

T.C.

**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ ÜRETİMİ BAKIMINDAN KARADENİZ BÖLGESİNİN  
BİYOKÜTLE POTANSİYELİ VE BÖLGENİN EKONOMİSİNE KATKISI**

**FERDİ YAVUZ ŞAHİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MALATYA  
HAZİRAN 2019**

## ONAY SAYFASI

Tezin Başlığı: Enerji Üretimi Bakımından Karadeniz Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Bölgenin Ekonomisine Katkısı

Tezi Hazırlayan: Ferdi Yavuz ŞAHİN

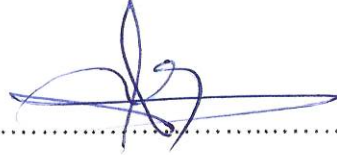
Sınav Tarihi: 25.06.2019

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı:

**Prof. Dr. Rasim BEHÇET**  
İnönü Üniversitesi



**Doç. Dr. İ. Gökhan AKSOY**  
İnönü Üniversitesi



**Dr. Öğretim Üyesi Faruk ORAL**  
Bitlis Eren Üniversitesi



**Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL**

Enstitü Müdürü

## ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Enerji Üretimi Bakımından Karadeniz Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli Ve Bölgenin Ekonomisine Katkısı” başlıklı bu çalışmanın bilimsel olarak etik olmayan herhangi bir yardıma başvurmadan şahsım tarafından yazıldığını ve yararlanmış olduğum bütün kaynakları hem kaynakçada hem de metin içerisinde kurallara bağlı kalarak gösterdiğimi ifade eder, bunu onurumla doğrularım.

Ferdi Yavuz ŞAHİN

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

## ENERJİ ÜRETİMİ BAKIMINDAN KARADENİZ BÖLGESİNİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ VE BÖLGENİN EKONOMİSİNE KATKISI

Ferdi Yavuz ŞAHİN

İnönü Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

119+xii sayfa

2019

Danışman: Prof.Dr. Rasim BEHÇET

Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte ihtiyaçlar artmaktadır. Günümüzde en önemli ihtiyaçlardan biride enerjidir. Teknolojik imkânlardan yararlanmak ve daha rahat bir yaşam sürdürebilmek için enerjiye ihtiyaç vardır. Enerji, genel olarak yenilenemeyen(tükenen) ve yenilenebilir(tükünmeyen) olmak üzere iki tür kaynaktan sağlanmaktadır. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenebilme endişesi, çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri ve büyük çoğunluğunun dışardan ithal edilmesi gibi sebeplerden dolayı temiz, yerel ve yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Türkiye için temiz, ucuz, yerel ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biride biyokütledir. Yakın bir zamanda yaşamını yetirmiş ya da halen yaşamı devam eden canlılardan elde edilen biyolojik maddelerin genel adı olan biyokütle enerji üretiminde değerlendirilebilecek temiz, ucuz ve yerel bir kaynaktır. Bu çalışmada, Türkiye'nin coğrafi bölgelerinden biri olan Karadeniz Bölgesinin yıllara göre biyokütle potansiyeli ve bu potansiyelin bölgenin ekonomisine katkısını araştırmak amacıyla iller bazında mevcut olan biyokütle kaynakları karşılaştırmalı olarak irdelenerek tablo ve grafiklere aktarılmıştır. Bölgenin illerindeki atık kaynaklı biyokütle potansiyelleri baz alındığında 115 milyon ton ile Çorum ili birinci sırada, 114 milyon ton ile Samsun ili ikinci sırada, 90 milyon ton ile Tokat ili üçüncü sırada yer alırken 11,6 milyon ton ile Giresun ili en son sırada bulunmaktadır. Farklı atık kaynaklı biyokütlerin enerji içerikleri değişebildiğinden dolayı biyokütle kaynaklı enerjisi en fazla olan il 344135 MWh ile Bolu ili birinci sırada, 264150 MWh enerji ile Samsun ikinci sırada, 210066 MWh enerji ile Tokat üçüncü sırada ve 20476 MWh enerji ile Rize ili en son sırada bulunmaktadır. Bu verilere göre yalnızca Bolu ilinin Karadeniz Bölgesinin ekonomisine katkısı yaklaşık olarak 148 milyon lira olup bölgede toplam tüketilen elektrik enerjinin %2.08'lik kısmını karşılık gelmektedir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Yenilenebilir Enerji, Atık kaynaklı biyokütle, Karadeniz Bölgesi, Ekonomi,

## **ABSTRACT**

Master Thesis

# **BIOMASS POTENTIAL OF BLACK SEA REGION FOR ENERGY PRODUCTION AND CONTRIBUTION TO THE ECONOMY OF THE REGION**

Ferdi Yavuz ŞAHİN

İnönü University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering

119+xii pages

2019

Supervisor: Prof.Dr. Rasim BEHÇET

The needs are increasing with increasing population and developing technology. Today, energy is one of the most important needs. Energy is needed to benefit from technological opportunities and to lead a more comfortable life. Energy is generally provided from two types of sources: non-renewable (depleted) and renewable (inexhaustible). There is a need for clean, local and renewable alternative energy sources for reasons such as exhaustion of non-renewable energy sources such as coal, oil and natural gas, harmful effects on environment and human health and importation of the vast majority. Turkey for clean, cheap, in one of the local biomass and renewable energy sources. Biomass, which is the general name of the biological materials obtained from living organisms that have survived or survived recently, is a clean, inexpensive and local resource that can be used in energy production. In this study, Turkey's Black Sea is one of the geographical areas biomass potential by years of Regions and biomass resources available in some provinces to investigate the contribution to the economy of this potential has been transferred to examining the tables and graphics in comparison. In the province of Çorum, Çorum province is the first in the province with 115 million tons and the province of Samsun is in the second place with 114 million tons and in the third place with 90 million tons. The last province is Giresun with 11.6 million tons. As the energy content of the biomass energy source can vary, the province with the highest biomass energy has the highest level with 344135 MWh and Samsun is the second with 264150 MWh energy. According to these data, the contribution of the Bolu province to the Black Sea Region's economy is approximately 148 million Turkish Liras.

**KEY WORDS:** Renewable Energy, Waste-borne biomass, Black Sea Region, Economy

## TEŞEKKÜR

Tezimin her bir basamağında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışman hocam Sayın Prof.Dr. Rasim BEHÇET'e

Tez alıőmam süresince benden desteğini hiçbir Şekilde esirgemeyen, eőime, Prof. Dr. Recep BURKAN'a, Dr. Öğr. Gör. Osman Tayyar ÇELİK ve Dr. Hüseyin POLAT'a ve Őuan çalıőmakta olduğum okul müdürüm Sayın Mehmet KÜÇÜK'e

'teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1 . GİRİŞ .....	1
1.1. Amaç .....	3
1.2. Kapsam .....	4
1.3 Literatür Araştırması .....	4
2. TEMEL BİLGİLER .....	8
2.1 Biyokütle Enerjisi .....	8
2.2 Biyokütle Kaynaklarının Sınıflandırılması .....	8
2.2.1 Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle.....	8
2.2.2 Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle .....	9
2.2.3 Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle .....	9
2.2.4 Belediye Ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle .....	10
2.3 Biyokütle Enerjisinin Avantajları .....	10
2.4 Biyokütle Enerjisinin Dezavantajları .....	11
2.5 Biyokütle Çevrim Yöntemleri.....	12
2.5.1 Havasız Çürütme.....	12
2.5.2 Piroliz.....	13
2.5.3 Karbonlaştırma.....	14
2.5.4 Gazlaştırma .....	14
2.5.6 Doğrudan Yakma .....	14
2.5.7 Fermantasyon.....	16
2.6 Biyoyakıtlar.....	16
2.6.1 Biyodizel .....	16
2.6.2 Bioetanol .....	18
2.6.3 Biyogaz .....	19
2.6.3.1 Biyogazın Özellikleri .....	19
3. DÜNYA'DA BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN ÖNEMİ VE KULLANIMI... 25	
4. TÜRKİYE'NİN BİYOKÜTLE ENERJİ POTANSİYELİ VE MEVCUT KULLANIM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	29
5. KARADENİZ BÖLGESİ'NDEKİ BİYOKÜTLE ENERJİ SANTRALLERİ.....	40

5.1.	Samsun Avdan Biyogaz Elektrik Santrali.....	40
5.2	Trabzon Sürmene Biyokütle Enerji Santrali .....	41
5.3	Amasya Biyokütle Enerji Santrali .....	41
5.4	Bolu İli Biyokütle Enerji Santrali .....	43
5.5	Tokat Erbaa Biyokütle Enerji Santrali.....	43
5.6	Zonguldak Oyka Biyokütle Enerji Santrali.....	44
5.7	Çorum Mecitözü Biyokütle Enerji Santrali .....	44
5.8	Düzce Biyokütle Enerji Santrali .....	45
6.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	46
6.1	Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle.....	46
6.2	Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle .....	49
6.3	Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle .....	51
6.4	Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle .....	53
7.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	57
7.1.	Trabzon İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	57
7.2.	Rize İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	59
7.3.	Artvin İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	63
7.4.	Bayburt İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	65
7.5.	Amasya İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	66
7.6.	Tokat İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	68
7.7.	Ordu İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	70
7.8.	Samsun İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	72
7.9.	Sinop İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	75
7.10.	Kastamonu İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	77
7.11.	Çorum İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	79
7.12.	Gümüşhane İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	81
7.13.	Bartın İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	83
7.14.	Karabük İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	85
7.15.	Zonguldak İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	87
7.16.	Bolu İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	90
7.17.	Düzce İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	92
7.18.	Giresun İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli .....	94
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	102
9.	KAYNAKLAR .....	105
	ÖZGEÇMİŞ .....	118



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

USD	Amerikan doları
YEK	Yenilenebilir ekonomik kalkınma
Ha	Hektar
Tep	Ton eşdeğer petrol
K	Kelvin
TWh	Terawatt saat
OECD	Ekonomik işbirliği ve kalkınma örgütü
IEA	Uluslararası enerji ajansı
ASTM	Amerika Society for Testing and Materials
EPA	ABD Çevre Koruma Ajansı
ETKB	Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı
MTEP	Milyon ton eşdeğer petrol
EPDK	Enerji piyasası denetleme kurulu
YEKDEM	Yenilenebilir enerji kaynakları destekleme mekanizması
BES	Biyokütle enerji santrali
ÇEDAŞ	Çamlıbel elektrik dağıtım anonim şirketi
Kcal/kg	Bir kilo için yakılan kalöri
TÜİK	Türkiye istatistik kurumu
TEA	Toplam ekilen alan
EAEBM	Ekilen alandan elde edilebilecek biyokütle miktarı
BÜED	Biyokütleden üretilebilecek enerji değeri
BÜEM	Biyokütleden üretilebilecek enerji miktarı
TOA	Toplam ormanlık alan
OAKBM	Ormanlık alandaki kuru biyokütle miktarı
THAM	Toplam hayvansal atık miktarı
AÜBM	Atık miktarından üretilebilecek biyogaz miktarı
BÜEM	Biyogazdan üretilebilecek enerji miktarı
AEMM	Atık lardan elde edilebilecek metan miktarı
MÜEM	Metan miktarından üretilebilecek enerji miktarı
OKBM	Ortalama kuru biyokütle miktarı
OBID	Ortalama kuru biyokütle ısı değeri
OBEB	Ortalama kuru biyokütle enerji değeri
A	Alan
Mt	Belediye atık kaynaklı biyokütle
My	Belediye atıklarından üretilebilecek metan miktarı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Anaerobik Çürüme Kademeleri.....	23
Şekil 4.1	2018 Temmuz Sonu Türkiye’de Elektrik Toplam Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Dağılımı (MW,%)......	29
Şekil 4.2	Bölgelere Göre Tarımsal Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli (Ton).....	33
Şekil 4.3	İl Bazında Türkiye’deki Fındık Dikim Alan Yüzdeleri.....	39
Şekil 5.1	Samsun Avdan Çöp Kaynaklı Biyogaz Sahası ve Biyokütle Santrali.....	41
Şekil 5.2	Trabzon-Rize İlleri Çöp Kaynaklı Biyogaz Sahası Ve Sürmene Biyokütle Santrali.....	41
Şekil 5.3	Amasya İlindeki Biyokütle Enerji Santralleri.....	42
Şekil 5.4	Amasya Suluova İlçesi Biyokütle Enerji Santrali.....	42
Şekil 5.5	Tokat Erbaa İlçesi Biyokütle Enerji Santrali.....	43
Şekil 5.6	Seka Çaycuma Kağıt Fabrikasında Atık Hale Gelen Biyokütle ve Oyka Biyokütle Enerji Santrali.....	44
Şekil 5.7	Atık Kaynaklı Biyokütle ve Çorum Mecitözü Enerji Santrali..	45
Şekil 5.8	Düzce İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Enerji Santrali....	45
Şekil 6.1	Karadeniz Bölgesi’nde İllerdeki Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (ton/Yıl).....	48
Şekil 6.2	Karadeniz Bölgesi'nde Ki İllerde Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütleden Üretilebilecek Enerji Miktarı(MWh).....	48
Şekil 6.3	Karadeniz Bölgesi’nde İllerdeki Ormansal Atık Miktarı(Ton/Yıl).....	50
Şekil 6.4	Karadeniz Bölgesi’ndeki İllerde Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütleden Üretilebilecek Enerji Miktarı (MWh).....	50
Şekil 6.5	Karadeniz Bölgesi’nde İllerdeki Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl).....	52
Şekil 6.6	Karadeniz Bölgesi’ndeki İllerde Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütleden Üretilebilecek Enerji Miktarı(Mwh).....	53
Şekil 6.7	Karadeniz Bölgesi’nde İllerdeki Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı(Ton/Yıl).....	55
Şekil 6.8	Karadeniz Bölgesi’ndeki İllerde Belediye Atık Kaynaklı Biyokütleden Üretilebilecek Enerji Miktarı(Mwh).....	55
Şekil 7.1	Fındık Atığı Ve Briketlenmiş Fındık Zürufu.....	58
Şekil 7.2	Çay Atığı Kaynaklı Biyokütle.....	61
Şekil 7.3	Artvin İlindeki Çöp Sahasından Bir Görünüm.....	63

Şekil 7.4	Amasya Biyogaz Tesisinde Değerlendirilebilecek Soğan Atıkları Kaynaklı Biyokütleden Bir Görünüm.....	67
Şekil 7.5	Tokat İli Çöp Sahasından Bir Görünüm.....	69
Şekil 7.6	Ordu İli Fındık Atığı Kaynaklı Biyokütleden Bir Görünüm....	71
Şekil 7.7	Atıklardan Elde Edilmiş Pelet Ve Briketler.....	73
Şekil 7.8	Samun İlinin Çarşamba İlçesindeki Biyogaz Santralinden Bir Görünüm.....	73
Şekil 7.9	Sinop İlinde Belediye Atıkları.....	75
Şekil 7.10	Kastamonu İli Çöp Sahası.....	77
Şekil 7.11	Çorum İlindeki Biyokütle Santralinde Bitkisel Kaynaklı Biyokütleden Bir Görünüm .....	79
Şekil 7.12	Çorum İli Çöp Toplama Alanı.....	80
Şekil 7.13	Bartın İli Çöp Alanı.....	84
Şekil 7.14	Karabük İli Çöp Sahası.....	86
Şekil 7.15	Zonguldak ilindeki kağıt fabrikasından atık hale gelen ağaç kabuğu kaynaklı biyokütleden bir görünüm.....	88
Şekil 7.16	Zonguldak İlindeki Katı Atık Düzenleme Sahası.....	88
Şekil 7.17	Bolu İlinde Tavuk Dışkısı Atıklarından Bir Görünüm .....	90
Şekil 7.18	Düzce İlindeki Biyokütle Santarinde Kullanılan Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütleden bir görünüm.....	92
Şekil 7.19	Giresun ilinde oluşan fındık atıkları kaynaklı biyokütleden bir görünüm.....	94
Şekil 7.20	2012-2016 Yılları Arasındaki Karadeniz Bölgesi İller Bazındaki Ortalama Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları (Ton/Yıl).....	97
Şekil 7.21	Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerin 2012-2016 Yılları Arasındaki Toplam Ortalama Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları (Ton/Yıl).....	97
Şekil 7.22	Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerin 2012-2016 Yıllar Arasındaki Ortalama Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları (Ton/Yıl).....	98
Şekil 7.23	Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerin 2012-2014-2016 Yıllar Arasındaki Ortalama Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları(Ton/Yıl).....	98
Şekil 7.24	Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerden Elde Edilebilecek Toplam Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları (ton).....	99
Şekil 7.25	Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerden Elde Edilebilecek Toplam Atık Kaynaklı Biyokütle Enerji Miktarı (MWh).....	100
Şekil7.26	Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerin Toplam Atık Kaynaklı Biyokütle Olarak Bölgeye Katkısı.....	101

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Biyokütle Kaynakların Çevrim Yöntemleri ve Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları.....	12
Çizelge 2.2	Farklı Biyokütle Kaynaklarından Üretilen Biyogaz Verimi ve Metan Miktarları .....	19
Çizelge 2.3	Biyogaz Bileşimindeki Yüzdeler Oranlar .....	20
Çizelge 2.4	Bir Otobüs Değişik Yakıtlar İle Çalıştırıldığında Ortama Bırakılan Emisyonların (g/km) Karşılaştırılması.....	22
Çizelge 3.1	2017 Yılı Ülkeler Bazında Biyodizel ve Biyoetanol Üretimle.....	27
Çizelge 6.1	Karadeniz Bölgesi'nde Ekilen Tarım Ürünlerinden (Hektar) Elde Edilebilecek Potansiyel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl) ve Enerji Miktarı (MWh).....	47
Çizelge 6.2	Karadeniz Bölgesi'nde Toplam Ormanlık Alandan Elde Edilebilecek Potansiyel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (ton/Yıl) Ve Enerji Miktarı (MWh).....	49
Çizelge 6.3	Hayvan Sayısına Göre Yaş Gübre Miktarı(Ton/Yıl) ve Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı(m <sup>3</sup> /Yıl).....	51
Çizelge 6.4	Yaş Gübre Miktarına Göre Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı(m <sup>3</sup> /Yıl).....	51
Çizelge 6.5	Karadeniz Bölgesi'ndeki Hayvan Türlerinden Elde Edilebilecek Toplam Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı Ve Üretilen Enerji Miktarı.....	52
Çizelge 6.6	Karadeniz Bölgesi'ndeki Belediye Ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütleden Elde Edilebilecek Toplam Atık Miktarı (Ton/Yıl) ve Üretilen Enerji Miktarı (MWh).....	54
Çizelge 7.1	Karadeniz Bölgesi Toplam Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	57
Çizelge 7.2	Trabzon İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	58
Çizelge 7.3	Trabzon İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	59
Çizelge 7.4	Trabzon İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli....	59
Çizelge 7.5	Trabzon İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli...	59
Çizelge 7.6	Trabzon İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	59
Çizelge 7.7	Rize İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	62
Çizelge 7.8	Rize İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	62

Çizelge 7.9	Rize İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	62
Çizelge 7.10	Rize İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	62
Çizelge 7.11	Rize İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	62
Çizelge 7.12	Artvin İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	64
Çizelge 7.13	Artvin İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	64
Çizelge 7.14	Artvin İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	64
Çizelge 7.15	Artvin İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	64
Çizelge 7.16	Artvin İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	65
Çizelge 7.17	Bayburt İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	65
Çizelge 7.18	Bayburt İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	66
Çizelge 7.19	Bayburt İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	66
Çizelge 7.20	Bayburt İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	66
Çizelge 7.21	Bayburt İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	66
Çizelge 7.22	Amasya İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	67
Çizelge 7.23	Amasya İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	68
Çizelge 7.24	Amasya İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	68
Çizelge 7.25	Amasya İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	68
Çizelge 7.26	Amasya İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	68
Çizelge 7.27	Tokat İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	69
Çizelge 7.28	Tokat İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	70
Çizelge 7.29	Tokat İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	70
Çizelge 7.30	Tokat İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	70
Çizelge 7.31	Tokat İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	70
Çizelge 7.32	Ordu İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	71
Çizelge 7.33	Ordu İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	71
Çizelge 7.34	Ordu İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	72
Çizelge 7.35	Ordu İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	72
Çizelge 7.36	Ordu İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	72
Çizelge 7.37	Samsun İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	74
Çizelge 7.38	Samsun İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	74

Çizelge 7.39	Samsun İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	74
Çizelge 7.40	Samsun İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli...	74
Çizelge 7.41	Samsun İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	74
Çizelge 7.42	Sinop İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	76
Çizelge 7.43	Sinop İlinin Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli....	76
Çizelge 7.44	Sinop İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	76
Çizelge 7.45	Sinop İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	76
Çizelge 7.46	Sinop İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	76
Çizelge 7.47	Kastamonu İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli...	78
Çizelge 7.48	Kastamonu İli Tarımsal Atık Biyokütle Potansiyeli.....	78
Çizelge 7.49	Kastamonu İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli	78
Çizelge 7.50	Kastamonu İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	78
Çizelge 7.51	Kastamonu İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	79
Çizelge 7.52	Çorum İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	80
Çizelge 7.53	Çorum İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	81
Çizelge 7.54	Çorum İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	81
Çizelge 7.55	Çorum İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli....	81
Çizelge 7.56	Çorum İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	81
Çizelge 7.57	Gümüşhane İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	82
Çizelge 7.58	Gümüşhane İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli	82
Çizelge 7.59	Gümüşhane İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	82
Çizelge 7.60	Gümüşhane İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	83
Çizelge 7.61	Gümüşhane İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	83
Çizelge 7.62	Bartın İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	84
Çizelge 7.63	Bartın İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	84
Çizelge 7.64	Bartın İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	85
Çizelge 7.65	Bartın İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	85
Çizelge 7.66	Bartın İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	85

Çizelge 7.67	Karabük İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	86
Çizelge 7.68	Karabük İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli....	86
Çizelge 7.69	Karabük İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli...	87
Çizelge 7.70	Karabük İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli...	87
Çizelge 7.71	Karabük İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	87
Çizelge 7.72	Zonguldak İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli....	89
Çizelge 7.73	Zonguldak İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli..	89
Çizelge 7.74	Zonguldak İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli	89
Çizelge 7.75	Zonguldak İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	89
Çizelge 7.76	Zonguldak İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	90
Çizelge 7.77	Bolu İlinin Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	91
Çizelge 7.78	Bolu İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	91
Çizelge 7.79	Bolu İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	91
Çizelge 7.80	Bolu İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	91
Çizelge 7.81	Bolu İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	92
Çizelge 7.82	Düzce İlinin Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli.....	93
Çizelge 7.83	Düzce İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	93
Çizelge 7.84	Düzce İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	93
Çizelge 7.85	Düzce İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	93
Çizelge 7.86	Düzce İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	94
Çizelge 7.87	Giresun İlinin Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli...	95
Çizelge 7.88	Giresun İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	95
Çizelge 7.89	Giresun İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli....	95
Çizelge 7.90	Giresun İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli...	95
Çizelge 7.91	Giresun İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	95

## 1. GİRİŞ

Enerji, cisim ya da sistemin iş yapabilmesi için ihtiyaç duyduğu güç olarak ifade edilirken; bilimsel ifade ile enerji, herhangi bir sisteme dâhil olduğunda ya da sistem dışında kaldığında en az bir özelliğini değiştirmedeki etkisi olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifade ile enerji, her türlü üretim, taşıma ve hareket için etkisi gözlemlenebilen ve yaşantımızın her aşamasında gerekli olan bir kavramdır [1].

Hammadde ve enerji kaynaklarının sınırlı olması, enerji kullanımındaki artış, fosil kaynakların ciddi bir çevre problemi oluşturması ve bu kaynakların fiyatlarının her geçen gün artması vb. gibi nedenlerden dolayı günümüz dünyasında geleceğe dönük en önemli sürdürülebilir kaynak yenilenebilir enerji kaynakları olacağı tahmin edilmektedir [2]. Ekonomik gelişmenin en önemli faktörlerinden biri olan enerji, kalkınma programları için önemli bir unsurdur [3]. XXI. yüzyılda dünyadaki temel enerji ihtiyacı öncelikli olarak sanayileşmiş ülkeler olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde artarak devam etmektedir. 1990 yılında dünya nüfusunun % 75' ini sahip olan ve dünya enerji tüketiminde % 33' lük kısmını oluşturan ülkeler, 2020 yılında dünya nüfusunun yaklaşık % 90'nına sahip olacak ve dünya enerjisinin tahmini olarak % 55'lik kısmını tüketecektir [4]. Dünyada ki nüfus artışı, sanayileşme, teknolojinin gelişmesi ve yaşam standartlarının yükselmesi ile enerji tüketiminde artış devam etmektedir. Fosil kaynakların tükenebilir olması, yenilenebilir (alternatif, sürdürülebilir) enerji kaynaklarına yönelik araştırmalarda önemli oranda artışa sebep olmuştur [5].

Dünyadaki enerji kaynaklarının %78'ini fosil yakıtlar , %19'u yenilenebilir enerji, %3'ü ise nükleer enerji kaynakları oluşturmaktadır [6]. Türkiye'de tüketilen enerji kaynaklarından %89'u fosil kaynaklı olup enerjinin yaklaşık %78'i ise ülke dışından pazarlanmaktadır [7-8]. Bunun yanı sıra enerji üretiminde fosil kaynakların kullanılması sonucunda atmosfere karışan emisyon gazları küresel ısınma, asit yağmurları ve hava kirliliği ülkemiz ve diğer ülkeler için ciddi bir çevre problemi oluşturmaktadır. 20. yüzyılda fosil kaynakların enerji üretiminde yoğun bir şekilde kullanılmasından dolayı atmosferimizdeki CO<sub>2</sub> salınımı 1.3 kat artış göstermiştir. CO<sub>2</sub> salınımı ile meydana gelen sera etkisi, ortalama sıcaklığı 0.7 °C'e artmıştır [9,10]. Alınan bütün tedbirlere rağmen 2035 yılında Dünya sıcaklığı CO<sub>2</sub> salınımından dolayı ortalama olarak 3.6 °C' lik bir artış göstereceği tahmin



edilmektedir [11]. Ortalama sıcaklığının 3 °C'nin üzerine çıkması; kutuplardaki buzulların erimesinin yanı sıra, denizlerde yükselmeye, göllerde ve tarımda büyük kuraklıklara sebep olacağı düşünülmektedir [9]. Bu sebeplerden dolayı gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere enerji politikaları incelendiğinde, yenilenebilir enerji kaynakları kalkınma planlarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır [3].

Yenilenebilir enerji kaynakları, her zaman doğada var olabilen, çevreye zarar vermeden kullanılabilen, sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır [12]. Bilim insanları, çevreye olumlu katkısından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik önemli çalışmalar yapmayı hedeflemişlerdir [13]. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yeri olan biyokütle enerjisi, geliştirilmesi gereken ve gelecek zaman diliminde de enerji ihtiyacına önemli derecede katkı sağlayacak bir enerji kaynağıdır. Yeşil renge sahip olan bitkilerin güneş enerjisinin fotosentez aracılığıyla kimsiyal enerjiye dönüşmesi sonucu depolanarak oluşan ve canlı organizmaların ilk oluşumu olarak ortaya çıkan, bir miktarı enerji üretimi için kullanılan, organik karbon ve biyolojik kökenli olarak isimlendirilen maddeye biyokütle (biyomas) denir [14-16]. Biyokütlenin, enerji kaynağı olarak iklim ve çevreye karşı olumlu etkisi, ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi ve akaryakıt olarak da taşıtlarda ve evlerde kullanılabilir özelliği olması stratejik bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir [17]. Biyokütle, bir yandan bilinen ilkel yöntemle yakılmak suretiyle enerjiye dönüştürülürken diğer taraftan modern yöntemlerle, hidrojen, metanol, etanol vb enerji türlerine dönüşümü gerçekleştirilerek ülke ekonomisine önemli faydalar sağlamaktadır [18]. Yenilenebilir enerji kaynakları ile dünyada enerji açığının önemli kısmını karşılamak için ciddi çalışmalar yapılmakta olduğu tahmin edilmektedir. En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütlenin hem ekonomik hemde çevresel açıdan önemli katkılar sunmasından dolayı, biyokütleden sağlanan biyoenerjinin önemi her geçen gün artarak devam etmektedir. Dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağı olan biyoenerji, gelecekte en sık kullanılan enerji kaynağı olacağı tahmin edilmektedir [19,20].

