı perspektifte aranmıştır. Bunların; ekonomi ve refah, çevrenin korunması, güvenlik, devletin saygınlığı ve küreselleşme ile sivil erdem olduğu belirtilmiştir. Bu karşılaştırmanın ana konusunun, çevre ile ilgili literatür, güvenlik bilimleri ve küreselleşme olmak üzere üç teorik çerçevenin kesişim noktasında yer aldığı ifade edilmiştir. Bu çalışmanın, özellikle çevreye verilen zararın hızlanarak artması, iklim değişikliği ve konvansiyonel enerji kaynaklarının azalması ile karakterize edilen bir çağda enerjinin artan önemini altını çizmeye yardımcı olduğu belirtilmiştir. Realizme kritik bir bakış açısıyla yaklaşan bu analizin, enerji güvenliğinin milli güvenliğin bir parçası ve insan güvenliğinin devlet güvenliğinin tamamlayıcısı olmasının önemini vurguladığı belirtilmiştir. Araştırmanın, farklı örnekleri ele alarak çevrenin korunmasına ilişkin bilinç ile yenilenebilir enerjinin nasıl geliştiğini devlet ve toplumun kavşak noktasında anlattığı ve karşılaştırmalı doğasıyla literatüre katkı sağladığı belirtilmiştir. Gelişmiş ve gelişmekte olan örneklerdeki yenilenebilir enerji başarısını benzer nedenlerin belirlediğini, yatırım yapmaya izin veren ekonomik güç ile refah ve güvenliğe verilen önemin bu başarıyı en güçlü biçimde açıklayan hususlar olarak ön plana çıktığı ifade edilmiştir [68].

Mutlu, yaptığı çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları hakkında genel bir bilgi vererek, Türkiye'deki durumunu değerlendirmiştir. Çalışmada; bu sektördeki ekonomi analiz edilerek, Ankara ilindeki yenilenebilir enerji olanaklarından bahsedilip örnek bir SWOT analizi yapılmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde; Dünyada ve Türkiye'deki genel enerji piyasası ve politikalarından bahsedilmiş ve ayrıca güvenli bir transit ülke olarak Türkiye'nin rolü üzerinde durulmuştur. Bunun

yanı sıra, enerji bağlamında Türkiye – AB ilişkilerine de yer verilmiştir. İkinci bölümde; yenilenebilir enerjinin genel tanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde durulmuştur. Bu kaynaklardan her birinin Türkiye'deki potansiyeline değinilmiştir. Üçüncü bölümde; Türkiye'deki yenilenebilir enerji ekonomisinden bahsedilmiş ve son olarak da Ankara ilindeki yenilenebilir enerji olanakları üzerinde durularak örnek bir Swot analizi yapılmıştır. Ankara'nın yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesinde teknoloji alanında öncülük yapabilecek araştırmacılara, sanayi ve teknoloji altyapısına sahip olduğu belirtilmiştir. Söz konusu altyapının, yenilenebilir enerji kaynaklarının belirli alanlarına odaklanır, devlet ve özel sektör tarafından gerekli sermaye desteği sağlanırsa, mevcut teknoparklarda yeni şirketlerin kurulmasının ve gelişmesinin önü açılacağı belirtilmiştir. Ankara devlet dairelerinin bu konularda öncülük ederek, kendi elektrik enerjilerini güneş enerji yoluyla üretmeye teşvik edilmelerinin, yenilenebilir enerji için pazar yaratacağı ifade edilmiştir. Ankaranın birçok organize sanayi bölgesine ve irili ufaklı firmalara sahip olduğu, özellikle teknolojik sektörde gelişmiş bir şehir olduğu ve ayrıca enerji sektörüne ekipman tedariki yapabilecek firmalar bünyesinde barındırdığı ifade edilmiştir. Ankara'nın yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin, büyük miktarda elektrik üretimi için uygun olmamasına rağmen yenilenebilir enerji sektörüne ekipman sağlanması için önemli bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Yapılan araştırmalarda Ankara'daki birçok firmanın yenilenebilir enerji ile ilgilendiği belirtilmiştir. Bu firmalar incelendiğinde yenilenebilir enerji sektörüne yatırım yapmış veya yapmaya hazırlanan ve ekipman üreten firmalar olduğu belirtilmiştir. Bu araştırmaya göre firmaların yenilenebilir enerjiye önem vermeye başladığını ve sektörün ne kadar büyük olduğunun farkına varıldığını anlaşıldığı ifade edilmiştir. Ankara firmalarının, Türkiye'de gelişmekte olan yenilenebilir enerji sektöründe olan rekabetçilikte öncü olması, firmaların ayakta kalabilmesi için bilgiye ve Ar-Ge çalışmalarına önem veren, stratejik ve ekonomi değeri olan yatırımlar yapabilen, vizyon sahibi firmalar olması gerektiği belirtilmiştir. Söz konusu firmalar yaratılması için altyapı oluşturulması gerektiği belirtilmiştir. Ankara'nın sanayisinin, gelişmiş bir şehir olması nedeniyle, Türkiye'nin yenilenebilir enerjide ekipman dışa bağımlılığını azaltabilme potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir. Buna göre ekipmanlarda dışa bağımlılığının azaltılması için yapılacak tüm çalışmaların Türkiye'deki yenilenebilir enerji sektöründe büyük etkiler

oluşturacağı belirtilmiştir. Ankara firmaların doğru bir yol haritası yaratılıp, doğru stratejiler ve politikalar oluşturulursa Türkiye'deki yenilenebilir enerji sektörüne çok büyük katkı sağlayacağı ifade edilmiştir [24].

Adıyaman, çalışmasında modern toplumun devamı için enerjinin gerekli olduğunu, gelişen teknoloji ve artan nüfus ile birlikte enerji ihtiyacının artarak devam edeceğini belirtmiştir. Enerji ihtiyacının karşılanmasında günümüzde ağırlıklı olarak kullanılan fosil kökenli yakıtlar yerine, çevreye zarar vermeyen, küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebep olmayan, çevre ile dost enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik, hidrojen ve deniz kökenli enerji kaynakları) kullanımının artırılması gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca çalışmada; yenilenebilir enerji kaynaklarının Dünya'da ve Türkiye'deki potansiyeli, kullanım durumu, bu enerji kaynaklarının kullanımının olumlu ve olumsuz yönlerinden bahsedilmiştir. Yenilenebilir enerji sektörünün gelişmesinin, her şeyden önce devlet politikalarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Güneş enerjisi konusunda önemli bir potansiyele sahip olan Türkiye'de bu kaynaktan su ısıtma konusunda elde edilen başarının elektrik enerji üretiminde de gerçekleştirilmesi için çalışmaların artırılmasının zorunlu olduğu ifade edilmiştir. Güneş enerjisinden daha etkin yararlanmak için, konutlar inşa edilirken daha çok güneş alacak şekilde yapılmasının teşvik edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Özellikle geleceğin enerji kaynağı olarak gösterilen hidrojen enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesinin Türkiye'ye önemli bir avantaj kazandıracığı belirtilmiştir. Hidrojen enerjisi üretiminde kullanılan bor elementinin dünya toplam rezervinin % 72'sinin Türkiye'de bulunmasının önemi vurgulanmıştır. Sonuç olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının çok önemli miktarda iş imkânları oluşturacağı belirtilmiştir. Bu kaynaklardan enerji üretimini sağlayan teknolojilerin yerli imkânlarla sağlanması daha çok iş sahası açılmasını sağladığı gibi dış ticaret açığının da kapanmasında yardımcı olacağı ifade edilmiştir. Bu nedenle yenilenebilir enerji için; vergi indirimleri, finansal teşvikler, arazi kullanım imkânları, alım garanti süresinin uzatılması, bürokratik işlemlerin hızlandırılması, bilgi paylaşımları gibi imkânların çeşitlendirilerek yapılması gerektiği belirtilmiştir. Uygulanan teşvik sisteminin güncel gelişmeler yakından takip edilerek yapılmasının hem ülke ekonomisi hem de yatırımcılar açısından son derece önemli olduğu belirtilmiştir [69].

Vural, çalışmasında sürdürülebilir kalkınmayı sağlamada yenilenebilir enerji kaynaklarının rolünü incelemiştir. Bu amaçla yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma açısından güçlü yanlarını, zayıf yanlarını, fırsat ve tehditlerini incelemiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, gerek çevrenin sürdürülebilirliğinde, gerek ekonomide yapacağı katma değerde, gerek ülkemizde gelişimine katkı sağlayacağı beşeri sermayede, gerek enerji bağımsızlığı sağlamamızda gerekse de buna bağlı olarak yapılabilecek uzun vadeli kalkınma planlarında enerji maliyetleri değişkeninin planlar üzerindeki etkisini minimum düzeyde tutarak hedeflerin tutturulmasında yani sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında çok ciddi bir ehemmiyete sahip olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle ülke politikamızdaki ağırlığının artmasının, ekonomik ve sosyal hedeflerimizin gerçekleştirilebilmesi açısından büyük önem arz ettiği belirtilmiştir [70].

Çelik, fosil yakıtlar yerine kullanılabilir çevre dostu, sınırsız ömre sahip ve düşük maliyetli yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından önemini ortaya koyan bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde enerji kaynaklarının tanımlarına, özelliklerine, avantaj ve dezavantajlarına yer verilmiştir. İkinci bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarının Dünya ve Türkiye açısından potansiyeli, kurulu gücü ve yatırım maliyetleri incelenmiştir. Son bölümünde ise fosil yakıtlar ile yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi, tüketimi, ithalattaki payları ve yatırım maliyetleri karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltmada yenilenebilir enerji kaynaklarının en etkin enerji kaynakları olduğu belirtilmiştir. Mevcut teknolojilerle yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara göre avantajlı konumda olduğu ifade edilmiştir. Dışa bağımlılığı azaltmada yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikaların ve teşviklerin daha da genişletilmesi ve mevcut kaynakların en uygun şekilde değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir [42].

Balat, Türkiye'de enerji için biyokütle kaynaklarının kullanımı ve Türkiye'nin biyokütle potansiyeli ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Biyokütlenin Türkiye'de büyük bir enerji kaynağı olduğu belirtilmiştir. Elektrik üretimi, evlerin ısıtılması, araçların yakıtı, endüstri tesislerinde işlem ısısı sağlanması gibi birçok enerji ihtiyacının karşılanmasında biyokütlenin kullanıldığı ifade edilmiştir. Tahta, hayvan ve bitki

atıklarının biyokütle potansiyel kaynakları oldukları belirtilmiştir. Biyokütle enerji kaynakları arasında en çok ilgi çekenin tahta yakıtlar olduğu çünkü Türkiye'de toplam biyokütle enerji üretiminin % 21'i olduğu ifade edilmiştir. Türkiye'nin toplam biyokütle enerji potansiyelinin yaklaşık olarak 32 Mtoe olduğu ve Türkiye'deki kullanılabilir biyokütle potansiyelinin ise yaklaşık olarak 17 Mtoe olduğu belirtilmiştir. Kullanılabilir biyokütleden elektrik üretiminin net etkisinin 4.4 milyar dolar kişisel ve kurumsal gelir sağlayacağı, 160.000'den fazla işi temsil edeceği ifade edilmiştir [71].

Gokcol vd. çalışmalarında Türkiye'de biyokütle enerjisinin diğer kaynaklara göre alternatif olması bakımından önemini incelemişlerdir. Türkiye'de biyokütle potansiyeli ve kullanımı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Enerjinin sosyo-ekonomik gelişme ve standartların yükselmesinde hayati etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Türkiye'nin hem nüfus hem de ekonomik olarak her yıl hızlı büyüyen bir ülke olduğu; bu yüzden enerji talebinin arttığı ifade edilmiştir. Türkiye'nin enerji kaynaklarına sahip olmasına rağmen, teknik ve ekonomik sebeplerden dolayı yeterince değerlendiremediği için büyük bir enerji ithal edicisi olduğu belirtilmiştir. Türkiye'nin dışarıya enerji bağımlılığına son verecek birçok alternatif yenilenebilir enerji kaynağına sahip olduğu belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütlenin Türkiye'deki bolluğundan dolayı büyük bir paya sahip olduğu ifade edilmiştir. Elektrik üretimi, evlerin ısıtılması, araçların yakıtı, endüstri tesislerinde işlem ısısı sağlanması gibi birçok enerji ihtiyacının karşılanmasında biyokütlenin kullanıldığı ifade edilmiştir [72].

Kara vd. orman yangınının Karbon, azot mikrobiyal biyokütlesi ve yangından iki ay sonra bakteri, mantar bolluğu üzerindeki etkisini ele alan bir çalışma yapmışlardır. Yangını takiben organik karbon, toplam nitrojen ve elektriksel iletkenlik artmıştır. Mikrobiyal bolluk açısından yanan orman topraklarında en fazla sayıda bakteri ve mantar olduğu gözlemlenmiştir. Yanan orman topraklarındaki Karbon ve azot'un mikrobiyal biyokütlesinin önceki toprağa göre önemli bir değişime uğramadığı ifade edilmiştir. Düşük yoğunluklu yangının, nemli iklim şartlarında mikroorganizmanın fonksiyonel aktivitesini ilerlettiği ve toprağın kimyasal karakteristiklerini geliştirdiği belirtilmiştir [73].

Sajdak vd. çalışmalarında kimyasal analizler gerçekleştirerek çeşitli regresyon analizi metodları ile ilişkileri belirleyip; elementlerin içeriklerini ve yanma ısısını hesaplayabilmek için tahmini modeller geliştirmişlerdir. Analiz için kömür, biyokütle ve biyokömür seçilmiştir. Çeşitli biyokütle türlerinden çeşitli işlemler sonucunda biyokömür üretilmiştir. Bu çalışmanın önemi; çalışmada elde edilen ilişkilerin güvenilirliğinin sağlanarak biyokömür üretiminin gerçekleştirilmiş olmasıdır. Çalışma sonucunda elde edilen tahmini modellerle doğrulandığı ortaya konulmuştur [74].

Yang vd. arkelerin biyokütleyi biyokütle enerjisine dönüştürebilecek mikroorganizmaya sahip olduklarını belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada; 27 çeşit arke, Fuzzy-C algoritması kullanılarak analiz edilip sınıflandırılmıştır. Çalışmada mikroorganizmalardan biyokütle eldesi için kümeleme analizi metodu uygulanmıştır. Genetik metabolizma temelinde, kümeleme analizi için üç aminoasidin kodon kullanım yanlılığı kaynak olarak seçilmiştir. Sonuç olarak; bulunan kümeler ve geleneksel biyolojik sınıflandırmalar arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir. Fuzzy-C algoritması sonucunda biyokütle dönüşümü için aynı gen türlerindeki 15, 21 ve 23 numaralı arkelerin potansiyel arkeler oldukları ifade edilmiştir. Çalışmanın literatürdeki önemi; biyokütle kaynaklarından biyokütle enerjisine dönüştürülebilir mikroorganizmaların elde edilebilmesinin sağlanmış olmasıdır [75].

Macaroğlu, Bartın ili içerisindeki karışık meşcerelerin depoladıkları biyokütle miktarını tahmini olarak belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu doğrultuda 400 m²'lik alanda 82 örnek alan ele alınmış ve meşcere tipleri belirlenmiştir. Çalışmada; karışık meşcere tiplerinin saf meşcerelerle biyokütle miktarları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak ibrelili ve yapraklı meşcere türleri kıyaslandığında; yapraklı türlerin ibrelili türlere göre daha fazla biyokütle depoladıkları ifade edilmiştir. Özellikle belirlenen 13 meşcere türü arasında KnGd₃ meşceresinin en fazla biyokütle depoladığı belirtilmiştir [76].

Erkan, çalışmasında on iki adet biyokütle kaynağının oksijensiz ortamda termogravimetrik değişimlerini saptayarak piroliz özelliklerini belirlemiştir.

Numuneler, 40-50 ml/dk'lık debi ile azot gazıyla beslenerek oda sıcaklığından 900 °C'e kadar 5 °C/dk ısıtma hızında ısıtılmış ve numunelere ait sıcaklığa bağlı kütleli değişimler değişimler incelenmiştir. Bu doğrultuda biyokütelerin piroliz özelliklerinin belirlendiği ifade edilmiştir. Sonuç olarak; inert koşullar altında mısır koçanı ve ayçekirdeği kabuğunun en düşük tepe sıcaklıklarına sahip olmalarından dolayı en reaktif yakıtlar oldukları belirtilmiştir. Şeftali çekirdeği ve talaşın geriye kalan biyokütlelere göre en yüksek tepe sıcaklıklarına sahip oldukları ifade edilmiştir. Her bir deney sonucunda kalıntı kütle miktarının mısır koçanı hariç % 10-40 aralığında değiştiği ifade edilmiştir [48].