Doğal kaynak boyutunda yenilenebilir enerji kaynakları (yek)'nin devamlılığının sağlanabilmesi için kullanılacak enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olan biyokütle enerjisi, verimlilik artışı sağlama, kaynak kıtlığını giderme ve yeni istihdam imkânlarını oluşturma gibi avantajları olması nedeniyle yerel büyüme ve kalkınmayı sağlamakta olup ekonomik gelişmedeki istikrarsızlığın

devam etmemesi hususunda önemli rol oynamaktadır [21]. Biyokütlenin birçok avantajı olmakla birlikte biyokütle kaynaklı atıkların depolanması, görüntü kirliliği, enerji üretim tesislerinin düşük miktarda enerji üretmesi vb. gibi dezavantajlarında bulunabilmektedir. Söz konusu bu olumsuz durumlara rağmen biyokütle enerjisi, bölgesel/yerel avantajlar noktasında önemli bir konumdadır ve YEK üzerinde önemli etkiye sahiptir [22,23].

## **1.1. Amaç**

Hayatın devamı için önemli bir faktör olan enerji, yaşamın her alanında önemini göstermektedir. Enerjinin kullanımı nüfus artışı, sanayileşme ve teknoloji ile birlikte her geçen gün artmaktadır. Kullanımının artması ile birlikte sınırlı rezervleri olan fosil yakıtların tükenme endişesinden dolayı alternatif yakıt arayışı zamanla daha da önem arz etmektedir

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin artması yönünde tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önemli çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda biyokütle, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en önemli konumdadır. Biyokütle, kaynakları bakımından kendi arasında tarımsal atıklar, belediye ve evsel atıklar, ormansal atıklar ve hayvansal atıklar olmak üzere birçok atık çeşidinin enerjiye dönüştürülmesi sonucunda önemli bir enerji kaynağı ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Bu çalışmada, 2012-2016 yılları arasında Karadeniz Bölgesinde bulunan illerdeki tarım ürünlerinden işlemden geçirilmemiş tütün, parfüm ve ilaç yapımında kullanılan bitkiler, şekerpancarı ve yem bitkileri için kullanılan tohumlar, patates, kuru baklagiller, yenilebilir kök ve yumrular, saman ve ot (yem bitkileri), şeker yapımında kullanılan bitkiler (seker pancarı), tahıllar, tekstilde boya ve diğer işlemler için kullanılan olgunlaşmamış bitkiler, yağlı tohumlar, sebze, meyve gibi ürünlerden kaynaklanan atıklar, evsel atıklar, hayvansal atıklar, ormansal atıklar dikkate alınarak her bir il için ayrı ayrı biyokütle potansiyelleri ekilen alanlardan yola çıkarak kuru biyokütle miktarı (ton), ısı değer (kcal/kg), ton petrol eş değeri (tep) ve üretilebilecek enerji miktarı (MWh) belirlenerek, Karadeniz Bölgesi’ndeki illerin biyokütle potansiyeli ve bu potansiyelin bölgenin ekonomisine katkısının incelenmesi amaçlanmıştır.

## 1.2. Kapsam

Tez çalışması, Karadeniz Bölgesinin enerji üretimi bakımından biyokütlesel potansiyeli ve bu potansiyelin bölge ekonomisine katkısı ile ilgili çalışmaları konu almaktadır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda konu ile ilgili geniş kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma da Karadeniz Bölgesinde'ki tüm iller için biyokütlenin sağladığı enerji ve ekonomik katkısı ayrıntılı olarak incelenmiş ve gerekli hesaplamalar hassas bir şekilde yapılmıştır.

Yapılan tez çalışmasının ilk bölümünde biyokütlenin tarihinden ve gerekliliğinde bahsedilmiştir. Daha sonrasında literatür araştırması yapılmıştır.

İkinci bölümde biyokütle ile ilgili kavramlar, tanımlar, biyokütle kaynakları ve yöntemleri, biyokütle kaynaklı yakıtlarının elde edilme yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde biyokütlenin Dünya ve Avrupa üzerinde ki önemi, biyokütle kaynakları, teknolojik gelişmeler ve kullanılan teknolojiler, üretim tesis sayısı ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde ise Türkiye'deki biyokütle kaynakları, biyokütle potansiyeli, biyokütle ile ilgili yapılan çalışmalar ve ülkenin ekonomisine katkısı gibi incelemelerde bulunulmuştur.

Beşinci bölümde Karadeniz Bölgesi'deki illerde bulunan biyokütle santralleri hakkında bilgi verilmiştir.

Altıncı bölümde de tez çalışması ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmiştir. Karadeniz Bölgesi'ndeki illerde potansiyel olarak elde edilebilecek biyokütle atık miktarları ve bu atıklardan elde edilebilecek enerji miktarı tablolar halinde verilerek grafiklere aktarılmıştır.

Yedinci ve sekizinci bölümde ise çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılarak sonuçlar tartışılarak önerilerde bulunulmuştur.

## 1.3 Literatür Araştırması

Literatür araştırmasındaki amaç, tez konusu ile ilgili çalışmaların incelenip birtakım veriler toplanılması ve çalışmanın ana çerçevesi belirlenerek konunun amaç dışına çıkmamasında öncülük etmesidir. Konu ile ilgili yapılan literatür araştırmaları,

tez çalışmasına önemli katkılar yapmış olup çalışmalar kısa bir şekilde amaç ve sonuca göre özet olarak sunulmuştur.

Kuş ve arkadaşları [24] yaptıkları çalışmada, Iğdır ilinde yetiştirilen bitkisel kaynaklı tarım ürünlerinin TÜİK verileri dikkate alınarak 2009-2013 yılları arasındaki beş yıllık biyokütle enerji potansiyeli hesaplanmış ve birim alandan elde edilen ortalama kuru biyokütle miktarı hektar başına 27.5 ton olduğu belirtilmiştir. Iğdır ilinin mevcut biyokütle enerji potansiyelinin 639 bin TEP(ton eşdeğer petrol) /yıl olduğu ve bu değerın 220 milyon TEP olan Türkiye biyokütle enerji potansiyelinin yaklaşık %0.3'üne denk geldiği belirtilmiştir.

Kurt ve Koçer tarafında yapılan çalışmada da [25], Malatya ilindeki tahıllar, endüstriyel bitkiler, yağlı tohumlu bitkiler gibi bitkisel kaynaklı ürünler dikkate alınarak yaklaşık olarak 145.162 hektarlık alandan bir yılda elde edilebilecek kuru biyokütle miktarının 3.991.966 ton olduğu hesaplanmış ve bu miktarın ortalama ısıl değeri 1.596.786 TEP olabileceği belirtmişlerdir.

Koçer ve Ünlü, yaptıkları çalışmada [15], Doğu Anadolu Bölgesi'nde 1.721.578 hektarlık alana sahip olan tahıllar, endüstriyel bitkiler, yağlı tohumlar, baklagiller ve yumru bitkilerden yaklaşık olarak 47.343.313 ton atık kaynaklı biyokütle elde edilebileceğini belirtmişler ve atık potansiyelinden 19.174.042 ton eşdeğer petrol (TEP) elde edilebileceğini çeşitli hesaplamalarla ortaya koymuşlardır. Yapılan çalışma sonucunda biyokütlenin enerji tasarrufuna katkısı ve ekonomik önemini ortaya koymuşlardır.

Demir ve arkadaşları [26], Mersin ili ile ilgili 2005-2014 yılları arasında tarım kaynaklı biyokütlenin enerji eşdeğer potansiyeli ile ilgili yaptıkları çalışmada ilin biyokütle enerji potansiyelini Akdeniz Bölgesi ve Türkiye potansiyelleri ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Çalışmada ildeki meyveler, sebzeler, tahıllar, yağlı tohumlar ve kuru baklagiller baz alınarak, tarım kaynaklı ortalama biyokütle enerji potansiyelleri MWh olarak hesaplanmıştır. Çalışmada dikkate alınan ürünlerden toplam yaklaşık olarak 45.228 MWh tarım kaynaklı biyokütle enerjisi elde edilebileceği hesaplanmış ve hesaplanan bu değer Türkiye'ye biyokütle olarak üretilen enerjinin yaklaşık olarak %1.93'üne, Akdeniz Bölgesi'nin de %15.86'sını karşıladığını ortaya koymuşlardır.

Koçar ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada [27], İzmir ilinin biyokütle enerji potansiyeli incelenmiş ve çalışma sonucunda üretilen enerjinin kullanılabilirliği noktasında ilin sanayi yapısını araştırılmıştır. Ayrıca biyokütleden enerji üretmek için yapılacak tesis çalışmaları hakkında bilgi toplamış ve tesisin kurulumu ile ilgili saha araştırması yapmışlardır.

Çağal ise araştırmasında [28], biyokütle kaynakları ile ilgili incelemelerde bulunmuştur. Yaptığı çalışmada coğrafi şartlara bağlı olarak yetiştirilebilir biyokütle kaynakları konusunda araştırma yapmış ve ayrıca biyorafineler hakkında incelemelerde bulunmuştur. Yaptığı inceleme sonucunda biyorafinelerde anaerobik arıtma işleminde kullanılmasıyla çevreyi serbest olarak ortaya çıkacak olan metan ve diğer gazlardan korunabileceğini, bu gazların rafinelerde dönüşüm sistemlerinden geçerek enerji üretimi gerçekleştirilebileceğini belirtmiştir. Bu üretimin tesisi 90,45 TEP enerji üretim kapasitesine sahip olduğunu, bunun da yaklaşık olarak tesisin toplam tükettiği enerjinin %4'ünü karşılayabileceğini incelemeler sonucu ortaya koymuştur.

Karayılmazlar ve arkadaşları çalışmalarında [29], Türkiye'nin de enerji ormancılığında değerlendirilecek Türkiye'de 4 milyon hektarlık orman alanının var olması, boş ya da verimin az olduğu tarım yada ormanlık alanlara enerji ormancılığında modern uygulamaların failiyete geçirilmesi sonucu; kendi yerli kaynağımızın kullanılması ile petrol ithalatında azalma, verimli orman bölgelerin korunması, birtakım doğal afetleri azaltmak, çevre içinde önemli katkıların olacağını belirtmişlerdir.

Üçgül ve Akgül ortaya koydukları çalışmaya göre [18], biyogaz reaktörünü, mezofilik ve termofilik bölgede gerekli olan ısıyı güneş enerjisinden sağlayarak çalışan bir sistem geliştirerek patantini almışlardır. Yapılmış olan biyogaz reaktöründe, biyogaz, hidrojen vb.), sıvı (etanol, biyodizel vb.) ve katı (ağaç, pellet vb.) olmak üzere üç çeşit alternatif yakıt üretilebileceği ifade edilmiştir.

Akınerdem ise araştırmasında [30], biyodizel ile ilgili yasal zorunluluk getirildiğinde, hem enerjinin taarrufu açısından hemde enerji ithalatının azaltılması yönünden olumlu katkılar sağlayacağını belirtmektedir. Bu yasal zorunluluğun uygulanması için devlet nezdinde kanunlaştırılarak güvence altına alınmasının gerekliliğini söylemiştir. Devlet tarafından biyoyakıt ile ilgili alanları içine alan, yönetim ve denetim için biyoyakıt üst kurulu oluşturarak daha kapsamlı bir çalışma

yapılabileceğini belirtmiştir ve bu şekilde yerli ve yenilenebilir kaynaklar olan biyoyakıtların kullanılmasının teşvik edilmesi ve yaygınlaşması için daha ciddi çalışmalara kapı aralacağını ifade etmiştir.

Kapluhan [31], enerji coğrafyası açısından biyokütlenin Türkiye de ve Dünya’da kullanımı ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Ayrıca Türkiye’nin farklı coğrafi bölgelerinde elde edilebilecek biyokütle kaynaklarının neler olduğunu ve bu kaynakların elde edilme yöntemleri hakkında araştırma yapmıştır.

Karaca ve arkadaşları [32], Aydın ilinin tarımsal atık kaynaklı biyokütle potansiyeli ile ilgili yaptıkları araştırmada 2014 yılı TÜİK verilerine göre, ilde 1.409.273 dekar ekili alan bulunduğu ve bu alanda bir yılda tarımsal üretim sonucu açığa çıkan atık potansiyelinin 620.554 ton olacağı, bu atıklardan da 572 181 tonu tarla atıkları, 47 687 tonu meyve bahçesi budama atıkları ve 686 tonu ise sera atıklarından oluştuğu belirtilmiştir. Bu potansiyelin toplam enerji eşdeğeri ise 11.365.506 GJ (3157,04 GWh) olduğu ifade edilmiştir.

Karaca ve Öztürk [33], Osmaniye ilininin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada ilde bulunan 65 bin büyükbaş 529 bufalo ve 200 bin adet yumurta tavuğundan yıllık toplam 656 bin ton gübre elde edilebileceği belirtilmiştir. Bu gübrenin ise 645 bin ton sığır gübresi, 5 bin manda gübresi ve 6 bin ton yumurta tavuğu gübresinden oluştuğu ifade edilerek gübrelerden elde edilebilecek biyogaz potansiyeli 11 milyon m<sup>3</sup> ve bu biyogazdan da 27,8 GWh elektrik enerjisi elde edilebileceği ifade edilmiştir.

Bu çalışmada ise, Karadeniz Bölgesinde’ki illerin TÜİK’den alınan verilere göre her bir yıl için biyokütle miktarı, biyokütle ısı değeri (kcal/kg), enerji değeri (tep) ve enerji miktarı (MWh) ile ilgili hesaplamalar yapılarak tablolar ve grafiğe dönüştürülerek iller bazında bölgenin ekonomisine katkısı belirtilmiştir.

## **2.TEMEL BİLGİLER**

### **2.1 Biyokütle Enerjisi**

Biyokütle enerjisinin birçok tanımı olmakla birlikte genel olarak, biyokütlenin yanması sonucu içinde depolanmış kimyasal enerjinin ısı enerjisine dönüşümü olarak tanımlanmaktadır. Biyokütlenin diğer tanımları şu şekildedir;

-Fotosentez ile suyun ve karbondioksitin organik maddelere dönüşümü ile oluşan bitkisel maddelerdir.

-Tarım ürünleri, ağaçlardan, bitkilerden (algler de dâhil) ve atıklarından oluşan organik maddelerin tamamıdır.

-Hayvansal atıkların tamamıdır.

-Bitkisel ya da hayvansal kökenli yanmaya elverişli olan her çeşit organik maddedir [34-36].

Güneş var olduğu sürece, bitki yetiştiriciliği devam edeceği için biyokütlenin tükenmez bir enerji olduğunu söyleyebiliriz. Biyokütle; yenilenebilir bir kaynak olması, her yerde yetiştirilebilme özelliği, özellikle kırsal alanlar da sosyo-ekonomik gelişmelere katkı sağlaması nedeniyle tercih edilebilir ve önemli yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu bilinmektedir [36].

### **2.2 Biyokütle Kaynaklarının Sınıflandırılması**

#### **2.2.1 Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle**

Tarım kökenli biyokütle kaynakları; tarım ürünleri ve bunlardan meydana gelen tarımsal atıklardır. Bitkisel yağ içeren ekinler (ayçiçeği, kolza tohumu, soya fasulyesi vb.) , mısır, şeker kamışı, buğday, süpürge darısı gibi tarımsal ürünlere dayalı biyokütle kaynaklarından, biyodizel benzeri sıvı yakıtların elde edilmesinde kullanılabilir [34].

Tarıma dayalı biyokütle kaynaklı atıklar ise; kabuklar, samanlar ve saplar gibi atıklardır. Bu atıklar; ürünlerin hasadı sonrasında tarlada artakalan ürünler (pamuk sapsarı gibi) olabileceği gibi sanayilerde ürün işleme sonucunda oluşan bir yan ürün (pirinç kabuğu gibi) de olabilir [36]. Genel olarak bu biyokütle enerji kaynakları; şeker kamışı lifi (küspe), Hindistan cevizi kabuğu, pirinç kabuğu

yerfistığı kabuğu, palm yağı lifi ve hububat sapı gibi kaynaklardır. Geleneksel olarak tarımsal atıklar, biyokütle kaynaklı enerji dönüşümünde kullanılmadığında, yakılır ve toprakla üstü kapatılır, ya da depolanarak hayvanlara besin sağlama amaçlı kullanılırlar [33].

Tarımsal atıklar, maliyeti düşük yerel kaynaklardan sağlanabilen, çevreye karşı hassas ve daima temin edilebilir gibi avantajlar, bu kaynakların sürekli kullanımını sağlamaktadır. Fakat stoklama, nakliyat ve kullanımları sırasında bir takım problemler oluşmaktadır. Bu problemlerin oluşumunu engelleyici briketleme teknolojisi kullanılmaktadır [38].

### **2.2.2 Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle**

Ormansal biyokütle kaynağı; ormansal ürünleri ve atıkları içine alan geniş bir biyokütle enerji kaynağı olarak sınıflandırılabilir. Ormanda oluşan atıklar; ağaç kabuğu, talaş, yonga gibi ormansal biyokütle kaynaklı yan ürünlerdir. Bu ormansal biyokütle kaynaklı atıklar, genellikle orman bölgesinde atıl durumda hiçbir şekilde değerlendirmeden bulunduğu yerde çürümeye bırakılır. Fakat bu atıklar biyokütle kaynaklı enerji dönüşümünde ya da bildiğimiz ısınma amaçlıda kullanılabilir [34]. Ormansal ürünlerde genel olarak odun ilk sıradadır. Odun; yenilenebilir en önemli biyokütle kaynaklarından bir tanesidir. Katı yakıt olarak kullanımının yanı sıra çar elde edilmesinde de kullanılabilir [34]. Fakat tabiatın en önemli kaynaklarından bir olan ormanlarda odun tüketimi, ormansal kaynakların giderek azalmasına ve daha sonrasında tamamen tükenmesi ile çevresel ve sosyal birçok problemler ortaya çıkacağından dolayı Küba ile beraber bazı ülkelerde sınırlandırılmıştır [39].

### **2.2.3 Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle**

Hayvansal kaynaklı atıklar; Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları vb. dışkılarından oluşur. Hayvan atıkları, koku ve su kirliliği gibi bir takım çevresel problemler oluşturması ve herhangi bir işleme tabi tutulmadan tarımsal gübre olarak kullanılması, atıkların etkin bir şekilde nasıl kullanılabilir sorusunu akla getirmiştir. Hayvansal atık kaynaklı biyokütle, birtakım dönüşüm teknolojisi ile oksijensiz ortamda kimyasal reaksiyonlar sonucu biyogaz üretimi sağlanabilir [34].



#### **2.2.4 Belediye, Sanayi ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle**

Sanayi atıkları; çeşitli sıvı (et ve balık ön pişirmesi sonucu, meyve ve sebze haşlama sonrası oluşan, et, meyve ve sebze yıkama ile oluşan atıklar ve şarap üretimi sonucu oluşan atıklar) atıklar, endüstriyel tesislerin katı atıkları (şeker ya da nişasta ekstraksiyonunun posası ya da lifleri, meyvelerin ve sebzeden meydana gelen atıklar, kahve telvesi, filtre çamuru ve kullanım özelliğini yitirmiş gıdalar gibi) ya da yan ürünleri olarak sayılabilir. Sanayi tesislerine meydana gelen atıkların bertaraf edilmesi, tesislerde çok önemli bir sorun haline dönüşmektedir. Ancak, katı atıkların katı yakıtlarda kullanılmak üzere; sıvı atıkların ise oksijensiz ortamda kimyasal reaksiyonlar sonucu, sırasıyla, gaz ve sıvı yakıtların elde edilmesinde kullanılabilirliği mümkündür. Kentsel atıklar ise diğer atıkların haricindeki tüm atıkları kapsamaktadır. Bu atıklar; tehlikesiz ya da çok zehirli atıkları içermesinin, kimyasal bileşik özellikleri, bulunduğu yere ve toplama şekline bağlı olarak değişiklik gösterir. Doğrudan geleneksel yöntemle yakılabilmenin yanı sıra oksijensiz ortamda kimyasal reaksiyon ile parçalanabilirler [34].

#### **2.3 Biyokütle Enerjisinin Avantajları**

Biyokütle, kömüre oranla dört kat daha fazla oksijen içerdiği, kükürt ve azot oranının da daha düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca, uçucu madde içeriği oranının yüksek olması ile reaksiyona girme özelliği daha da kolaydır [34]. Bunlara ilave olarak, biyokütlenin tutuşma ve yanma özellikleri çok iyi olup yanma hızının da bu özellikler ile doğru orantılı olarak daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır [37, 40]. Kömürün yanması sonucu meydana gelen hava kirliliği çevre ve atmosferde ciddi sorunlara sebep olmakta ve buna bağlı olarak insan sağlığı olumsuz etkilenmektedir. Diğer taraftan yanma sonucunda ortaya çıkan kükürt dioksit ve azot oksitler gibi kirletici gazlar asit yağmurlarına ve ozon tabakasının incelmeye gibi olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır [35,37,41]. Ayrıca, biyokütle içeriğinde çok küçük oranda kükürt olduğundan dolayı ortaya çıkacak SO<sub>2</sub> salınımı kömür yakılmasında ortaya çıkacak salınımdan önemli oranda düşük olduğu belirtilmektedir [34]. Bunun yanı sıra, küresel ısınma gibi olumsuzluğa sebep olan sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub>, yanma işleminin tam olarak gerçekleşmemesi sonucu ortaya çıkan CO ve CH<sub>4</sub> gibi) kömürün yanması ile beraber atmosfere bırakılır. Biyokütlenin yanması sonucu ise

ortaya çıkacak olan CO<sub>2</sub> oranı atmosferi dengeleyecektir. Biyokütle de, fosil yakıtlarda önemli bir sorun olan CO emisyon değeri önemli oranda düşer [35,37,41]. Biyokütlenin yanması sonucu, kül oluşumu kömürden daha azdır (%0,5–12,5) ve yanma sonucunda oluşan kül, zararlı hiçbir ürün bulundurmadığından külün içeriğinde bulunan potasyum ile fosfor elementlerinin tarım sahasında gübre olarak değerlendirilmesi de mümkündür [34,36].

Fosil yakıtların sınırlı olması ve fiyat artışı , biyokütlenin avantajlarını ön plana çıkarmaktadır. Petrolden ve doğalgazdan en önemli üstünlüğü, yenilenebilir, yerli bir kaynak ve sürekli olması biyokütlenin önemini göstermektedir [34,42]. Bunun yanı sıra, petrol kullanımını önemli oranda azaltır, çevreye olumlu katkı sağlar ve ekonomiye ilave bir bütçe kazandırır. Ayrıca bütün atıkları geri kazanımı sağlanarak enerjinin ucuz elde edilmesi ve çevre kirliliğine sebep olacak atıkların azaltılması sağlanır [34].

#### **2.4 Biyokütle Enerjisinin Dezavantajları**

Günümüzdeki kazan çeşitlerinde nem oranının %15'in altında olması zorunluluğu, biyokütlenin yanması esnasında farklı kazanlara ya da nem oranını düşürmek amacı ile su giderme/kurutma uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır [36]. Bunun yanı sıra; yüksek nem oranına bağlı olarak biyokütle üzerinde mikroorganizmaların hızlı bir şekilde gelişmesi, depolama süresini önemli oranda azalmakta ve yakıt kalitesinde ciddi bir düşüşe neden olmaktadır [43]. Biyokütle kömüre oranla, taşınması, depolanması ve işlenmesi çok daha sıkıntılı ve yüksek maliyetlidir [35,36,44].

Biyokütlenin içeriğindeki bazik bileşenler (en önemlisi potasyum olmak üzere, kalsiyum ve fosfor) ve klor (yaprak, ağaç kabuğu ve saman için) oranının kömüre kıyasla oldukça fazladır. Bazik bileşenler ve klor oranının fazla olması, yanma esnasında kazan yüzeylerinde tortu yığılmasına ve korozyona uğramasına neden olur. Biyokütlerde yanma sonucunda ortaya çıkan külün soğuma sıcaklığının (750–1000 °C) kömüre kıyasla ( $\geq 1000$  °C) daha düşük derecede olması, biyokütlenin yanma sırasında kazan yüzeylerinde daha hızlı bir şekilde tortu yığılması ve bundan kaynaklı tıkanma, cüruflaşma gibi problemler oluşmasına neden olur [36,37].

Biyokütle enerjisi ile benzer ürünleri kullanan birtakım alanlar (gıda sanayisi gibi) arasında oluşan kaynak yarışı, biyokütlenin mevsime bağlı olarak kaynak elde edilmesindeki sorun, devletin oluşturduğu resmi ve politik (enerji politikaları, vergiler ve ödenekler v.b.) sınırlandırmalar da biyokütlenin enerji kaynağı olarak kullanımının yaygınlaşmasını engellemektedir [43,44].

## 2.5 Biyokütle Çevrim Yöntemleri

Çizelge 2.1’de belirtildiği gibi biyokütle çevrim yöntemleri havasız çürütme, piroliz, doğrudan yakma, fermantasyon, gazlaştırma, hidroliz, biyofotoliz olmak üzere yedi kısımdan oluşmaktadır. Bunlar arasında en sık kullanılan çevrim yöntemleri havasız çürütme, piroliz, doğrudan yakma, fermantasyon ve gazlaştırmadır.

Çizelge 2.1 Biyokütle Kaynakların Çevrim Yöntemleri Ve Elde Edilen Yakıtlar Ve Uygulama Alanları [45]

Biyokütle	Çevrim Yöntemleri	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Orman Atıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektrik Üretimi
Tarım Atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma
Enerji Bitkileri	Doğrudan Yakma	Hidrojen	Su Isıtma
Hayvansal	Fermantasyon	Metan	Otomobiller
Organik	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Sentetik Yağ	Roketler
Enerji	Biyofotoliz	Dizel	Ürün Kurutma

### 2.5.1 Havasız Çürütme (Anaerobik Bozunma)

Birtakım mikroorganizmalar biyokütleyi mayalayarak esas yanan bileşim olan metan ( $CH_4$ ) dönüşümünü gerçekleştirmektedirler. Bu dönüşüm işlemi metanın oluşumu, anaerobik bozunma (havasız çürütme) ya da metan fermantasyonu şeklinde adlandırılmaktadır [46]. Havasız çürütmeyi tanımlamak gerekirse, mikroorganizmalar yardımıyla kimyasal bir dönüşüme uğrayarak, birçok uygulamada kullanım alanına sahip olan yakıt ve metan gazı alınmış doğal bir gübre haline dönüştürülmesidir. Bu dönüşüm işlemi (havasız çürütme); çevrimde kullanılan biyokütle kaynağının verimine, sistemin boyutuna, sıcaklığa ve pH değerine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca adından anlaşılacağı gibi havasız çürütme işlemi

tamamen oksijensiz ortam olarak bilinsede küçük miktarda da oksijenin yanı sıra esas olarak biyogaz karbondioksit ile metanın bileşiminden ve hidrojen sülfür gibi diğer gazlardan oluşmaktadır. İnsan artıklarının ve hayvan gübresinin anaerobik bozunması ile oluşan biyogaz, doğalgaza yakın özelliklerinden dolayı, daha avantajlı, ucuz, yenilenebilir olması, bir gaz yakıt olarak motor ve türbin yakıtı, doğrudan yakma-ısıtma ve ısıtma işlemi, yakıt pili ve doğalgaz içersine ilave edilerek katkı maddesi olarak kimyasal üretiminde de kullanılmaktadır [47].

### **2.5.2 Piroliz**

Piroliz, organik moleküllerin oksijensiz ortamda kimyasal reaksiyonlar sonucu biyokütlenin parçalanması ile gaz oluşturma işlemidir. Ayrıca, çöp yığınların ayrıştırılarak hava kullanılmayarak yüksek ısı etkileşimi sonucu geriye kalan organik maddelerin, gaz, sıvı ve kömür yakıtı dönüşümü olarak da tanımlanmaktadır. Bu dönüşüm sonucu katı atıktan birçok alanda kullanılacak sıvı ve gaz yakıtlar üretilmektedir [48]. Bu sıvı ve gaz yakıtlar (kimyasallar, solventler ve diğer ürünler) pazarlama sahasında üretimler için kullanılabilir. Çeşitli alanlarda kullanılacak olan bu yakıtların elde edilmesi birçok değişkene bağlıdır. Bu değişkenler; biyokütlenin türü ve bileşimi, katalizör derecesi, reaksiyon sıcaklığı, basıncı, süresi, ürün seçiciliği ve ürün çeşidi olarak sıralanabilir [46].