Akçay, Trakya bölgesinde tarla artıklarından birisi olan çeltik sapının biyokütle potansiyelini ısı ve elektiriksel olarak Tekirdağ örneğinde belirleyen bir çalışma yapmıştır. Osmancık çeşidine ait çeltik sap örnekleri 3 farklı lokasyondan toplanıp, bu örnekler için proksimit analizleri, elemental analizler ve ısı kapasite ölçümleri gerçekleştirilmiş; çeltik saplarının toplandığı üretim alanından toprak örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Bu doğrultuda, lokasyona bağlı olarak yakıt özelliklerinde önemli bir fark olup olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; çeltik saplarının termokimyasal çevrim teknikleriyle elektrik enerjisi elde etmek için büyük katkı sağlayacağı ifade edilmiştir. Çeltik sapı örneklerinin ısı değerlerinin linyit kömürüne göre düşük olmasından dolayı yakıt eldesi için kullanılma potansiyelinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Çeltik sapından güç üretimi; yıllık 39,39 GWh, güç üretim potansiyeli 5,29 MW e olarak belirlenmiştir. Bu miktarın; Türkiye toplam elektrik tüketiminin % 0,019'una, Tekirdağ'ın % 0,7'sine karşılık geldiği belirtilmiştir. Bu bağlamda; çeltik sapının termokimyasal yöntemlerle kullanımının oldukça yüksek bir fayda sağlayacağı ifade edilmiştir [43].

Yılmaz, çalışmasında Antalya yöresindeki Kızılcamlardaki biyokütle potansiyelini 159 deneme ağacını ele alarak incelemiştir. Biyokütle tablolarının oluşturulmasında regresyon analizi kullanıldığı ve sonuçta ağacın büyüme elemanlarının toprak üstü biyokütelleri ile göğüs çapları arasında 0,05 önem düzeyinde anlamlı ilişkiler olduğu belirtilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak geliştirilen 17 adet biyokütle denkleminin, 32 ağaç verisinden oluşan veri kümesi ile test edildiği ifade edilmiştir. Bu denklemlerin 0.05 önem düzeyi ile Antalya ilindeki Kızılcamları için

kullanılabileceği ve biyokütle denklemlerinin belirtme katsayılarının 0,790-0,950 aralığında değiştiği ortaya çıkmıştır [45].

Sabancı, Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün maki alanlarının biyokütle miktarlarını belirlemek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Toplamda 35 örnek alanda 100 m²'lik maki örtüsünün toprak seviyesinden tıraşlama olarak kesildiği belirtilmiştir. Toprak altı biyokütle miktarını belirlemek için her örnek alandaki 4 m²'lik kısmın kök derinliğine kadar kazıldığı; toprak üstü biyokütle miktarının belirlenmesi için meşcere bileşenleri itibariyle ayrılıp her bileşenin ağırlığının belirlendiği ifade edilmiştir. Toprak altı biyokütlenin 2 mm'nin üstündeki kalın kök kısmını gösterdiği belirtilmiştir. Sonuç olarak; örnek alanlardaki toprak üstü kuru biyokütle 74,99 kg/100 m² ile 471,93 kg/100 m²; toprak altı kuru biyokütlenin 173,45 kg/100 m² ile 945,67 kg/100 m² arasında değiştiği ortaya çıkmıştır [77].

Xu vd. Çin'de beş biyokütle temelli elektrik üretimi senaryosunun potansiyel çevresel etkilerini istatistiksel veri ışığında değerlendirmişlerdir. Mevcut sistemde kömür bazlı elektrik üretim teknolojisinin kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışmaya güvenilirlik ve doğruluk kazandırmak için belirsizlik analizinin uygulandığı ifade edilmiştir. Çin'de 2012 yılında belediye katı atığı, lağım pisliği, mısır samanından elde edilen elektrik üretim kapasitesinin toplam elektrik üretimi içindeki payının sırasıyla % 0,86, % 0,085 ve % 8,18 olduğu belirtilmiştir. Her biyokütle temelli senaryoda anahtar faktörler olan nitrojen oksit, fosfor, civa ve partiküllerin toplam çevresel yüke katkıda bulunduğu; ilave olarak metan yakma, taşımacılık ve elektrik tüketiminin toplam çevre yükü üzerinde baskın bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Mısır samanı ile ilgili senaryo ile karşılaştırıldığında kömür esaslı elektrik üretimi teknolojisi iklim değişikliği ve insan toksisitesi gibi zararlı etkileri dışında güçlü çevresel yararları sahip olduğu vurgulanmış; ayrıca biyokütlenin fosil yakıtlardan koşulsuz temizleyici olmadığı belirtilmiştir. Biyokütle temelli elektrik üretim teknolojisinin ikincil bir kirlilik oluşturmaması için sistematik ve bilimsel değerlendirmeler yapılması gerektiği ifade edilmiştir [78].

Shahbaz vd., çalışmalarında BRICS ülkelerinde (Brezilya, Çin, Rusya, Hindistan ve Güney Afrika) biyokütle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi

birim kök ve eşbütünleşme testleri yaparak incelemişlerdir. Ekonomik büyüme, sermaye ve biyokütle enerjisi tüketimi için ticaret açıklığı Granger nedensellik testi yapılmıştır. Çalışmada, kısa ve uzun dönem için BRICS ülkelerinde sürdürülebilir gelişimin biyokütlenin adaptasyonu ile sağlanmaya çalışıldığı; çalışmadaki anahtar yeniliğin Granger nedensellik testi ile sağlandığı ifade edilmiştir. Sonuçlarda değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin olduğu; ayrıca biyokütle enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında geribildirim etkisinin varlığı ortaya çıkmıştır [79].

Soliño vd., çalışmalarında tüketici tercihli seçim deneyi analiziyle geleneksel elektrik üretiminden orman biyokütlesiyle elektrik üretimine geçiş politikasını incelemişlerdir. Tüketicilerin özellikle orman yangınlarının riskini ve yenilenebilir olmayan kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltmayla ilgili etkileri tercih ettikleri belirtilmiştir. Tercih deneyleri kullanılarak yanıtların tutarlılığı ve ödeme için ödeme zaman aralığı ile ödeme zaman aralığının marjinal istekler üzerindeki etkisinin metodolojik test yardımıyla incelendiği belirtilmiştir. En sık ve gerçekçi ödemelerin daha düşük tutarsız yanıtlar ile ilişkilendirildiği ifade edilmiştir. Sonuç olarak; ödeme zaman aralığının, ödeme için marjinal istekler üzerinde etkilerinin olmadığı yönündeki sıfır hipotezinin reddedilemediği ortaya çıkmıştır [80].

6.2. BULGULAR

6.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler

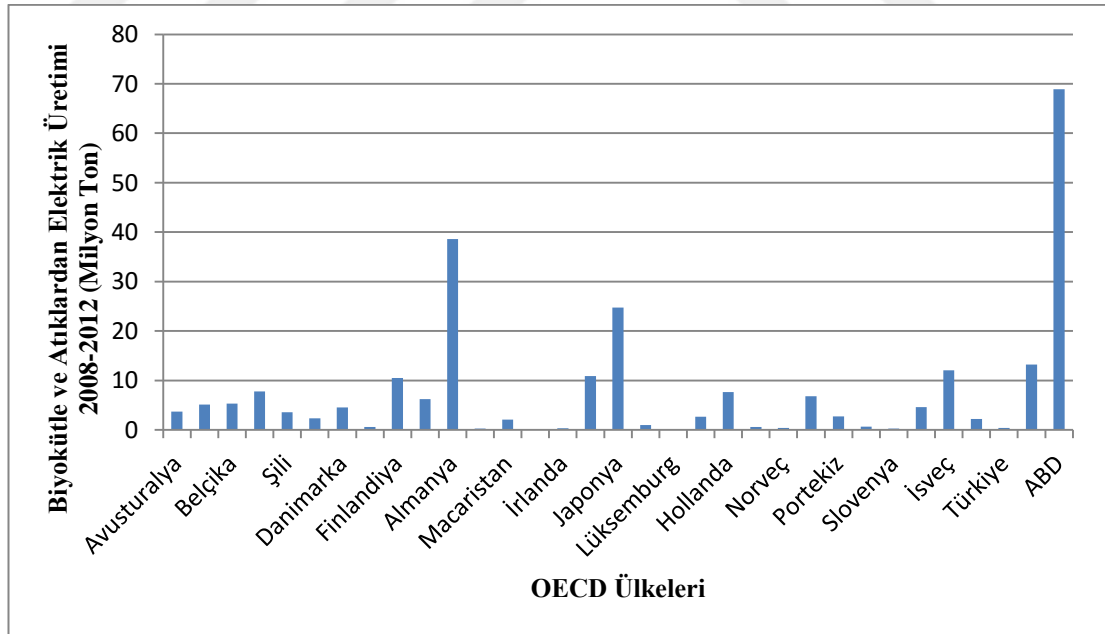
Bu çalışmanın bulgular başlığı altında; tanımlayıcı, kümeleyici ve sınıflayıcı yöntemlere ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Çalışmada toplam 33 OECD ülkesi üzerinde; kümeleme analizlerinden K-ortalama analizi ve sınıflayıcı tekniklerden; çoklu doğrusal regresyon analizi ile karar ağacı analizlerinden CR&T analizi uygulanmıştır. Bu ülkelerin gruplandırılmasında kullanılan veriler biyokütle ve atıklardan 2008-2012 yılları arasında gerçekleştirilen elektrik enerjisi üretim miktarıdır. Sınıflayıcı tekniklerde kullanılan değişkenler ise; biyokütle ve atıklardan elde edilen enerji üretimleri, birincil enerji tüketimi ve karbondioksit salınımıdır.

Sınıflayıcı analizlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda verilmiştir. Çizelge 6.1'de tanımlayıcı istatistikler gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Tanımlayıcı istatistikler.

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapması
Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi	6,094	8,645
Karbondioksit salınımı	202,187	271,142
Birincil enerji tüketimi	106,700	119,590

Çizelge 6.1'e göre biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi ortalaması 6.094 milyar kWh, standart sapması 8.645'tir. Karbondioksit salınımının ortalaması 202.187 milyon ton ve standart sapması 271.142'dir. Birincil enerji tüketiminin ortalaması 106.700 Mtep, standart sapması 119.590 Mtep bulunmuştur. Analizde kullanılan üretimde öne çıkan OECD ülkelerinin biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarları grafiği Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi [60].

Şekil 6.1'de biyokütle ve atıklardan 2008-2012 yılları arasında yapılan toplam elektrik enerjisi üretimi gösterilmektedir. Grafiğe göre yüksek gelişmişlik düzeyine sahip olan

Almanya, ABD ve Japonya, biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretiminde öne çıkan ülkeler olarak görülmektedir.

Türkiye'nin orta gelişmişlik düzeyine sahip olan bir ülke olarak diğer ülkelere göre daha az üretim gerçekleştirdiği söylenebilir.

OECD ülkelerinin 2002-2012 biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimine bakıldığında öncelikle ABD'nin diğer ülkeler arasında en yüksek üretim yapan ülke olduğu görülmektedir. ABD, 2002 yılında 67.23 milyar kWh üretim yapmıştır ve 2004 yılına kadar üretimine artarak devam etmiştir. Üretimi 2004-2009 yılları arasında dengesiz bir çizgide devam etmiştir. 2009 yılından 2012 yılına kadar artarak devam eden istikrarlı bir üretim gerçekleştirmiştir. ABD'nin 2002-2012 yılları arasındaki üretimi sadece % 5 artış göstermiştir.

OECD ülkelerinin yıllık ortalamasını önemli ölçüde etkileyen bir diğer ülke Almanya'dır. 2002 yılında 12.51 milyar kWh üretim yapan Almanya, 2012 yılına kadar her yıl üretimini artırarak istikrarlı bir çizgi sunmuştur. Almanya'nın 2002-2012 yılları arasındaki üretimi % 71 artış göstermiştir. Son verilere göre 2012 yılında 44.62 milyar kWh üretimle ikinci sırada yer almaktadır.

Japonya'nın 2002 yılı üretimi 16.54 milyar kWh'tır. 2012 yılına kadar artan üretim seyrine sahip olan Japonya'nın en fazla üretim farkı 2011-2012 yılları arasında meydana gelmiştir. 2012 yılı üretimi 33.22 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Japonya'nın 2002-2012 yılları arasındaki üretimi % 50 artış göstermiştir. İtalya 2002 yılında 3.51 milyar kWh üretim yapmıştır. 2012 yılına kadar 12.48 milyar kWh üretim gerçekleştirmiştir. Yıllar boyunca üretimini artırmıştır.

İtalya'nın 2002-2012 yılları arasındaki üretimi % 71 artış göstermiştir. İsveç 2002 yılında 4.43 milyar kWh üretim yapmıştır. 2012 yılında 11.64 milyar kWh üretim gerçekleştirmiştir. 2011 yılına kadar artan üretim seyri 2011 yılı sonunda düşüşe geçerek 2012 yılında 11.64 üretim gerçekleştirmiştir. İsveç'in 2002-2012 yılları arasındaki üretimi % 61 artış göstermiştir.

Öne çıkan bir diğer ülke olan Finlandiya'nın 2002 yılında yaptığı üretim 9.10 milyar kWh'tır. 2008 yılına kadar artarak devam eden üretim seyri, 2008 yılı sonunda düşüşe geçmiştir. 2012 yılı sonunda 11.04 milyar kWh üretim yapmıştır. Finlandiya'nın 2002-2012 yılları arasındaki üretimi % 17 artış göstermiştir. Birleşik Krallık 2002 yılında 7.94 milyar kWh üretim yapmıştır. 2002 yılından bu yana artarak devam eden üretim seyri 2006 yılından sonra çaz az miktarda düşüş yaşamıştır. 2009 yılından itibaren tekrar yükselişe geçmiştir. 2012 yılında ise tekrar 1 yıllık düşüş yaşayarak 14.23 milyar kWh üretim gerçekleştirmiştir. Birleşik Krallık'ın 2002-2012 yılları arasındaki üretimi % 44 artış göstermiştir.

OECD ülkeleri arasında öne çıkan ülkelerin dışında diğer ülkelerden 2002-2012 yılı üretimleri karşılaştırıldığında İsrail % 100, Estonya % 97, Macaristan % 95, Polonya % 91, Kore % 80 ve Çek Cumhuriyeti % 79 üretim artışı sağlamıştır. Türkiye % 40 üretim artışına sahip olurken, İsviçre ve Yunanistan düşüşe geçmiştir. Sırasıyla % 22 ve % 14 milyar kWh düşüş yaşamışlardır.

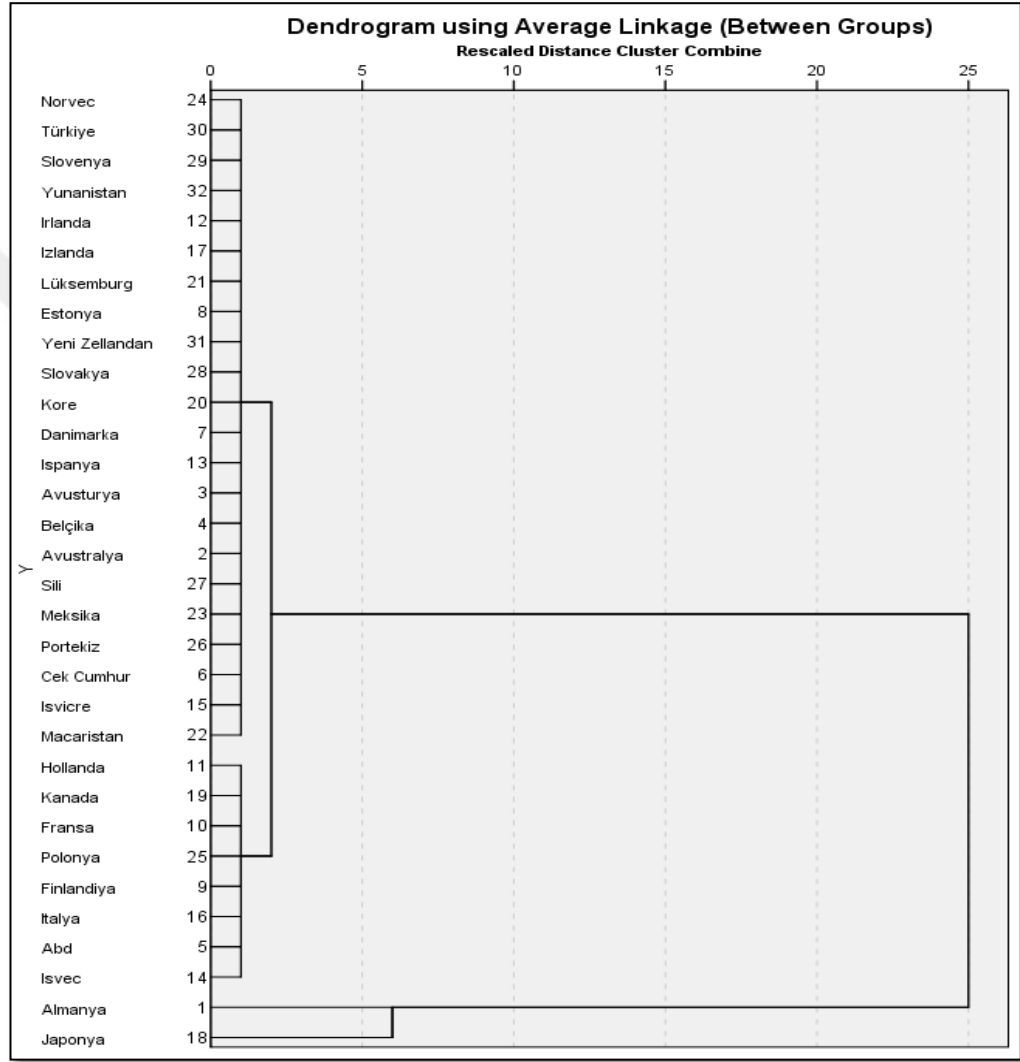
Bu verilere göre ABD en fazla üretimi yapmasına rağmen, 10 yılda en az üretim artışı gösteren ülke olmuştur. ABD'nin fazla üretim yapmasının sebebi, ormanlık alanların çok olması ve buna bağlı olarak odun yakımının yaygın olmasıdır. Diğer ülkelerden Almanya, İsveç, İtalya, Birleşik Krallık ve Japonya hem yüksek üretim yapan ülkeler arasında yer alırken, aynı zamanda 10 yılda üretimini ciddi oranda arttıran ülkeler olmuşlardır. Finlandiya ise ABD ile birlikte yüksek üretim yapan ülkelere olmasına rağmen 10 yılda üretim hacmini az miktarda artırmıştır. Türkiye ise diğer ülkelere göre az üretim yapmasına rağmen, 10 yılda % 70 oranında üretim artışı gerçekleştirmiştir. 2002 yılında 0.174 milyar kWh olan üretimini 2012 yılında 0.592 milyar kWh olarak gerçekleştirmiştir.