Piroliz yöntemleri kendi aralarında uzun süreli piroliz yöntemleri, yavaş piroliz, hızlı piroliz olmak üzere üç şekilde sıralanmaktadır. Uzun süreli piroliz yöntemleri, lignoselülozik polimerlerin genellikle oksijenin olmadığı ortamda organik bileşenlerin tek yönlü ve yavaş bir şekilde ısıl bozunması olarak tanımlanabilir. İkinci yöntem olan yavaş piroliz, biyokütlenin oksijensiz ortamda uzun sürede, enerji içeriği yüksek ve daha değerli ürünlerin oluşumunu sağlamak için gerçekleştirilen ısıl bozunma süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu piroliz yöntemi odun kömürü üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır [46]. Son yöntem olarak hızlı piroliz ise, kısa sürede yüksek sıcaklık altında meydana gelen ısıl bozunma süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntem ile üretilen sıvı, piroliz sıvısı, piroliz yağı, biyo-petrol, biyo-yağ, biyo-yakıt, odun yağı, odun sıvısı, piro-odunsu asit, odun distilatı gibi birçok farklı şekilde adlandırılmakta ve doğrudan günlük hayatta yakıt, benzin, dizel yakıtı üretiminin yanısıra çeşitli kimyasalların oluşumu içinde kullanılmaktadır [49].

### 2.5.3 Karbonlaştırma

Karbonlaştırma işlemi, havasız ortamda kimyasal reaksiyonlar sonucu odun ve maden kömürü gibi organik maddelerin parçalanması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Biyokütlenin en kaliteli ve en basit dönüşümüdür. Daha özet bir şekilde tanımlanırsa, havasız ortamda ısıtma hızını düşürerek, bekleme süresini uzatarak gerçekleştirilen dönüşüm sistemidir (~300°C) [50]. Bu dönüşüm sistemi sonucu açığa çıkan gaz bileşenleri yaklaşık olarak ; % 50 CO<sub>2</sub> (Karbondioksit), % 35 CO (Karbon monoksit), % 10 CH<sub>4</sub> ve % 5 diğer hidrokarbon ve H<sub>2</sub> (Hidrojen)'den oluşmaktadır [47].

### 2.5.4 Gazlaştırma

Gazlaştırma, karbon içerikli biyokütlesel katıların yüksek sıcaklıkta kimyasal tepkime sonucu yanan bir gazın elde edilmesi olarak tanımlanan dönüşüm sistemidir [47]. Katı yakıtların gazlaştırılması işlemi, oksidantların ( hava, oksijen, buhar, hidrojen, karbon dioksit veya bunların çeşitli karışımları ) yakıt yatağı şeklindeki bir reaktör içinde temas etmesi sonucu oluşur [51]. Bu dönüşüm sisteminde kontrollü bir şekilde havanın yakıt hücresine verilmesi sonucu biyokütle yakılır ve hidrojen, metan gibi yanabilir gazların dışında karbonmonoksit, karbondioksit ve azot gibi gazlar da oluşmaktadır [52]. Esas amaç burada gaz elde edilmesi değil, üretilen gazların fiziksel ve kimyasal özellikleri iyileştirerek içten yanmalı motorlarda kullanabilmesini sağlamaktır [53]. Elde edilen bu gaz birtek içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılmazken, herhangi bir dönüşüme uğramamış saf katı biyokütle (yaygın olarak odun veya odun kömürü) buhar kazanlarında yakılarak buhar üretilir veya gaz türbinlerinde elektrik elde etmek için kullanılabilir [49]. Gazları elde etmek için enerji dönüşüm sisteminde kullanılan atıklar üç ayrı grupta toplanabilir. Bunlar; erik, kayısı çekirdekleri vb. gıda işleme sürecinden sonra meydana gelen atıklar, ceviz kabuğu, buğday, pirinç, mısır sapları, ayçiçeği vb. bitkilerin samanları ile tarım atıkları ve orman ürün atıklarıdır [47].

### 2.5.6 Doğrudan Yakma

Doğrudan yakma işlemi tanımlamak gerekirse, biyokütlerdeki yanma özelliği olan maddelerin oksijenle kısa süre içerisinde kimyasal reaksiyona girme süreci olarak ifade edilmektedir. Daha geniş bir ifade ile biyokütlenin doğrudan yakılması; oksijen ile biyokütlenin hızlı kimyasal reaksiyonu sonucu ısının açığa

çıkması, biyokütlenin organik kısmının son oksitlenmesi ile eşzamanlı olarak karbondioksite ve suya dönüşmesidir [46]. Kimyasal reaksiyon sonucu çevredeki oksijen tüketilmekte ve ısı ile beraber su buharı, karbondioksit ve birtakım metal oksitler oluşmaktadır [47].

Biyokütlenin doğrudan yakılması ile biyokütleden elde edilen enerjinin %95'inden fazlası karşılanmaktadır. Genelde her çeşit biyokütle kaynağını doğrudan yakılabilir [46]. Bu yakma sonucu elde edilen enerji, mekanik güç, elektriğe veya ısıya dönüştürmede kullanılır. Dönüştürülen enerjideki verim %20-40 aralığında değiştiği gözlenmektedir [49]. Biyokütleden enerji üretilmesinde doğrudan yakma işlemi en eski yöntem olmasına karşın, son zamanlarda yeni yakma sistemleri geliştirilerek verimin yükseltilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca yönelik biyokütle kullanılarak çalışan termik santrallerin yapımında özellikle akışkan yataklı sistemler genel olarak kullanılan biyokütle yakma sistemlerinin yerine alternatif olarak gelmektedir. Fakat doğrudan yakma sistemlerinde ısıl değerdeki değişkenlik nem oranına bağlıdır. Nem oranı yükseldikçe ısıl değer düşer [46].

Biyokütlenin doğrudan yakılmasını sağlayacak olan sistemlerde kullanılacak ekipman seçimi, biyokütlenin türüne, özelliklerine ve miktarına, üretilecek olan enerji çeşidine (ısı, buhar, elektrik); diğer sistemlerle bağlantısına (bağımsız, entegre), sistemde geri dönüşüm uygulamasının var olup olmayacağı, çevresel faktörlere ve ne tür bir yöntemle atıkların yok edilmesi gibi durumlara bağlıdır. Geleneksel olarak kullanılan biyokütle yakma ekipmanında katı biyokütlenin yanması, eğimli veya yatay çelik ızgaraların üst kısmında veya ızgaranın üst kısmına yakın süspansiyon içinde oluşmaktadır [46]. Geleneksel ekipman dışında biyokütleden enerji eldesi için kullanılan başka bir donanım doğrudan yakmalı gaz türbinleridir. Gaz türbinlerindeki kompresör bölgesi, biyokütleyi yakmak için harici bir basınçla yakma işlemini gerçekleştiren ünite basınçlı yanma havasını sağlar. Sıcak yanma gazları, siklonik ayırıcı içerisinden gaz türbininin sıcak bölgesine geçerek jeneratörü çalıştırır. Yaklaşık 753 K'de sıcak atık gazlar gaz türbininden çıkarken direkt olarak ısıl enerji sağlamak amaçlı kullanılabilir ya da prosesde buhar oluşumu sağlanarak bir buhar jeneratörünü besler. Bu iki enerji tipinin kojenerasyon sistemlerinde tamamıyla kullanılarak sistem kapasitesini % 70'in üzerine çıkarılabilir. Bu tür doğrudan yakmalı türbinler 5 MWh'a kadar küçük ve orta boyutlu üretim sağlayacak uygulamalarda kullanılabilen değerlendirilmektedir.

Düşük kül özelliğine sahip ve nem oranı % 15'den daha az ve 0,3 mm'den daha küçük kabuksuz odun tanecikleri uygulamada kullanılabilir biyoyakıttır, fakat biyokütlelerden işlenmiş olanlarda uygulamalarda kullanılabilir [54].

### **2.5.7 Fermantasyon**

Fermantasyon, birtakım mikroorganizmaların oluşturduğu enzimlerin organik maddeye etkisiyle üç temel yapıtaşı olan proteinleri, karbonhidratları ve yağları parçalayarak, asetik aside, çözülebilir uçucu organik maddelere ve CO<sub>2</sub> dönüştürme işlemi olarak tanımlanmaktadır [16]. Fermentasyon işlemlerinde yaygın bir şekilde nişasta ve şekerler dönüştürülürken, selüloz madde içerikli fermentasyon işlemleri daha verimli olabileceği bilinmektedir [49]. Biyokütle kaynağı olarak selülozun kullanım avantajı, glikoz ve farklı birçok üründen daha ucuzdur. Fermantasyon işleminde selülozdan alkol üretilmesi, dört basamaklı süreç olarak tanımlanmaktadır. Öncelikle, bir mayalama işlemi yapıldığında elde edilen fermente selülozu ayırmak, daha sonrasında ayırdığımız fermente selülozuna hidroliz işlemi uygulamak, son olarak mayalama işlemi yaparak alkol elde etmektir [55].

## **2.6 Biyoyakıtlar**

Biyokütle katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç farklı formda üretilmektedir. Sıvı biyoyakıtların uygulama alanları genel olarak motorlu taşıtlardır. Bu yakıtlar “biyoyakıt” olarak adlandırılmaktadır ve sıvı biyoyakıtlardan en çok bilinenleri şunlardır; Biyoetanol, biyodizel ve biyogazdır [56].

### **2.6.1 Biyodizel**

Biyodizel, hayvansal ya da bitkisel yağlarından kimyasal yolla oluşan yağ asidi zincirine dahil olan mono alkil esteri olarak tanımlanır. Burada sözcükleri ayrı ayrı incelediğimizde “Biy” kelimesinin anlamı canlı kaynaklı (hayvansal ve bitkisel yağlar) yakıt olduğunu, “dizel” kelimesinin anlamı ise dizel motorlu araçlarda kullanımını olarak tanımlanmaktadır. Biyodizelin hammaddesi olan hayvansal ve bitkisel yağlardan yakıt elde edilerek motorlu dizel taşıtlarda kullanım için iki özel durum üzerinde çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. İlk özel durum, bitkisel ve hayvansal yağlarda birtakım değişimlerin zorunlu olması, ikinci özel durumda dizel motorlu aracın motor şeklinin değiştirilmesinin gerekliliğidir [57]. Hayvansal ve

Bitkisel yağların yakıt özelliklerini geliştirmek için amaçlanan değişim çalışmalarından bir tanesi yağların viskozitelerinin düşürülmesidir. Viskozitelerin düşürülmesinde, ısı ve kimyasal olan iki yöntem ile yapılmaktadır [58]. Isıl yöntemde yağlardaki viskoziteyi azaltmak için ön ısıtma kullanılarak düşürülmesidir. Fakat ısıl yöntemin çalışan bir motor üzerinde yapılması sorunlara sebep olacağından genel olarak kimyasal yöntemler uygulanmaktadır [59].

Biyodizelin avantaj ve dezavantajları şunlardır:

Avantajlar;

1. Biyodizel yakıtının motorlarda uygulanması ile yanma veriminin de olumlu sonuçlar elde edilmesi, bu yakıtın kimyasal ve fiziksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır [60].
2. CO ve SO<sub>x</sub> emisyon değerlerinde önemli ölçüde bir azalma gerçekleşir [60].
3. Biyodizel-dizel karışımlarının dizel motorlarda uygulanması sonucunda CO, CH<sub>4</sub>, HF, PM, ve SO<sub>x</sub>, emisyon değerlerinde düşüş olurken; C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, HCl ve NO<sub>x</sub> emisyon değerlerinde de bir artış olduğu gözlemlenmektedir [60].
4. Alternatif bir yakıt olan biyodizel, dizel yakıt ile belirlenen oranlarda karışım yapılabildiği gibi %100 oranlarda da kullanımı sağlanmaktadır [60].
5. Biyodizelin içeriğinde bulunan C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub> metil esterleri hızlı ve kolay bir şekilde parçalanması ile çözülme işlemi gerçekleşir. Bu çözülme durumu biyolojik anlamda gerçekleşir ve içeriğinde toksik etkisi yoktur [60].
6. Alternatif bir enerji kaynağı olan biyodizel, çevre dostu bir kaynaktır [60].
7. Dizel yakıtlar ile kıyaslandığında CO<sub>2</sub> salımı olmamasından dolayı sera etkisi görülmez [60].
8. Biyodizelin tutuşma sıcaklığı, dizel yakıtlara göre yüksektir. (>110 °C) .Bundan dolayı güvenlik açısından taşınması ve depolanması çok daha rahattır [61].

Dezavantajlar;

1. Biyodizel dizel yakıtlara göre viskozitesi daha yüksektir ve viskozitenin yüksek olması bitkisel yağların hammadde kaynağı olarak kullanılmasında en önemli sorun olarak belirtilmektedir [62].



2.Hammadde kaynağı olarak kullanılan bitkisel yağlardaki tohumlarda, ekstrakte yapılırken tohum zarının alınmaması nedeniyle egzoz borularında ve filtrelerde tıkanma gibi önemli bir soruna sebep olmaktadır [60].

3.Biyoyakıt elde etmek için kullanılacak olan bitkisel yağ içeriğinde bulunan doymamış yağ, yağlanma yapısı içerisine dahil olup ortamdaki polimerizasyon değerini yükseltip motorda soruna sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı viskozite de artış olduğu gözlemlenmiştir [63].

4.Alternatif yakıt olan biyodizel yakıtlar, hava şartlarındaki sıcaklık düşüşünden olumsuz yönde etkilenmektedir.

5. Biyodizel, dizel yakıtlar ile kıyaslandığında küçük değerde bulutlanma noktasına sahiptir. Isıl değeri dizel yakıtlara göre düşük olması, yanma sonucunda motorda enerji kaybı gibi önemli bir soruna yol açmaktadır [64].

6.Biyodizelin (%100) kullanılması durumunda, motor parçalarında tahribat oluşmasına sebep olacağından maliyeti yükseltmektedir [65].

## **2.6.2 Biyoetanol**

Günümüzde endüstride kullanılan etanol, çeşitli mayalar ile fermente sonucu elde edilmektedir. Fermantasyonla üretilen biyoetanol, tahıllar, meyveler, şeker kamışı özü, selüloz, melas ve birden çok kaynaktan mikroorganizmaların etkisiyle şekerlerin fermente edilmesi yolu ile biyolojik olarak üretim yapılmakta ve daha sonra damıtma işlemi uygulanarak oluşum gerçekleştirilmektedir [66].

Biyoetanol, biyodizel gibi yakıt olarak saf bir şekilde kullanılabilmesi gibi benzinle belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir [67]. Etanolun önemli avantajları arasında, benzin ile önemli bir karışım bileşeni olarak değerlendirildiğinde oktan sayısının, alevlenme hızının ve buharlaşma ısısının yüksek olduğu belirtilmektedir. Bu belirtilen önemli özellikler, çok kısa zamanda yanma oluşumunu sağlayarak, içten yanmalı motorlarda benzin ile kıyaslandığında, daha yüksek verimlerde çalıştığını ve aracın çok iyi bir performans ile çalışarak, yakıt sisteminin temiz kalmasını sağladığı ifade edilmektedir [68,69]. Ayrıca buharlaşma ısısı açısından etanol benzine göre daha yüksektir, bununla ters orantılı olarak alev sıcaklığı ise daha düşük dereceldedir. Bunun yanı sıra, benzinin aksine %35 oksijen içeriğine sahip bir yakıt olmasından dolayı yanma durumunda daha az

hava gerekli olacaktır. Biyoetanol bu özelliklerin yanı sıra, insanlar için ciddi sağlık sorunlarına yol açabilecek karbonmonoksit, uçucu organik bileşikler, toksik maddeler ve partiküllerin yayılmasını önemli oranda azaltmaktadır [70-72].

### 2.6.3 Biyogaz

Biyogaz; hayvansal ve bitkisel kaynaklı atık ürünlerin, anaerobik (oksijensiz) ortamdaki bakteriler tarafından bozunarak elde edilen, kokusuz, renksiz, ısı değeri 17–25 MJ/m<sup>3</sup>, ateşleme sıcaklığı 650–750 °C, oktan sayısı 110, yoğunluk değeri 0,83, havadan hafif, alevin rengi parlak mavi olan bir gaz karışımıdır [73,74]. Bu tanımlamaya ilave olarak biyogaz, “bataklık gazı”, “gübre gazı”, “gobar gaz” olarak da isimlendirilebilmektedir [75].

#### 2.6.3.1 Biyogazın Özellikleri

Biyogaz, birçok uygulama alanında yakıt olarak kullanılan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Çizelge 2.2’de belirtildiği gibi sığır gübresi, kanatlı hayvan gübresi, buğday samanı, çimen, ziraat atıkları, dökülmüş ağaç yaprakları, atık su çamuru gibi birçok atıktan biyogaz üretilebilmektedir. Üretilen biyogazda kullanılan metan gazının yanı sıra, karbondioksit, hidrojen sülfür, azot, hidrojen ve amonyak gibi gazlarda ortaya çıkmakta ve metan gazını saflaştırılabilmek için bu gazların oranı düşürülerek iyileştirilme sonucu biyogaz verimi artırılabilir [76].

Çizelge 2.2 Farklı Biyokütle Kaynaklarından Üretilen Biyogaz Verimi ve Metan Miktarları [77].

Kaynak	Biyogaz verimi (litre/kg)	Metan oranı (hacimsel %)
Sığır gübresi	90–310	65
Kanatlı gübresi	310–620	60
Buğday samanı	200–300	50-60
Çimen	280–550	70
Ziraat atıkları	310–430	60–70
Dökülmüş ağaç yaprakları	210–290	58
Atık su çamuru	310–800	65–80

Bu iyileştirmenin yapılması sonucu biyogaz, birçok uygulama alanında olduğu gibi doğalgazın uygulama alanlarında kullanılması mümkündür. Yapılan

işlemler sonucu metan oranı mümkün olduğunca arttırılarak biyogazın saflığı iyileştirilebilmektedir. Metan oranı arttıkça da diğer gazların oranı azalmaktadır [78]. Çizelge 2.3’de biyogaz bileşimindeki yüzdeler oranlar verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi en yüksek yüzdeler orana sahip olan bileşim metan (CH<sub>4</sub>) ve en düşük bileşen ise amonyaktır (NH<sub>3</sub>).

Çizelge 2.3 Biyogaz Bileşimindeki Yüzdeler Oranlar [79-81]

Bileşenler	Hacimsel %
Metan ( CH <sub>4</sub> )	50–80
Karbondiyoksit ( CO <sub>2</sub> )	20–50
Azot ( N <sub>2</sub> )	0–3
Hidrojen ( H <sub>2</sub> )	0–5
Su ( H <sub>2</sub> O )	0–1
Hidrojen sülfür ( H <sub>2</sub> S )	0,0005–0,0002
Amonyak ( NH <sub>3</sub> )	0,0005–0,0001

Biyogazın üretiminde bozunmayı sağlayan mikroorganizmaların en son aşaması olan metanojenler (metan üreten bakteriler), organik maddenin parçalanmasında ve çevreye ayrılmış ürünlerin oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır ve bu aşamadan sonra biyogaz elde edilmektedir [82]. Elde edilen biyogazın 1 m<sup>3</sup> ile dört kişilik bir ailenin günlük yemeğinin pişirmesi sonucu tüketilen yakıt sağlanabilir ve 2,43 m<sup>3</sup> biyogaz kullanımının da 6 kişiye sahip bir ailenin günlük yemek pişirmede kullanılacak gaz ve ev için gerekli olan aydınlatmadaki elektrik ihtiyacını karşılamaktadır [83]. Ayrıca biyogaz günlük hayatımızda kullandığımız ısıtma amaçlı fırın ve ocakların yanı sıra, termosifon ve şofbenler de uygulama alanlarıdır. Biyogaz birçok kullanım alanının yanında, meme çaplarında gerekli olan basınç ayarı yapıldıktan sonra, sıvılaştırma işlemi yapılmış petrol gazı kullanılarak çalışan sobalarda uygulama alanlarındandır. Bu sobalarda biyogaz kullanılırken içeriğindeki hidrojen sülfür gazının, yanma esnasında çevreye yayılmasını engellemek için baca kurulması zorunlu olmaktadır. Çevreye ve insan sağlığına olumlu katkılarından dolayı, kalorifer sistemlerinde ki kullanımında önemli bir artış olmaktadır. Biyogaz, benzinli yakıt kullanarak çalışan motorlarda ilave maddeye ihtiyaç duymadan direkt olarak kullanılabilir gibi içeriğinde bulunan metan gazını %100’e yakın oranda saflaştırıldıktan sonrada kullanımı gerçekleştirilmektedir. Dizel

yakıt ile çalışan motorlarda kullanılabilmesi için belirli oranda (%18–%20) dizel yakıt ile karışımının olması şarttır [77]

Çevre kirliliğine sebep olan hayvan gübreleri kontrolsüz ve istenilen koşullar altında gerekli olan değerlendirmeler yapılmadığı takdirde, çok büyük çevre sorunlarına sebep olacaktır. Çevre sorunun yanı sıra hayvan gübresi kararlı duruma dönüşmeden kısa zaman içerisinde depolandığında, gübre içeriğindeki azot bileşikleri uygunsuz şartlarda bozunma gerçekleştirmesi sonucu % 50–%70' i kaybolmaktadır ve bu kayıp, büyük oranda gübre içeriğindeki besi maddesinde azalmaya sebep olmaktadır [84,85]. Ancak, hayvansal atıkların anaerobik bozunması ile azot ve fosfor içeriğinde yükselme ve/veya bitkiler için de uygun bir kullanım sağlayarak önemli avantajlar elde edilmiş olur. Çiftçiler gübre tedarikinde öncelikle kendi ihtiyaçlarını sağladıktan sonra kullanılan fazlasını da ticari olarak değerlendirerek ciddi anlamda ekonomik katkı sağlar [86,87].

Biyogazın kullanımı ile ortama bırakılan CO<sub>2</sub>, organik atığın içeriğinde olan ve atmosfer bulunan karbondur. Bu nedenle biyogazda bulunan CO<sub>2</sub>, organik ürüne fotosentez yoluyla atmosferden geçtiğinden dolayı CO<sub>2</sub> dengesinde herhangi bir değişim olmamaktadır. Biyogazın kullanımı ile CO<sub>2</sub> emisyon değerinde artış olmayacaktır. Buna ilave olarak biyogaz üretilmesinde kullanılan organik atıklar bilinçsizce çevreye bırakıldığında çürümesi sonucu sera gazı emisyon değeri (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>O) artacaktır [88,89].

Kapalı bir ortamda yapılan biyogaz elde edilme işlemi çevre bakımından faydalıdır. Fermentasyon sürecinde parçalar haline dönüşen kuru madde ve sıvı bir hale dönüşen gübrenin tarlalarda uygulanması topraktaki infiltrasyonu hızında bir artış sağlayacağından dolayı NH<sub>4</sub>-N emisyon değerinde bir düşüş meydana gelmektedir [90]. Biyogazın kullanımı ile beraber salınım sonucu ortaya çıkan NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyon değerlerinde herhangi bir artış olmaması, A.B.'deki emisyon değerlerindeki standart koşulları sağlamaktadır [88]. Çizelge 2.5'de biyogaz, mazot ve doğalgaz gibi yakıtların içeriğinde bulunan CO, HC, NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> gazların emisyon değerleri ile ilgili karşılaştırma yapılmıştır. Biyogazın diğer yakıtlara göre CO,HC, ve CO<sub>2</sub> gazlarındaki emisyon değerleri oldukça düşük düzeydedir,ancak doğalgaz yakıtındaki NO<sub>x</sub> oranı, diğer yakıtlara oranla en düşük seviyededir.

Çizelge 2.4 Bir Otobüs Değişik Yakıtlar İle Çalıştırıldığında Ortama Bırakılan Emisyonların (G/Km) Karşılaştırılması [91]

Yakıt	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	Partikül madde
Mazot	0,2	0,4	9,7	1053	0,1
Doğalgaz	0,4	0,6	1,1	524	0,022
Biyogaz	0,08	0,35	5,4	223	0,015

Biyogazın avantajları şu şekilde sıralanmaktadır.

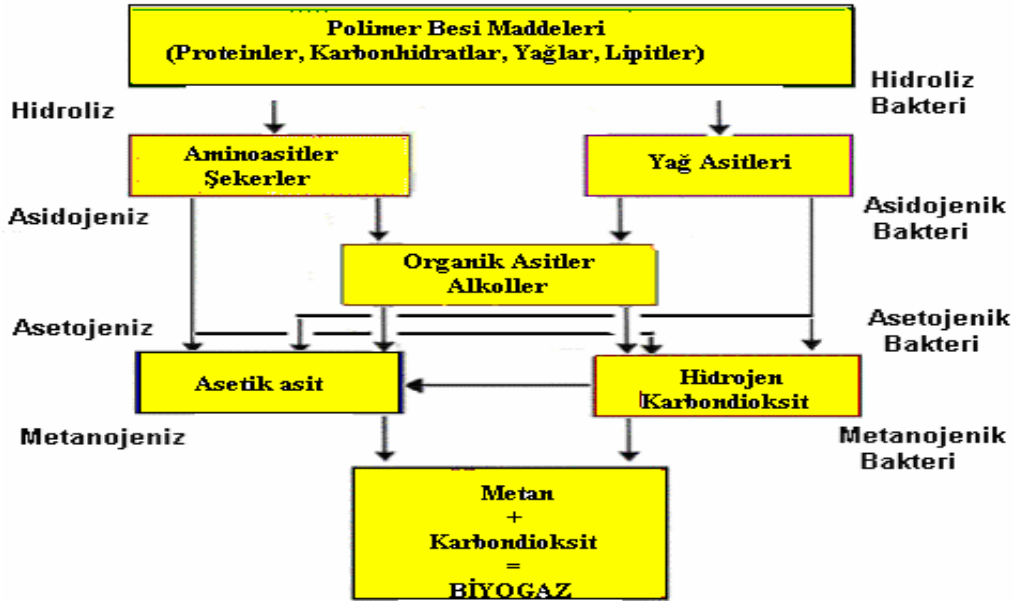
- Biyogaz kullanımı tasarruflu ve yenilebilir olmasından dolayı, kömür ve odun gibi enerji kaynaklarının kullanımında düşüş olmaktadır.
- Biyogaz işlemi gerçekleştirildikten sonra alınan sulu atık, tarımda, hatta toprak özelliklerini geliştirmede kullanılan çok önemli ve faydalı bir organik gübredir.
- Biyogaz işlemi sonucu boşaltımdan alınan sulu atıkta, özellikle insan ve hayvan atığının içeriğindeki hastalıklara sebep olan mikroorganizmalar bulunmaktadır.
- İşlenmemiş hayvan gübrelerinin kaynak sularına bulaşarak insanları için ciddi hastalıklara sebep olacak etkenleri önemli ölçüde ortadan kalkmasını sağlar.
- Biyogaz elde edildikten sonra atık olan hayvan gübresinde, yabancı ot tohumlarının çimlenme kabiliyeti ortadan kalkar.
- Biyogaz oluşumundan sonra alınan hayvan gübresinde, koku büyük ölçüde ortadan kalkar.
- Biyogazın içeriğinde bulunan metan, enerji kaynağı olarak kullanılır.
- Kontrolsüz bir şekilde çürümeye bırakılan organik maddelerden ortaya çıkan metan gazı, önemli oranda küresel ısınmaya sebep olur. Biyogaz elde edilmesi ile, metan gazı atmosfere kontrolsüz bir şekilde bırakılmayarak birçok uygulama alanında yakıt olarak değerlendirilmiş olur [77,92,93,90,91,94-96].

Biyogaz üretimi, mikroorganizmalarının her birinin farklı görevleri olduğu karmaşık bir fermentasyon aşamasıdır. Bu aşamada asıl görevi iki grup bakteri (asit bakterileri ve metan bakterileri) üstlenmektedir.

Şekil 2.1’de belirtildiği gibi anaerobik çürüme kademeleri dört aşamada gösterilmiştir. Bu aşamalar hidroliz, asidojeniz, asetojeniz, metanojeniz olarak adlandırılmaktadır ve her bir kademede faaliyet gösteren asit bakteriler

- a) Bütirik/propiyonik asit üretenler
- b) Asetik asit üretenler metan bakterileri
- a) Asetik asit kullananlar
- b) Hidrojen kullananlar

Anaerobik fermantasyon değişik türde mikroorganizma topluluklarının görev aldığı çok karmaşık olan bir biyokimyasal yöntemdir. Oksijenin tamamen olmadığı bir ortamda bu bakteri grupları organik maddeleri anaerobik yöntemle  $CH_4$  ve  $CO_2$  ye dönüşümünü gerçekleştirirler. Bu dönüşümler esas olarak üç aşamada oluşmaktadır [97].

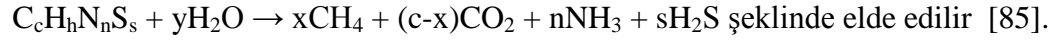


Şekil 2.1 Anaerobik Çürüme Kademeleri [85]

İlk aşamada bakterilerin hücre dışında bulunan enzimler ile reaksiyon sonucu, hidroliz edilen yüksek molekül ağırlığına sahip katı ve çözülmüş organik maddeler, daha düşük molekül ağırlığına sahip organik maddelere dönüşümü gerçekleşir. Asit elde edilmesi safhasında ise, asit bakterilerin düşük molekül ağırlığa sahip organik maddeler ile gerçekleştirdiği kimyasal reaksiyonlar sonucu, muhtelif uçucu yağ asitlerine ve hemen daha sonrasında asetik aside dönüşümünü sağlar. En

son aşamada ise asit bakterileri, asit üretimi ile elde edilen asetik asidi reaksiyonlar sonucu parçalayarak yâda CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>'nin elde edilmesi sonucu metan elde edilir [99].

Organik maddelerin anaerobik fermantasyon sonucu oluşan kimyasal formül;



### 3. DÜNYA'DA BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN ÖNEMİ VE KULLANIM

İnsanların yaşamını devam ettirmesi ve yaşam kalitesini arttırmaları için gerekli olan enerjinin önemli kısmı fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil kaynakların tükenbilir olması yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini ortaya koymuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebilecek enerji kapasitesi her geçen süreçte artarak devam etmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının Dünyada elektrik üretimindeki oranını yükselerek %6'yı bulması tahmin edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında en önemlilerinden bir tanesi olan biyokütle, elektrik enerjisi üretiminde dünyada hidroelektrik ve rüzgâr türbinlerinden sonra gelmektedir. Yüksek oranda bir artış ve teşviklerin yapıldığı OECD-Avrupa'da, rüzgâr ve biyokütle enerji kaynaklarında önemli oranda artış meydana gelecektir [32].

Biyokütle enerjisi, tesislerin kurulumu ve enerjinin kullanımında ki artış ile önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Bundan dolayı biyokütle enerjisini geliştirmek ve yaygınlaştırmak için dünyada önemli çalışmalar yapılmaktadır [98]. Gelecek yıllarda biyokütleden geleneksel bir şekilde enerji üretiminden, teknolojik tesislerde biyoenerji üretimine geçildiğinde yenilenebilir enerji kaynakları sıralamasında lider konuma sahip olacaktır [32].

Biyokütlenin sıvı yakıtlarından biri olan biyoetanol, motorlarda yakıt olarak kullanım geçmişine bakıldığında içten yanmalı motorlar kadar eskidir. N.A. Otto 1897'de motor araştırmalarında alkolü kullanmış, Henry Ford ise planlama aşamasında alkollerin yanma özelliğini ön plana çıkarmıştır. Bu konuyla ilgili araştırmalar, İkinci Dünya Savaşı yıllarından bugüne kadar önemli çalışmalar üzerinde yoğunluk kazandırılmıştır [99]. Biyoetanol Dünyada en çok elde edilen sıvı bir biyoyakıttır. Elde edilen her 6 birim sıvı biyoyakıttan 5 birim biyoetanol üretilmektedir. 2010 yılında dünyada biyoetanol ile biyodizel üretimi arasında beş kata yakın fark vardır. 101,4 milyar litre biyoetanol, 21 milyar litre biyodizel elde edilmiştir. 2011 yılında 2010 yılına göre biyodizelde ufak bir artışla 22,1 milyar lt olarak tespit edilmiştir. Biyoetanol üreten ülkeleri sıralamak gerekirse ABD (51 milyar lt), Brezilya (27 milyar lt), Çin, Avrupa ülkeleri(4 milyar lt), ve Fransa'dır (Şekil 3). En çok biyodizel üreten ülkeler AB ülkeleridir. Biyoetanol üretiminde son



yıllarda söz sahibi olmaya başlayan AB, son zamanlarda ciddi atılımlar yapmaktadır ve biyoetanol üretiminde 52 ülkede teşvik destekleri sürdürülmektedir [100].

Biyokütlenin enerjiye dönüşümü sonucu üretilen biyodizel, avantajlı bir yakıt olması dolayısıyla biyodizel üretiminde 38 ülkede teşvikler mevcuttur ve AB üyesi ülkeler lider konumundadır. Bu ülkelerde genel olarak 2010 yılında 9,1 milyar litre olan biyodizel üretimi 2011 yılında bir yıldaki üretim değişimi 9,5 milyar litre olmuştur. Almanya, İspanya, Fransa ve İtalya en fazla biyodizel üretimi gerçekleştiren ülkelerdir. Biyodizel ticareti ile Dünya genelinde 82,7 milyar dolar kazandırmaktadır. AB ülkelerinde 2016 yılına kadar biyodizel üretiminde ana hammadde olarak kanola kullanılmaktadır, Fakat 2016'dan sonra AB'de soya ve palm yağından biyodizel üretimi gerçekleştirilmektedir [100].

AB Komisyonunda, biyoyakıtların sertifikalandırılması ilgili çalışmalar 2008 yılından sonra yapılan çalışmalar sonucunda tamamlanmış ve Avrupa Birliğine üye ülkelerde biyoyakıtların çevreye herhangi bir sorun oluşturmada elde edilmesi ve ithal edilmesini başlatacak olan "Sürdürülebilirlik Kriter Paketi" 10 Haziran 2010 tarihinde Komisyon tarafından onaylanmıştır. Sürdürülebilirlik Kriter Paketine göre, biyoyakıtlar, fosil yakıtlar ile kıyaslandığında %35 sera gazı tasarrufu elde edildiğinden sertifikalandırılması uygun görülmüştür. Bunun yanı sıra gıda haricindeki ürünlerden elde edilen biyoyakıtlarda ve uygulama alanlarında artış sağlamak için planlar hazırlanmaktadır. Planlama çalışmalarında gıda dışı biyoyakıt elde edilmesi için Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi ve biyorafineri ile ilgili amaçlar planlamalar içerisinde yer almaktadır [100].

2006 yılında yayınlanmış olan Vizyon 2030 belgesinde AB'de biyoyakıt uygulamaların ve üretiminin önemli artışlar sağlanması, ticari olarak satış oranının yükseltilmesi, arge çalışmalarında önemli oranda artış sağlanması, hedef ve planlama ilgili taslak oluşturulması gibi konular ile ilgili kararlar yer almaktadır. 2011 yılında ilan edilen "2050 Yılına Yakıtları" raporunda kara, deniz ve hava ulaşım taşıtlarında yakıt olarak biyoyakıtların kullanılması ile ilgili konular geniş oranda yer bulmuştur. Vizyon 2030 dokümanında, 2030 yılında % 25 oranda biyoyakıt kullanılması ile ilgili tahminler içermektedir. Bunun yanı sıra bu dokümanda 2010'dan sonra gıda dışındaki ürünlerden biyoyakıt elde edilerek pazarlanması ve bu sürecin 2020'de tamamlanması ile biyorafinerilere geçiş yapılması, 2030–2050 döneminde de entegre

biyorafinerilerin geniş oranda kullanımı ile ilgili hedefler söz konusudur [100].

Çizelge 3.1 2017 Yılı Ülkeler Bazında Biyodizel ve Biyoetanol üretimleri [101]

Ülkeler	Biodizel Kurulu Kapasite	Etanol Kurulu Kapasite
Arjantin	2.376.297	131.389
Avusturya	17.000	5000
Brezilya	213.666	572.477
Kanada	-	41.906
Çek Cumhuriyeti	15.540	4320
Finlandiya	15.910	293
Almanya	177.930	24.680
İtalya	2.395.240	-
Meksika	1.470	-
Sırbistan	2.400	-

Çizelge 3.1'e bakıldığında biyoetanol üretiminde Brezilya ilk sırada yer almakta, sonrasında Arjantin, Kanada ve Almanya sıralanmaktadır. Avrupa Birliği ülkeler biyodizel kurulu güç kapasitesi bakımından liderliğine devam ederken, İtalya ve Almanya'da Avrupa Birliği ülkeler arasında kurulu güç kapasitesi açısından lider ülkelerdir [32].

Biyokütle kaynaklarından üretilen diğer bir yakıt olan biyogazın üretimi için 1992'den bu yana Almanya'da önemli oranda artış sağlanmıştır. Bu artışı açıklamak gerekirse 82 milyon nüfusa sahip olan Almanya'da kurulmuş aktif 1650 biyogaz tesisi var ve bu sayıyı nüfusa oranladığımızda her 50.000 kişiye bir biyogaz tesisi denk gelmektedir. 8 milyon nüfusa sahip olan Avusturya'da ise 120 tane kurulu aktif biyogaz tesisi vardır, yani bu sayıyı nüfusa oranladığımızda her 67.000 kişiye bir biyogaz tesisi denk gelmektedir. Kyoto Sözleşmesine bağlı kalarak, Avrupa Birliği, 2008-2012 dönemleri arasın da sera gazı emisyon değerlerinde 1990 yılındaki değerler ile kıyaslandığında %8 (336 milyon ton CO<sub>2</sub>) oranında düşürülmesine dair bir antlaşma mevcuttur. Avrupa Birliğinde, biyogaz üretimi ağırlık verilmesinden dolayı CO<sub>2</sub> emisyonlarında önemli oranda düşüş tespit edilmiştir. CO<sub>2</sub> oranında tahminen 211 milyon ton bir düşüş gözlenmiştir. Biyogazın belirtilmiş olan avantajlarından dolayı arge çalışmaları ile biyogaz santrallerindeki tesislerde verimin artırılması amaçlanmaktadır. Biyogaz kullanımında elektrik üretimi ve ısınma yanı sıra, doğal gaz özelliklerine yakın değerlere ulaşarak doğal gaz hatlarında da alternatif olarak kullanılması amaçlanmaktadır. İsveç ülkesi, doğal gaz kullanımını

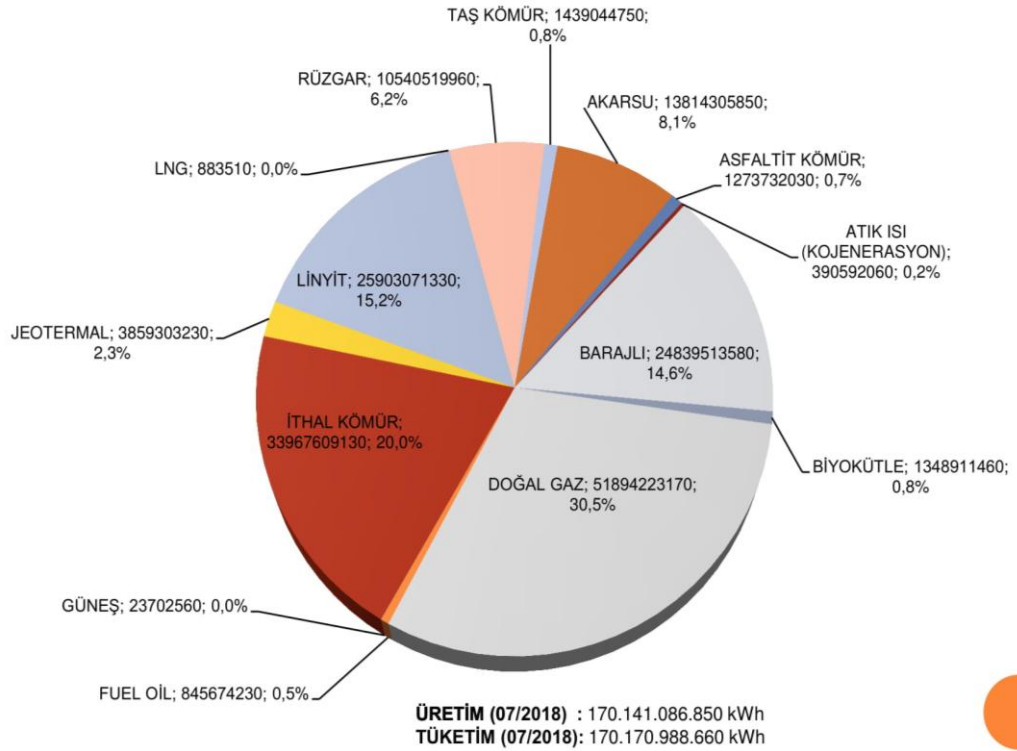
ortadan kaldırarak, bunun yerine biyogaz kullanmayı hedeflemektedir. 10 yıldır ülkedeki ulaşım araçlarının 1/3'ünde biyogaz kullanılmaktadır.2005 yılından bu zamana kadar biyogaz trenlerde de kullanılmaktadır [100]



#### 4. TÜRKİYENİN BİYOKÜTLE ENERJİ POTANSİYELİ VE MEVCUT KULLANIM AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye coğrafi konum açısından, Orta Doğu ve Hazar Denizindeki önemli orandaki petrol ve doğalgaz kaynaklarının Avrupa'ya taşınmasında köprü konumundadır [32]. Türkiye'nin bu stratejik konumunun yanı sıra yenilenebilir enerji kaynakları açısından da önemli bir ülke pozisyonundadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği elektrik enerjisi az olsada ilerleyen dönemlerde bu pay aratarak devam edecektir.

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi 2018 yılına ait verilere göre Türkiye'de üretilen toplam elektrik enerjisinin kaynaklardaki yüzdelik dağılımında doğal gaz % 30.5 en çok yüzdelik payı oluşturduğu görülmektedir ve doğalgazın ardından sırasıyla % 20 ile ithal kömür, % 14.6 ile hidrolik santraller gelmektedir ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki oran çok düşüktür [101].



Kaynak: TEİAŞ, 01.08.2018

Şekil 4.1 2018 Yılı Türkiye'de Toplam Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Dağılımı (MWh, %) [101]

Türkiye'nin çevre sorunlarını azaltmak, ekonomik gelişme adına planlamalar hazırlamak ve kendi enerjisini üreterek dışa karşı bağımlılığı en az düzeye indirmek amacıyla yenilenebilir enerji ile ilgili teşvik paketleri hazırlanmıştır. Buna bağlı olarak 2005 yılında yürürlüğe giren 5436 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu Türkiye'de ilk olarak bu alanda çıkarılan yasal düzenlemedir. Fakat sabit olarak belirlenen düşük miktarda fiyat garantisi ve ikinci bir mevzuatın yer almaması nedeniyle 2010 yılına kadar olan süreçte yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem ve yatırım bakımından gerekli çalışmalar yapılmamıştır. 2010 yılının son ayında yenilenebilir enerji kanunundaki birtakım düzenlemeler ve teşvikler sonucu, kaynaklardan elde edilecek gelirin daha yüksek fiyat garantisi ile güvence altına alınmıştır. Bu yapılan teşvik ve kanunsal düzenleme çalışmaları yenilenebilir enerji alanında önemli oranda gelişme sağlamıştır [102]. Bunun yanı sıra daha öncesinde 2007 yılında onaylanan 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile 2008 yılında 5748 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'ndaki birtakım değişikliklerle teşviklerde ciddi artışlar sağlanmıştır [103].

Yenilenebilir enerji kaynağının çevre dostu, adından da anlaşılacağı üzere yenilenebilen, dışa bağımlılığı tamamen ortadan kaldırması gibi birçok avantajın olması, buna karşılık olarak fosil enerji kaynaklarının tükenebilir olması ve bu kaynakların çevrede büyük oranda tahribata sebep olmasından dolayı birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmıştır [104]. Bunun yanı sıra enerji için oluşan talepleri karşılamada önemli oranda katkı sağlayacak, bunun yanında yeni iş alanları ve istihdam oluşturacaktır. Türkiye'de var olan hidrolik, jeotermal, rüzgâr, güneş ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde edilmesi için gerekli düzenlemeler yasal olarak uygulamaya konulmuştur. Buna bağlı olarak son zamanlarda yenilenebilir enerji alanlarında yapılan yatırımlarda önemli oranda artış sağlanmıştır [105].

Ülkede enerjiden tasarruf sağlanması ve çevre sorunlarını minimum seviyeye indirgenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlisi olan biyokütlenin, bir şekilde yatırımlar ve teşvikler ile desteklenerek modern enerjiye dönüşüm sistemlerinin kurulması sonucu gerçekleştirilebilir. Birçok ülke kendi mevsimsel şartlarında yetişebilecek, ekonomik açıdan tasarruflu tarımsal ürünlerden yenilenilir enerji kaynağı üretmektedir. Türkiye'de önemli ölçüde mevsimsel koşulların uygunluğu, dört mevsimin yaşandığı coğrafi şartları taşıması sebebiyle birçok ülkeye

oranla daha büyük potansiyel mevcuttur [106]. Türkiye biyokütle kaynağı sağlayacak ürünler yetiştirilebilmesi hususunda, güneşi önemli düzeyde kullanabilme ve ekilebilir alanın fazlalığı, su potansiyelin fazla olması, mevsimsel açıdan uygunluğu gibi birçok özelliğe sahip bir ülkedir. Modern biyokütle uygulanabilirliği bakımından, enerji ormancılığı ve enerji bitkilerinden tarımsal olarak faydalanılması şarttır. Ayrıca biyokütle enerjisi sağlanması için, çöp termik santrallerinin yaygın bir şekilde kullanımının artırılması gerekmektedir [10]. Bunlara ilave olarak Türkiye'nin yüz ölçümünün % 26'lık kısmı orman arazisi ile kaplıdır. Türkiye'de yıllık orman potansiyeli toplam olarak değerlendirildiğinde 28 milyon m<sup>3</sup> artışla yaklaşık olarak 935 milyon m<sup>3</sup> olarak belirtilmiştir. Türkiye'de 5 milyon hektarlık alanda enerji ormancılığı yapılabilir. Bu alanın 2,6 Mha'lık bölümü yakacak odun olarak kullanılabilir potansiyele sahiptir. Geriye kalan 2,4 Mha kısım düşük kaliteye sahip orman ürünüdür [107]. Ayrıca Türkiye, mevsimsel ve konumsal özelliğinden dolayı tarımsal çeşitliliği çok olan ve gelişen bir ülkedir. Tarımsal olarak kullanılan toprağın %70'lik kısmını oluşturan buğday ilk sırada, ikinci sırada arpa ve üçüncü sırada mısır yer almaktadır. Keten, pamuk, haşhaş ve susam tohumu gibi endüstride kullanılan ürünler çok uzun süredir yetiştirilmektedir. Soya fasulyesi Anadolu'da yetişen bir üründür. Ülkemizin çoğu yerinde meyvenin birçok çeşidi yetişmektedir. Türkiye ile ilgili belirtmiş olduğumuz birçok çeşit tarımsal üründen önemli oranda atık kaynaklı biyokütle elde edilebilir [108].

Biyokütle atıklarından sadece elektrik enerjisi üretiminin yanı sıra yakıt olarak biyoetanol, biyodizel ve biyogaz üretiminde gerçekleştirilmektedir. Biyoetanol üretimine baktığımızda biyodizel göre, planlama ve çalışmaların yapıldığı ileriye dönük, uygulanabilir bir süreç devam ettirilmiştir. Biyoetanol, biyodizelle beraber 2000'li yıllarda istikrarlı çalışmalar yapılarak bugüne kadar gelmiş, fakat yakıt olarak uygulanması ile ilgili yasal zorunluluk olmamasından dolayı bu alanda herhangi bir ilerleme sağlanamamıştır. Ülkemizde, biyoetanol alanında üretim yapan üç tesis mevcuttur. Türkiye de kurulu güce sahip biyoetanol üretim potansiyeli 149.5 milyon litre olarak belirlenmiştir. Biyoetanol kurulu güç potansiyeli harcanan benzinin yaklaşık olarak %7' sine denk gelmektedir. Ancak, gerçekte piyasada mevcut bulunan biyoetanol, harcanan benzinin %1'inden daha azdır. Biyoetanol üretimde tarım ürünü olarak sadece şeker pancarı kullanılmış olduğunda 2-2,5 milyon tonluk bir yakıt potansiyelinin olduğu tahmin edilmektedir.

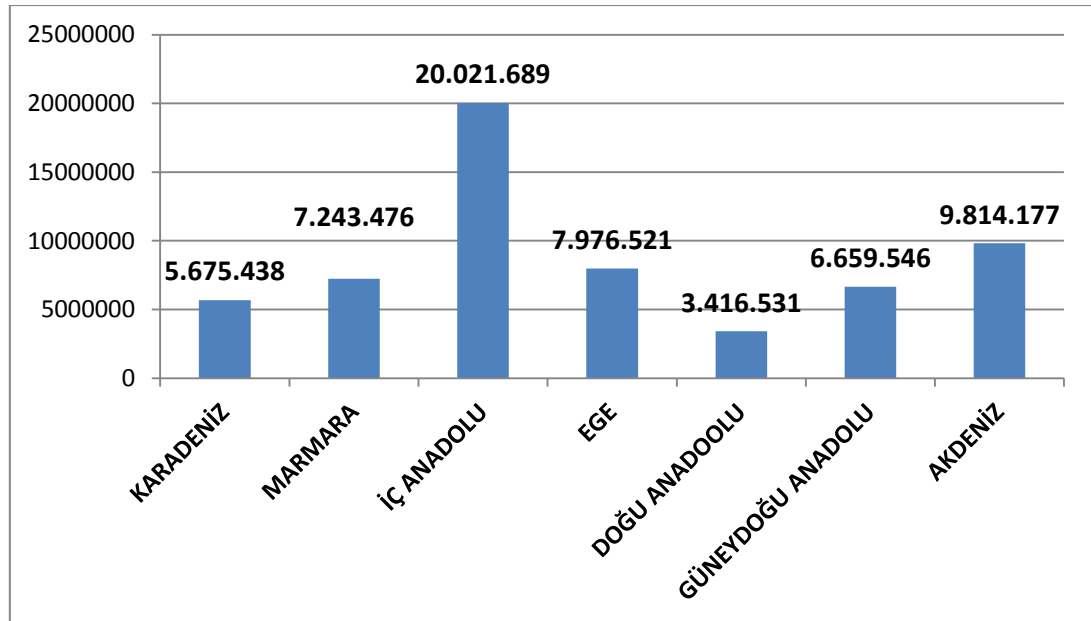
Ülkemizde biyodizel ile ilgili teşvik yasasına benzer biyoetanolda de uygulanmakta olup yerli tarım ürünü ile elde edilen biyoetanolün benzinle karışımının %2'lik kısmına ÖTV uygulanmamaktadır. EPDK'dan yapılan açıklamaya göre, piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerine, 1 Ocak 2013 tarihinden sonra en düşük % 2, 1 Ocak 2014 tarihinden sonra en düşük %3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilecek biyoetanol karışımı oluşturmak yasal zorunluluk olmuştur [109].

Türkiye'de biyogaz potansiyeli ile ilgili yapılan çalışmaların ve planlamaların değerlendirilmesi ile beraber, biyogazdan elektrik üretimi yapılması, içindeki metan ve zararlı gazları alınmış organik gübre elde edilmesi, çevre kirliliğinin giderilmesi ve Dünya ülkelerinde yaygınlaşması gibi avantajların olması Türkiye içinde çok önemli bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. Çöplerin sınıflandırılarak yapılan düzenli depolama ile elektrik üretilmesi ile (deponi gazı üretimi ve yakma ile) sağlayacağı birçok avantaj vardır [110]. Bu avantajlardan bir tanesi, Türkiye'de günlük olarak 65 000 tonluk endüstriyel ve evsel çöpün, türüne göre düzenli ayrıştırma ile depolanması yapıldıktan sonra anaerobik fermantasyon sonucu %40 ile %60 civarın metan oluşumu gerçekleştirilebileceği yapılan araştırma ve uygulamalar neticesinde tespit edilmiştir. Birkaç belediye bu bahsedilen konu üzerinde saha çalışmaları yaptığı bilinmektedir. Ayrıca Tarım Bakanlığının, organik kökenli hayvansal ve bitkisel atıkların geleneksel yöntemlerle verimsiz bir şekilde yakılması veya doğrudan tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde doğrudan gübre olarak kullanılmasına karşı çıkarak, anaerobik fermantasyon sonucu %40-%70 metan elde edilebilecek biyogaz üretimi ile ilgili insanların bilgilendirmek için ciddi çalışmaların yapılması, tesis kurulumunda gerekli teşviklerin verilmesi ve verilen teşviklerin en uygun bir şekilde değerlendirilmesi için araştırma ve planlamalar yapmalıdır [111]. Bunun yanı sıra ülkemizde hayvancılığında önemli olmasından dolayı hayvansal atıkların değerlendirilmesi amacı ile yapılacak olan tesislerde biyogaz üretimi gerçekleştirilmelidir. 1-2 milyon ton olarak tespit edilen hayvansal atıkların anaerobik fermantasyonu ile üretilebilecek yıllık biyogaz yaklaşık olarak 2,2 ve 3,9 milyar m<sup>3</sup>lük bir potansiyel mevcuttur. Biyogaz potansiyelinin % 85'lik kısmı hayvansal atıkların anaerobik fermantasyonu ile elde edilen biyogaz, geri kalan %'lik kısım ise evsel ve belediye atıklarının oluşturduğu çöp gazından gelmektedir. Hayvansal atıklarda elde edilen gazın potansiyel olarak % 50'lik kısmı koyunlardan,

% 43'lük kısmı büyükbaş hayvanlardan, % 7'lik kısmı ise kümes hayvanları oluşturmaktadır. Ülkemizde yıllık olarak hayvan atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz miktarı; kümes hayvanları atıklarından 401,5 milyon m<sup>3</sup>, küçükbaş hayvan atıklarından 852,6 milyon m<sup>3</sup>, büyükbaş hayvan atıklarından 1354,2 milyon m<sup>3</sup> olmak üzere toplam 2608 milyon m<sup>3</sup> biyogaz elde edilebilecek potansiyele sahiptir [112]. Bu yapılan araştırmalar sonucunda Türkiye'de elde edilebilecek potansiyel biyogaz miktarının yıllık enerji bazında 1400-2000 Btep/ yıl olarak tahmin edilmektedir. EPDK Ocak 2012 sonrası lisans alıp kurulumu devam eden, biyogaz ile elektrik üretimi gerçekleştirebilecek tesislerin kurulu gücü 93 MWh, biyokütle ile elektrik üretilen tesislerin kurulu gücü ise 12,8 MWh'dır [109].

#### 4.1 Türkiye'nin Bölgesel Olarak Biyokütle Açısından Değerlendirilmesi

Türkiye bölgesel olarak değerlendirildiğinde şekil 4.3'de görüldüğü gibi en fazla tarımsal kaynaklı biyokütle potansiyeli olan bölge İç Anadolu Bölgesi, ikinci sırada Akdeniz Bölgesi, üçüncü sırada Güneydoğu Anadolu Bölgesi ,son sırada ise Doğu Anadolu Bölgesi yer almaktadır.gibi her bölgenin enerji tüketim verileri ve kendine özgü biyokütle potansiyelinin var olduğu bilinmektedir. Biyokütle potansiyelin bölgesel olarak gelişmeye ve istihdama sağlayacağı katkı sebebiyle, üzerinde durulması gereken önemli bir konudur [32].



Şekil 4.2 Bölgelere Göre Tarım Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli (Ton) [112]



Türkiye’de bölgesel olarak tarla ürünlerinden oluşan atıkların ısı değerleri %’delik olarak sıralaması; Akdeniz % 24.8 oranında birinci sırada, Marmara % 18 oranında ikinci sırada, Güneydoğu Anadolu % 16.3 oranında üçüncü sırada, İç Anadolu % 13.7 oranında dördüncü sırada, Karadeniz % 13 oranında beşinci sırada, Ege % 10.6 oranında altıncı sırada ve Doğu Anadolu bölgesi % 3.6 oranında yedinci sıradadır. Bölgesel olarak Bahçe bitkilerinden oluşan atıkların ısı değerlerinin %’delik dağılımı sırasıyla; Karadeniz % 48.2 oranında birinci sırada, Ege % 20.4 oranında ikinci sırada, Marmara % 12.7 oranında üçüncü sırada, Akdeniz % 10.8 oranında dördüncü sırada, Güneydoğu Anadolu % 5.3 oranında beşinci sırada, İç Anadolu % 1.34 oranında altıncı sırada ve Doğu Anadolu % 1.25 oranında yedinci sıradadır [113].