6.2.2. Kümeleme Analizi Bulguları

6.2.2.1. Hiyerarşik Kümeleme Yöntemi Bulguları

Hiyerarşik kümeleme yapılmasının amacı K-Ortalama analizinin daha gerçekçi yapılabilmesi ve küme sayısının belirlenmesidir. OECD ülkelerinin biyokütle ve

atıklardan elektrik enerjisi üretiminde karşılaştırılabilmesi için gruplar oluşturulur. Analizin doğru yorumlanması ve verimli sonuçlar elde edilebilmesi amacıyla hiyerarşik kümeleme analizi kullanılmıştır. Şekil 6.2'de hiyerarşik kümeleme yöntemi kullanılarak küme sayısına göre ülkelerin ait olduğu grupların olduğu dendogram gösterilmektedir.



Şekil 6.2. Gruplararası dendogram.

Şekil 6.2 incelendiğinde, Almanya ve Japonya dışındaki ülkeler arasındaki uzaklığın bir birim olduğu görülür. Ülkelerin 1 birim uzaklıkta birleşmesi, yıllara göre üretim seyri ve üretim miktarlarının birbirine benzer olduğunu ifade eder. Bu ülkeler, Almanya ve Japonya ile yaklaşık 6 birimde birleşmiştir. Bu kümenin özelliği bu ülkelerin biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimlerinin yakın değerler olması

ve yıllar arasındaki üretim artışı yüzdelerinin benzer olmasıdır. Ayrıca bu ülkelerin gelişmişlik endekslerinin (Almanya 0,916, Japonya 0,891), kişi başı enerji kullanımı değerlerinin (Almanya 3.868, Japonya 3.570) ve kişi başı milli gelirlerinin (Almanya 47.590 milyon ton, Japonya 42.000 milyon ton) yakın değerler alması da kümenin oluşturulmasında önemli bir etkidir.

Bu ülkelerdeki istihdam oranları (Almanya % 56,7, Japonya % 56,8) ve araştırma geliştirme harcama oranları (Almanya % 2,9, Japonya % 3,4) olarak diğer etkileyen göstergeler arasındadır. Bu gruplar arasındaki benzerlik altı birim uzaklığa karşılık gelmektedir. Hollanda, Kanada, Fransa, Polonya, Finlandiya, İtalya, ABD ve İsveç bir birim uzaklıkta birleşerek bir grup oluşturmuşlardır. Bu kümedeki ülkelerin ortak özelliği yüksek gelişmişlik endeksine sahip olmalarıdır. Ayrıca Kanada hariç GSYH değerleri de birbirine yakındır. Grupta Polonya kişi başı milli gelir düzeyinde biraz düşük değer olsa da gruptaki diğer ülkeler birbirine benzer değerlerde toplanmışlardır. Bu ülkelerin dışındaki ülkeler ise başka bir grup oluşturmuşlardır.

Dendograma göre üç küme bu şekilde oluşturulmuştur. Hiyerarşik kümeleme yapılmasının amacı K-Ortalama analizinin daha gerçekçi yapılabilmesi ve küme sayısının belirlenmesidir.

6.2.2.2. Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Yöntemi Bulguları

Hiyerarşik olmayan yöntemler arasından K-ortalama tekniği kullanılarak analiz yapılmıştır.

- K-Ortalama(Means) Tekniği Analizi

Hiyerarşik kümelemeden elde edilen veriler yardımıyla elde edilen küme sayısı, K-Ortalama kümeleme yönteminde kullanılmıştır. Oluşturulan dendogram küme sayısını göstermektedir. Yapılan analizde öncelikle hiyerarşik kümeleme yöntemiyle küme sayısı araştırılmıştır. Analiz sonucunda dendogram ülkeler arasındaki uzaklık ölçümlerine dayanarak 3 ayrı grup oluştuğunu göstermiştir. K-Ortalama tekniği kullanılarak önce 3 kümeli analiz yapılmıştır. Ülkelerin biyokütleden elektrik enerjisi

üretimi verilerine göre gruplama yapılmıştır. Aralarındaki uzaklık hesaplanarak birbirine en yakın ülkeler aynı gruba alınmıştır. K-Ortalama analizinde kümeleme üyeliği üç alınmış ve miktarsal anlamlı aşağıda Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Küme sayısına göre k-ortalama analizi.

Ülke Numarası	Ülkeler	Küme	Mesafe	Ülke Numarası	Ülkeler	Küme	Mesafe
1	Almanya	1	0.000	17	İzlanda	2	2.763
2	Avustralya	2	0.907	18	Japonya	3	10.473
3	Avusturya	2	2.378	19	Kanada	2	5.023
4	Belçika	2	2.531	20	Kore	2	1.789
5	ABD	3	1.086	21	Lüksemburg	2	2.637
6	Çek Cumhuriyeti	2	0.455	22	Macaristan	2	0.657
7	Danimarka	2	1.746	23	Meksika	2	0.127
8	Estonya	2	2.188	24	Norveç	2	2.347
9	Finlandiya	3	3.808	25	Polonya	2	4.006
10	Fransa	2	3.427	26	Portekiz	2	0.032
11	Hollanda	2	4.901	27	Şili	2	0.810
12	İrlanda	2	2.454	28	Slovakya	2	2.086
13	İspanya	2	1.868	29	Slovenya	2	2.517
14	İsveç	3	2.197	30	Türkiye	2	2.351
15	İsviçre	2	0.529	31	Yeni Zelanda	2	2.160
16	İtalya	3	3.381	32	Yunanistan	2	2.505

K-Ortalama kümeleme analizinde 6 yıllık veriler için küme sayısı üç alındığında; Almanya 1. kümede yer alırken ABD, İsveç, Japonya, Finlandiya ve İtalya 3. kümede yer alarak diğer ülkeler arasında dikkat çekmektedir. Çizelge 6.2'ye göre Türkiye 2.351 birim uzaklıkla 2'inci kümede yer almaktadır.

Almanya tek başına küme oluşturmuştur. Bu tabloda öne çıkan ülkelerin 2014 yılı gelişmişlik düzeylerine bakıldığında Almanya'nın 0,916 ile yüksek gelişmiş, ABD 0,915, Finlandiya 0,883, İsveç 0,907, 0,873 ve Japonya 0,891 gelişmişlik endeksleri ile yüksek gelişmiş ülkeler arasında yer almaktadır. Buna göre analiz sonucunun yüksek düzeyde gelişmişlik ile ilgili olduğu söylenebilir.

Gelişmişlik açısından orta gelişmişlik düzeyine sahip olan Türkiye üretim bazında ayırt edici bir yer edinmemiştir. Gelişmişlik düzeyinin artırıcı stratejiler

geliştirmelidir. Bu kriter tek başına yeterli değildir. Diğer ülke değişkenleriyle bağlantısı olup olmadığına bakılabilir.

Bir diğer değişken olarak ülkelerin 2014 yılı yenilenebilir enerji üretimleri incelendiğinde; 2.206.018 bin tonluk üretimle ABD 'nin diğer ülkelere göre açık ara önde bir üretim yaptığı görülmektedir. ABD'den sonra ilk 5 ülke Japonya, Kanada, Fransa, Kore ve Almanya'dır. Bu ülkelerden Japonya ve Almanya üretimleriyle kümeleme analizinde öne çıkmaktadır. Bu ülkeleri 100.000 bin ton üzeri yenilenebilir enerji üretimleriyle İtalya, Meksika, Avusturalya, İspanya, Türkiye ve Birleşik Krallık takip etmektedir.

Analizde bu ülkelerden sadece İtalya 3'ncü kümede yer alarak ABD ile aynı gruba dâhil olmuştur. Diğer ülkeler 2. kümede yer almıştır. 3'ncü. kümede yer alan son iki ülke olan İsveç ve Finlandiya ise 46.647,5 ve 34.226,5 birim üretim yapmıştır ve bu da biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretiminin yenilenebilir enerjideki payının yetersiz kaldığı anlamına gelmektedir.

Ülkelerin gayri safi yurtiçi hasıla yüzdeleri; % 10,6, Almanya % 11,5, Finlandiya % 20, İsveç % 20,7, İtalya % 22,4 ve Japonya % 10,1 şeklindedir. Yüksek gayri safi yurtiçi hasılaya sahip ülkelerden; Danimarka, Yeni Zellanda, Birleşik Krallık ve Lüksemburg gibi ülkelerin 3. kümede yer aldığı görülmektedir. Çok yakın değerlere sahip İtalya ve İzlanda'nın ise farklı kümelerde yer aldığı görülmektedir. Buna göre GSYH ile kümeleme analizi arasında doğrudan bağlantı olmadığı, bu değişkenin tek başına belirleyici olmadığı görülmüştür.

Ülkelerin 2013 yılı toplam elektrik üretimleri ve 2014 yılı birincil enerji tüketimlerine bakıldığında; ABD 4.093.190 GWh toplam elektrik üretimi ile en yüksek oranda üretim yapan ülke olmuştur. ABD'yi, Japonya, Almanya, Kanada, İtalya ve İsveç takip etmektedir. 3. grupta öne çıkan ülkelerden Finlandiya ise düşük bir toplam elektrik üretimiyle gerilerde yer almıştır. Ülkelerin sanayisine bakıldığında kümelenen ülkelerin benzer değerlere sahip oluğu görülürken sanayi ile de analizin doğrudan ilişkili olduğu söylenebilir.

Kümeleme analizi sonuçlarıyla elde edilen kümelemelerdeki benzer ülkeler ile sanayileri, toplam elektrik üretimi ve birincil enerji tüketimleri incelendiğinde ülkelerin benzer olduğu görülmektedir. Bunlar arasında güçlü bir bağlantı olduğu söylenebilir.

6.2.3. Sınıflayıcı Modellere İlişkin Bulgular

Bu çalışmada sınıflayıcı modeller yardımıyla belirlenen kriterlerin çıktı değişkenini nasıl etkilediğinin belirlenmesi ve ülkelerin karşılaştırılmasının yapılması amaçlanmıştır. En doğru kararın verebilmesi için hangi modelin daha kullanılabilir olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Sınıflayıcı yöntemlerden çoklu doğrusal regresyon analizi ve karar ağacı analizi yöntemlerinden CR&T ve Chart algoritmalarına ilişkin hata bulguları elde edilmiştir. Analiz sonuçları Şekil 6.3'de karşılaştırılmıştır. Yöntemler karşılaştırıldığında, hata payı düşük olan yöntemin daha doğru ve güvenilir olduğu değerlendirilmektedir.

Results for output field biyokütle ve atıklardan e.e.ü.	
Individual Models	
Comparing \$R-biyokütle ve atıklardan e.e.ü. with biyokütle ve atıklardan e.e.ü.	
Minimum Error	-2.663
Maximum Error	3.248
Mean Error	-0.0
Mean Absolute Error	0.804
Standard Deviation	1.307
Linear Correlation	0.988
Occurrences	32
Comparing \$R1-biyokütle ve atıklardan e.e.ü. with biyokütle ve atıklardan e.e.ü.	
Minimum Error	-4.884
Maximum Error	9.646
Mean Error	0.0
Mean Absolute Error	2.542
Standard Deviation	3.623
Linear Correlation	0.908
Occurrences	32
Comparing \$E-biyokütle ve atıklardan e.e.ü. with biyokütle ve atıklardan e.e.ü.	
Minimum Error	-14.053
Maximum Error	28.186
Mean Error	0.0
Mean Absolute Error	4.539
Standard Deviation	7.079
Linear Correlation	0.574
Occurrences	32
Agreement between \$R-biyokütle ve atıklardan e.e.ü. \$R1-biyokütle ve atıklardan e.e.ü. \$E-biyokütle ve atıklardan e.e.ü.	
Comparing Agreement with biyokütle ve atıklardan e.e.ü.	
Minimum Error	-6.016
Maximum Error	9.395
Mean Error	0.0
Mean Absolute Error	2.366
Standard Deviation	3.264
Linear Correlation	0.947
Occurrences	32

Şekil 6.3. Sınıflayıcı algoritma karşılaştırmaları.

Şekil 6.3'e göre 3 algoritma karşılaştırılmıştır. Maximum-minimum hata değerleri, ortalama ve standart hatalar hesaplanmıştır. Mean absolute error değerinin en düşük olduğu algoritma en güvenilir algoritmadır. Bu analizde CR&T analizinin değerinin 0.804 ile algoritmalar arasında en düşük değere sahip oldu görülmektedir. Buna göre CR&T analizi en güvenilir analiz olmuştur.

6.2.3.1. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Bulguları

Sınıflayıcı tekniklerden çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. Bu çalışmada; biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimini etkileyen değişkenleri ve bu değişkenlerin önem derecelerini bulmak için çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. Çoklu doğrusal regresyon analizinin yapılmasının amacı karar ağacı analizi ile karşılaştırma yapılmasını sağlamak ve korelasyon analiziyle değişkenler arası ilişkiyi ortaya çıkarmaktır. Analizde; biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi, karbondioksit salınımı, birincil enerji tüketimi değişkenlerine ilişkin aralarındaki matematiksel modeli görmek için ve ilişki analizi için korelasyon analizi kullanılmıştır.

- Modelin Özeti

Çizelge 6.3'de model özeti aşağıda verilmiştir. R^2 değerlerine bakıldığı zaman % 33 bulunmuştur. Analizde kullanılan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının çok yüksek olmadığı değerlendirilmektedir.

Çizelge 6.3. Regresyon model özeti.

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Standart Hatası	Durbin watson
1	0,574 ^a	0,330	0,283	7,319	2,232

Çizelge 6.3'de regresyon analizinde hata terimlerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayılır. Durbin Watson katsayısı ile bu varsayımın testi yapılır. Hata terimlerinin birbirlerini etkileyip etkilemedikleri sonuçları yani otokorelasyon olup-olmadığı sonuçları elde edilmeye çalışılır. Durbin-Watson değeri 0 ile 4 arasında

değişmektedir. Çizelge 6.3'de 2,232 Durbin Watson test değeridir ve kabul edilebilir bir değerdir. Durbin-Watson katsayısı için ayrıca $1,5 < DW=2,232 < 2,5$ şartını sağladığı için otokorelasyon yoktur denir. Bu regresyon modelinin anlamlı olup olmadığını anlamak için incelenen Anova testi sonuçları Çizelge 6.4'de yer almaktadır.

Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni tahminlediği düşünülen modelde şu hipotezler kurulmuştur:

H_0 =Model anlamsızdır.

H_s =Model anlamlıdır.

- Anova Tablosu

Çizelge 6.4. Regresyon modeli anova sonuçları.

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karelerin Ortalaması	F	Önem Derecesi
Regresyon	763,557	2	381,779	24,245	0,003
Artıklar	1553,519	29	53,570		
Toplam	2317,076	31			

Çizelge 6.4'de ANOVA tablosu özeti yukarıda verilmiştir. Varyans analizi ile değişkenlerin ortalamaları arasında fark olup olmadığı ile ilgili hipotez test edilmeye çalışılacaktır. F değeri 24,245 ve önem derecesi değeri 0,003 olarak bulunmuştur.

Bu testin sonucunda ortaya çıkan F değerine karşılık gelen p anlamlılık seviyesi 0,05'ten küçük olduğu için söz konusu regresyon modelinin açıklayıcılığı istatistiksel açıdan önemlidir ve H_0 hipotezi reddedilir. Yani kurulan model anlamlıdır ($p=0,003 < 0,05$). H_0 hipotezinin red edilmesi modelin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu gösterir.

- Katsayılar Tablosu

Mevcut modelin değişkenlerinin modele olan katkılarını belirlemek amacıyla regresyon analizinden elde edilen ve Çizelge 6.5'de görülmekte olan katsayılar tablosu incelenmiştir.

Çizelge 6.5. Çoklu doğrusal regresyon modeli/bağımsız değişkenler ve katsayıları.

Model		Katsayılar		Standart Katsayılar	t	Önem Düzeyi
		B	Std. Hata	Beta		
1	Sabit Karbondioksit	1,489	1,801		0,827	0,415
	salınımı	0,003	0,006	0,087	0,489	0,629
	Birincil enerji tüketimi	0,038	0,013	0,525	2,957	0,006

Çizelge 6.5'e göre katsayılar tablosunda önem değerleri incelendiğinde Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimini etkileyen en önemli değişkenin, birincil enerji tüketimi olduğu görülmüştür. Modelin tahmini sonucu parametre değerleri ve bunlara ilişkin t değerleri verilmiştir. Parametrelere ait t istatistik değerlerine bakıldığında, modele dâhil edilen her bir değişkenin ayrı ayrı (% 5 anlamlılık düzeyinde) anlamlı olmadığı görülmektedir.

- Değişkenlerin Tanımlayıcı Değerleri

Modele dâhil edilen değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 6.6'da gösterilmiştir:

Çizelge 6.6. Değişkenlerin tanımlayıcı değerleri.

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapması	N
Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi	6,094	8,645	32
Karbondioksit salınımı	202,187	271,142	32
Birincil enerji tüketimi	106,700	119,590	32

Çizelge 6.6'da bağımlı değişken olan biyokütle ve atıklardan elektrik üretim miktarının ortalaması ve standart sapması $6,094 \pm 8,645$ milyar kWh olarak gerçekleşmiştir.

- Kişi başı enerji kullanımı miktarının ortalaması ve standart sapması $4,365 \pm 2,962$ kg petrol eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir.
- Karbondioksit salınımı miktarının ortalaması ve standart sapması 202 ± 271 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.
- Korelasyon Tablosu

Korelasyon analizi değişkenler arasındaki ilişkileri araştırmak için yapılmış olup Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Korelasyon tablosu.

Korelasyonlar		Biyokütle ve Atıklardan Elektrik Enerjisi Üretimi	Karbondioksit Salınımı	Birincil Enerji Tüketimi
Biyokütle ve Atıklardan Elektrik Enerjisi Üretimi	Pearson Korelasyon Katsayısı	1,000	0,357	0,569
	Önem Düzeyi (1-tailed)	-	0,022	0,515
Karbondioksit Salınımı	Pearson Korelasyon Katsayısı	0,357	1,000	1,000
	Önem Düzeyi (1-tailed)	0,022*	-	0,000
Birincil Enerji Tüketimi	Pearson Korelasyon Katsayısı	0,569	0,515	0,001
	Önem Düzeyi (1-tailed)	0,000*	0,001	-

* $p < 0,05$

Çizelge 6.7'ye göre Pearson korelasyon tablosuna bakıldığında bağımlı değişken olan biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarı ile birincil enerji tüketimi miktarı (0,569) arasında yüksek düzeyde bir ilişkin ve karbondioksit salınımı (0,357) arasında orta düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayısının önemlilik düzeylerine bakılacak olursa; biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarı ile karbondioksit salınımı miktarı arasında korelasyon önemli ($p=0,02 < 0,05$) ve ilişkinin derecesi 0,022 bulunmuştur. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarı ile birincil enerji tüketimi miktarı arasında korelasyon önemli ($p=0,00 < 0,05$) ve ilişkinin derecesi 0,00 bulunmuştur. İlişki düzeylerinin ikisinin pozitif olduğu göz önüne alındığında bağımsız değişkenlerin bu ikisindeki artış, bağımlı değişken değerini de arttırıcı bir unsur olarak değerlendirilebilir. Çoklu doğrusal regresyon varsayımlarının sağlanması aşağıda gösterilmektedir.

Otokorelasyon: Modelde bağımsız değişkenler arasındaki otokorelasyon göstergesi Durbin Watson değeri literatürde genellikle 1,5 - 2,5 arasında olmasını gerektirir. Çizelge 6.8'de Durbin Watson değeri gösterilmiştir:

Çizelge 6.8. Model özeti tablosundan otokorelasyonun tespiti.

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Standart Hatası	Değişim İstatistikleri					Durbin-Watson
					R ² Değişimi	F Değişimi	df1	df2	F Önem Düzeyi	
1	0,574 ^a	0,330	0,283	7,319	0,330	7,127	2	29	0,003	2,232

a. Belirleyiciler: (Sabit), birincil enerji tüketimi, karbondioksit salınımı.

Modelde Durbin Watson değeri 2.232 bulunduğu hata teriminin birbirini izleyen değerleri arasında ilişki bulunmamakta yani otokorelasyon oluşturmamaktadır.

Çoklu Doğrusal Bağlantı: Modelin koşul endeksi ve öz değer vektör değerleri Çizelge 6.9'da gösterilmiştir:

Çizelge 6.9. Eşdoğrusallık testi.

Model Boyut		Özdeğer Vektörleri	Koşul İndeksi (CI)
1	1	2,324	1,000
	2	0,400	2,411
	3	0,276	2,904

CI koşul endeksinin > 30 olduğu durumlarda ve özdeğer vektörlerinin değerlerinden birden fazlası sıfıra çok yakın değerler alıyorsa çoklu bağlantı probleminden bahsedilebilir. Koşul indekslerinin tümü 30'dan küçük olup, özdeğer vektörlerinin değerlerinden sadece bir tanesi sıfıra yakın değer almaktadır.

Söz konusu testlerin yanı sıra, çoklu doğrusallık sorununun tespitinde kullanılabilecek diğer yöntemler ise, Varyans Artış Faktörü (Variance Inflation Factors – VIF) değeri ile tolerans değerinin belirlenmesidir. Çizelge 6.10'da tolerans ve VIF değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.10. Tolerans ve VIF değerleri.

Model	Standart Olmayan Katsayılar		Standart Katsayılar	t	Önem Düzeyi	Korelasyonlar			Eş Doğrusallık İstatistikleri	
	B	Std. Hata	Beta			Sıfırıncı Derece	Kısmi	Parça	Tolerance	VIF
Sabit	1,489	1,801		0,827	0,415					
Karbondioksit salınımı	0,003	0,006	0,087	0,489	0,629	0,357	0,090	0,074	0,735	1,361
birincil enerji tüketimi	0,038	0,013	0,525	2,957	0,006	0,569	0,481	0,450	0,735	1,361

a. Bağımsız değişken: biyokütle v eatıklardan elektrik enerjisi üretimi.

Bu noktada çoklu bağlantı problemi oluşturabileceği için değişkenler arasında güçlü ilişki olması istenmez [74]. VIF değerleri 5'in altında ve tolerans değerleri 0,2'nin üzerinde olan verilerde çoklu doğrusal bağlantı yoktur. VIF faktörleri tüm bağımsız değişkenlerde 5'in altındadır. Tolerans istatistikleri ise tüm değişkenlerde 0,2'nin üzerindedir.

Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon değerlerinden tümünün 0,90'dan küçük olduğu da göz önüne alındığında modelde çoklu bağlantı sorunu olmadığı söylenebilir (Çizelge 6.9).

Parametre değerlerine ait t istatistiklerinden modele dâhil edilen her bir değişken ayrı ayrı (%5 anlamlılık düzeyinde) anlamlıdır. Çizelge 6.9'da de görüldüğü üzere sabit terim $1,489 \pm 1,801$ bulunmuştur.

Karbondioksit salınımı miktarına ait parametre değeri 0,003 bulunmuştur. Bunun anlamı karbondioksit salınımı miktarındaki bir birimlik artışın toplam üretim miktarını 0,003 birim arttıracaktır. Değişkenlerin regresyon katsayılarının pozitif olması bu değişkenlerin bağımlı değişkene pozitif yönde etkisi olduğu sonucunu vermektedir.

Beta katsayılarına bakıldığında bağımlı değişken olan üretim miktarını etkileyen en önemli bağımsız değişkenin birincil enerji tüketim miktarı olduğu görülmektedir.

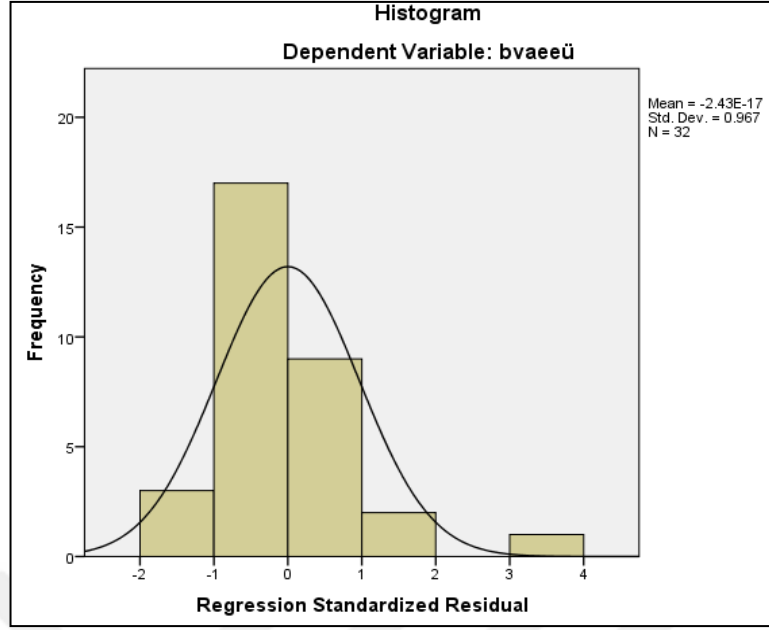
Sıfır dereceli korelasyonlar, basit korelasyon katsayılarıdır. Bu katsayılar bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi gösterir. Örneğin biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarı ile birincil enerji tüketim miktarı arasında 0,569'luk orta derecede bir korelasyon vardır ve pozitif yöndedir. Diğer değişkenin sıfır dereceli korelasyon katsayısı, karbondioksit salınımı ile toplam elektrik üretimi miktarı arasında olup pozitif yönde 0,357 derecesinde düşük bir korelasyon oluşmuştur. Artıkların istatistik değerleri Çizelge 6.11'de gösterilmiştir:

- Artıklar Tablosu

Çizelge 6.11. Artıkların istatistiği.

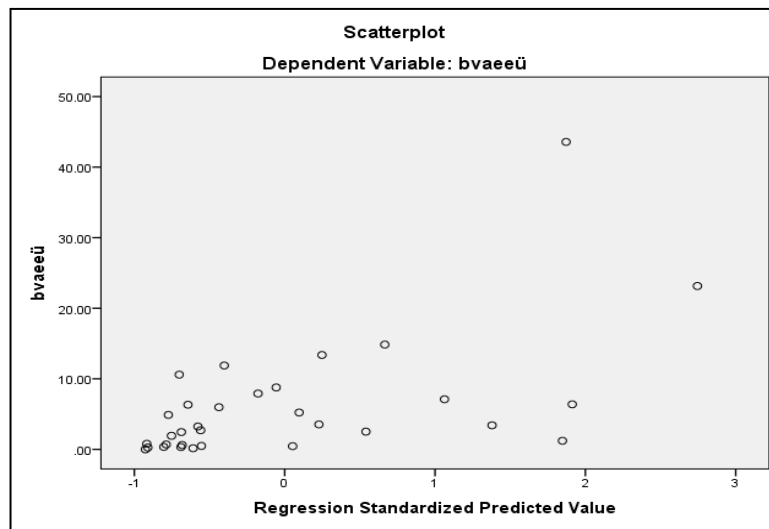
	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Sapma
Artık	-14,053	28,186	0,000	7,079

Artıklar bir regresyon modelinin uygulanmasından sonra açıklanmayan değişkenliği gösterir. Bağımlı değişken Y'nin gözlenen değeri ile tahmin edilen değeri (Y-Y') arasındaki sapma puanları olan, tahminde yapılan hatadır. Modelde artıkların minimum değeri -14,053, maksimum değeri ise 28,186 bulunmuştur. Artıkların ortalaması da 0 bulunmuştur. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi histogram ve serpilme diyagramı Şekil 6.4'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi histogram.

Şekil 6.4' de bağımlı değişken, standardize edilmiş artıkların dağılımları ve sıklıkları görülmektedir. Standart artık değişkenler çoklu doğrusal regresyonda bir gözlem için artık ya da hatayı değerlendirmek üzere kullanılan bir istatistiktir. Artık değerlerinin sıfır olması veya sıfıra yakın olması, çalışmanın başarılı olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 6.5'de biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi serpilme diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi serpilme diyagramı.

Şekil 6.5'de Saçılma Diyagramı (Scatter Diagram) görülmektedir. İki değişken arasındaki ilişkiyi görsel olarak özetlemede kullanılan bir diyagramdır. Genellikle doğrusal bir ilişki katsayısını veya regresyon doğrusunu bulmadan önce çizilir. Bu diyagram, X ve Y değişkenlerine ait puanların her bir çiftinin iki eksenli düzlemdeki yerlerini noktalarla gösterir. Ortaya çıkan örüntü, iki değişken arasındaki ilişkinin tipini ve gücünü gösterir. Bu değerlerin 0'da kümelenmesi, bir başka ifadeyle 0 'da yoğunlaşması çalışmanın başarılı olduğu anlamına gelir. Analizde sonucunda değerler 0 ve -1 arasında yoğunlaşmıştır. Serpilme sıfıra yakın olduğu için çalışma başarılı sonuçlar elde etmiştir denilebilir.

- Çoklu Doğrusal Regresyon Denklemi

Modeldeki çoklu doğrusal regresyon denklemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\text{Biyokütle ve Atıklardan Elektrik Enerjisi Üretim Miktarı} = 1,489 + (0,038 \times \text{Birincil Enerji Tüketimi}) + (0,003 \times \text{Karbondiyoksit Salınımı})$$

Yapılan çoklu doğrusal regresyon analizi sonucunda, öncelikle sonuçların varsayımları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Değişkenler arası korelasyon ilişkisi de incelenerek model oluşturulmuştur. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimini en fazla etkileyen iki değişken incelenmiştir. Bu iki değişkenden birincil enerji tüketimi değişkeninin biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi değerlerini karbondiyoksit salınımından daha fazla etkilediği görülmüştür. Birincil enerji, kullanılmaya elverişli enerjilere çevrilerek doğaya kazandırılmaktadır. Elektrik üretiminde hidroelektrik ve diğer yenilenebilir kaynakların hem küresel bazda hem de birincil enerji tüketimi bazında rekor hisselere ulaşmış olması da biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimini önemli ölçüde etkilemiştir.

Ülkelerin 2014 yılı birincil enerji tüketim miktarları incelendiğinde, ilk sırada yer alan ülkenin 2298.7 milyon ton üretimle açık ara fark ile ABD olduğu görülmektedir. ABD' yi takip eden ülkeler ise; Japonya, Almanya, Kanada, Kore ve Fransa olmuştur. Bu ülkelere bakıldığında yüksek gelişmiş ülkeler arasında olduğu ve gelişmiş sanayilere sahip olduğu görülmektedir. Türkiye 125.3 milyon ton birincil

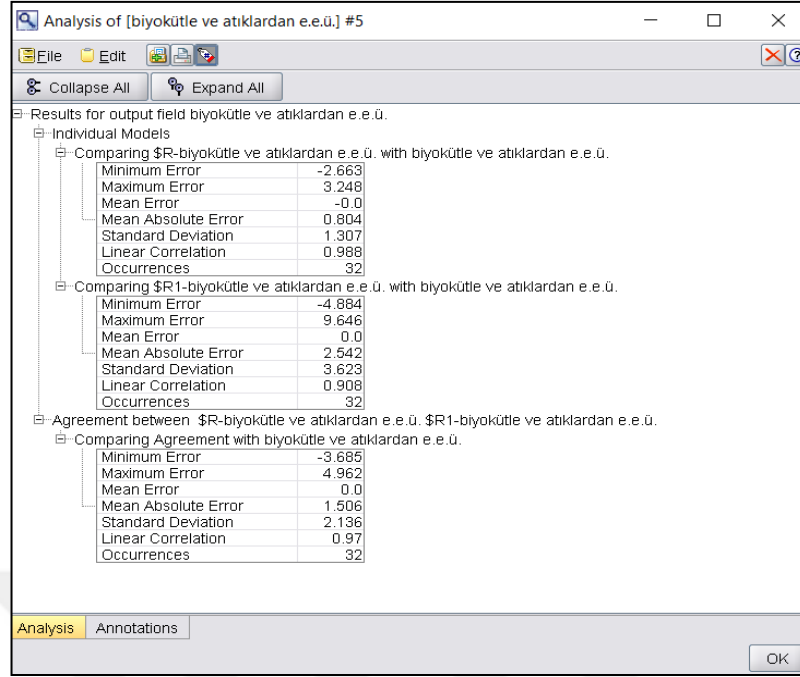
enerji tüketimine sahip olmuştur ve dünyada bu alanda önemli yere sahip olan ülkeler arasındadır.

Ülkelerin sanayisinin göstergesi olan CO₂ salınımı miktarlarına bakıldığında ilk sıralarda Kore, Almanya, Lüksemburg, Kanada, Hollanda ve ABD yer almaktadır. Karbondioksit salınımını fazla olması ülkenin sanayi varlığının fazla olması anlamına gelmektedir. Birinci sırada Kore olmakla birlikte biyokütleden elektrik enerjisi üretimi konusunda da 2012 yılı biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretiminde 1.174 milyar kWh üretimle dünyada oldukça geride kalan bir ülke olmuştur.