Marmara bölgesi nüfus yoğunluğundan kaynaklı ve sanayisiyle en önde gelen bölge olması sebebiyle, kişi başına düşen elektrik enerjisi, konut başına düşen elektrik enerjisi ve sanayi kuruluşlarının her birine düşen elektrik enerjisi tüketim payında ilk sırada yerini almaktadır. Tüketilen enerjinin bir kısmını karşılamakta biyokütle enerjisi kullanarak bölgenin ekonomisine katkı sağlayabilir. Biyokütle enerjisinin elde edilmesinde tarımsal atıklar önemli paya sahiptir. Bölgede yoğun olarak yetişen bitkisel ürünler arpa, buğday ve yağlı tohum bitkileri biyokütle enerji elde edilmesinde yüksek ısı değere sahip olan tarımsal atıklardır [32]. Marmara bölgesinde tarla ürünlerindeki atıklardan elde edilebilecek toplam ısı değer yaklaşık olarak 41 PJ olarak hesaplanmıştır. Bunlar arasında en yoğun % 36.7 ile mısır, hemen ardından küçük bir yüzdelerle % 36.5 ile ayçiçeği ve üçüncü sırada % 18.2 ile buğday olduğu belirlenmiştir. Marmara bölgesinde bahçe bitkilerinden oluşan atıkların toplam hesaplanan ısı değeri ise yaklaşık olarak 9.5 PJ olduğu hesaplanmıştır. Bahçe bitkileri arasında en fazla % 65 ile fındık ve % 28.5 ile zeytin olduğu belirlenmiştir [113]. Marmara bölgesinde bitkisel atıklardan başka hayvansal atıklarda bulunmaktadır. Bu atıklar büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarından alınan biyokütle atıkları olduğu belirlenmiştir. Bölgesel olarak kümes hayvancılığı yetiştiriciliğinde ilk sırada yer almaktadır. Biyokütle enerji kaynağı üretiminde kümes hayvan atıkları, hayvansal üretim kapsamında değerlendirilebilmektedir. Nüfus sayısının en fazla Marmara bölgesinin olmasından dolayı oluşan evsel ve endüstriyel kaynaklı katı atıkların çok yoğun olmasından dolayı beş adet düzenli depolama alanında toplanılsa da, bölgede sadece bir tane

kompost tesis vardır. Eğer bölgede büyük oranda ortaya çıkan katı atıkları uygun bir şekilde düzenli depolama alanlarında muhafaza edilip sayılarında artış sağlanırsa, öncelikle bölge için sonrasında ülkemiz için çevre dostu, yenilenebilir ve alternatif enerji sağlanmasında önemli katkı sağlanmış olacaktır. Marmara bölgesi, Türkiye de birinci sırada sanayi bölgesidir. Ayrıca Bölgedeki sanayi kuruluşlarıyla bağlantılı olarak biyokütle tesisleri kurulması, enerjisini kendi sağlayan, önemli oranda enerji tasarrufu sağlayacak ve ülke ekonomisinde büyük oranda katkı sağlayacak bir girişim olacaktır [32].

Ege Bölgesi konutlarda ve sanayi kuruluşlarında tüketilen elektrik enerjisi yönünden Türkiye'deki bölgeler sıralamasında Marmara Bölgesi'nden sonra ikinci sırada değerlendirilirken, kişi başına harcanan elektrik enerjisi bakımından, İç Anadolu ve Karadeniz Bölgesi'nden sonra dördüncü sırada yer alan bölgedir. Bölgede harcanan enerjinin belirli bir kısmını karşılayan biyokütle enerjisinde, tarımsal atıklar önemli paya sahiptir. Bölgede yoğun olarak yetiştirilen tarım ürünleri buğday, şeker pancarı ve arpa olarak sıralanmaktadır. Ege bölgesinde tarla ürünlerinden oluşan atıkların toplam ısıl değeri yaklaşık olarak 24.2 PJ olarak belirlenmiştir. Bunlar arasında en fazla % 29.2 ile pamuk, hemen ardından % 25.4 ile buğday ve üçüncü sırada % 20.4 ile mısır olduğu hesaplanmıştır. Ege bölgesinde bahçe bitkilerinden oluşan atıkların toplam hesaplanan ısıl değeri ise yaklaşık olarak 15.3 PJ olduğu yapılan hesaplamalarla ortaya konulmuştur. Bu bahçe bitkileri arasında en fazla payı % 86.5 ile zeytin ve % 7.6 ile turunçgiller olduğu tespit edilmiştir [113]. Bunlara ilave olarak kümes, koyun ve keçi hayvanlardan elde edilen atıklarının kullanımı bakımından ikinci sıradadır. Bölgede yetiştirilen hayvan atıklarının enerjiye dönüştürme işlemi teknolojik uygulamalar kullanılarak yapılmalıdır. Ayrıca Ege Bölgesi'nde oluşan evsel ve endüstriyel kaynaklı katı atıkların düzenli olarak depolanması için on adet depolama tesisi vardır. Bu depolama tesislerdeki atıkların biyokütlesel enerji kaynağı olarak kullanılması için teknolojik çalışmaların yapılmasının gerekli olduğu belirtilmiştir [32].

Akdeniz Bölgesi ülkemizde turistik bölge olarak en yoğun bölgelerden bir tanesi olmasından dolayı, yaz dönemindeki nüfus yoğunluğu sebebiyle harcanan enerjide önemli oranda artış olmaktadır. Bölgede yoğun bir şekilde bulunan atıklar biyokütle kaynağı olarak kullanıldığında, bölgenin tükettiği enerjinin büyük kısmını karşılayabilir. Turizm tesislerinde harcanan enerji, biyokütlesel enerji kaynaklarından

sağladığında insanlar için iş imkânı sağlayacak, ayrıca yeşil enerji olması sebebiyle çevreye olumlu katkıları olacaktır. Bu olumlu katkıyı sağlamak için bölgenin büyük bir kısmında bulunan tarımsal atıkların değerlendirilmesi gerekmektedir. Akdeniz bölgesinde tarla ürünlerinden oluşan atıklarının toplam ısı değeri yaklaşık olarak 57 PJ değerinde olduğu hesaplanmıştır. Bunlar arasında en fazla % 63.9 ile birinci sırada mısır, % 19.5 ile ikinci sırada pamuk ve % 12.5 ile üçüncü sırada buğday olduğu belirlenmiştir. Akdeniz bölgesinde bahçe bitkilerinden oluşan atıkların toplam hesaplanan ısı değeri ise yaklaşık olarak 8 PJ olduğu hesaplanmıştır. Bu bahçe bitkileri arasında en fazla oran % 61 ile turuncgiller ve % 30.8 ile zeytin olduğu belirlenmiştir [113]. Ayrıca biyogaz üretiminde ise kümes, keçi ve koyun hayvan atıkları kullanılabileceği belirtilmektedir. Bunun yanı sıra bölgede evsel ve endüstriyel kaynaklı katı atıkların düzenli olarak depolanması için beş adet depolama tesisi vardır. Bu depolama tesislerindeki atıkların biyokütlesel enerji kaynağı olarak kullanılması için teknolojik çalışmaların yapılmasının gerekliliği belirtilmiştir [32].

İç Anadolu Bölgesi elektrik enerji tüketimi bakımından değerlendirme yapıldığında, toplam bir kişinin tükettiği elektrik enerjisinde Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi'nden sonra üçüncü sırada, konutlarda harcanan elektrik enerjisi bakımından ise Marmara ve Ege Bölgesi'nden sonra üçüncü sırada, toplam olarak tüketilen enerjide dördüncü sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en önemlilerinden biri olan biyokütle enerji üretim açısından önemli bir paya sahiptir. Bölgede yetiştirilen bitkisel kaynaklı biyokütle potansiyel bakımından ilk sırada şeker pancarı, buğday ve arpa gibi ürünler bulunmaktadır [32]. İç Anadolu bölgesindeki tarla ürünlerinden oluşan atıklarının ısı değeri toplam yaklaşık olarak 31.3 PJ'dür. Bunlar arasında en fazla % 58.5 ile buğday birinci sırada, % 32.1 ile arpa ikinci sırada ve % 5.2 ile ayçiçeği üçüncü sırada olduğu belirtilmiştir. İç Anadolu bölgesinin bahçe bitkilerinden oluşan atıkların toplam hesaplanan ısı değeri ise yaklaşık olarak 1 PJ'dür. Bu bahçe bitkileri arasında en fazla payı % 47.7 ile kayısı ve % 20.6 ile cevizdir [113]. Ayrıca kümes hayvanları, koyun ve keçi hayvan atıklarında enerji üretiminde değerlendirilmektedir. İç Anadolu Bölgesi kişi başı ortalama belediye atık miktarı açısından Marmara Bölgesi'nden sonra ikinci sırada olmasına rağmen, bu atıkların düzenli olarak depolanması için sadece iki adet tesis bulunmaktadır. Bölgenin

biyokütle atıkları değerlendirilmesinde enerji bakımından önemli oranda tasarruf sağlanabilir [32].

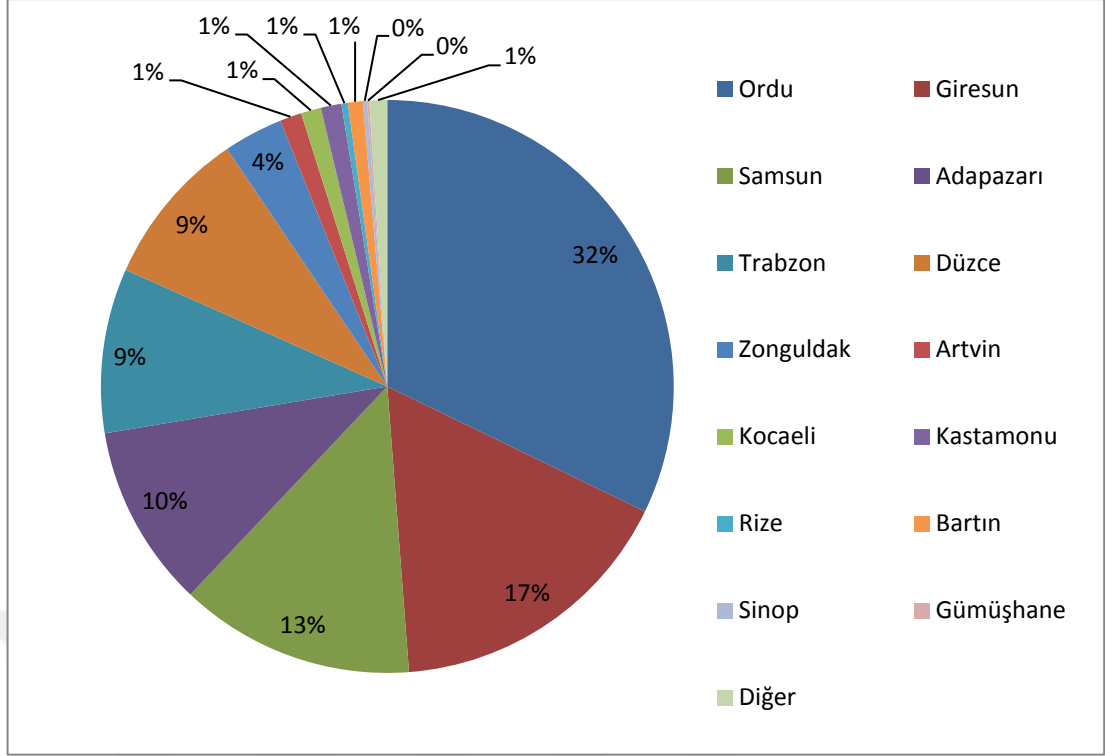
Kişi başı ve toplam harcanan elektrik enerjisi bakımından bölgesel sıralamada Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri en son sırada yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen bitkisel ürünlerde ilk sırada buğday, arpa ve yağlı tohum bitkileri gelmektedir [32]. Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgesinin tarımsal atık kaynaklı biyokütlede önemli paya sahiptir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki tarla ürünlerinden oluşan atıklarının ısı değeri toplam yaklaşık olarak 37.1 PJ olup bunlar arasında % 49.5 pay ile pamuk birinci sırada, % 28.3 ile buğday ikinci sırada ve % 13.3 ile arpa üçüncü sırada yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki bahçe bitkileri kaynaklı atıkların toplam ısı değeri ise yaklaşık olarak 4 PJ olup, bu bahçe bitkileri arasında en fazla payı % 72.9 ile antepfıstığı ve % 28 ile zeytin almaktadır [113]. Doğu Anadolu bölgesinde ise en fazla yetiştirilen bitkisel ürünler buğday, şeker pancarı ve arpadır [32]. Bölgenin tarla ürünlerinden oluşan atıkların ısı değeri yaklaşık olarak 8.2 PJ değerinde olup, bunlar arasında en fazla payı birinci sırada % 68.6 ile buğday, ikinci sırada % 24.8 ile arpa ve üçüncü sırada % 2.1 ile tütün almaktadır. Doğu Anadolu bölgesinde bahçe bitkileri kaynaklı atıkların toplam ısı değeri ise yaklaşık olarak 0.94 PJ'dür. Bu bahçe bitkileri arasında en fazla payı % 61.3 ile kayısı ve % 28 ile ceviz oluşturmaktadır [144]. Bölgenin yüz ölçümünün büyüklüğünden kaynaklı ekilebilir tarımsal alanın fazla olması, ekilen ürünlerden oluşan tarımsal atıkların ısı değerlerinin yüksek olması nedeniyle biyokütlenin enerji kaynağı olarak kullanılmasının çok önemli bir yeri vardır. Bunun yanı sıra hayvansal atık kaynaklı biyogaz için bulunan koyun, kümes hayvanı, keçi ve sığır hayvan yetiştiriciliği iyi bir potansiyeldir. Bölgenin hayvansal atık kaynaklı biyogaz içeriğinde ısı değeri yüksek olan sığır atığı ilk sırada, keçi atığı ikinci sırada yer almaktadır [32].

Bölgeler bazında toplamda kişi başı tüketilen elektrik enerjisi miktarında Marmara bölgesi birinci sırada, İç Anadolu bölgesi ikinci sırada, Karadeniz bölgesi ise üçüncü sırada yer almaktadır [32]. Üretilen enerjinin önemli kısmı biyokütle kaynaklı olup, bu kaynağın önemli kısmı tarımsal atıklardır. Karadeniz Bölgesi'nde tarla ürün kaynaklı atıkların ısı değeri yaklaşık olarak 29.6 PJ değerinde olup, bunlar arasında % 56.9 ile mısır birinci sırada, % 26.5 ile buğday ikinci sırada ve % 7 ile

arpa üçüncü sırada yer almaktadır. Karadeniz Bölgesi'nde bitkilerinden oluşan atıkların toplam olarak hesaplanan ısı değeri ise yaklaşık olarak 36.1 PJ olup, bu atıklar arasında bahçe bitkilerinde en fazla payı % 98,3 ile fındık ve % 1.2 ile ceviz olduğu belirlenmiştir [113]. Bölgede yoğun olarak yetiştirilen tarım ürünleri buğday, şeker pancarı ve arpanın yanı sıra, Karadeniz Bölgesi fındık yetiştiriciliğinde lider konumdadır [32].

Karadeniz bölgesinde enerji üretiminde değerlendirilebilecek atık kaynaklı biyokütlede başta orman atıkları olmak üzere, fındık kabukları, çay atığı ve mısır atıkları büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bölgede yetiştirilen fındıkların büyük çoğunluğu kabuksuz şekilde ihracatı yapıldığından ve ülke içinde pazarlanan fındıkta kabuksuz olarak satışa sunulmasından dolayı fındıklardan alınan fındık kabukları önemli oranda değerlendirilmektedir. Atık olarak kalan fındık kabukları geleneksel yöntemlerle kışın ısınma amacı ya da tarlalarda temizlik amacı yakılmaktadır. Biyokütle enerji dönüşümünde ısı değeri olarak fındık kabuğu önemli bir hammadde kaynağı olduğundan teknolojik olarak uygun teknolojik sistemlerin kullanılması, bölge için önemli miktarda tüketilen enerjinin belirli bir kısmını karşılayabilecek alternatif bir enerji üretimi sağlanabilir [32]. Ayrıca biyokütle olarak bölgede yoğun bir şekilde yetiştirilen çay atığıda kullanılabilir potansiyeline sahiptir.

Şekil 4.3'de gösterilen TÜİK 2016 yılına ait verilere göre Türkiye'deki bölgelerde dikilen fındık alanların yüzdelik olarak dağılımı; % 60'lık oranla ilk sırada Doğu Karadeniz Bölgesi, % 19'lük oranla ikinci sırada Batı Karadeniz Bölgesi ve % 21'lik oranla son sırada Doğu Marmara Bölgesidir.



Şekil 4.3 İl Bazında Türkiye'deki Fındık Dikim Alan Yüzdeleri [114]

Çay Türkiye'de en çok Karadeniz Bölgesi'nde yetişmektedir. Bölge de çay üretimi yapan iller arasında % 65,96'lık oranla ilk sırada Rize (547.135 dekar), % 20,01'lik oranla ikinci sırada Trabzon (165.982 dekar), % 11,51'lik oranla üçüncü sırada Artvin (95.433 dekar), % 2,52'lik oranla dördüncü sırada Giresun (20.844 dekar) ve Ordu olacak şekilde sıralanmaktadır [115]. Ayrıca bitkisel ürünlerin yanında ormanlık alan bakımından kıyaslandığında Türkiye'nin dörtte birlik kısmını oluşturmaktadır. Bu potansiyel ile paralel olarak odun ve odun dışı orman ürünlerinin önemli oranda olması, enerji ormancılığı ve odun üretiminden sonra ormanlık çevrede oluşacak orman atık potansiyelinin değerlendirilmesi sonucunda, bölgenin ve ülkenin enerji ihtiyacının belirli kısmının karşılanmasında büyük oranda katkı sunacak ve buna ilave olarak istihdam oluşacak ve ayrıca bölgenin engebeli olması sebebiyle elektrik dağıtımı açısından kolaylık sağlayacaktır. Bu atıkların yanı sıra bölgede birçok sebepten dolayı ortaya çıkan katı atıklar ve çöp yığınları düzensiz bir şekilde bertaraf edilmektedir. Bölgede bu atıkların biyokütlesel dönüşüm işlemleri ile hem çevresel olarak hem de bölgenin enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamak amacıyla düzenli depolanma alanları ve kompost tesislerin yapılması gerekmektedir [32].

## **5. KARADENİZ BÖLGESİ'NDEKİ BİYOKÜTLE KAYNAKLI ENERJİ SANTRALLERİ**

Karadeniz Bölgesinde aktif olan ve yapım aşamasında olan biyokütle kaynaklı enerji santrali olmak üzere iki farklı enerji santrali türü bulunmaktadır. Aktif biyokütle enerji santralleri; santral enerji üretim kapasitelerine göre Samsun, Trabzon, Bolu, Tokat illerinde birer ve Amasya ilinde de iki adet olmak üzere toplamda altı adet biyokütle enerji santrali bulunmaktadır. Bölgenin aktif olan biyokütle santrallerinin toplam kurulu gücü ise yıllık olarak 14,43 MW'tır. Yapım aşamasında olan enerji santralleri de Zonguldak Oyka biyokütle enerji santrali, Çorum Mecitözü Biokütle Enerji Santrali ve Düzce biyokütle enerji santrali şeklinde sıralanabilir. Yapım aşamasında olan biyokütle enerji santralleri devreye alındığında bölgenin biyokütle kaynaklı enerji santrallerinin toplam kurulu gücü yıllık olarak 35.13 MW olacaktır. Karadeniz Bölgesinde 9 adet biyokütle enerji santrali bulunmaktadır. Bulunduğu illeri sıralamak gerekirse; Samsun, Zonguldak, Çorum, Düzce, Trabzon, Bolu, Tokat illerinde birer ve Amasya ilinde de iki adettir. Bölgenin biyokütle santrallerinin toplam kurulu gücü ise yıllık olarak ortalama 35.13 MW'tır.

### **5.1. Samsun Avdan Biyogaz Elektrik Santrali**

Günlük 550 ton çöpün biriktirildiği katı atık depolama alanında hem çöpten çıkan metan gazını enerji üretiminde değerlendirmek hemde çevreyi olumsuz görüntü ve kokulardan arındırmak amacıyla Samsun ilinin İlkadım ilçesinde Şekil 5.1'de belirtilen Avdan biyokütle enerji santrali, Türkiye'de elektrik üreten santraller içerisinde 916, Samsun ilindeki enerji santralleri arasında 11.sırada ve Türkiye'deki biyokütle santralleri içerisinde de 18.sırada yer almaktadır. Avdan enerji santrali yaklaşık olarak yıllık ortalama 29.280.588 kilovatsaat elektrik üretimi ile 8.846 kişinin günlük yaşantısında kullanacağı (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm enerji ihtiyacını karşılayabilme kapasitesindedir [116]



Şekil 5.1 Samsun Avdan Çöp Kaynaklı Biyogaz Sahası ve Biyokütle Santrali [116]

## 5.2 Trabzon Sürmene Biyokütle Enerji Santrali

Trabzon ve Rize illerinde oluşan çöpleri enerji üretiminde değerlendirilmek amacıyla Trabzon ilinin Sürmene ilçesinde yapılan ve kurulu gücü yıllık olarak 2.9 MW olan Şekil 5.2’ deki biyokütle santralinde ortalama 800 ton evsel atıktan meydana gelen biyogaz, yakıt olarak kullanılmakta ve ayda yaklaşık olarak 15 bin evin elektrik ihtiyacı karşılayabilmektedir. İlçelerde oluşan çöplerin kullanılması ve tesiste yapılacak iyileştirmeler ile tesisin kapasitesi yıllık olarak ortalama 5 MW’a çıkarılarak illerin ekonomisine daha fazla katkı yapılması mümkündür [117].



Şekil 5.2 Trabzon-Rize İlleri Çöp Kaynaklı Biyogaz Sahası Ve Sürmene Biyokütle Santrali [117]

## 5.3 Amasya Biyokütle Enerji Santrali

Amasya ilinde Şekil 5.3 ve 5.4’de gösterilen kurulu gücü 1,2 MW olan Çöp Gazı Elektrik Üretim Santrali ve 1 MW’lık Suluova Biyogaz tesisi olmak üzere toplamda yıllık 2,2 MW’lık biyokütle kaynaklı iki enerji santrali bulunmaktadır. 1,2 MW Kurulu gücündeki Amasya Çöp Gazı Elektrik Üretim Santrali 2013 yılında yapılmış olup tesiste çöp kaynaklı metan gazı kullanılarak yıllık olarak 8,6 GWh



elektrik üretilip hem Karadeniz Bölgesi'nin hemde Türkiye'nin ekonomisine önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca çöplerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler düşürülerek karbon emisyonlarının azalmasına ve bölgesel hava temizliğine katkı sağlanarak bölgede istenmeyen kokuların çevrede yayılmasına engel olunmaktadır. 1 MW kurulu gücü ile Türkiye'nin 1443. Amasya'nın ise 18. büyük enerji santrali olan Suluova Biyogaz tesisi Türkiye'nin 67. büyük Biyogaz Tesisi'dir. Sigma Suluova Biyogaz Tesisi ortalama yıllık 2.968.620 kilovatsaat elektrik üretimi 897 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu tüm enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir [118]



Şekil 5.3 Amasya İli Biyokütle Enerji Santrali [118]



Şekil 5.4 Amasya Suluova İlçesi Biyokütle Enerji Santrali [118]

#### 5.4 Bolu İli Biyokütle Enerji Santrali

Bolu’da çöp gazı ile elektrik üretmek için kurulan tesis, kâğıt, plastik, metal ve evsel atıklar kullanarak yıllık olarak ortalama 1,5 MWh kapasite ile bin evin elektrik ihtiyacını karşılayabilmekte ve bu kapasiteyi arttırmak için yanık yağ, pil, sanayi yağı, kimyasal ve elektronik atıkların ayrı ayrı depolanması ile ilgili projeler yapılarak 2 bin konutun ihtiyacının giderileceği tahmin edilmektedir. Bu proje kapsamında kurulan 300 tonluk çöp ayrıştırma kapasitesi bulunan katı atık ayrıştırma merkezinde öncelikli olarak geri dönüşümü sağlanabilecek çöpler ayrıştırılmakta ve 6 bin ton kâğıt ayrıştırılarak yaklaşık 110 bin ağaçtan tasarruf sağlanmıştır. Yapılan ayrıştırmalardan sonra çöp depolama alanın zemin kısmına döşenmiş borular aracılığıyla alınan metan gazı elektrik enerjisine dönüştürülmüş ve metan gazından kaynaklı patlamalar engellenmiştir [119].

#### 5.5 Tokat Erbaa Biyokütle Enerji Santrali

Tokat’ın Erbaa ilçesinde bulunan Şekil 5.5’deki biyokütle enerji santrali, 2015 yılında faaliyete geçerek %40 kapasite ile saatte 400 kW/h ile 6 ayda toplamda 353.910,70 kWh elektrik üretimi gerçekleştirerek 6 aylık süreçte 136.271,05 TL gelir elde ederek ilçe ve bölge ekonomisine önemli oranda katkı sağlamıştır [165]. Ayrıca santral % 100 kapasiteye ulaştığında 30 yıl kadar bir süreçte düzenli bir şekilde elektrik üretimini sağlayacağı ve teknolojik donanımların gelişmesi durumunda da üretim kapasitesinin önemli oranda artırılacağı tahmin edilmektedir [120].



Şekil 5.5 Tokat Erbaa İlçesi Biyokütle Enerji Santrali [120]

## 5.6 Zonguldak Oyka Biyokütle Enerji Santrali

Şekil 5.6' da gösterilen Zonguldak Çaycuma ilçesinde kurulu Oyka Biyokütle Enerji Santrali, Zonguldak Seka Çaycuma kağıt fabrikasında atık hale gelen toplamda yıllık 691.841 ton atık kaynaklı biyokütle, iki farklı ünite ile enerjiye dönüştürülmektedir. Ünitelerden birinde ağaç kabukları, diğesinde ise siyah likör yakılması sonucu elde edilen yıllık olarak ortalama 190 MWe(320MWt) kurulu gücü ile Türkiye'nin en büyük biyokütle/biyogaz santrali özelliğindedir. Santral bu kapasite ile 30 yıl boyunca faaliyetine devam edeceği tahmin edilmekte olup ilin ekonomisine önemli oranda katkı sağlayacağı anlaşılmaktadır [121].



Şekil 5.6 Seka Çaycuma Kağıt Fabrikasında Atık Hale Gelen Biyokütle ve Oyka Biyokütle Enerji Santrali [121]

## 5.7 Çorum Mecitözü Biyokütle Enerji Santrali

Çorum Mecitözü ilçesinde kurularak 2018 yılı başında faaliyete geçen biyokütle enerji santralinin 5 MW'lık Kurulu gücü ile ildeki atıklar değerlendirilerek enerji üretilip ilin ekonomisine hem katkı sağlamakta hem de daha temiz ve yaşanabilir bir çevre oluşturmaya katkı sunmaktadır. Şekil 5.7'de gösterilen enerji santralinde özellikle tarımsal ve ormansal atıklar değerlendirilerek teknolojik donanımların tam kapasite ile kullanılması durumunda kurulu gücün 100 MW'a kadar arttırılabileceği tahmin edilmekte olup ayrıca 40 kişiye iş imkanı sağlayarak ilde işsizliğin azalmasında etkili olacaktır [122].



Şekil 5.7 Çorum Mecitözü Atık Kaynaklı Biyokütle ve Enerji Santrali [122]

### 5.8 Düzce Biyokütle Enerji Santrali

Şekil 5.8 de gösterilen Düzce biyokütle enerji santralinde fındık kabuğu, orman atıkları, pirinç kavuzu ve çay çöpü gibi 110.000 ton/yıl atık kaynaklı biyokütle kullanılarak yaklaşık 4,26 MW'lık kurulu güç ile enerji üreterek ilin ekonomisine katkı sağlamaktadır. İlerleyen süreçte yeni ek donanımlar ile bu kapasite yıllık 12 MW'a kadar yükseltilmesi hedeflenmektedir. Halihazırda santralde 3 vardiyeli 38 personel ile enerji üretimi yapılarak yaklaşık 200 kişilik bir nüfusun ekonomisine katkı sağlanmakla birlikte çevre kirliliği önlemektedir.