Analizlerde öne çıkan ülkelerden ABD ve Almanya' nın ise sanayisinin gelişmiş olmasıyla birlikte biyokütle üretimleri sırasıyla 71.4 ve 44.6 milyar kWh'tır. Sanayisiyle doğru orantılı olarak dünyanın önde gelen biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi yapan ülkeleri arasında bulunmaktadır. Türkiye'nin karbondioksit salınımı 42 milyon ton ile sanayi oranı düşük ülkeler arasındadır. Mevcut biyokütle potansiyeline rağmen biyokütle üretimi 0.592 milyar kWh ile üretimi düşük ülkeler arasındadır.

6.2.3.2. Karar Ağacı Analizi Bulguları

Bu çalışmada belirlenen iki değişkenin çıktı üzerindeki etkisini ve tahmini üretim değerlerinin saptanması amacıyla karar ağacı analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda en doğru kararın verebilmesi için hangi modelin daha kullanılabilir olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Karar ağacı analizi yöntemlerinden CR&T analizi ve Chart algoritmalarına ilişkin hata bulguları elde edilmiştir. Analiz sonuçları Şekil 6.6'da karşılaştırılmıştır. Yöntemler karşılaştırıldığında hata payı düşük olan yöntemin daha doğru ve güvenilir olduğu değerlendirilmektedir. Buradaki amaç hata payını en aza indirerek daha güvenilir sonuçlar elde etmektir.

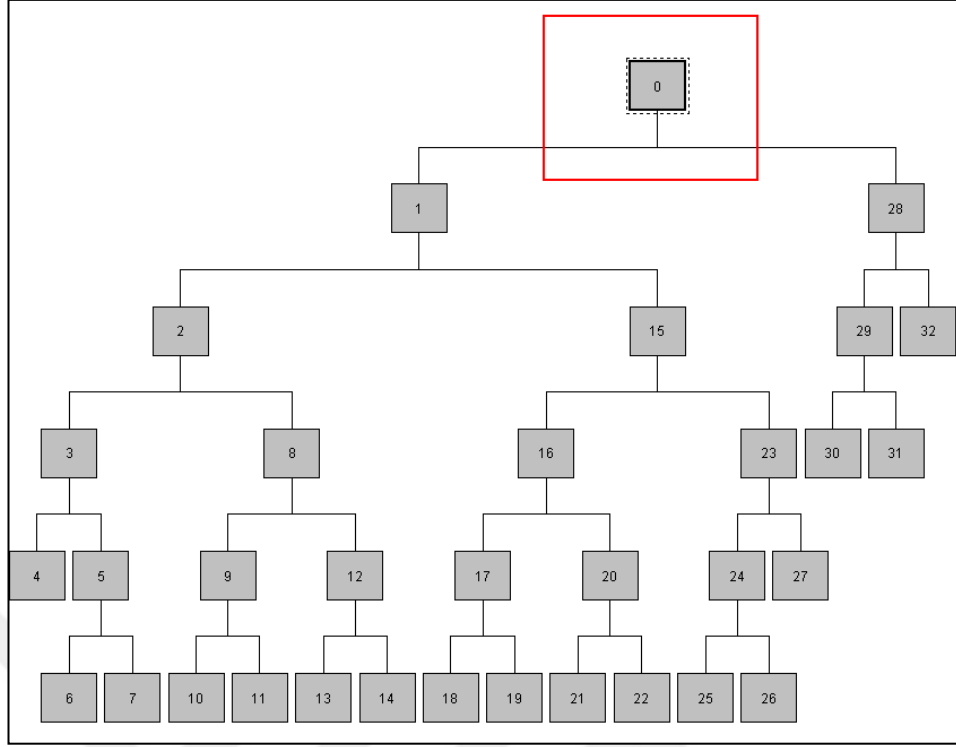


Şekil 6.6. CR&T ve Chaid algoritma karşılaştırmaları.

Şekil 6.6'ya göre analiz sonucunda, hata oranına bakıldığında; mutlak hata oranı (mean absolute error) CR&T algoritmasında 0,804 çıkmıştır. Chaid algoritmasında ise mutlak hata oranı (mean absolute error değeri) 1,506 bulunmuştur. Hatası diğerine göre daha düşük çıkan algoritma CR&T algoritması olmuştur. Bu durumda CR&T algoritmasının sonuçlarının, Chaid algoritmasının sonuçlarına göre daha güvenilir çıktığı görülmektedir.

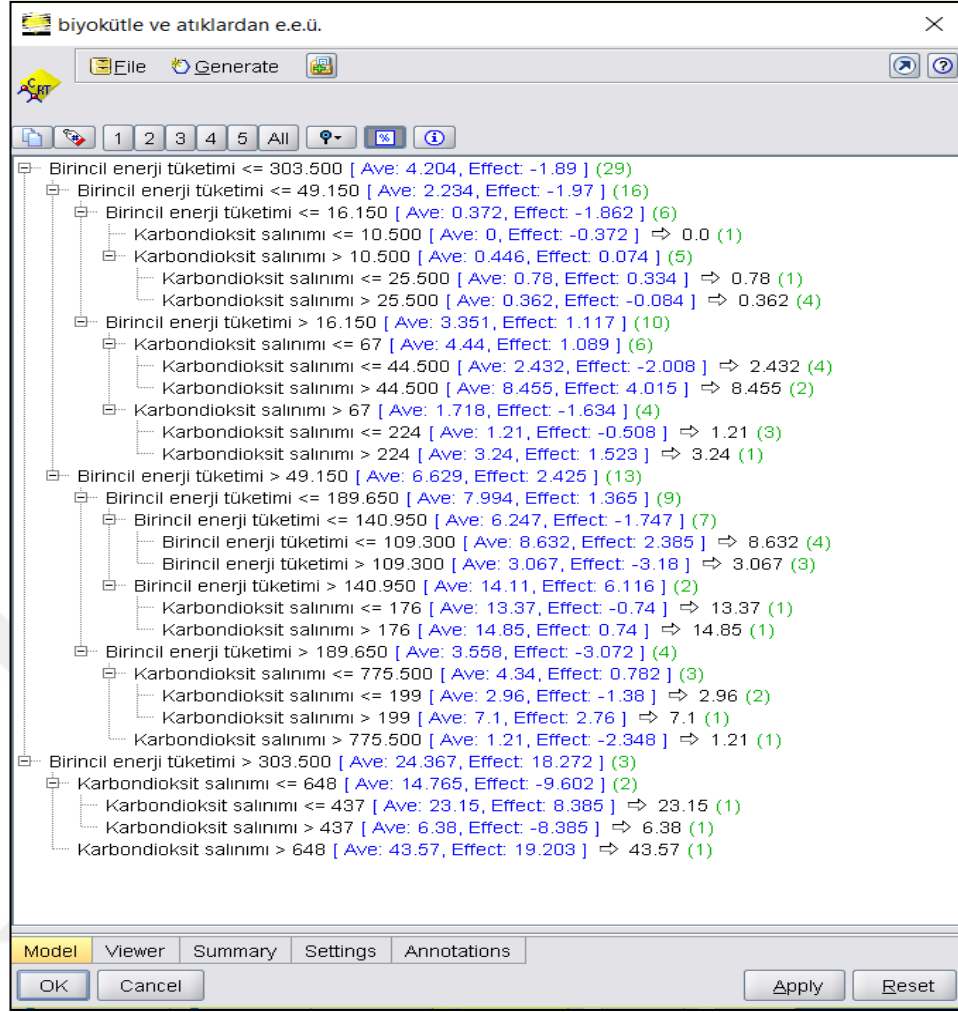
- C&R Tree Algoritması

C&R Tree algoritması karar ağacı modeli incelenirken ülkelerin biyokütleden enerji üretimlerine ilişkin karar ağacı bulguları Şekil 6.7'de ve düğüm 0 karar ağacı analiz sonuçları Şekil 6.10'da gösterilmektedir.



Şekil 6.7. Üretim miktarı tahmini için oluşturulan karar ağacı.

Şekil 6.7'ye göre 'birincil enerji tüketimi', biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarını etkileyen en önemli bağımsız değişken olarak görülmüştür. Bu analize ilişkin algoritma sonucu aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.8. CR&T analizine ilişkin kurallar bütünü.

Şekil 6.8 incelendiğinde; birincil enerji tüketimi ≤ 303.500 Mtep iken, tahmini üretim miktarı 4.204 milyar kWh;

Birincil enerji tüketimi ≤ 49.150 Mtep iken, tahmini üretim miktarı 2.234 milyar kWh;

Birincil enerji tüketimi ≤ 16.150 Mtep iken, tahmini üretim miktarı 0.372 milyar kWh,

Karbondioksit salınımı ≤ 10.500 milyon ton iken, tahmini üretim miktarı 0'dır.

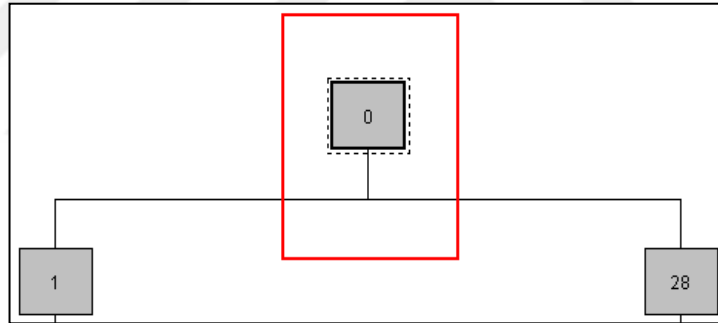
Karbondioksit salınımı > 10.500 milyon ton iken, tahmini üretim miktarı 0.446 milyar kWh;

Karbondioksit salınımı ≤ 25.500 milyon ton iken, tahmini üretim miktarı 0.78 milyar kWh;

Karbondiyoksit salınımı > 25.500 milyon ton iken, tahmini üretim miktarı 0.362 milyar kWh olarak bulunmuştur.

Sonuçlar incelendiğinde; birincil enerji tüketiminin artarken, biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi tahmini üretiminin de arttığı görülmektedir. Bu dallanmada değişkenle arasında doğru orantı olduğu görülmektedir. Karbondiyoksit salınımı arttığında ise biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi tahmini üretiminin azaldığı görülmektedir. Bu dallanmada değişkenle arasında ters ilişki bulunmaktadır.

Modelin doğruluğu, değişkenlerin, yaptıkları dallanmalarla istenilen değerleri ne oranda yakalamış olduğuna göre ölçülebildiği gibi, ağaçtaki kuralların gerçek hayata ne derece uygun olduğu ile de ölçülebilir. CR&T algoritması sonucunda elde edilen karar ağacının başlangıç düğümü (Node) Şekil 6.9'da, tahmini üretim miktarı ise Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Karar ağacının başlangıç düğümü.

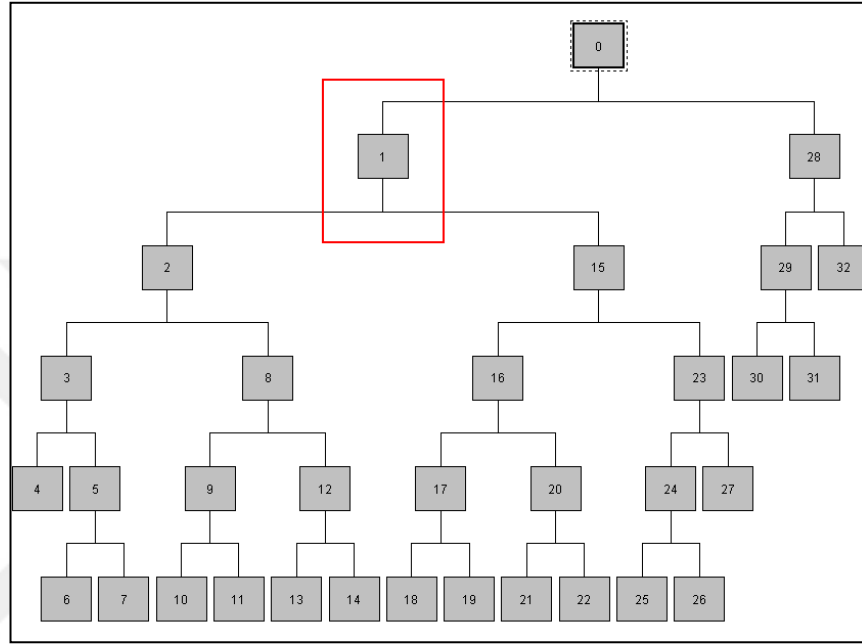
\$R-biyokütle ve atıklardan e.e.ü.

Node 0	
n	32
%	100.000
Predicted	6.094

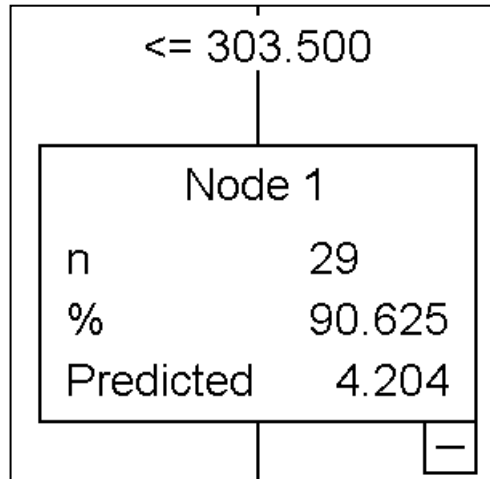
Birincil enerji tüketimi

Şekil 6.10. Düğüm 0: Tahmini üretim miktarı.

Şekil 6.10'a göre üretim miktarına etki eden faktörler; birincil enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı incelendiğinde; üretim miktarına etki eden en önemli faktörün, birincil enerji tüketim miktarı olduğu görülmüştür. Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de sırasıyla karar ağacının birinci düğümü ve tahmini üretim miktarı gösterilmiştir.

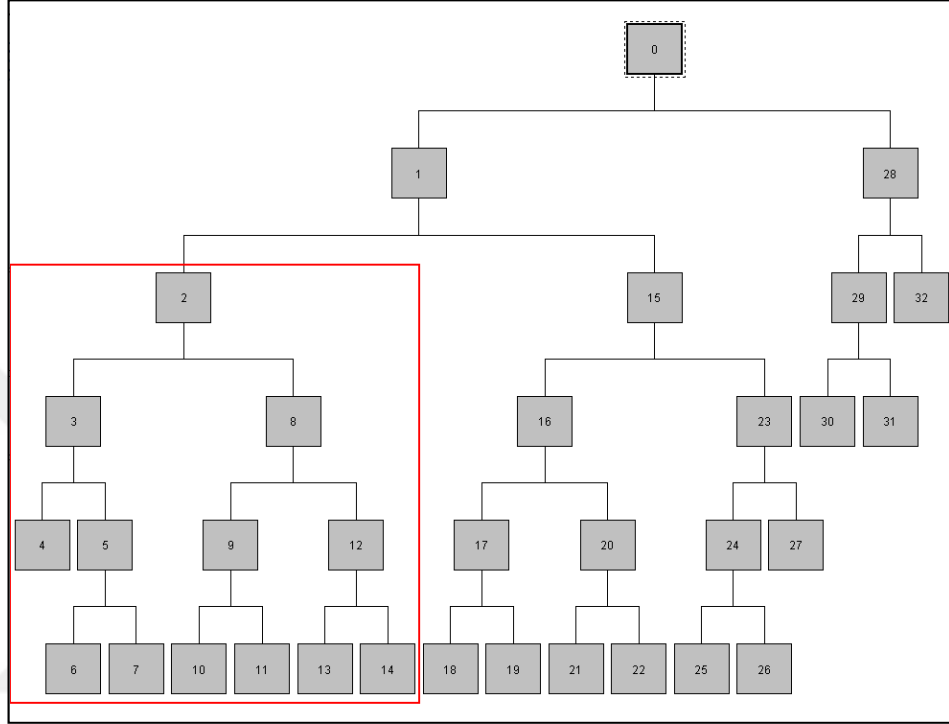


Şekil 6.11. Karar ağacının birinci düğümü.

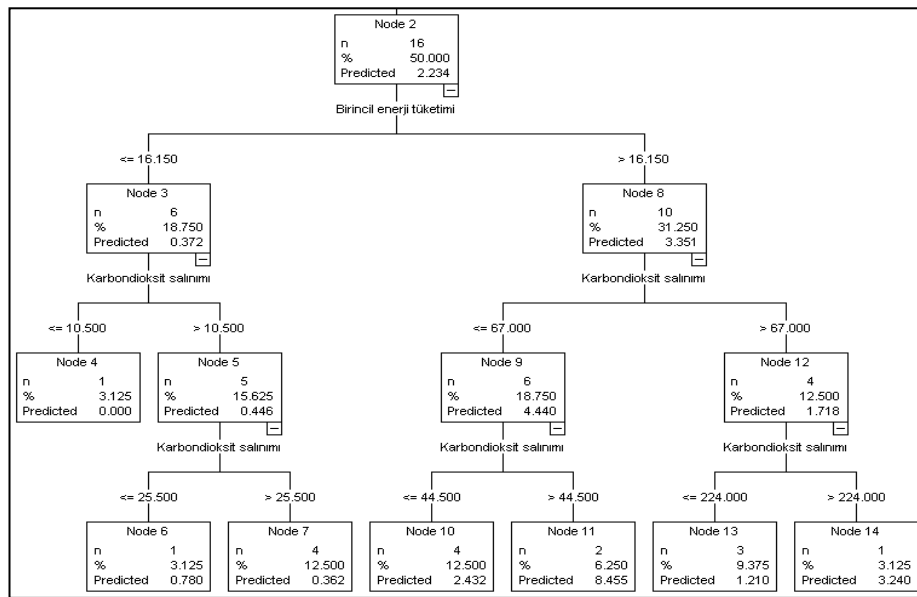


Şekil 6.12. Düğüm 1: Tahmini üretim miktarı.

Birincil enerji tüketim miktarının ≤ 303.500 Mtep olduğu durumda tahmini biyokütle ve atık üretim miktarının 4.204 milyar kWh olduğu tahmin edilmiştir. Şekil 6.13 ve Şekil 6.14'de sırasıyla karar ağacının 2-14 düğümleri ve tahmini üretim miktarları gösterilmiştir.



Şekil 6.13. Karar ağacının 2-14 düğümleri.



Şekil 6.14. Düğüm 2-14: Tahmini üretim miktarları.

Birincil enerji tüketimi ≤ 16.150 petrol eşdeğeri milyon ton iken tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 0.372 milyar kWh'tır.

Karbondioksit salınımı ≤ 10.500 milyon ton iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 0.000 milyar kWh'tır.

Birincil enerji tüketimi > 16.150 Mtep iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 3.351 milyar kWh'tır.

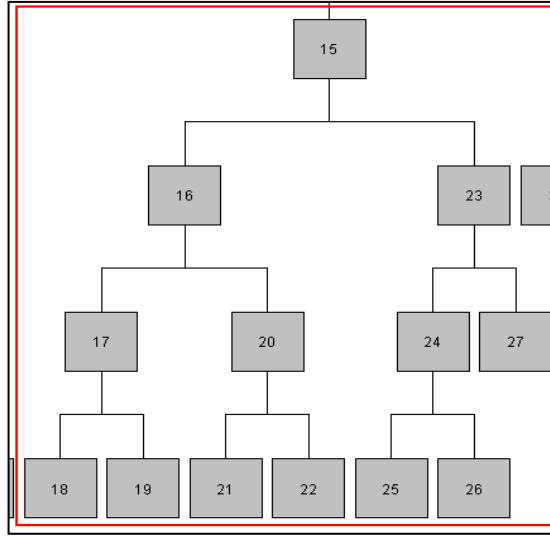
Karbondioksit salınımı ≤ 44.500 milyon ton iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 2.432 milyar kWh'tır.

Karbondioksit salınımı > 44.500 milyon ton iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 8.455 milyar kWh'tır.

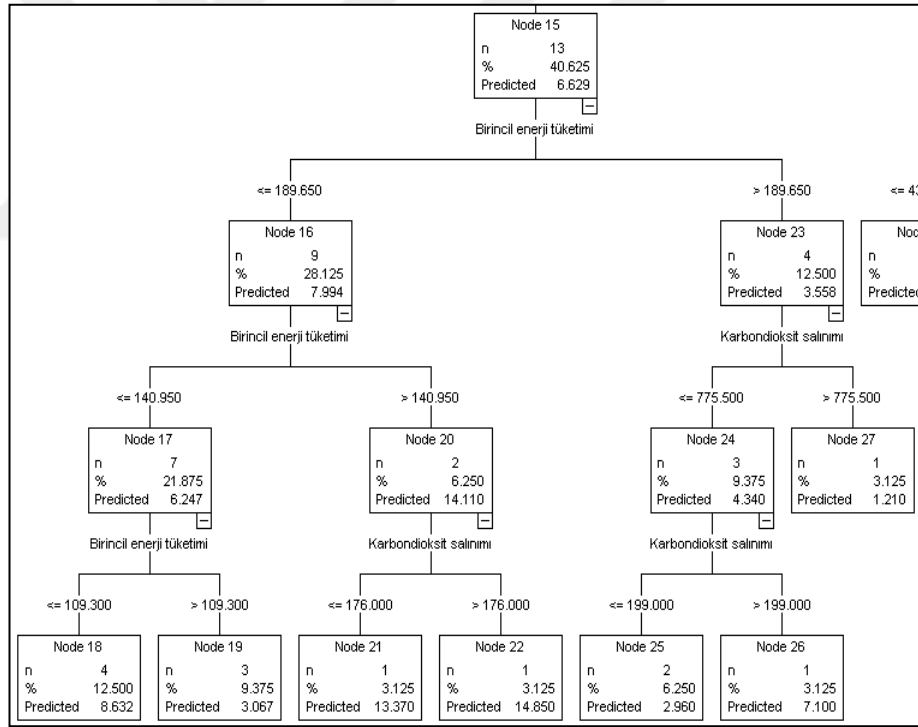
Karbondioksit salınımı ≤ 224.000 milyon ton iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 1.210 milyar kWh'tır.

Karbondioksit salınımı > 224.000 milyon ton iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 3.240 milyar kWh'tır.

Bu dallanmada birincil enerji tüketimi değerinin arttıkça biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi tahmini üretiminin azaldığı görülmektedir. Bu iki değişken arasında ters orantı bulunmaktadır. Karbondioksit salınımı miktarı arttıkça biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi tahmini üretim miktarı azalmaktadır. Çıktı değişkeninin karbondioksit salınımı oranıyla da ters orantılı bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir. Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'da sırasıyla karar ağacının 15-27 düğümleri ve tahmini üretim miktarları gösterilmiştir.



Şekil 6.15. Karar ağacının 15-27 düğümleri.



Şekil 6.16. Düğüm 15-27: Tahmini üretim miktarları.

Birincil enerji tüketimi ≤ 189.650 petrol eşdeğeri milyon ton iken tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 7.994 milyar kWh'tır.

Birincil enerji tüketimi ≤ 140.950 petrol eşdeğeri milyon ton iken tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 6.247 milyar kWh'tır.

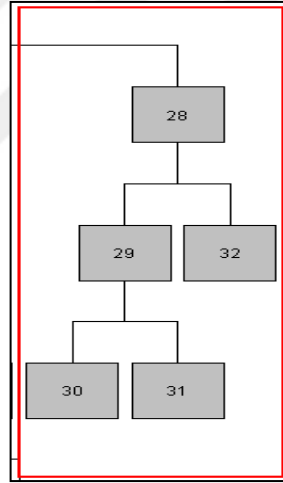
Birincil enerji tüketimi ≤ 109.300 petrol eşdeğeri milyon ton iken tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 8.632 milyar kWh'tır. Birincil enerji tüketimi > 109.300 petrol eşdeğeri milyon ton iken tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 3.067 milyar kWh 'tır.

Birincil enerji tüketimi > 140.950 Mtep iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 14.110 milyar kWh'tır.

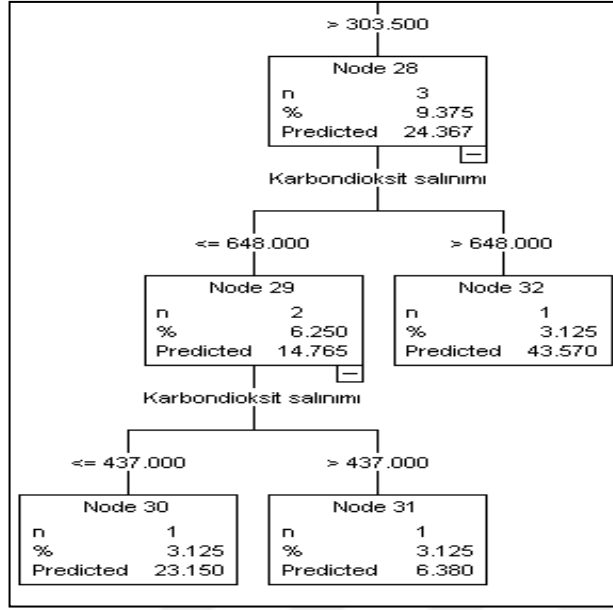
Karbondioksit salınımı ≤ 176.000 milyon ton iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 13.370 milyar kWh'tır.

Karbondioksit salınımı > 176.000 milyon ton iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 14.850 milyar kWh'tır.

Birincil enerji tüketimi > 189.650 Mtep iken, tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi miktarı 3.558 milyar kWh'tır. Şekil 6.17 ve Şekil 6.18'de sırasıyla karar ağacının 28-32 düğümleri ve tahmini üretim miktarları gösterilmiştir.



Şekil 6.17. Karar Ağacının 28-32 düğümleri.



Şekil 6.18. Düğüm 28-32: Tahmini üretim miktarları.

Birincil enerji tüketimi > 303.500 Mtep iken, biyokütle ve atıklardan tahmini elektrik enerjisi üretimi miktarı 24.367 milyar kWh'tır.

Karbondioksit salınımı ≤ 648.000 milyon ton iken, biyokütle ve atıklardan tahmini elektrik enerjisi üretimi 14.765 milyar kWh'tır.

Karbondioksit salınımı ≤ 437.000 milyon ton iken, biyokütle ve atıklardan tahmini elektrik enerjisi üretimi miktarı 23.150 milyar kWh'tır.

Karbondioksit salınımı > 437 milyon ton iken, biyokütle ve atıklardan tahmini elektrik enerjisi üretimi miktarı 6.380 milyar kWh'tır.

Karbondioksit salınımı > 648.000 milyon ton iken, biyokütle ve atıklardan tahmini elektrik enerjisi üretimi miktarı 43.570 milyar kWh'tır.

Bu dalda karbondioksit salınımı artarken biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi de artmıştır. Bu üretim değerlerinde aralarında doğrusal bir ilişki olduğu söylenebilir.

Yapılan karar ağacı analizi sonucunda biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimine etki eden birinci değişken birincil enerji tüketimi olmuştur. Karar ağacında ilk kırılma; birincil enerji tüketiminin 303.500 Mtep olduğu yerdedir. Burada tüketim değeri ≤ 303.500 Mtep iken tahmini biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi

4.204 milyar kWh'tir. Birincil enerji tüketimi değeri > 303.500 Mtep iken biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi 24.367 milyar kWh olmuştur.

İlk kırılmadaki tahmini üretim farkı 20163 milyar kWh olmuştur. Yani bu tüketim değerine sahip olan ülkeler en fazla etkili olan ülkelerdir. Birincil enerji tüketimi 303.500 Mtep'in üzerinde olan 3 ülke vardır. Bunlar Kanada, Almanya ve Japonya'dır. Bu ülkelerin birincil enerji tüketimleri sırasıyla 332.2 Mtep, 311 Mtep ve 456.1 Mtep'tir. Japonya, Almanya ve Kanada'nın bu analizde en önemli rol oynayan ülkeler olduğu görülmüştür.

Birincil enerji tüketimi > 303.500 Mtep olup karbondioksit salınımı > 648 milyon ton olan bir ülke vardır ve bu ülke, tahmini üretimi en çok artıran ve 23.15 milyar kWh ile en yüksek tahmini üretim değerinin gerçekleşmesini sağlayan ülkedir. Bu ülke 760 milyon ton karbondioksit salınım değeri ile Almanya olmuştur.

Birincil enerji tüketimi > 303.500 milyar kWh olup karbondioksit salınımı <= 437 milyon ton olan bir ülke vardır. Bu ülke, 23.15 milyar kWh tahmini üretimi ile analizde en etkili 2. ülke olmuştur. Ülkeye bakıldığında 338 < 437 milyon ton karbondioksit salınımıyla Japonya olmuştur.

En iyi üçüncü tahmini üretim değeri incelendiğinde biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi 14.85 milyar kWh ile Birleşik Krallık olmuştur. Bu ülkenin karbondioksit salınımı 284 milyon ton, birincil enerji tüketimi 187.9 Mtep'tir. Bu kırılma noktasında bahsedilen ülkeler dışında, diğer OECD ülkelerinin, bu değerlerde tüketim ve üretim dengesine sahip olmadığı ve üretimin tüketimi karşılayamadığı değerlendirilmektedir.

İkinci kırılma noktası incelendiğinde birincil enerji tüketimi \leq 49.150 Mtep ve birincil enerji tüketimi > 49.150 Mtep olan ülkeler belirlenmiştir. Birincil enerji tüketimi \leq 49.150 iken biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi 2.234 milyar kWh'tir. Bu özellikte 16 ülke bulunmuştur. Bu ülkeler; Avusturya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, Lüksemburg, Yeni Zellanda, Portekiz, Slovakya, Slovenya, Norveç ve İsviçre

olmuştur. Bu ülkelerin 2012 yılı biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimlerine bakıldığında Finlandiya hariç üretimlerinin 0 ile 5 milyar kWh arasında olduğu görülmüştür. Finlandiya 11.044 milyar kWh üretimle karar ağacının 2. kırılma noktasında yer almıştır. . Birincil enerji tüketimi > 49.150 Mtep iken biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi 6.629 milyar kWh'tır. Bu kırılma noktasında ve 13 ülke bulunduğu ve üretim farkının 4.295 milyar kWh olduğu görülmektedir.

Karar ağacı analizinde ayrıca ortalamaya etki etmeyen ülkeler de belirlenmiştir. Bu ülkeler; birincil enerji tüketimi ≤ 16.150 Mtep olup karbondioksit salınımı ≤ 10.500 milyon ton olan ülkelerdir. Bu özellikte bir ülke saptanmıştır. Bu ülke 0.899 gelişmişlik düzeyine sahip olan İzlanda'dır. 2 milyon ton karbondioksit salınımıyla üretime etki etmediği görülmüştür. Bunun sebebi araştırıldığında ormanlık yakıt ve arazilerin İzlanda'da çok az miktarda oluşu söylenebilir. İzlanda'nın son 2004-2012 yılları arasındaki biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi değerlerine bakıldığında, 2004 yılında 0.002 milyar kWh üretim yaptığı görülmüştür. 2004 yılını takip eden 4 yıl boyunca üretim yapmaya devam etmiştir. Son olarak 2008 yılında 0.001 kWh üretim yapmıştır. 2008 yılından sonra üretim yapmamıştır. Ülkenin karbondioksit salınımı ortalamanın çok altında kalmıştır. Ortalama 209.66 milyon ton iken, İzlanda'nın üretimi 2 milyon ton olmuştur. Bu ülkenin sanayi alanında gelişmiş düzeyde olmadığını göstermektedir.

Yüksek birincil enerji tüketim değerlerine sırasıyla ABD, Japonya, Almanya, Kanada ve Kore gibi gelişmiş ülkeler sahip olmuşlardır. Bu ülkelerin (ABD, uç değerlere sahip olduğu için analizden çıkarılmıştır) toplam üretim değerini ve analizdeki tahmini üretim değerini en çok etkileyen ülkeler olduğu görülmüştür. Türkiye'nin ise 125.3 milyon ton tüketimle orta gelişmişlik düzeyine sahip olmasına rağmen diğer gelişmiş ülkelerle yakın değerlere sahip olduğu saptanmıştır. Genel olarak bu değişkenleri etkileyen göstergeler ülkelerin araştırma geliştirme harcama oranları ve gelişmişlik düzeyleridir. Ülkelerin araştırma geliştirme harcama oranları incelendiğinde İsveç, Almanya, Japonya, ABD ve Finlandiya bu alanda öne çıkan ülkelerdir. Bu ülkelerde enerji çalışmaları da araştırma ve geliştirme çalışmaları ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji, her hangi bir mal ya da hizmet üretiminde kullanılması zorunlu bir girdi olarak ülkelerin refahının artmasında son derece önemli bir unsurdur. Ülkelerin kalkınma düzeylerini gösteren temel unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Eğitim, sağlık, ulaşım ve altyapı hizmetlerinin sunumunda, sınav ve işlenmiş tarımsal ürün üretiminde, ekonomide verimliliğin artırılmasında, beslenme, ısınma ve barınma gibi ihtiyaçların giderilmesinde sağladığı imkânlar göz önünde bulundurulduğunda enerjinin önemi daha da ön plana çıkmaktadır.