Şekil 5.8 Düzce İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Enerji Santrali [123]

## 6. MATERYAL VE YÖNTEM

Karadeniz Bölgesinde 2012-2016 yılları arasında biyokütle olarak kullanılan tarım ürünlerinden olan işlemde geçirilmemiş tütün, parfüm ve ilaç yapımında kullanılan bitki atıkları, şekerpancarı ve yem bitkileri için kullanılan tohumlar, patates, kuru baklagiller, yenilebilir kök ve yumrular, saman ve ot (yem bitkileri), şeker yapımında kullanılan bitkiler (şeker pancarı), tahıllar, tekstilde boya ve diğer işlemler için kullanılan olgunlaşmamış bitkiler, yağlı tohumlar, sebze, meyve gibi ürünlerin yapılan hesaplamalar sonucunda kuru biyokütle miktarları, kuru biyokütlenin ısı değeri, petrol eşdeğeri ve üretilen enerji miktarı hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar, Karadeniz bölgesindeki bulunan bütün iller için yapılarak, tablolar halinde ürünlerin ekildiği alan (hektar), kuru biyokütle miktarı (ton), ısı değeri (kcal/kg), petrol eş değeri (tep), üretilen enerji miktarı (MWh) hesaplanarak yazılmıştır. Hesaplamalarda sadece tarımsal ürünlerle birlikte hayvansal atıklar, belediye atıkları, ormansal atıklar gibi önemli biyoküteller içinde yapılmıştır. Bütün hesaplanan değerler bölgedeki iller, Karadeniz bölgesi ve Türkiye için tablolar haline dönüştürülerek her bir yıl için ayrı ayrı hesaplanarak gerekli kıyaslamalar yapılmıştır. Daha sonra bu değerlerin daha iyi okunabilmesi için çeşitli grafiklere aktarılmıştır. Verim bakımından orta seviyede olan bir hektarlık alandan yılda yaklaşık olarak elde edilebilecek 80 ile 100 ton aralığında değişen yaş gübre ve 25-30 ton kuru biyokütle elde edilebileceği varsayılmaktadır [107]. Bu verilen değerlere göre bir hektarlık alandan yaklaşık olarak ortalama 27,5 ton kuru biyokütle elde edilebileceği tahmin edilmektedir ve elde edilen kuru biyokütlenin ısı değeri yaklaşık olarak 3800-4300 kcal/kg aralığında değişmektedir ve ayrıca tarımsal kaynaklı biyokütlenin enerji eşdeğeri bulunurken  $1 \text{ kcal} = 1.10^{-7} \text{ TEP}$  (ton eşdeğer petrol) ve  $1 \text{ TEP} = 11,63 \text{ MWh}$  eşitliklerinden faydalanılmıştır [13,16].

### 6.1 Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle

Karadeniz bölgesi ve bölge içersindeki illerde ki tarımsal atıklardan üretilebilecek enerji miktarı, toplam ekilen alanların kuru biyokütle miktarı (ton), ısı değeri (kcal/kg), enerji değeri (tep) ve enerji miktarı (MWh) aşağıda belirtilen formüllerde numara sırasına göre hesaplamalar yapılarak bulunmuştur [13,16,107]. Daha sonrasında bulunan bu değerler Karadeniz Bölgesi ve bölge içersindeki tüm iller için ayrı ayrı tablolara ve grafiklere dönüştürülmüştür.

$$OKBM = A \times \frac{(25+30)}{2} \quad (6.1)$$

$$OBID = OKBM \times \frac{(3800+4300)}{2} \quad (6.2)$$

$$OBED = OBID \times 10^{-7} \quad (6.3)$$

$$OBEM = OBED \times 0.001163 \quad (6.4)$$

OKBM: Ortalama kuru biyokütle miktarı (ton/yıl)

OBID : Ortalama kuru biyokütle ısıl değeri (kcal/kg)

OBED : Ortalama kuru biyokütle enerji eş değeri (tep)

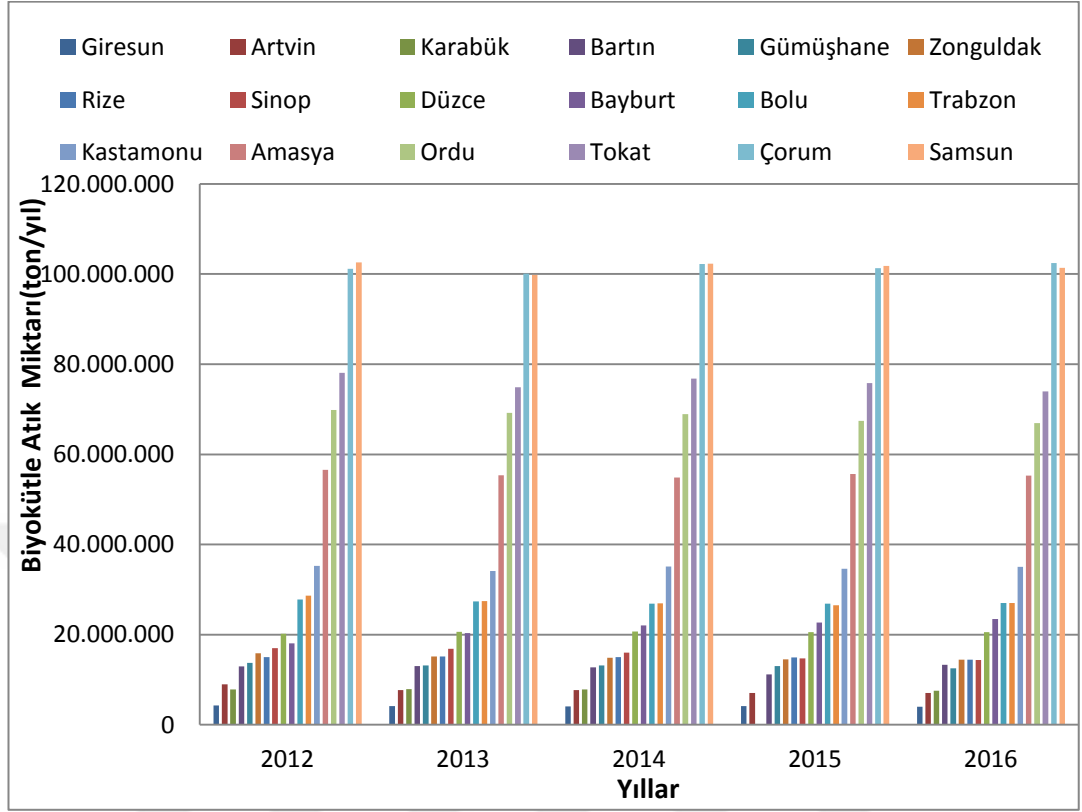
OBEM : Ortalama kuru biyokütle enerji miktarı (MWh)

A : Alan (hektar)

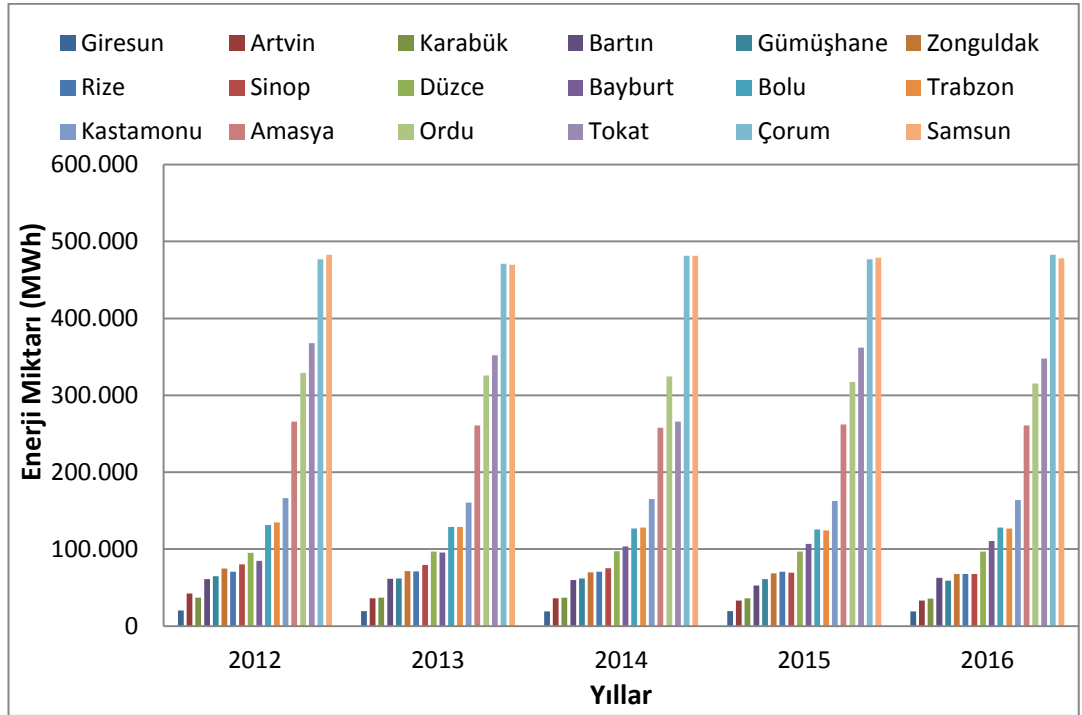
Yukarıda vermiş olduğumuz formülü açıklamak gerekirse, bir hektarlık tarımsal alanda ortalama 27,5 ton kuru tarımsal atık kaynaklı biyokütle elde edilmektedir. Elde edilen kuru biyokütle miktarının ısıl değeri 3800 ile 4300 kcal aralığındadır. Bir tonun karşılığında bulunan ısıl değerinin  $10^{-7}$  katı bir ton petrole eşdeğerdir ve bir ton petrolün 11.63 katı 1MWh'e eşdeğerdir.

Çizelge 6.1 Karadeniz Bölgesi'nde Ekilen Tarım Ürünlerinden Elde Edilebilecek Potansiyel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl) ve Enerji Miktarı (Mwh)

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (milyonton)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	23.049.358	634	258.000	3.000.540
2013	22.626.942	622	252.000	2.931.000
2014	22.826.580	627	254.000	2.954.000
2015	22.558.423	620	251.000	2.920.000
2016	22.513.123	619	250.000	2.908.000



Şekil 6.1 Karadeniz Bölgesi'nde ki İllerin Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl)



Şekil 6.2 Karadeniz Bölgesi'nde ki İllerin Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütleden Üretilebilecek Enerji Miktarı (MWh)

2012-2016 arasındaki yıllara ait TÜİK verilerine göre Karadeniz Bölgesi'ndeki illerin yaklaşık tarımsal atık miktarları Şekil 6.1'de gösterildiği gibi 101.5 milyon ton ile Samsun birinci sırada, 101.4 milyon ton ve ile Çorum ikinci sırada ve 75.9 milyon ton ile Tokat ili ise üçüncü sırada yer almaktadır. En son sırada ise 4.1 milyon ton ile Giresun ili bulunmaktadır. Bu atıkların enerji potansiyelleri ise Şekil 6.2' de gösterildiği gibi sırasıyla 41120 TEP, 41080 TEP, 29160 TEP ve 1675 TEP'dir.

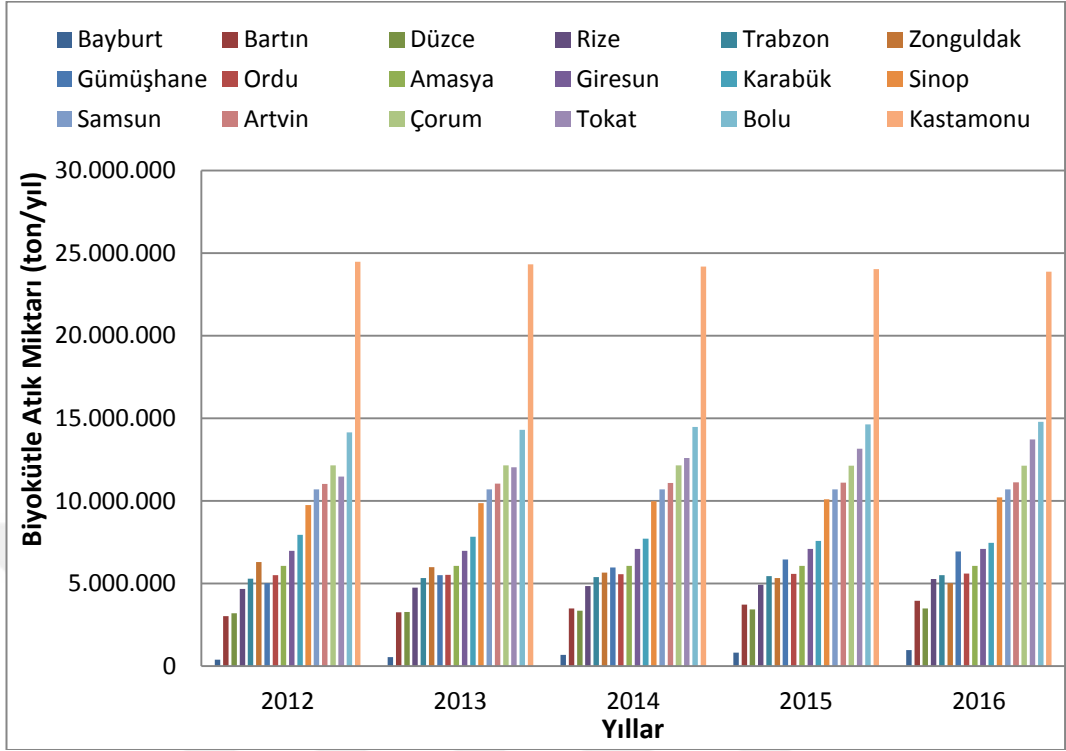
## 6.2 Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle

Ormansal atıklarda da üretilebilecek enerji değeri (tep) ve üretilebilecek enerji miktarı (MWh), tarımsal atıklarda ki 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 numaralı formüller kullanılarak bulunmuştur. Burada bulunan değerler sadece ormansal atıkların endüstride ya da çeşitli sebeplerden dolayı kesim aşamasında meydana gelen talaş ve birtakım atıkları oluşturmaktadır. Enerji ormancılığı geliştirildiğin de, daha ileri teknoloji üretim aşamaları kullanıldığında bu bulmuş olduğumuz rakamlar daha da arttırılabilir.

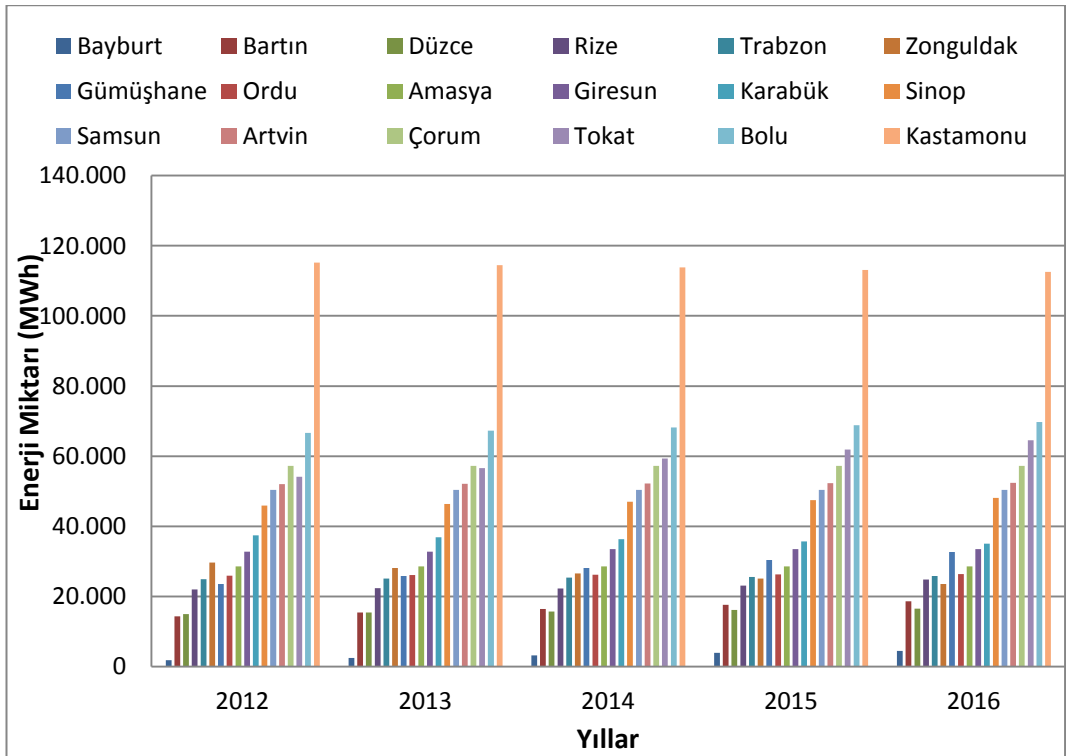
Çizelge 6.2 Karadeniz Bölgesi'nde Toplam Ormanlık Alandan Elde Edilebilecek Potansiyel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl) ve Enerji Miktarı (Mwh)

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton)	BMÜED (TEP)	BMÜEM (MWh)
2012	5.383.679	148.051.173	60.000	697.800
2013	5.383.685	148.051.338	60.000	697.800
2014	5.178.930	142.420.575	57.700	671.200
2015	5.178.940	142.420.850	57.700	671.200
2016	5.178.950	142.421.125	57.700	671.200





Şekil 6.3 Karadeniz Bölgesi'nde ki İllerin Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl)



Şekil 6. 4 Karadeniz Bölgesi'nde ki İllerde Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütleden Üretilebilecek Enerji Miktarı (MWh)

2012-2016 yıllar arasına ait TÜİK verilerine göre Karadeniz Bölgesi'ndeki illerin yaklaşık ormansal atık miktarları Şekil 6.3'de gösterildiği gibi 24.2 milyon ton ile Kastamonu birinci sırada, 14.5 milyon ton ile Bolu ikinci sırada ve 12.6 milyon ton ile Tokat ili ise üçüncü sırada yer almaktadır. En son sırada ise 678 bin ton ile Bayburt ili bulunmaktadır. Bu atıkların enerji potansiyelleri ise Şekil 6.4'de Gösterildiği Gibi Sırasıyla 9790 TEP, 5858 TEP, 5098 TEP Ve 272 TEP'dir.

### 6.3 Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle

Hayvansal atıkların değerlendirilmesi ekonomik ve çevresel açıdan oldukça önemlidir. Hem içindeki metan gazı alınmış organik gübre elde edilmesinde, hem de biyogaz üretilerek mutfak yakıtı olarak, araç yakıtı olarak ya da elektrik enerjisine dönüşümü gerçekleştirerek birçok alanda kullanılabilir.

Bu yaptığımız çalışmada büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan sayılarını TÜİK verilerinden alarak bu verilere göre yıllık elde edilebilecek yaş gübre miktarını Çizelge 6.3'deki büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanın birtanesinden elde edilebilecek gübre miktarı verilmiştir, bu verilen değere göre toplam gübre miktarı bulundu ve Çizelge 6.4 'da verilen bir ton gübreden elde edilebilecek biyogaz miktarı, son olarak 1 m<sup>3</sup> biyogazdan elde edilebilecek enerji miktarı hesaplandı. Yaş gübre miktarına göre yıllık üretilen biyogaz miktarı ve enerji miktarı hesaplamalarını tablo şekline dönüştürüldü.

Çizelge 6.3 Hayvan Sayısına Göre Yaş Gübre Miktarı (Ton/Yıl) ve Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı(m<sup>3</sup>/Yıl) [51]

Hayvan Adedi	Hayvan Cinsi	Yaş Gübre Miktarı(ton/yıl)
1	Büyük Baş	3.6
1	Küçük Baş	0.7
1	Kümes	0.022

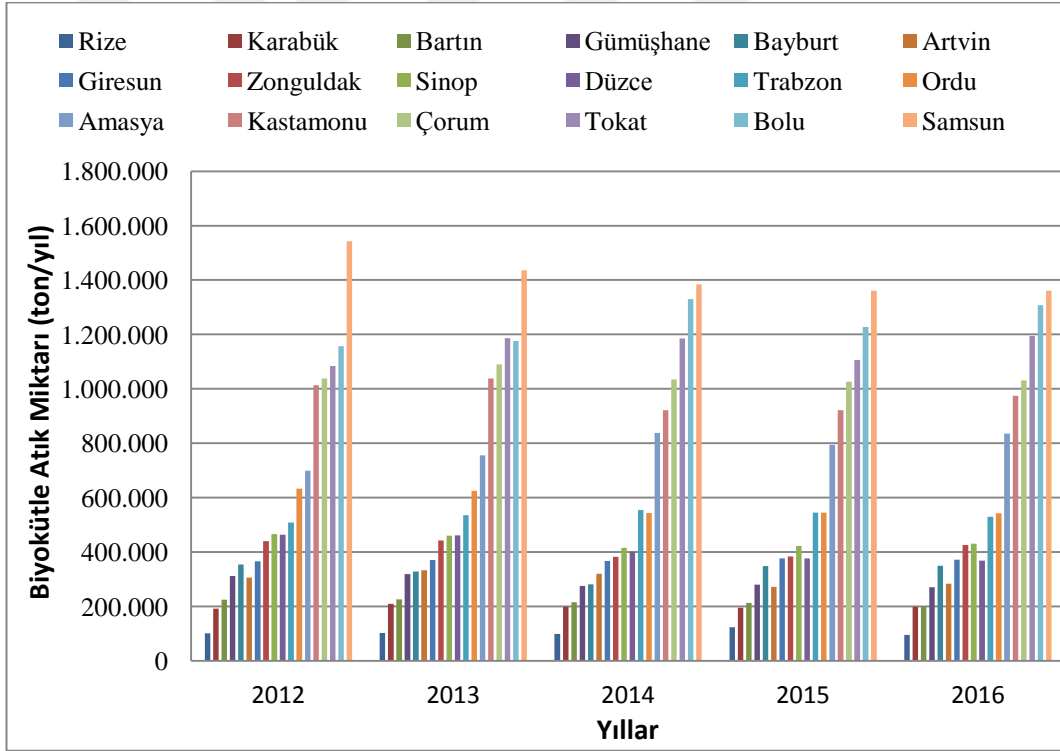
Çizelge 6.4 Yaş Gübre Miktarına Göre Üretilen Biyogaz Miktarı (m<sup>3</sup>/Yıl) [51]

Gübre Cinsi	Gübre Miktarı	Biyogaz Miktarı(m <sup>3</sup> /yıl)
Sığır	1 Ton	33
Koyun	1 Ton	58
Kümes Hayvanı	1 Ton	78

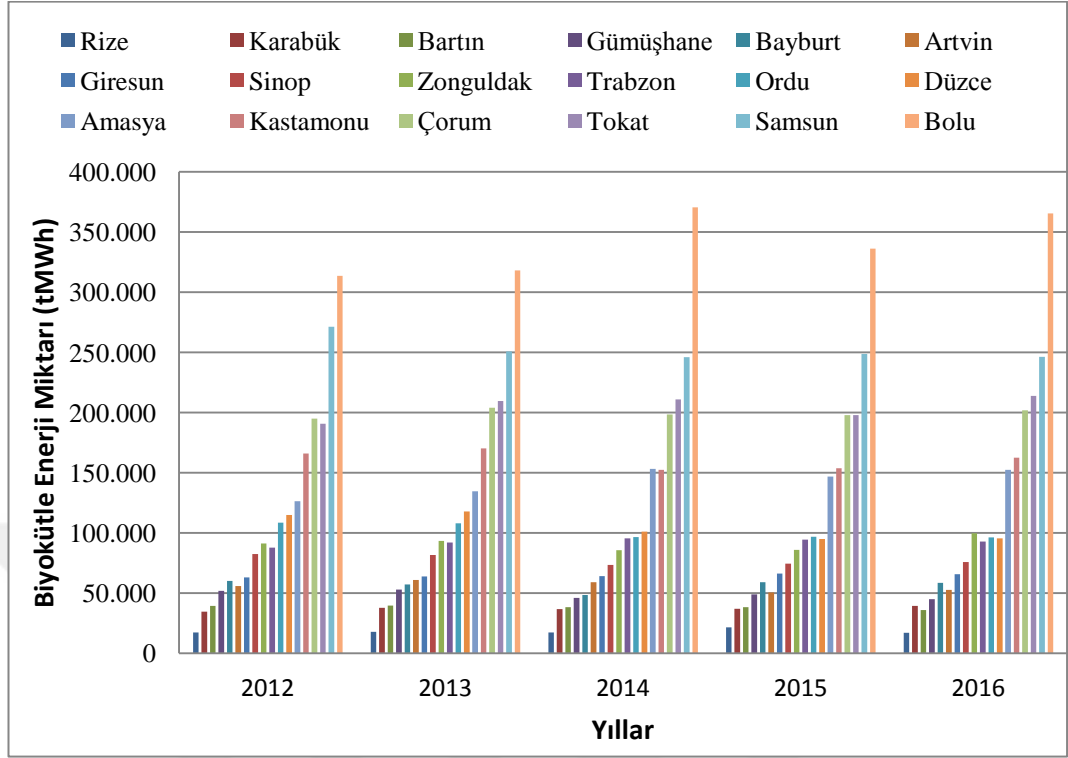
1 m<sup>3</sup> biyogaz 4700-5700 kcal/m<sup>3</sup> aralığındaki ısı değere sahiptir ve 0,62 litre gazyağı, 1,46 kg odun kömürü, 3,47 kg odun, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek ve 4,70 kWh elektrik enerjisine denk gelmektedir ve ayrıca 1 m<sup>3</sup> biyogaza 0,66 litre motorin, 0,75 litre benzin ve 0,25 m<sup>3</sup> propan yakıt miktarları ile eşdeğerdedir [51].

Çizelge 6.5 Karadeniz Bölgesi'ndeki Hayvan Türlerinden Elde Edilebilecek Toplam Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (ton/yıl) ve Üretilebilecek Enerji Miktarı (MWh)

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEEM (MWh)
2012	11.490.988	463.344.971	2.177.721
2013	11.686.320	472.466.398	2.220.592
2014	11.316.435	468.855.086	2.203.619
2015	11.141.644	461.404.420	2.168.601
2016	11.376.101	474.902.252	2.232.041



Şekil 6.5 Karadeniz Bölgesi'nde ki İllerin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl)



Şekil 6.6 Karadeniz Bölgesi'nde ki İllerde Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütleden Üretilebilecek Enerji Miktarı (Mwh)

2012-2016 yılları arasında ait TÜİK verilerine göre Karadeniz Bölgesi'ndeki illerin yaklaşık hayvansal atık miktarları Şekil 6.5'de gösterildiği gibi 1.5 milyon ton ile Samsun birinci sırada, 1.2 milyon ton ile Bolu ikinci sırada ve 1.1 milyon ton ile Tokat ili ise üçüncü sırada yer almaktadır. En son sırada ise 103 bin ton ile Rize ili bulunmaktadır. Bu atıkların enerji potansiyelleri ise sırasıyla Şekil 6.6'da görüldüğü gibi 335 bin MWh, 260 bin MWh, 208 bin MWh ve 18 bin MWh'dır.

#### 6.4 Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle

Belediye ve evsel atıklar, çevreye ve atmosfere önemsenecek boyutta zarar vermektedir. Çevreye ve atmosfere saldıran metan gazı ile küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Metan gazı çöp yığınları içerisinde sıkışması ile patlamalar meydana getirerek can ve mal kaybına yol açmaktadır. Bir takım teknolojik metot ve yöntemler kullanılarak enerji üretimi gerçekleştirildiğinde bu zararlar önlenmiş olacak ve enerji tasarrufu sağlanacaktır.

Karadeniz Bölgesi'ndeki iller baza alınarak belediye ve evsel atıkların toplam miktarı TÜİK' verilerine göre tablolar haline dönüştürüldü ve gerekli hesaplamalar

6.5 numaralı formül kullanılarak yıllık metan gazı ( $m^3/y$ ) ve üretilebilecek enerji miktarı(MWh) belirlendi. TÜİK'den alınan belediye ve evsel atık değerleri iki yıl aralıkla verildiğinden dolayı 2012,2014 ve 2016 yıllarına ait verilere göre gerekli çalışmalar yapıldı.