Ülkelerin ekonomik yönden büyümesi üretim ile gerçekleşir. Üretim yapabilmek için gereken en önemli ham madde ise enerjidir. Ekonomik büyüme ile beraber enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Dünya genelinde son yıllarda yaşanan hızlı sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme ve yaşam düzeyinin yükselmesi gibi etkenler, özellikle fosil kaynaklı enerji tüketimini artırmış ve önemli oranda çevre kirliliğine yol açmıştır. Bütün bunların sonucu olarak, gerek bu enerji açığını karşılamak gerekse çevre kirliliğini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına (jeotermal, güneş, rüzgâr, tarımsal, dalga, hidrolik, biyokütle) yönelim artmıştır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli türlerinden biri olarak görülen biyokütle enerji kaynakları; kaynağa yönelik üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi, her ölçekte enerji verimi için uygun olması, çevre ile dost olması, sürdürülebilir enerji üretimini ve çevre yönetimini sağlaması ve kalkınmayı hedefleyen özellikleri ile tüm dünyada geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynaklarının birçok konuda ülkelere ekonomik ve sosyal katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Dünyada gelişmiş ülkeler olmak üzere birçok ülke yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yoğunlaşmıştır. Gelişmiş ülkeler yatırımlarının büyük bir bölümünü yeni

enerji kaynaklarının gelişimine yönelik teknolojilere ayırmaktadır. Ayrıca söz konusu ülkeler belirledikleri hedeflerle kullandıkları enerji kaynaklarında yenilenebilir enerji kaynaklarının payını daha yüksek düzeylere çıkarmayı hedeflemişlerdir. Türkiye ise gelişmekte olan bir ülke olarak enerjiye olan talebi hızla artmaktadır. Bu talebi karşılayabilmek için kullanılan kaynaklar çevreye zararlı, sınırlı ömrü olan ve maliyeti oldukça yüksek fosil yakıtlardır. Türkiye fosil yakıtlar bakımından mevcut ihtiyacı karşılayacak düzeyde bir kaynağa sahip değildir. Dolayısıyla artan ihtiyaçlara paralel olarak kaynakların temininde Türkiye enerjide dışa bağımlı bir konuma gelmiştir.

Ülkelerin yerli ekonomisi açısından yenilenebilir enerjiye ihtiyacın giderek arttığı bu dönemde, Türkiye'nin de mevcut kaynaklarını etkinleştirmesi ve gerek bilimsel gerekse uygulama açısından çalışmaların artırılması gerekmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan biyokütle atıklarının da edindiği yer geçmiş yıllara nazaran daha fazladır. ABD, Japonya ve Almanya gibi ülkeler kadar fazla üretim yapılamıyor olsa da istikrarlı bir artışla biyokütle enerjisinden elektrik üretimi çalışmaları; İstanbul, Ankara, Adana, Çanakkale, Konya, Balıkesir, Mersin, İzmir, Samsun, Tekirdağ, Kocaeli, Afyon, Elazığ, Hatay, Bursa ve Eskişehir başta olmak üzere birçok ilimizde devam etmektedir.

Biyokütle enerjisi orman ürünleri, bitkisel ve hayvansal atıklardan elde edilen enerjidir. Türkiye'de biyokütle kaynaklı mevcut kurulu kapasite tam olarak kullanılamamaktadır. Enerji tarımı ve enerji ormancılığı ile bu potansiyel en verimli biçimde kullanılmalıdır. Mevcut teknolojilerle yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara göre daha avantajlı konumdadır. Ülkelerin ekonomik gelecekleri bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarının düşük maliyetlere sahip olması ve geliştirilecek teknolojilerle bu maliyetlerin daha da düşük seviyelere indirgenebilecek durumda olması fosil yakıtlara göre yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli tercih sebebidir. Gelecek nesillere daha temiz bir dünya ve sonsuz ihtiyaçlarına cevap verebilecek bir enerji kaynakları bırakmak açısından değerlendirildiğinde yenilenebilir enerji kaynakları yine en etkin enerji kaynaklarıdır.

Yenilenebilir enerji sektörü son yıllarda çalışmaların daha da yoğunlaştığı önemli bir sektör haline gelmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde yenilenebilir enerji hakkında araştırmalar yapılmaktadır. Bu sektörün geliştirilmesi için konferanslar düzenlenmektedir. Başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütle enerjisine de son yıllarda ilgi daha da artmaktadır. Biyokütle enerji potansiyeli olan ülkeler üretim için harekete geçmiştir. Bu ülkelerden biri de Türkiye'dir. Türkiye 1980 ve 1981 yılında çok az miktarda biyokütle enerjisi üretmiş olup, 1991 yılına kadar üretim yapmamıştır. 1991 yılında üretime tekrar başlamış olup, 2012 yılında 0.593 milyar kWh üretim seviyesine gelmiştir.

Bu çalışmada; ülkemizdeki biyokütle potansiyeline karşılık yapılan üretim miktarına dikkat çekilmek istenmiş ve OECD ülkeleri ele alınmıştır. Çalışmanın amacı yenilenebilir enerji ve biyokütle enerjisinin güncel durumunu incelemek, OECD ülkeleri ve Türkiye'nin durumunu analiz etmek ve buna hangi etkenler ne kadar etki etmişlerdir gibi sorular üzerine yoğunlaşarak gelişim stratejileri oluşturmaktır. Aynı zamanda analiz sonucu biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimine farklı ağırlıklarla etki eden bu göstergelerden de faydalanılmasını sağlamaktır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; Gokcol vd. çalışmalarında, biyokütle enerjisinin diğer kaynaklara göre alternatif olması bakımından önemini incelemişlerdir. Sonuç olarak, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütlenin Türkiye'deki bolluğundan dolayı büyük bir paya sahip olduğu görülmüştür. Elektrik üretimi, evlerin ısıtılması, araçların yakıtı, endüstri tesislerinde işlem ısısı sağlanması gibi birçok enerji ihtiyacının karşılanmasında biyokütlenin kullanıldığı görülmüştür. Gokcol ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmadan farklı olarak, biyokütleden elektrik enerjisi üretimi ve Türkiye'nin OECD ülkeleri arasındaki konumu ve biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimini en fazla etkileyen iki değişkenin üretime etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmanın dışında literatürde Karaosmanoğlu, Yang ve Balat'ın geçmiş yıllarda yaptığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda biyokütle enerji kaynakları araştırılmasına rağmen sayısal anlamda karşılaştırmaya yönelik herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu açıdan çalışmamız önemli bir konumda yer almaktadır. Uygulanan yöntemler ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Yapılan hiyerarşik kümeleme analizinde öngörülen küme sayısı araştırılmıştır. Analizde Japonya ve Almanya 6 birimde birleşerek bir grup oluşturmuş, Hollanda, Kanada, Fransa, Polonya, Finlandiya, İtalya, ABD ve İsveç bir birim uzaklıkta birleşerek bir grup oluşturmuşlardır. Toplamda 3 gruba ayrılmışlardır. Hiyerarşik kümeleme yapılmasının amacı K-Ortalama analizinin daha gerçekçi yapılabilmesi ve küme sayısının belirlenmesidir.
- Hiyerarşik olmayan yöntemler arasında K-ortalama tekniği kullanılarak analiz yapılmıştır. Almanya 1. kümede yer alırken ABD, İsveç, Japonya, Finlandiya ve İtalya 3. kümede yer alarak diğer ülkeler arasında dikkat çekmektedir. Çizelge 6.2'ye göre Türkiye 2.351 birim uzaklıkla 2'inci kümede yer almaktadır. Almanya ise tek başına küme oluşturmuştur. Almanya'nın öne çıkan ülkeler arasında ilk sırada yer almasının sebeplerinden bir tanesi biyogaz üretim tesislerinin çok sayıda olması ve biyokütleden biyogaz üretimi miktarının fazla olması sayılabilir. Ayrıca 760 milyon ton CO₂ salınımı miktarı ile sanayi sektöründe önde olan ülkeler arasındadır. Ayrıca Çizelge 6.2'de ortalamalarla uzaklıklar arasında birçok ülkede ters orantı ilişkisi olduğu görülmüştür. Aynı grupta bulunan ülkelerin coğrafi konumları, sanayileri gibi değişkenler göz önüne alındığında, hassasiyete bağlı olarak oluşan kümelemelerin bu kriterler ile doğru orantılı olduğu saptanmıştır.
- Japonya, ABD ve İsveç aynı kümede yer almaktadır. 3. kümede öne çıkan bu üç ülkenin ortak özelliği olarak biyokütleden üretilen biyogaz ve biyoetanoll tesislerinin diğer ülkelere göre daha fazla sayıda olduğu ve bu sebeple daha fazla üretim gerçekleştiği gösterilebilir.
- Kümeleme analizlerinden sonra biyokütle ve atıklardan elektrik üretimi verileri ile ilişkisi olabileceği değerlendirilen iki gösterge kullanılmıştır. OECD ülkelerinin verileri içinde ABD ülkesinin verileri aşırı uç üretim ve tüketim değerleri gösterdiğinden, analizlerden çıkartılmıştır. Daha gerçekçi analizler yapılması adına OECD ülkeleri içinde 32 ülke ile analizler yapılmıştır. Yapılan diğer bir analiz, çoklu doğrusal regresyon analizidir. Çoklu doğrusal regresyon analizinde birincil enerji tüketimi ve karbondioksit

salınımı değişkenlerinin biyokütleden elektrik enerjisi üretimi miktarını ne kadar etkilediği araştırılmıştır.

- Sınıflayıcı yöntemlerden çoklu doğrusal regresyon analizi ve karar ağacı analizi yöntemlerinden CR&T ve Chart algoritmalarına ilişkin hata bulguları elde edilmiştir. Bu analizde CR&T analizinin değerinin 0.804 ile algoritmalar arasında en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Buna göre CR&T analizi en güvenilir analiz olmuştur.
- Karar ağacı analizi ile kriterler arasında önem düzeyi araştırılmış olup, değişkenler arası korelasyonu ortaya çıkarmak için yapılan çoklu doğrusal regresyon analizinde modelin varsayımları sağlayıp sağlamadığı araştırılmıştır. Modelin varsayımları sağladığı görülmüştür. Yapılan korelasyon analizinde bağımlı değişken olan biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarı ile birincil enerji tüketimi miktarı (0,569) ve karbondioksit salınımı (0,357) arasında yüksek bir ilişki bulunmaktadır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayısının önemlilik düzeylerine bakılacak olursa; biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarı ile karbondioksit salınımı miktarı arasında korelasyon önemli ($p=0,02<0,05$) ve ilişkinin derecesi 0,022 bulunmuştur. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretim miktarı ile birincil enerji tüketimi miktarı arasında korelasyon önemli ($p=0,00<0,05$) ve ilişkinin derecesi 0,00 bulunmuştur. İlişki düzeylerinin ikisinin pozitif olduğu göz önüne alındığında bağımsız değişkenlerin bu ikisindeki artış, bağımlı değişken değerini de arttırıcı bir unsur olarak değerlendirilebilir. Kurulan regresyon modelinde 0,038'lik etki eden birincil enerji tüketimi ve 0,003'lük etki eden karbondioksit salınımı olarak belirlenmiştir.
- Çoklu doğrusal regresyon analizinden sonra yapılan karar ağacı algoritmalarından CR&T Chart yöntemidir. Bu analizde biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimine etki eden belirlenen 2 kriterin analizi yapılmıştır ve karar ağacı adımları incelenmiştir. Toplamda 32 dallanma meydana gelmiştir. İlk dallanmada öne çıkan değişken birincil enerji tüketim

miktarı olmuştur. İlk kırılma noktası, birincil enerji tüketiminin 303.500 Mtep'den büyük ve küçük olduğu durumdur. Birincil enerji tüketimi \leq 303.500 Mtep iken tahmini üretim 4.204 Mtep'tir. Birincil enerji tüketimi $>$ 303.500 Mtep iken tahmini üretim 24.367 Mtep olmuştur. Ortalamayı 4.204 Mtep'ten 24.367 Mtep'e çıkararak 3 ülke tespit edilmiştir. Bu ülkeler; Kanada, Almanya ve Japonya'dır.

- Birincil enerji tüketimi $>$ 303.500 Mtep iken karbondioksit salınımı $>$ 648 milyon ton olan ülke, 23.15 milyar kWh ile en yüksek tahmini üretim değerinin gerçekleşmesini sağlayan ülkedir. Bu ülke 760 milyon ton karbondioksit salınım değeri ile Almanya olmuştur.
- Karar ağacı analizinde ortalamaya etki etmeyen ülke de belirlenmiştir. Bu ülke; birincil enerji tüketimi \leq 16.150 Mtep olup karbondioksit salınımı \leq 10.500 milyon ton olan ülkedir. Bu ülke 0.899 gelişmişlik düzeyine sahip olan İzlanda'dır. 2 milyon ton karbondioksit salınımıyla üretime etki etmediği görülmüştür. Bunun sebebi araştırıldığında ormanlık yakıt ve arazilerin İzlanda'da çok az miktarda oluşu söylenebilir.
- Bundan sonraki noktada ise 2'nci en etkili olan kriterin karbondioksit salınımı olduğu görülmüştür. Böylelikle değişkenler analiz edilmiştir ve bu yönde biyokütle üretim stratejileri belirlenebilir. Karar ağacı analizinde öne çıkan ülke Almanya olurken, üretime etki etmemiş ülke İzlanda olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizlerle bu üretim seviyelerinin durumu incelenerek, ülkelerarası kıyaslama yapılmıştır. ABD, Japonya ve Almanya ilk 3 sırada yer almaktadır. Türkiye ise mevcut potansiyeline rağmen alt seviyelerde yer almaktadır. Bunun için yapılabilecekler:

- Yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılabilmesi için yüksek bir kaynak potansiyelleri araştırılmalı,

- Ekonomik büyüme, sanayileşme ve şehirleşme sonucunda özellikle atık yönetimi sağlanmalı,
- Su yönetimi ve hava kirliliği kontrolü alt sektörlerinde olmak üzere Türkiye'deki çevre ürünleri ve hizmetleri artırılmalı,
- Türkiye'nin enerji ithalatını azaltmak için yenilenebilir enerji konusuna ağırlık verilmeli,
- Yenilenebilir enerji piyasasındaki önemli yatırım fırsatları değerlendirilmelidir.

Bu çalışma, bu doğrultuda yapılacak olan diğer araştırmalara kaynak niteliğinde olacağı değerlendirilmektedir. Çalışmanın kısıtları olarak araştırma esnasında karşılaşılan güçlüklerden en önemlisi olarak değerlendirilen güncel kaynak ve veri yetersizliği giderildiği takdirde, geliştirilerek literatüre katkı sağlayacak çalışmaların artabileceği ve ülkemize enerji tasarrufu, yüksek gelir-istihdam düzeyi, ekonomik büyüme, yüksek tarım olanakları sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Ülkeler aynı zamanda yatırım yaparken yatırım yaptıkları alanlara etki eden göstergelere de dikkat etmelidir. Ülkeler, gelişmekte olan ve daha fazla faydanılması gereken biyokütle alanındaki çalışmalarını geliştirmeli ve özellikle bu alanda daha çok değerlendirme yoluna gitmelidir. Bu alanda çeşitli stratejiler oluşturmalı ve uygulamaya konmalıdır. Bunları oluştururken de belirlenen ve ihtiyaç duyulan etmenler de araştırılarak stratejilere dâhil edilmelidir. Böylelikle ülkelerin ihtiyacı olan enerji ve üretim konusundaki eksiklikler gittikçe azalacak ve yenilebilir enerji kaynakları ile enerji üretme ülkenin gelişimine ve ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır.

Ayrıca biyokütle enerjisi üretim stratejileri, uygulanması ve rekabet ortamı araştırılmalı; uzun dönemli biyokütle enerjisi planlaması yapılmalıdır. Bu plan doğrultusunda biyokütle üretimine yönelik orman dışı ağaç plantasyonları ve bitkiler için ülke genelinde üretim planlaması yapılmalı ve ekonomik boyutlar incelenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Usta, C., “Türkiye’de enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisinin bölgesel ve sektörel analizi”, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Trabzon, 6, 8, 11-14, 77-79 (2015).
2. Özcan, B., “Yenilenebilir enerjide mevzuat: mevzuat sorunlarına yönelik bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 3, 7, 9 (2015).
3. İnternet: British Petroleum, “BP 2016 Enerji Raporu”, <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2016/bp-energy-outlook-2016.pdf> (2016).
4. Külekçi, Ö. C., “Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi”, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1 (2): 83-91 (2009).
5. Torunoğlu, G. Ö., “Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 53 (2015).
6. Çiftçi, M., “Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi potansiyeli ve yerel yönetimlerde kullanımının Swot analizi: Bursa Gürsu Belediyesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 6-7, 15, 24 (2015).
7. Özer, Y. E., “Türkiye’nin yenilenebilir ve temiz enerji konusunda ABD, Çin ve Avrupa Birliği ile karşılaştırmalı analizi”, *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (1): 137-156 (2016).
8. Urgun, N., “Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından Türkiye’nin potansiyeli ve bu potansiyelin harekete geçirilmesine yönelik stratejiler”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kütahya, 103 (2015).
9. Gezen, M., “Aralık katsayılı çok amaçlı tamsayılı programlama ile Türkiye’deki en uygun yenilenebilir enerji alternatiflerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erzurum, 6 (2015).
10. Yılmaz, M., “Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi”, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4 (2): 33-54 (2012).
11. Karadayı, S. ve Ergun, Z. H., “Geleneksel/Yenilenebilir enerji kaynaklarının karşılaştırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması için öneriler”, *Ejoir -Iwcea Özel Sayısı*, 2: 114 (2015).

12. Bikçe, M., Çelik, A. R. ve Çakır, M., “Eğitim laboratuvarlarında güneş enerji verimliliğinin araştırılması: İskenderun örneği”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31 (1): 395-403 (2016).
13. Demiröz, E., Kurban, M. ve Dokur, E., “Güneş enerji sistemlerinin verimlilik analizi, Bilecik-Kütahya uygulaması”, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 5 (2): 87-100 (2016).
14. İnternet: Dünya Enerji Konseyi, “2013 WEC Enerji Raporu”, <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/Enerji-Raporu-2013.pdf> (2016).
15. İnternet: British Petroleum, “Güneş Enerjisi”, <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/solar-energy.html> (2016).
16. Gücüyeter, İ., “Enerji piyasasının mevcut görünümü ve yenilenebilir enerji şirketlerinin mali performansları açısından karşılaştırılması: Türkiye uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erzincan, 48, 50 (2015).
17. Mutlu, E., “Türkiye’de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait SWOT analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 42 (2013).
18. Kaya, Ü., Caner, M. ve Oğuz, Y., “ Kastamonu ilinin rüzgar enerjisi potansiyelinin yapay sinir ağı (YSA) ile tahmin edilmesi ”, *EEB 2016 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, Tokat (2016).
19. Ulusoy, Ş. S. ve Pekdoğan, T., “Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar Enerjisi ve Uygulamaları”, *1. Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu*, 106, İzmir (2015).
20. İnternet: World Wind Energy Association, “2015 Small Wind World Report”, http://smallwind.org/wp%20content/uploads/2014/12/Summary_SWWR2015_online.pdf (2016).
21. Demir, Z., “Türkiye’de Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki yeri ve devlet teşvikleri”, *2. Uluslararası Sürdürülebilir Binalar Sempozyumu*, Ankara (2015).
22. İnternet: British Petroleum, “Wind Energy” <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/wind-energy.html> (2016).
23. İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Enerji”, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> (2016).
24. Mutlu, E., “Türkiye’de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait SWOT analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 59 (2013).

25. İnternet: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, “Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Yatırımlar”, <http://www.tucsa.org/images/yayinlar/sunumlar/mustafa-caliskan.pdf> (2016).
26. İnternet: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, “Yenilenebilir Enerji”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx (2016).
27. Gezer, E. H., “Yenilenebilir enerji kaynakları ve Türkiye”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 34 (2013).
28. Ağaçoğlu, G., “Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkısı ve yapılan SWOT analizler”, Yüksek Lisans Tezi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Çanakkale, 39, 54, 70, 125 (2010).
29. Önal, E. ve Yarbay, R. Z., “Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve geleceği”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (18): 77-96 (2010).
30. İnternet: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, “2014 Yılı Faaliyet Raporu”, <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2014-faaliyet-raporu.pdf?sfvr sn=2> (2016).
31. İnternet: British Petroleum, “BP Statistical Review of World Energy June 2015 Report”, <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf> (2016).
32. Tunçbilek, Ö. F., “Yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda ve kırsal kalkınmada kullanımı: Kütahya Simav jeotermal seracılık örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kütahya, 32-34 (2015).
33. Uygur, İ., Demirci, R., Saruhan, H., Özkan, A. ve Belenli, İ., “Batı Karadeniz Bölgesi’ndeki dalga enerjisi potansiyelinin araştırılması”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (1): 7-13 (2006).
34. Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D. ve Avcı, E. D., “Türkiye’de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması , *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Mersin (2005).
35. Karaosmanoğlu, F., “Biyoyakıt teknolojisi ve İTÜ araştırmaları”, *ENKÜS 2006-İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi*, Bildiri Kitabı, İstanbul, Kartchenko, N.V., 3 (2006).
36. Wang, P., Zhan, S., Yu, H., Xue, X. and Hong, N., “The effects of temperature and catalysis on the pyrolysis of industrial wastes (Herb Residue)”, *Bioresource Technology*, 101: 3236-3241 (2010).

37. Şensöz, S., Demiral, İ. ve Gerçel, H. F., “Olive bagasse (Olea Europea L.) pyrolysis”, *Bioresource Technology*, 97: 429-436 (2016).
38. Erdal, L., “Enerji arz güvenliğini etkileyen faktörler ve yenilenebilir enerji kaynakları alternatifi”, Doktora Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Aydın, 76 (2011).
39. Kapluhan, E., “Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: Biyokütle enerjisinin dünyadaki ve Türkiye'deki kullanım durumu”, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 30: 97-125 (2014).
40. Üçgül, İ. ve Akgül, G., “Biyokütle Teknolojisi”, *Yekarum Dergisi*, 1 (1): 3-11 (2010).
41. Urgun, N., “Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından Türkiye'nin potansiyeli ve bu potansiyelin harekete geçirilmesine yönelik stratejiler”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kütahya, 55-56, 65 (2015).
42. Çelik, S. N., “Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir, 16-17 (2012).
43. Akçay, T., “Trakya bölgesinde çeltik sapının biyokütle potansiyeli ve enerji değerlerinin saptanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 2-5 (2014).
44. Bayramoğlu, T., “Biyokütle enerjisi ve yerel ekonomik kalkınma: Tra1 Bölgesi'nde (Erzurum-Erzincan-Bayburt) biyokütle potansiyeli ve ekonomik etkileri üzerine bir saha araştırması”, Doktora Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erzurum, 16-18 (2013).
45. Yılmaz, S., “Antalya yöresi aynı yaşlı saf kızılçam meşcerelerinde toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Artvin, 46-47 (2015).
46. Yang, W., Hu, C., Pan, P., Li, Y., Dong, L., Zhu, L., Tong, D., Qing, R. and Fan, Y., “The direct pyrolysis and catalytic pyrolysis of nannochloropsis sd. residue for renewable bio-oils”, *Bioresource Technology*, 101: 4593-4599 (2010).
47. Yanık, J., Kornmayer, C., Sağlam, M. ve Yüksel, M., “Fast pyrolysis of agricultural wastes: characterization of pyrolysis products”, *Fuel Processing Technology*, 88: 942-947 (2007).
48. Erkan, I., “Türkiye'de bulunan biyokütlelerin piroliz özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 30 (2013).
49. İnternet: REN21, “Renewables 2015 Global Status Report”, http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Online_book_low1.pdf (2016).

50. İnternet: Orman Genel Müdürlüğü, “Türkiye Orman Varlığı 2015”, <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%C3%BCr> (2016).
51. İnternet: Enerji Enstitüsü, “Yenilenebilir Enerji”, <http://enerjienstitusu.com/category/haber/yesil-enerji/> (2016).
52. Gökmen, C., “Türkiye'nin bölgelere göre enerji potansiyeli”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 27 (2015).
53. Ersöz, F., “OECD’ye üye ülkelerin seçilmiş sağlık göstergelerinin kümeleme ve ayırma analizi ile karşılaştırılması”, *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1651 (2009).
54. Öz, B., Taban, S. ve Kar, M., “Kümeleme analizi ile Türkiye ve AB ülkelerinin beşeri sermaye göstergeleri açısından karşılaştırılması”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10: 1 (2008).
55. Berberoğlu, B., “2008 Global krizinin Türkiye ve Avrupa Birliği'ndeki etkilerinin kümeleme analizi ile incelenmesi”, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (1): 105-130 (2011).
56. Işık, M. ve Çamurcu, A. Y., “K-Means, K-Methods ve Bulanık C-Means algoritmalarının uygulamalı olarak performanslarının tespiti”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (11): 31-45 (2007).
57. Atalay, A. ve Tortum, A., “Türkiye'deki illerin 1997-2006 yılları arası trafik kazalarına göre kümeleme analizi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 16 (3): 335-343 (2010).
58. Ersöz, F., “Uygulamalı İstatistik”, *72 Dijital Tasarım Basımevi*, Ankara, (2014).
59. Ersöz, F. ve Ersöz T., “IBM SPSS ile İstatistiksel Veri Analizi”, *Sage Yayıncılık*, Ankara, (2014).
60. Ordu, B., “Veri madenciliğinde sınıflayıcı teknikler ile demir çelik sektöründe uzun ürünlerin üretimine ilişkin bir tahmin modellemesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Karabük, 49-50, 52-53 (2013).
61. Aksoy, T., Efe, E., Narinç, D. ve Üçkardeş, F., “Japon bıldırcınlarında yumurta ak indeksinin ridge regresyon yöntemiyle tahmin edilmesi”, *Akademik Ziraat Dergisi*, 1 (1): 11-20 (2012).
62. Süzenler, O., “Dalgıçların hava tüketimini etkileyen değişkenlerin analizi ve bir çoklu regresyon modeli uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Deniz Harp Okulu Komutanlığı Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü*, İstanbul, 43-44 (2006).
63. Ersöz, F., “Veri Madenciliği teknikleri ve uygulamaları”, *72 Dijital Tasarım Basımevi*, Ankara, (2015).

64. Kavzoğlu, T. ve ölkesen, İ., “Karar ağaçları ile uydu görüntülerinin sınıflandırılması: Kocaeli örneği”, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2 (1): 36-45 (2010).
65. Günüç, S., “İnternet bağımlılığını yordayan bazı değişkenlerin Cart ve Chaid analizleri ile incelenmesi”, *Türk Psikoloji Dergisi*, 28 (71): 88-101 (2013).
66. Konuşkan, Ö., “Bilgi yönetimi ve bilgi yönetimi anlayışında insan kaynakları yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 50 (2015).
67. Akçiçek, Ö., “Ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi-üretimi ilişkisi; Türkiye örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir, 3-4 (2015).
68. Çalışkan, C., “The success behind renewable energy: A comparative analysis of Germany, The United Kingdom, Brazil and Turkey”, Yüksek Lisans Tezi, *Koç Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 137-141 (2013).
69. Adıyaman, Ç., “Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları”, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Niğde, 141-146 (2012).
70. Vural, E., “Sürdürülebilir kalkınma sürecinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve Türkiye'de uygulanabilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Manisa, 59-60, 69, 75-76 (2012).
71. Balat, M., “Use of biomass sources for energy in Turkey and a view to biomass potential”, *Biomass and Bioenergy*, 29: 32–41 (2005).
72. Gokcol, C., Dursun, B., Alboyacı, B. ve Sunan E., “Importance of biomass energy as alternative to other sources in Turkey”, *Energy Policy*, 37: 424–431 (2009).
73. Bolat, I. ve Kara, O., “Short-term effects of wildfire on microbial biomass and abundance in black pine plantation soils in Turkey”, *Ecological Indicators*, 9: 1151–1155 (2009).
74. Hrabak, J., Muzyka, R., Rózycki, G. and Sajdak, M., “Biomass, biochar and hard coal: Data mining application to elemental composition and high heating values prediction”, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104: 153–160 (2013).
75. Cheng, S. F., Hung, C. I. and Yang, I. C., “Exploring biomass energy of microorganisms using data mining methods”, *Energy Conversion and Management*, 52: 1272–1279 (2011).
76. Macaroğlu, K., “Bartın yöresi karışık meşcerelerin biyokütle ve karbon depolama kapasitelerinin irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bartın, 75-79 (2011).

77. Sabancı, A., “Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün maki alanlarının biyokütle depolama kapasitesinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bartın, 64-67 (2016).
78. Xu, C., Hong, J., Chen, J., Han, X., Lin, C. and Li, X., “Is biomass energy really clean? An environmental life-cycle perspective on biomass-based electricity generation in China”, *Journal of Cleaner Production*, 133: 767-776 (2016).
79. Shahbaz, M., Rasool, G., Ahmed, K. and Mahalik, M. K., “Considering the effect of biomass energy consumption on economic growth: Fresh evidence from BRICS region”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60: 1442-1450 (2016).
80. Soliño, M., Farizo, B. A., Vazquez, M. X. and Prada, A., “Generating electricity with forest biomass: Consistency and payment timeframe effects in choice experiments”, *Energy Policy*, 41: 798-806 (2012).
81. Mahmutoğlu, M., “Türkiye elektrik sektöründe yenilenebilir enerjinin rolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 50 (2013).
82. İnternet: U.S. Energy Information Administration, “International Energy Statistics”, <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1> (2016).
83. Ersöz, F., Ersöz, T. ve Bayraktar, T., “Electricity generation from renewables and targets: An application of multivariate statistical techniques”, *World Academy of Science*, 10 (6): 317-323 (2016).
84. İnternet: International Energy Agency, “CO₂ Emissions from Fuel Combustion”, <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2015.pdf>. (2016).
85. Yorkan, A., “Avrupa Birliği'nin enerji politikası ve Türkiye'ye etkileri”, *Bilge Strateji*, 1: 1 (2009).

EK AÇIKLAMALAR A.

**BİYOKÜTLE VE ATIKLARDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ
(2008-2012)**

Şekil Ek A.1. Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi (Beü) (milyar kwsaat) (2008-2012).

Ülkeler	Beü 2008	Beü 2009	Beü 2010	Beü 2011	Beü 2012	Ortalama
Avusturalya	4.6	3.97	3.91	3.53	2.343	3.6706
Avusturya	4.763	4.86	5.034	6.322	4.728	5.1414
Belçika	4.393	5.262	5.627	5.966	5.222	5.294
Kanada	7.14	7.738	8.706	6.38	8.969	7.7866
Şili	3.083	4.274	2.247	3.406	4.854	3.5728
Çek Cumhuriyeti	1.459	1.857	2.188	2.696	3.343	2.3086
Danimarka	3.994	4.076	5.315	4.876	4.283	4.5088
Estonya	0.036	0.314	0.74	0.783	1.001	0.5748
Finlandiya	10.558	8.94	11.171	10.586	11.044	10.4598
Fransa	5.782	6.016	6.8	7.101	5.25	6.1898
Almanya	29.219	35.562	39.865	43.57	44.628	38.5688
Yunanistan	0.21	0.237	0.319	0.319	0.204	0.2578
Macaristan	2.052	2.452	2.449	1.923	1.655	2.1062
İzlanda	0.001	0	0	0	0	0.0002
İrlanda	0.209	0.251	0.317	0.342	0.425	0.3088
İtalya	7.664	9.329	11.587	13.367	12.487	10.8868
Japonya	22.434	21.446	23.454	23.146	33.227	24.7414
Kore	0.667	0.715	1.107	1.209	1.174	0.9744
Lüksemburg	0.11	0.119	0.129	0.155	0.118	0.1262
Meksika	2.47	2.718	2.689	2.512	2.791	2.636
Hollanda	6.596	7.622	8.606	8.772	6.724	7.664
Yeni Zellanda	0.566	0.599	0.613	0.606	0.631	0.603
Norveç	0.464	0.282	0.49	0.483	0.363	0.4164
Polonya	3.825	5.463	6.548	7.907	10.103	6.7692
Portekiz	2.143	2.385	2.943	3.236	2.95	2.7314
Slovakya	0.535	0.553	0.686	0.686	0.928	0.6776
Slovenya	0.292	0.192	0.222	0.258	0.267	0.2462
İspanya	4.037	4.249	4.676	5.216	4.977	4.631
İsveç	11.225	12.209	13.397	11.883	11.64	12.0708
İsviçre	2.39	2.374	2.426	2.45	1.533	2.2346
Türkiye	0.219	0.34	0.457	0.451	0.592	0.4118
Birleşik Krallık	11.075	12.389	13.362	14.853	14.231	13.182
ABD	66.83728	66.42107	68.94471	70.82443	71.40923	68.88734

EK AÇIKLAMALAR B.

**BİYOKÜTLE VE ATIKLARDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ VE
ÜRETİMİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Şekil Ek B.1. OECD ülkelerinin Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi, Birincil Enerji Tüketimi ve CO₂ salınımı

Ülkeler	CO ₂ salınımı (Milyon Ton)	Birincil Enerji Tüketimi (Milyar Ton Eşdeğer Petrol)	Biyokütle ve atıklardan elektrik enerjisi üretimi
Avusturalya	389	122.9	3.53
Avusturya	65	32.5	6.32
Belçika	89	57.7	5.97
Kanada	536	332.7	6.38
Şili	82	296	3.41
Çek Cumhuriyeti	101	40.9	2.70
Danimarka	39	17.3	4.88
Estonya	19	0	0.78
Finlandiya	49	26.1	10.59
Fransa	316	237.5	7.10
Almanya	760	311	43.57
Yunanistan	69	26.1	0.32
Macaristan	40	20	1.92
İzlanda	2	0,0	0,00
İrlanda	34	13.7	0.34
İtalya	68	148.9	13.37
Japonya	338	456.1	23.15
Kore	1235	273.2	1.21
Lüksemburg	572	0	0.17
Meksika	10	191.4	2.51
Hollanda	452	81.1	8.77
Yeni Zelanda	156	20.8	0.61
Norveç	31	46.7	0.48
Polonya	35	95.7	7.91
Portekiz	292	24.6	3.24
Slovakya	45	15,0	0.69
Slovenya	32	0,0	0.25
İspanya	14	133	5.21
İsveç	236	51.6	11.88
İsviçre	38	28.7	2.45
Türkiye	42	125.3	0.45
Birleşik Krallık	284	187.9	14.85
ABD	449	2298.7	70.82

ÖZGEÇMİŞ

Medine Nur TÜRKOĞLU ELİTAŞ 1991 yılında Mersin'de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Erdemli Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi' nden mezun oldu. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2012 yılında mezun oldu. 2013 yılında Karabük Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı' nda yüksekisansa başladı halen aynı yerde öğrenim görmeye devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : 100. Yıl Mah.
1035. Sokak. Esenyuva Sitesi.
B Blok.Kat:2, No:8.
Merkez/KARABÜK

Tel : (537) 2840911
E-posta : medine_nuur@hotmail.com