Belediye ve evsel atıkların elde edilebilecek metan gazını bulmak için kullanılan formül şu şekildedir [124].

$$My = Mt \times 8m^3/yıl \times 0,5 \times 0,75 \quad (6.5)$$

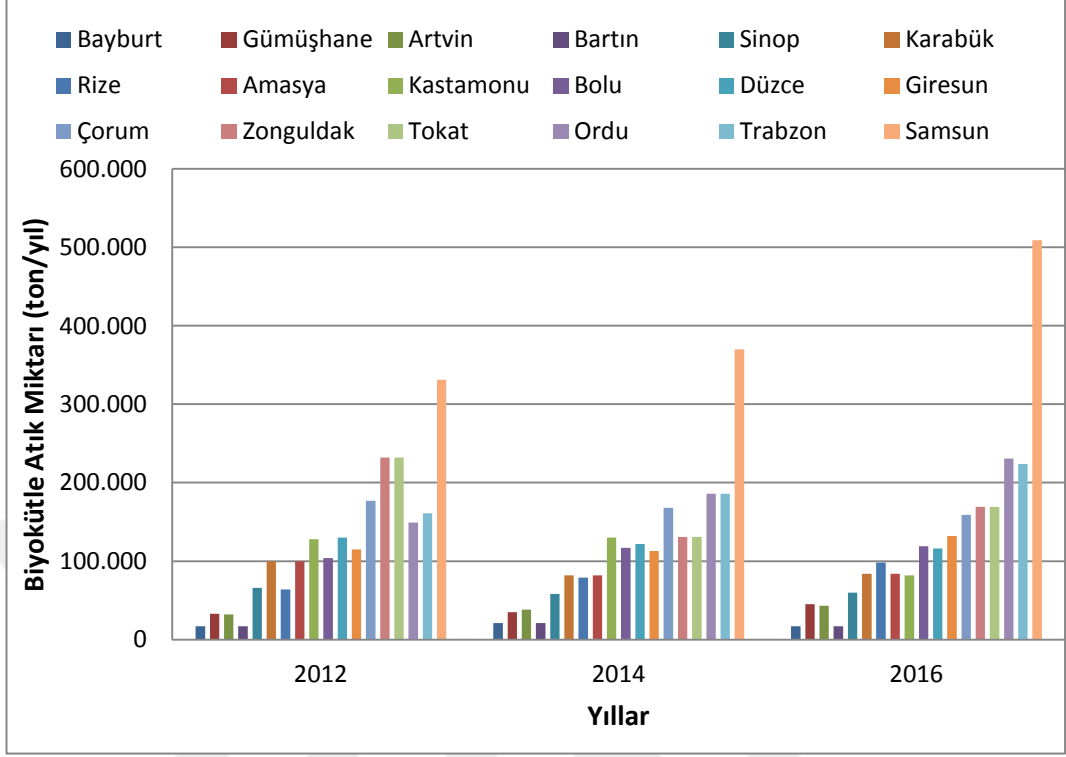
Mt= Belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle miktarı (ton/yıl)

My= Belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütleden üretilebilecek metan miktarı ( $m^3/yıl$ )

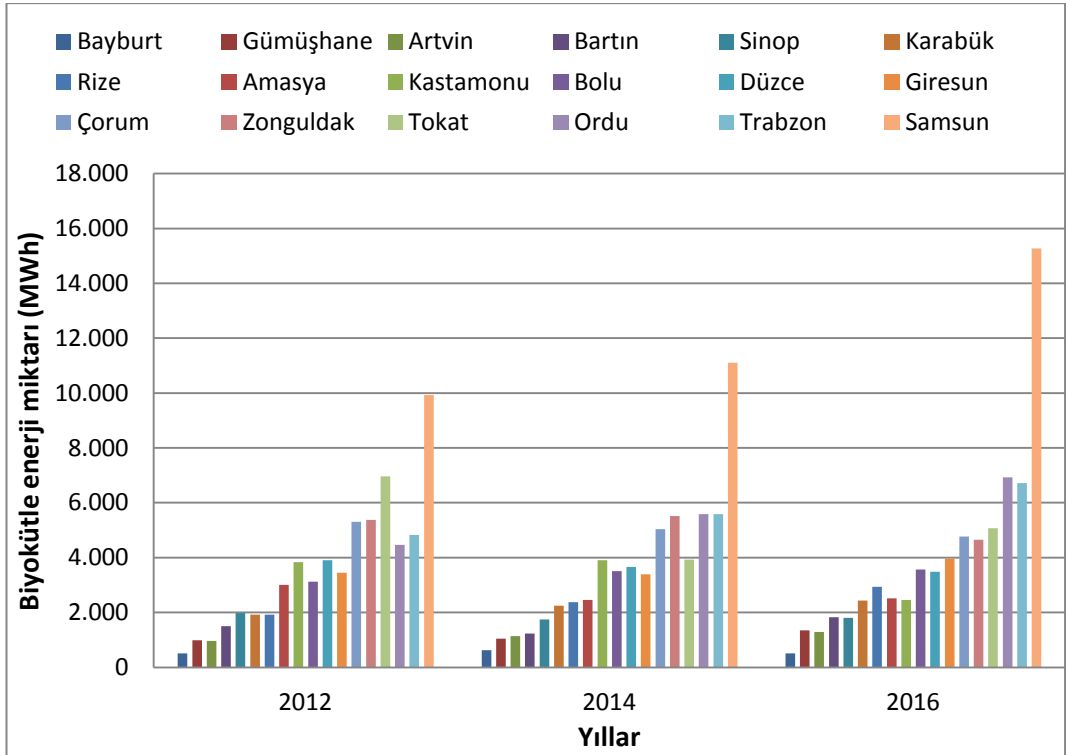
1  $m^3$  metan gazı 10 kWh enerjiye eşdeğerdir [125].

Çizelge 6.6 Karadeniz Bölgesi'ndeki Belediye Ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl) ve Üretilebilecek Enerji Miktarı (Mwh)

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM ( $m^3/yıl$ )	MÜEEM (MWh)
2012	2.202.000	6.606.000	66.060
2014	2.201.000	6.603.000	66.030
2016	2.456.000	7.368.000	78.680



Şekil 6.7 Karadeniz Bölgesi'nde ki İllerde Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarı (Ton/Yıl)



Şekil 6.8 Karadeniz Bölgesi'nde ki İllerde Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütleden Üretilebilecek Enerji Miktarı(Mwh)

2012, 2014 ve 2016 yıllarına ait TÜİK verilerine göre Karadeniz Bölgesi'ndeki illerin belediye atıklarının yaklaşık miktarları Şekil 6.7'de gösterildiği gibi 403.3 bin ton ile Samsun birinci sırada 190.3 bin ton ile Trabzon ikinci sırada ve 188.7 bin ton Ordu ili ise üçüncü sırada yer almaktadır. En son sırada ise 18.3 bin ton Bayburt ili bulunmaktadır. Bu atıkların enerji potansiyelleri ise Şekil 6.8'de gösterildiği gibi sırasıyla 12.100 MWh, 5.7100 MWh, 5.660 MWh ve 550 MWh'dır.



## 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çizelge 7.1’de TÜİK 2012-2016 verilerine göre, Karadeniz Bölgesi’nde toplam 783 milyon ton biyokütle atık miktarı elde edilebilecek potansiyel mevcuttur. Bu atık miktarından üretilebilecek enerji miktarı 5.893.635 MWh’dır ve toplam atık kaynaklı biyokütlenin parasal karşılığı 2019 Ocak ayındaki elektrik birim fiyatına göre (1 MWh=411.7 TL) 2.4 milyar TL’dir. Toplam atık miktarının %80’ni tarımsal atık, %19’nu ormansal atık, diğer kalan kısmı belediye ve hayvansal atıklar oluşturmaktadır. TÜİK verilerine göre yapılan hesaplamalarda, Karadeniz Bölgesi, Türkiye’deki biyokütle potansiyelinin yaklaşık olarak %12’lik kısmını karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

Çizelge 7.1 Karadeniz Bölgesi Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (milyonton)	AÜEE (MWh)
2012	795	5.942.121
2013	784	5.915.452
2014	783	5.894.849
2015	776	5.825.831
2016	775	5.889.921

### 7.1. Trabzon İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Trabzon ili toplam yüzölçümünün %30’u dağlık, %60’ı güneye doğru %25-30 eğimle artan alanlar ve %10’luk kısmını düz alanlar kapsamaktadır. 109,491 hektarlık tarım arazisinin % 73’ünde bölgede yoğun bir şekilde ekilen ve tarımsal geçim kaynakları arasında önemli bir yeri olan fındık ve çay üretimi gerçekleştirilmektedir. Üretimine % 15,6 alanda mısır, hububat ve fasulye ekimi, % 7’lik kısmında tütün ve patates ve % 2,8’lik sebze-yem bitkileri ekimi yapılmaktadır. Trabzon’da tarımsal ürün olarak en yoğun fındıktır ve Türkiye’de 548 000 ha’lık fındık üretim alanının % 9’unu oluşturmaktadır, bu da yaklaşık olarak 50.000 hektarlık alana denk gelmektedir ve Doğu Karadeniz Bölgesi’nde Ordu ve Giresun ilinden sonra üçüncü sırada yer almaktadır. 2016 yılı itibari ile 28000 ton fındık elde edilmiştir [126]. Elde edilen fındığın 1/5 oranında kuru fındık zürufu kaynaklı biyokütle elde edilmektedir [127]. Trabzon ilinde Şekil 7.1 gösterilen toplam olarak 5600 ton fındık zürufu kaynaklı biyokütle ile herhangi bir ilave



malzeme kullanılmadan 80 MPa'lık basınç uygulanarak ortalama alt ısı değeri 4232 kcal/kg ve kül içeriği değeri %10.65 olan biriketleme işlemi yapılabilmektedir. Biriketleme sonucunda Trabzon ili için yıllık elde edilebilecek toplam ısı değeri 23.6 milyon kcal/kg' dır ve bu değer il için enerji tasarrufu, çevre temizliği ve emisyon değerleri açısından önemli oranda katkı sağlayabilecektir [128]



Şekil 7.1 Fındık Atık Kaynaklı Biyokütle ve Briketlenmiş Fındık Zürufu [128]

Trabzon ilinde tarımsal kaynaklı biyokütleden sonra sırasıyla ormansal, hayvansal, belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle yer almaktadır. Bu atıklar 2012-2016 verilerine göre Trabzon ilinde Çizelge 7.2'de belirtilen toplam biyokütle atık potansiyeli 33.3 milyon ton ve toplam atık potansiyelinden üretilebilecek enerji miktarı ise 251.980 MWh'dır. Toplam biyokütle atık potansiyelindeki %81'lik kısmı tarımsal , %16'lık kısmı ormansal ,%2'lik kısmı hayvansal ,%1'lik kısmı ise belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle oluşturmaktadır.

Çizelge 7.2 Trabzon İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	34.5	252.366
2013	33.4	250.905
2014	33	254.482
2015	32.6	250.018
2016	33.2	252.128

Çizelge 7.3 Trabzon İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	1.041.582	28.643.505	11.600	134.900
2013	997.504	27.431.360	11.100	129.000
2014	978.688	26.913.920	11.000	127.900
2015	963.768	26.503.620	10.700	124.400
2016	981.198	26.982.945	10.900	126.800

Çizelge 7.4 Trabzon İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	192.015	5.280.413	2.140	24.900
2013	193.962	5.333.955	2.160	25.100
2014	195.909	5.387.798	2.180	25.400
2015	197.856	5.441.040	2.200	25.600
2016	199.803	5.494.583	2.220	25.800

Çizelge 7.5 Trabzon İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	507.972	18.667.275	87.736
2013	535.293	19.569.213	91.975
2014	553.444	20.340.758	95.602
2015	544.375	20.093.142	94.438
2016	529.591	19.746.450	92.808

Çizelge 7.6 Trabzon İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	161.000	483.000	4.830
2014	186.000	558.000	5.580
2016	224.000	672.000	6.720

## 7.2. Rize İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Rize Türkiye'nin nüfus olarak yoğun illerinden biri olmasına rağmen, bölgenin coğrafi özelliklerinden dolayı tarımsal verim açısından kıstlı olup ekim yapılan mevcut arazinin % 92'sinde çay tarımı yapılmaktadır. Rize ilinin tarım arazilerinin

büyük bir kısmı çay ve fındık tarımı amaçlı kullanıldığı için ilin en önemli tarımsal biyokütle kaynakları çay ve fındık atıklarıdır. İlde en yoğun yetiştirilen tarımsal ürün çay olup Türkiye'deki çay ihtiyacının %60'ı Rize ilinden karşılanmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde üretimi yapılan çay yapraklarının standartlara uymayan hasadı sonucunda çay işleme fabrikalarında her yıl yaklaşık olarak 860 bin ton yaş çay elde edilmekte olup 40.000 ton da çay bitkisi kaynaklı biyokütle oluşmaktadır. Biyokütle için önemli bir hammadde olan çay atıkları değerlendirilmeden çevreye bırakılması veya çöp depolama alanına dökülmesi nedeniyle önemli oranda çevre sorunlarına neden olmaktadır. Çay atıkları karbon, azot, potasyum bakımından önemli bir değere sahip olup kompost üretimi uygulamaları için iyi bir hammaddedir. Ancak çay atığı kompostlama için gerekli olan nem, pH, fosfor ve mikroorganizma bakımından uygun olmadığından dolayı bu atığın doğrudan kompost hammaddesi olarak kullanmak mümkün değil. Çay fabrikalarında oluşan çay atıkları yaklaşık olarak %94 oranında kuru atıklar olup bu atığın kükürt ve diğer zararlı kirleticileri içermediğinden dolayı yakıt olarak kullanılması çevre için oldukça önemlidir. Isıtma işlemlerinde yakıt olarak kullanılan çay atığının yanma sonucu hava kirliliği yapmaması, yanma esnasında oluşan kül oranının düşük olması, baca gazında uçucu madde oluşumunun minimum seviyede olması gibi avantajlarından dolayı enerji üretimi için iyi bir biyokütle hammaddesidir. Çay atığının yakma işlemlerinde yakıt olarak değerlendirilmesi için Şekil 7.2 belirtildiği gibi 300–800 MPa basınçta sıkıştırılarak pellet haline dönüştürülerek katı yakıt kullanımı daha verimli olmaktadır. Pellet haline getirilen çay atığı ham çay atığına göre 6 kat daha yoğun hale getirilerek taşınması hem kolay hemde ekonomik olmaktadır. Sıkıştırılarak pellet haline getirilen çay atığı kaynaklı biyokütle çevre dostu yenilenebilir bir enerji kaynağı olup ısıl değeri 4250 kcal/kg olan bir yakıttır. Çay atığı kaynaklı pellet yakıt çay fabrikalarında veya Karadeniz bölgensinin yerleşim yerlerinde kış aylarında yakıt olarak kullanılarak 4 nüfuslu 20 bin ailenin ekonomisine katkı sağlayabilmektedir. Rize ilinde tarımsal biyokütlerde değerlendirilebilecek diğer tarım ürünleri ise fındık, kivi, armut gibi meyve atıklarıdır.



Şekil 7.2 Çay Atığı Kaynaklı Biyokütle

Rize ilinde enerji üretiminde değerlendirilebilecek ikinci tür biyokütle çeşidi hayvansal atıklar, üçüncü tür biyokütle potansiyeli çeşidi ormansal atık kaynaklı biyokütle ve dördüncü çeşit biyokütle potansiyeli ise belediye ve çöp atıklarıdır. Rize ilinde yaklaşık olarak 180 bin hektarlık ormanlık alan olup bu alanda atık hale gelen ve enerji üretiminde değerlendirilebilecek ormansal atık kaynaklı biyokütle miktarı 4.9 milyon tondur. Rize ili ve ilçelerinde oluşan yaklaşık 90 bin ton evsel atık enerjiye dönüştürülmek amacıyla Trabzon-Rize illeri arasında bulunan Trabrikab çöp santraline gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Çizelge 7.7' de verilen Rize ilinin atık kaynaklı biyokütle potansiyelleri yıllara göre neredeyse aynı olup yılların ortalaması 19,8 milyon tondur. 19,8 milyon tonluk biyokütle miktarından üretilebilecek enerji miktarı ise 113.523 MWh'tır. 2016 yılı TÜİK verilerine göre Rize ilinde kişi başına düşen ortalama atık miktarı 1,15 kg/kişi-gün olup yıllık belediye atık miktarı ise 97.617 tondur. Atık kaynaklı bu potansiyelin %75'lik kısmını tarımsal, %24'lük kısmını ormansal, geriye kalan %1'lik kısmını ise hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütle oluşturmaktadır.

Çizelge 7.7 Rize İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	19.7	111.762
2013	19.9	113.219
2014	19.9	112.662
2015	20.0	117.426
2016	19.7	112.545

Çizelge 7.8 Rize İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	545.090	14.989.975	6.070	70.600
2013	549.802	15.119.555	6.120	71.100
2014	545.850	15.010.875	6.080	70.700
2015	544.015	14.960.413	6.060	70.500
2016	534.817	14.407.468	5.830	67.800

Çizelge 7.9 Rize İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	169.965	4.674.038	1.890	22.000
2013	172.960	4.756.400	1.930	22.400
2014	175.955	4.838.763	1.960	22.280
2015	178.949	4.921.098	1.990	23.100
2016	181.944	5.278.460	2.130	24.800

Çizelge 7.10 Rize İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	100.157	3.668.537	17.242
2013	102.425	3.787.121	17.799
2014	98.197	3.683.337	17.312
2015	122.532	4.565.144	21.456
2016	94.623	3.618.011	17.005

Çizelge 7.11 Rize İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	64.000	192.000	1.920
2014	79.000	237.000	2.370
2016	98.000	294.000	2.940

### 7.3. Artvin İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Artvin ili, toplamda 736.700 hektarlık alana sahip olup, bu alanın %9'luk kısmında tarımsal faaliyetler yürütülmekte olup geriye kalan alanın %15'ini çayır-mera, %57'sini orman arazisi ve %19'unu diğer alanlar oluşturmaktadır. Bu tarımsal alanın 85.779 da'lık kısmında 2016 yılı TÜİK verilerine göre 106.796 ton çay üretimi ile Türkiye'de çay üretiminin %11,5'ini oluşturmaktadır ve Rize, Trabzon ilinden sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Artvin ili fındık tarımında ise 86.673 alanda 5.286 ton üretim gerçekleştirmektedir, Türkiye'deki fındık üretiminin %1'lik kısmını oluşturmaktadır ve bunun yanı sıra mısır, patates, yonca (yeşil), korunga, domates, fasulye, salatalık, elma, ceviz, kiraz, armut, erik, mandalina, çilek, Trabzon hurması, kivi ve zeytin yetişen diğer önemli tarım ürünleridir. [129]. Artvin ilindeki tarım ürünlerinden oluşabilecek atık kaynaklı biyokütle yaklaşık olarak 7.6 milyon ton ve tarımsal atık kaynaklı biyokütleden üretilebilecek enerji miktarı ise 36.180 MWh'dır. Artvin ilinde tarımsal atık kaynaklı biyokütlenin yanı sıra ormansal, hayvansal, belediye ve evsel atıkta bulunmaktadır.



Şekil 7.3 Artvin İlindeki Çöp Sahasından Bir Görünüm [130]

TÜİK verilerine göre Artvin ilinde Çizelge 7.12'de belirtilen toplam biyokütle atık potansiyeli 19.1 milyon ton olup bu potansiyelden üretilebilecek enerji miktarı ise 145.245 MWh'dır. Artvin ilinin toplam biyokütle atık potansiyelinin %57'si ormansal, %42'si tarımsal, %1'i ise hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütle oluşturmaktadır. Şekil 7.3 de belirtildiği gibi ilde oluşan çöplerin, çevre ve insan sağlığını tehlikeye atacak durumları engellemek amacıyla çöplerden metan gazı

oranı yüksek olan ve lanfil gaz olarak isimlendirilen çöp gazı elde edilerek bu gazın kurulacak enerji santralinde değerlendirilmesi ile ilin hem ekonomisine katkıda bulunabilir hem de çevre atıklardan temizlenerek daha sağlıklı bir durum oluşturulabilir.

Çizelge 7.12 Artvin İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE (MWh)
2012	20.3	150.916
2013	19.0	150.044
2014	19.1	148.547
2015	18.4	137.286
2016	18.5	139.430

Çizelge 7.13 Artvin İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	326.652	8.982.930	3.630	42.200
2013	278.442	7.657.155	3.100	36.100
2014	279.696	7.691.640	3.110	36.200
2015	255.780	7.033.950	2.860	33.300
2016	255.588	7.028.670	2.850	33.100

Çizelge 7.14 Artvin İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	400.946	11.026.015	4.470	52.000
2013	401.862	11.051.205	4.480	52.100
2014	402.778	11.076.395	4.490	52.200
2015	403.695	11.101.613	4.500	52.300
2016	404.611	11.126.803	4.510	52.400

Çizelge 7.15 Artvin İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	305.619	11.862.874	55.756
2013	332.393	12.954.064	60.884
2014	319.515	12.554.640	59.007
2015	271.257	10.754.505	50.546
2016	282.723	11.200.030	52.640

Çizelge 7.16 Artvin İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	32.000	96.000	960
2014	38.000	114.000	1.140
2016	43.000	129.000	1.290

#### 7.4. Bayburt İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Toplam yüzölçümün %35' i tarım alanı, %58'i ise çayır ve mera arazisinden oluşan Bayburt ili, %35'lik tarım alanın yaklaşık olarak %56'lık kısmını tahıllar (buğday, arpa), geriye kalan % 41.4' lük alanı ise saman ve ot oluşturmaktadır [131]. Bayburt ilinde tarla ürünlerinden 220.000 (da) ekili buğday alanından yaklaşık olarak 8.140 ton buğday atığı, 74.000(da) ekili alanda yaklaşık 2,664 ton arpa atığı oluşmaktadır ve bu atıklardan üretilebilecek enerji miktarı 43,756 kkal/kg'dır [132,133].

Bayburt ilinde tarımsal atıkların yanı sıra ormansal, hayvansal, belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütlerde mevcuttur.

Bayburt ilinde Çizelge 7.17'de belirtildiği gibi toplam biyokütle potansiyeli 21.7 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 160.725 MWh'dır. Toplam atık kaynaklı biyokütlenin %95'i tarımsal, %3'ü ormansal, %2'side belediye ve hayvansal atık kaynaklı biyokütleden oluşmaktadır.

Çizelge 7.17 Bayburt İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE (MWh)
2012	18.8	147.199
2013	21.2	156.056
2014	23.0	155.922
2015	23.8	170.433
2016	24.7	174.014



Çizelge 7.18 Bayburt İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	655.818	18.034.995	7.300	84.900
2013	740.012	20.350.330	8.240	95.800
2014	800.713	22.019.608	8.920	103.700
2015	825.477	22.700.618	9.190	106.900
2016	852.846	23.453.265	9.500	110.500

Çizelge 7.19 Bayburt İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	14.363	394.983	159	1.800
2013	19.506	536.415	217	2.500
2014	24.649	677.848	274	3.200
2015	29.793	819.308	332	3.900
2016	34.936	960.740	389	4.500

Çizelge 7.20 Bayburt İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	353.473	12.763.663	59.989
2013	328.411	12.180.066	57.246
2014	280.814	10.296.244	48.392
2015	348.361	12.553.855	59.003
2016	348.995	12.447.589	58.504

Çizelge 7.21 Bayburt İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	17.000	51.000	510
2014	21.000	63.000	630
2016	17.000	51.000	510

## 7.5. Amasya İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

570.100 hektarlık toplam yüzölçüme sahip olan Amasya ilinin % 44,7'si (254.960 ha) tarım alanı olup, 168.014 (% 65,9) hektarlık alanı kuru, 86.946 hektarlık alanı ise (% 34,1) sulu tarım alanıdır. Tarla ürünlerinden 1 milyon(da) ekili alana sahip olan buğday birinci sırada, 235,921(da) ekili alana sahip olan arpa ikinci sırada yer almaktadır. Amasya ilinde meyve olarak ise 13.000 (da) alana sahip

olan elma ilk sıradadır. Bu belirtilen tarım ürünlerinin biyokütle atıklarına ilave olarak yılda 30.000-36.000 ton şeker pancarı kütüğü, 3.600 ton yaş mısır silajı, Şekil 7.4'de görülen soğan ve benzeri tarımsal atık kaynaklı biyokütle (20.000 ton/yıl), ayrıca hayvansal atıklarla beraber yaklaşık olarak 600.000 ton atık kullanarak 25 - 28 milyon m<sup>3</sup> biyogaz elde edilmesi hedeflenmekte olup, üretilen biyogazdan yılda 45 - 50 milyon kWh elektrik enerjisi üretilmesi hedeflenmekte ve 40.000 - 50.000 ton metan gazı alınmış saf gübre elde edilmesi planlanmaktadır [134,135].



Şekil 7.4 Amasya biyogaz tesisinde değerlendirilebilecek soğan atıkları kaynaklı biyokütleden bir görünüm [136]

TÜİK verilerine göre Amasya ilinde Çizelge 7.22'de gösterildiği gibi toplam biyokütle atık potansiyeli 62.4 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 435.478 MWh'dır. Toplam atık potansiyelin %89'u tarımsal , %10'u ormansal , %1'lik kısmı ise hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütleden oluşmaktadır.

Çizelge 7.22 Amasya İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	63.4	423.889
2013	62.3	427.248
2014	61.8	442.102
2015	62.5	439.769
2016	62.2	444.383

Çizelge 7.23 Amasya İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	2.056.525	56.554.438	22.900	266.000
2013	2.012.916	55.355.190	22.400	261.000
2014	1.995.753	54.883.208	22.200	258.000
2015	2.022.925	55.630.438	22.500	262.000
2016	2.010.344	55.284.460	22.400	261.000

Çizelge 7.24 Amasya İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	220.470	6.062.925	2.455	28.550
2013	220.540	6.064.850	2.456	28.560
2014	220.610	6.066.775	2.457	28.570
2015	220.681	6.068.728	2.458	28.580
2016	220.751	6.070.653	2.459	28.590

Çizelge 7.25 Amasya İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	698.238	26.880.750	126.339
2013	755.678	28.657.127	134.688
2014	838.232	32.568.463	153.072
2015	794.630	31.219.016	146.729
2016	835.614	32.398.585	152.273

Çizelge 7.26 Amasya İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	100.000	300.000	3.000
2014	82.000	246.000	2.460
2016	84.000	252.000	2.520

## 7.6. Tokat İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Tokat ilinin toplam yüzölçümün %44'ü orman arazisi, %36'sı tarım arazisi, %11'i çayır-mera arazileri %8'ini diğer araziler oluşturmaktadır. Tarım arazilerinin %67.51'ini tarla bitkileri, %3.75'ini sebze, %2.26'sı meyve, %1.64'ü bağ, %1.25'i kavak ve söğütlük alanından oluşmaktadır. Tarla ürünleri içerisinde yoğun olarak %60'luk alanı buğday ve arpa ürünleri oluşturmaktadır [137].

Bu ürünlerin toplam biyokütle atık miktarı 53.900 tondur ve üretilen enerji miktarı 218.295 kcal/kg'dır. Tarımsal atık kaynaklı biyokütle miktarları teknolojik dönüşümlerle değerlendirildiğinde il ve bölge ekonomisine önemli oranda katkı sağlayacaktır. Bu atıklarla beraber ormansal atıklar, hayvansal atıklar, belediye ve evsel atıklarda yer almaktadır.

Şekil 7.5'de görülen belediye ve evsel atıkları enerjiye dönüştürmek için kurulan Tokatın Erbaa ilçesindeki çöp gazı biyokütle santrali yıllık 1 MWh'lık kurulu güce sahip saatte 400 kW enerji üretmektedir [138]. Belediye ve evsel atıklar kullanılarak üretilen enerji hem çevre açısından hem de ekonomik açıdan önemli oranda katkı sağlamaktadır.



Şekil 7.5 Tokat İli Çöp Sahasından Bir Görünüm [139]

Tokat ilinde Çizelge 7.27'de belirtildiği gibi toplam atık potansiyeli 89.8 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 608.506 MWh'dır. Toplam atık potansiyelin %85'i tarımsal, %14 ormansal, %1'i hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütle oluşturmaktadır.

Çizelge 7.27 Tokat İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	90.9	619.672
2013	88.3	625.263
2014	90.6	540.266
2015	90.2	625.806
2016	89	631.523

Çizelge 7.28 Tokat İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	2.839.899	78.097.223	31.600	368.000
2013	2.722.499	74.868.723	30.300	352.000
2014	2.791.427	76.764.243	22.900	266.000
2015	2.757.178	75.822.395	31.100	362.000
2016	2.688.909	73.944.998	29.900	348.000

Çizelge 7.29 Tokat İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	417.331	11.476.603	4.650	54.100
2013	437.680	12.036.200	4.870	56.600
2014	458.029	12.595.798	5.100	59.300
2015	478.379	13.155.423	5.320	61.900
2016	498.728	13.715.020	5.550	64.500

Çizelge 7.30 Tokat İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	1.084.197	40.555.683	190.612
2013	1.185.881	44.617.560	209.703
2014	1.185.212	44.901.216	211.036
2015	1.105.884	42.122.573	197.976
2016	1.194.280	45.521.990	213.953

Çizelge 7.31 Tokat İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	232.000	696.000	6.960
2014	131.000	393.000	3.930
2016	169.000	507.000	5.070

## 7.7. Ordu İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Toplam yüzölçümünün %36,3'lük kısmını bağ-bahçelik alan, %23,3'lük kısmını ormanlık-fundalık arazi ve %14'ünü yerleşim alanı oluşturmaktadır. Ordu ilinin önemli bir kısmını bahbahçe arazisi oluşturduğu ve tarımsal üretimde önemli paya sahip olduğu görülmektedir. İlde fındık üretimi yoğun ve Türkiye'de %31' lik oranla ilk sırada yer almaktadır [140].

TÜİK 2017 verilerine göre Ordu ilinde 213.572 ton fındık üretimi gerçekleştirilmektedir ve Şekil 7.6' görülen elde edilebilecek fındık kaynaklı biyokütle atık miktarı yaklaşık olarak 113.905 tondur. Fındık atıkları biyokütle olarak değerlendirildiğinde yılda 53.6 kWh enerji elde edilebilmektedir.



Şekil 7.6 Ordu İli Fındık Atığı Kaynaklı Biyokütleden Bir Görünüm [141]

Ordu ilinde Çizelge 7.32' de belirtilen TÜİK verilerine göre toplam atık potansiyeli 74.7 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 455.177 MWh'dır. Toplam atık potansiyelinde %92'si tarımsal , %7'si ormansal , %1'i hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütle oluşturmaktadır.

Çizelge 7.32 Ordu İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEM (MWh)
2012	76	467.942
2013	75.5	464.186
2014	75.2	452.780
2015	73.7	446.188
2016	73.3	444.788

Çizelge 7.33 Ordu İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	2.539.271	69.829.953	28.300	329.100
2013	2.516.647	69.207.793	28.000	325.600
2014	2.506.116	68.918.190	27.900	324.500
2015	2450.901	67.399.778	27.300	317.500
2016	2.432.838	66.903.045	27.100	315.200

Çizelge 7.34 Ordu İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	199.918	5.497.745	2.230	25.900
2013	200.911	5.525.053	2.240	26.100
2014	201.904	5.552.360	2.250	26.200
2015	202.896	5.579.640	2.260	26.300
2016	203.889	5.606.948	2.270	26.400

Çizelge 7.35 Ordu İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	633.099	23.079.052	108.472
2013	625.051	22.982.120	108.016
2014	543.364	20.531.935	96.500
2015	544.307	20.597.434	96.808
2016	542.092	20.480.505	96.258

Çizelge 7.36 Ordu İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	149.000	447.000	4.470
2014	186.000	558.000	5.580
2016	231.000	693.000	6.930

## 7.8. Samsun İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Samsun ilinin 972.500 hektarlık toplam alanının 375.922 hektarlık kısmı tarımsal alan olup TÜİK 2016 verilerine göre belirtilen tarımsal alanda yoğunluk olarak 725.817 ton mısır ve 280.557 ton buğday, meyvede ise 69.702 ton fındık üretimi yapılmaktadır [142]. Bu tarımsal ürünler pelet ve briket haline dönüştürülerek ısı değerinin; fındık zurufun 4 bin 226, çeltik sapının 3 5in 629, buğday sapının 4. 326, mısır sapının 4 bin 275 ve çeltik kavuzunun 3 bin 725 kalori olduğu ve elde edilen bu değerlere göre 456.107 ton atık mitarından 214.8 kWh'e yıllık enerji üretilebilecektir. Ayrıca Şekil 7.7'de gösterilen pelet ve briketler kalorifer ve sobalarda doğalgaz ve kömürün yerine rahatlıkla kullanılacağı belirtilmektedir [143].



Şekil 7.7 Atıklardan Elde Edilmiş Pelet ve Briketler [143]

Samsunda tarımsal atıkların yanı sıra hayvansal atık, ormansal, belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle bulunmaktadır. Samsun ilinin Çarşamba ilçesinde Şekil 7.8’de görülen santralde gibi yaklaşık olarak 95 ton/gün hayvansal atık kullanılarak saatte 1.501 kWh elektrik üretilebileceği belirtilmektedir ve üretilen enerjinin yanısıra doğal gübre olarak kullanılacak atık elde edilmektedir [175].



Şekil 7.8 Samsun İlinin Çarşamba İlçesindeki Biyogaz Santralinden Bir Görünüm [144]

TÜİK’den alınan verilere göre Çizelge 7.37’de gösterilen Samsun ili toplam biyokütle atık potansiyeli 114 milyon ton, toplam atıktan üretilebilecek enerji miktarı ise 792.697 MWh’dır. Toplam biyokütle atık potansiyelinin %89 tarımsal, %10 ormansal, kalan %1’lik atık hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütledir.



Çizelge 7.37 Samsun İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	115.1	814.217
2013	112.3	780.933
2014	114.7	789.068
2015	114.2	789.393
2016	113.9	789.876

Çizelge 7.38 Samsun İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	3.729.122	102.550.855	41.500	482.600
2013	3.629.899	99.822.223	40.400	469.800
2014	3.720.667	102.318.343	41.400	481.500
2015	3.701.391	101.788.253	41.200	479.100
2016	3.685.826	101.360.215	41.100	478.000

Çizelge 7.39 Samsun İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	388.832	10.692.880	4.330	50.400
2013	388.829	10.692.798	4.330	50.400
2014	388.825	10.692.688	4.330	50.400
2015	388.821	10.692.578	4.330	50.400
2016	388.817	10.692.468	4.330	50.400

Çizelge 7.40 Samsun İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	1.542.559	57.720.579	271.287
2013	1.435.731	53.362.382	250.803
2014	1.383.582	52.354.884	246.068
2015	1.360.904	52.934.649	248.793
2016	1.360.281	52.384.257	246.206

Çizelge 7.41 Samsun İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	331.000	993.000	9.930
2014	370.000	1.110.000	11.100
2016	509.000	1.527.000	15.270

## 7.9. Sinop İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Sinop ilinin toplam 579.200 hektarlık alanının %30'u tarıma elverişli %14'dün de tarım yapılmaktadır ve %63'ü ormansal alan %7'si ise tarıma elverişsiz alandır. İldeki en yoğun ekilen tarımsal ürünler sırasıyla 186.291(da) ekim alanı ile buğday 64.600 (da) ekim alanı ile arpa, 42.301(da) ekim alanı ile çeltik, 36.300(da) alan ile arpa gelmektedir. Bu tarımsal ürünler ve ormansal atıklardan yılda 85.014 ton biyokütle elde edilebilecek, ormansal ve tarımsal atık kaynaklı biyokütlenin 76.514 ton'luk kısmı yakacak odun, lif, yonga, kâğıtlık oun, orman tali ürünleri, kök odunu, 8.500 ton'luk kısmı ise mısır koçanı, çeltik sapı, domotes paşası ve şeftali çekirdeğinden oluşmaktadır ve yılda 121.320 MWh elektrik üretebilecek potansiyele sahiptir [145,146].

Sinop ilinde tarımsal ve ormansal atıkların yanı sıra hayvansal ve belediye biyokütle atıklarında mevcuttur. Şekil 7.9'da görüldüğü gibi TÜİK 2016 verilerine göre ilde yaklaşık olarak 60.000 ton/yıl belediye atığı oluşmakta olup bu atıklardan üretilebilecek yıllık enerji miktarı 1.800 MWh'dır.



Şekil 7.9 Sinop İlinde Belediye Atıkları [147]

Çizelge 7.42'de belirtilen Sinop ilinin toplam atık kaynaklı biyokütle potansiyeli 26.2 milyon ton ve bu atıktan üretilebilecek enerji miktarı ise 200.703 MWh'dır. Toplam atık potansiyelinin %60 tarımsal, %38 ormansal , %2 hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütledir.

Çizelge 7.42 Sinop İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE (MWh)
2012	27.2	210.387
2013	27.3	209.648
2014	26.4	197.221
2015	25.3	192.952
2016	25.0	193.306

Çizelge 7.43 Sinop İlinin Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	617.671	16.985.953	6.880	80.000
2013	613.969	16.884.148	6.840	79.500
2014	581.253	15.984.458	6.470	75.200
2015	535.335	14.721.713	5.960	69.300
2016	522.269	14.362.398	5.820	67.700

Çizelge 7.44 Sinop İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	354.526	9.749.465	3.950	45.900
2013	358.716	9.864.690	3.990	46.400
2014	362.906	9.979.915	4.040	47.000
2015	367.096	10.095.140	4.080	47.500
2016	371.286	10.210.365	4.140	48.100

Çizelge 7.45 Sinop İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	465.503	17.554.637	82.507
2013	459.601	17.397.382	81.768
2014	415.466	15.591.638	73.281
2015	421.673	15.832.405	74.412
2016	430.043	16.107.561	75.706

Çizelge 7.46 Sinop İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	66.000	198.000	1.980
2014	58.000	174.000	1.740
2016	60.000	180.000	1.800

## 7.10. Kastamonu İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Kastamonu ilinin toplam yüzölçümünün %59'unu ormanlık ve fundalık alan oluşturmakta olup, kış şartlarının zorlu geçmesi sebebiyle, arazi koşullarının engebeli olması, sulama imkânların yetersiliği, tarımsal üretimde verim ve çeşit yönünde düşüş meydana gelmektedir. İlin %13'lük kısmı tarımsal alandan oluşmakta olup %63'ü tarla bitkileri, %7'si meyve ve uzun ömürlü bitkiler, %3'ü sebze ürünleri, geriye kalan %27'lik alan verimsiz arazilerden oluşmaktadır [148]. Tarımsal atıklar değerlendirildiğinde ildeki toplam atık miktarı 35.2 milyon ton ve elde edilebilecek yıllık enerji miktarı 163.740 MWh 'dir. İlde enerji üretiminde değerlendirilebilecek diğer bir atık kaynaklı biyokütle ise ormansal atık olup bu atıklardan elde edilebilecek biyokütle miktarı 24.2 milyon tondur. Bu atıkların tamamı değerlendirildiğinde Kastamonu ilinin yıllık olarak 113.820 MWh enerji elde edilebilecek potansiyeli mevcuttur.

Kastamonu ili tarımsal ve ormansal atıklarla beraber hayvansal ve belediye atıklarında mevcuttur. il merkezinde günde Şekil 7.10 'da görüldüğü gibi 250 ton çöp toplanmaktadır. Toplanan bu çöpler kurulması planlanan tesiste 8 milyon kW'lik enerji üretmeyi planlamaktadır [149].



Şekil 7.10 Kastamonu İli Çöp Sahası [150]

Çizelge 7.47’de belirtildiği gibi Kastamonu iline ait atık kaynaklı toplam biyokütle potansiyeli 60.1 milyon ton olup bu potansiyelden üretilebilecek enerji miktarı ise 442.097’dir. Toplam atık kaynaklı biyokütlenin %58’i tarımsal, %40’ı ormansal, %2’si hayvansal ve belediye atık kaynaklıdır.

Çizelge 7.47 Kastamonu İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	60.9	451.249
2013	59.6	449.126
2014	60.3	435.291
2015	59.7	433.416
2016	60	441.401

Çizelge 7.48 Kastamonu İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	1.282.596	35.271.390	14.300	166.300
2013	1.240.525	34.114.438	13.800	160.500
2014	1.275.380	35.072.950	14.200	165.100
2015	1.257.476	34.580.590	14.000	162.800
2016	1.273.146	35.011.515	14.100	164.000

Çizelge 7.49 Kastamonu İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	889.817	24.469.968	9.910	115.200
2013	884.427	24.321.743	9.850	114.500
2014	879.039	24.173.573	9.790	113.800
2015	873.651	24.025.402	9.730	113.100
2016	868.263	23.877.232	9.670	112.500

Çizelge 7.50 Kastamonu İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	1.012.643	35.299.737	165.909
2013	1.038.359	36.231.133	170.286
2014	920.952	32.445.001	152.491
2015	921.538	32.684.356	153.616
2016	974.402	34.561.945	162.441

Çizelge 7.51 Kastamonu İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	128.000	384.000	3.840
2014	130.000	390.000	3.900
2016	82.000	246.000	2.460

### 7.11. Çorum İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Çorum ilinin toplam yüzölçümünün %42'lik kısmı tarımsal alandan oluşmakta olup, tarımsal alanın %68'i tarla bitkileri, %2'si sebzelik alan, %1.6'lık kısmı meyvelik alandır. Şekil 7.11'de görülen tarımsal atıkların 45-50 bin tonu Çorum ilinin Mecitözü ilçesinde kurulmuş olan santralde yakılıp yılda 35 milyon kilowattsaat enerji üretimi gerçekleştirilmektedir ve santralin kapasitesinin 100 MWh'e kadar çıkartılması hedeflenmektedir [151,152].



Şekil 7.11 Çorum İlindeki Biyokütle Santralinde Kullanılan Bitkisel Atık Kaynaklı Biyokütleden Bir Görünüm [153]

Çorum ilinde biyokütle olarak ormansal atıklar, hayvansal atıklar ve belediye atıklarında mevcuttur. Şekil 7.12'de görülen çöp yığınları belediyenin 71 hektarlık alana kurduğu, geri dönüşüm merkezi ve ambalaj atığı toplama merkezleri, kompost tesisi, malzeme ayrıştırma tesisi, sızıntı suyunu arıtma tesisi gibi dört ana kısım olacak şekilde yapılması planlanan tesiste yılda 60.000 ton atık kaynaklı biyokütle işlenecektir [154].

Tesiste ilk amaç çöp yığınlarını kontrol altına almak içindeki tehlikeli gazları yakarak ayrıştırmak, ayrıştırılan gazları yakma işlemi sonucunda elektrik enerjisine dönüştürerek il ve bölge için ekonomik katkı sağlamak olacaktır. Çorum ilinin toplam yıllık 68000 ton belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle bulunmaktadır ve elde edilebilecek enerji miktarı yıllık 5.000 MW'dir.



Şekil 7.12 Çorum İli Çöp Toplama Alanı [155]

TÜİK verilerine göre Çorum ilinde Şekil 7.52'de belirtilen toplam biyokütle atık potansiyeli 114.8 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 739.461 MWh'dır. Toplam atık potansiyelinin %88'i tarımsal, %11'i ormansal, %1'i hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütleden oluşmaktadır.

Çizelge 7.52 Çorum İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	114.5	734.154
2013	113.5	737.524
2014	115.6	742.284
2015	114.6	736.803
2016	115.7	746.538

Çizelge 7.53 Çorum İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	3.679.894	101.197.085	41.000	476.800
2013	3.639.970	100.099.175	40.500	471.000
2014	3.718.614	102.261.885	41.400	481.500
2015	3.682.651	101.272.903	41.000	476.800
2016	3.723.861	102.406.178	41.500	482.600

Çizelge 7.54 Çorum İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	441.420	12.139.050	4.920	57.200
2013	441.412	12.138.830	4.920	57.200
2014	441.403	12.138.583	4.920	57.200
2015	441.394	12.138.335	4.920	57.200
2016	441.385	12.138.088	4.920	57.200

Çizelge 7.55 Çorum İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	1.038.062	41.456.147	194.844
2013	1.090.189	43.407.238	204.014
2014	1.033.821	42.243.428	198.544
2015	1.026.489	42.077.337	197.763
2016	1.031.242	42.971.882	201.968

Çizelge 7.56 Çorum İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	177.000	531.000	5.310
2014	168.000	504.000	5.040
2016	159.000	477.000	4.770

## 7.12. Gümüşhane İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Gümüşhane ilinin toplama arazisi 657.500 hektar olup bu arazinin 113.685 hektarlık (% 17,29) alanında tarım yapılmakta, kalan 216.915 hektarlık(% 32,99) alanı çayır ve mera, 164.655 hektarı (% 25,04) orman ve fundalık, 162.245 hektarı (% 24,68)'da kullanılmayan tarıma elverişsiz alandır. Gümüşhane ili 9.805 hektarlık



ekim alanında 500 tonluk kuşburnu üretimi ile Türkiye'nin %52'lik tüketim ihtiyacını karşılamaktadır [156,157].

Gümüşhane ilinde yetiştirilen kuşburnunun yaklaşık olarak 269.637 ton atık kaynaklı biyokütle oluşmaktadır ve yılda 127 kWh elektrik enerjisi üretilebilecek potansiyel mevcuttur. İlde sadece tarımsal atık olmamakla beraber, ormansal, hayvansal, belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle mevcuttur.

Gümüşhane ilinde Çizelge 7.57'de belirtilen toplam atık kaynaklı biyokütle potansiyeli 19.4 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı 139.896 MWh'dır. Toplam atık kaynaklı biyokütlenin %65'i tarımsal ,%30'u ormansal , %5'i hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütledir.

Çizelge 7.57 Gümüşhane İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	19.1	141.121
2013	18.9	141.662
2014	19.4	137.227
2015	19.7	141.625
2016	19.8	137.846

Çizelge 7.58 Gümüşhane İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	499.258	13.729.595	5.560	64.700
2013	478.010	13.145.275	5.320	61.900
2014	478.653	13.162.958	5.330	62.000
2015	472.482	12.993.255	5.260	61.200
2016	455.208	12.518.220	5.070	59.000

Çizelge 7.59 Gümüşhane İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	182.297	5.013.168	2.030	23.600
2013	199.773	5.493.758	2.220	25.800
2014	217.249	5.974.348	2.420	28.100
2015	234.726	6.454.965	2.610	30.400
2016	252.202	6.935.555	2.810	32.700

Çizelge 7.60 Gümüşhane İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	311.133	11.027.768	51.831
2013	318.821	11.270.641	52.972
2014	274.467	9.803.631	46.077
2015	279.580	10.420.285	48.975
2016	270.549	9.531.092	44.796

Çizelge 7.61 Gümüşhane İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	33.000	99.000	990
2014	35.000	105.000	1.050
2016	45.000	135.000	1.350

### 7.13. Bartın İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Bartın merkez, ilçe ve beldelerden gelen çöpler İnkumu tepesi olarak isimlendirilen sahaya dökülmektedir. Şekil 7.13’de görüldüğü gibi dağ şeklinde çöp yığınlarının oluştuğu ve zaman zaman yangınların yaşandığı çöp döküm sahasındaki duman ve koku bölgedeki vatandaşlara zor anlar yaşatarak rahatsızlık meydana getirmektedir. İldeki toplam belediye ve evsel atık miktarı 18.000 ton katı atık Bartın ili Kaman Köyü sınırları içerisinde Katı Atık Bertaraf Tesisi kurulması düşünülen ve tahsisi yapılan 98 bin metrekare alan üzerine yapılacak olan Katı Atık Bertaraf Tesisinde atıkların değerlendirilmesi ile yılda 550 MWh enerji üretimi ile ilin hem çöp problemi çözülecek hemde yerel kaynaklı enerji üretim tesisi ilin ekonomisine katkıda bulunulacaktır.

Bartın ili toplam yüzölçümün %17’lik kısmı tarımsal alan, tarımsal alanın %78’i tarla bitkileri, %18’i meyve ve uzun ömürlü bitkiler, geriye kalan %4’lük kısım ise sebze ürünleri gelmektedir. Tarla ürünlerinden 240.000 ton ile mısır (silajlık) ilk sırada yer almaktadır, ancak meyve ve sebze miktarları ülke ve bölge geneline göre çok azdır [158]. Bartın ili tarla bitkilerinden en yoğun olarak yetiştirilen mısırdan yıllık elde edilebilecek biyokütle atık miktarı 137.143 tondur ve üretilebilecek enerji miktarı ise yıllık olarak 654 MWh’dir.



Şekil 7.13 Bartın İli Çöp Alanı [159]

Bartın ilinin TÜİK verilerine göre Çizelge 7.62’de belirtilen toplam biyokütle atık potansiyeli 16.4 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı 114.789 MWh’dır. Toplam atık potansiyelinin %77’si tarımsal , %12’si ormansal, kalan %1’lik kısım hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütleden oluşmaktadır.

Çizelge 7.62 Bartın İlinin Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	16.3	115.265
2013	16.5	116.904
2014	16.4	115.121
2015	15.1	109.143
2016	17.5	117.514

Çizelge 7.63 Bartın İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	471.753	12.973.208	5.250	61.100
2013	473.514	13.021.635	5.270	61.300
2014	462.886	12.729.365	5.150	59.900
2015	406.099	11.167.723	4.520	52.600
2016	411.047	13.303.793	5.380	62.600

Çizelge 7.64 Bartın İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	110.227	3.031.243	1.230	14.300
2013	118.630	3.262.325	1.320	15.400
2014	127.033	3.493.407	1.410	16.400
2015	135.437	3.724.518	1.510	17.600
2016	143.640	3.950.100	1.600	18.600

Çizelge 7.65 Bartın İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	224.703	8.373.313	39.355
2013	225.882	8.445.619	39.694
2014	215.434	8.125.808	38.191
2015	212.928	8.151.675	38.313
2016	200.191	7.617.694	35.804

Çizelge 7.66 Bartın İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	17.000	51.000	510
2014	21.000	63.000	630
2016	17.000	51.000	510

#### 7.14. Karabük İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Karabük ilinin 414.500 hektarlık toplam yüzölçümünün 93.020 hektarlık alanı tarım alanı, 285.164 hektarlık alanı ormanlık, 17.545 hektarlık alanı çayır-mera, geriye kalan 18.771 hektarlık alan yerleşke ve diğer alanlar olarak belirtilmektedir. Karabük ilinde arpa ve buğday ekimi diğer tarla bitkilerine oranla daha fazladır. Buğday ekim alanı 14.326 (ha) ve arpa ekim alanı ise 6.065 (ha)'dır [160]. Bu ürünlerden elde edilebilecek tarımsal atık kaynaklı biyokütle ise 560.753 ton'dur ve elde edilebilecek enerji miktarı yıllık 2.674 MWh'dir.

İlde tarımsal atıkla beraber ormansal, hayvansal, belediye ve evsel atıklarda bulunmaktadır. Karabük ilinde Şekil 7.14'de görüldüğü gibi belediye ve evsel atıklar için 10 hektarlık alana günlük yaklaşık olarak 100 ton evsel atığın düzenli depolanması sağlamak, çevre kirliliğini önlemek, metan gazını kontrol altına alarak patlama ve yangın riskini azaltmak amaçlanmaktadır [161].



Şekil 7.14 Karabük İli Çöp Sahası [162]

Karabük ilinin Çizelge 7.67’de gösterilen toplam atık kaynaklı biyokütle potansiyeli 15.7 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı 112.486 MWh’dır. Toplam atığın %49’u tarımsal , %49’u ormansal, %2’si hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütleden oluşmaktadır.

Çizelge 7.67 Karabük İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	16.1	111.872
2013	16.0	114.633
2014	15.7	112.107
2015	15.5	111.263
2016	15.3	112.557

Çizelge 7.68 Karabük İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	285.934	7.863.185	3.180	37.000
2013	286.844	7.888.210	3.190	37.100
2014	283.705	7.801.888	3.160	36.800
2015	278.023	7.645.633	3.100	36.100
2016	274.677	7.553.618	3.060	35.600

Çizelge 7.69 Karabük İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	288.721	7.939.828	3.220	37.400
2013	284.399	7.820.973	3.170	36.900
2014	280.077	7.702.118	3.120	36.300
2015	275.755	7.583.263	3.070	35.700
2016	271.433	7.464.408	3.020	35.100

Çizelge 7.70 Karabük İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	191.893	7.334.437	34.472
2013	208.568	8.007.005	37.633
2014	198.518	7.776.063	36.547
2015	195.390	7.872.974	37.003
2016	198.286	8.369.618	39.337

Çizelge 7.71 Karabük İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	100.000	300.000	3.000
2014	82.000	246.000	2.460
2016	84.000	252.000	2.520

### 7.15. Zonguldak İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Zonguldak ilinin toplam yüzölçümünün %16'sı tarımsal alan, tarımsal alanın %42'si tarla bitkileri,%47'si meyvelik alan, %5.5'i sebzelik alan geriye kalan alanda ise ekim yapılmamaktadır. Zonguldak ilinde tarla bitkisi olarak en fazla 55.563 ton ile mısır tarımı yapılmakta olup, meyve olarakda 30.932 ton ile fındık üretilmektedir [163]. Mısır ve fındık üretiminden 47.835 ton atık kaynaklı biyokütle elde edilmektedir ve bu atıktan üretilebilecek enerji miktarı ise yıllık 228 MWh'dir. Tarımsal atıkların yanı sıra ilde Oyka kâğıt fabrikasında üretim sırasında ortaya çıkan Şekil 7.15'de gösterilen 691.841 ton ağaç kabuk oluşan atıklar kurulmuş olan biyokütle santralinde değerlendirildiğinde 191 MWh kurulu güç ile il ve bölge ekonemisine önemli oranda katkı sağlayacağı belirtilmektedir [164].



Şekil 7.15 Zonguldak ilindeki kağıt fabrikasından atık hale gelen ağaç kabuğu kaynaklı biyokütleden bir görünüm [165]

Zonguldak'ta belediye atıklarından Şekil 7.16'da görüldüğü gibi katı atık düzenli depolama sahasında 3 bin hanenin elektrik ihtiyacını karşılayabilecek 2,4 MWh'lık elektrik üretme kapasitesine sahip tesis kurulmuştur [166].



Şekil 7.16 Zonguldak İlindeki Katı Atık Düzenleme Sahası [167]

Zonguldak ilinin TÜİK verilerine göre Çizelge 7.72’de belirtilen toplam atık potansiyeli 23.2 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 193.625 MWh’dır. Toplam atık kaynaklı biyokütlenin %70’i tarımsal, %27’si ormansal, kalan %3’ü hayvansal ve belediye atıklarından oluşmaktadır.

Çizelge 7.72 Zonguldak İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	24.4	202.554
2013	23.6	199.743
2014	23.1	186.076
2015	22.6	183.428
2016	22.4	196.324

Çizelge 7.73 Zonguldak İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	577.246	15.874.265	6.430	74.800
2013	550.169	15.129.648	6.130	71.300
2014	540.892	14.874.530	6.020	70.000
2015	528.320	14.528.800	5.880	68.400
2016	524.408	14.421.220	5.840	67.900

Çizelge 7.74 Zonguldak İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	229.018	6.297.995	2.550	29.700
2013	217.371	5.977.703	2.420	28.100
2014	205.723	5.657.383	2.290	26.600
2015	194.075	5.337.063	2.160	25.100
2016	182.427	5.016.743	2.030	23.600

Çizelge 7.75 Zonguldak İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	440.277	19.381.673	91.094
2013	442.357	19.868.657	93.383
2014	382.016	18.201.307	85.546
2015	383.231	18.297.380	85.998
2016	425.935	21.224.188	99.754



Çizelge 7.76 Zonguldak İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	232.000	696.000	6.960
2014	131.000	393.000	3.930
2016	169.000	507.000	5.070

### 7.16. Bolu İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Bolu ilinin toplam alanının %14'ü tarımsal alan, tarımsal alanın %80'ı tarla bitkileri,%3'ü meyvelik alan,%1'i sebzelik alan geriye kalan %16'lık alan ise ekim yapılamayan alanı oluşturmaktadır. Tarla bitkilerinden öncelikli olarak 164.778 ton üretim ile patates, 156.993 ton ile mısır, 129.276 ton ile buğday üretimi yapılmaktadır [168]. Bu tarımsal ürünlerden yaklaşık olarak elde edilebilecek tarımsal atık kaynaklı biyokütle 174.000 ton ve elde edilebilecek enerji miktarı ise yılda 830 MWh'dir.

Atık kaynaklı biyokütle olarak tarımsal atıklarla beraber hayvansal, ormansal, belediye ve evsel atıklarda bulunmaktadır. Bolu ilinde kurulması planlanan biyokütle sanralinde Şekil 7.17'de görüldüğü gibi tavuk atığı ve ormansal atık kaynaklı biyokütle kullanılarak 14.5 MWh'lık enerji üretilmesi planlanmakta, kötü koku ve çevresel kirliliği azaltmayı, enerji üretimi ile il ve bölge ekonomisine katkı sağlamayı planladıklarını belirtmektedirler [169].



Şekil 7.17 Bolu İlinde Tavuk Dışkısı Kaynaklı Biyokütleden Bir Görünüm [170]

Bolu ilinin Çizelge 7.77’de görüldüğü gibi toplam atık potansiyeli 43 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 540.375 MWh’dır. Toplam atık potansiyelin %63’ü tarımsal, %34’ü ormansal, %3’lük kısmı hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütledir.

Çizelge 7.77 Bolu İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	43.2	514.660
2013	42.9	517.504
2014	42.8	568.925
2015	42.9	534.258
2016	43.3	566.528

Çizelge 7.78 Bolu İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	1.011.378	27.812.895	11.300	131.400
2013	995.950	27.388.625	11.100	129.000
2014	978.154	26.899.235	10.900	126.800
2015	976.949	26.866.098	10.800	125.600
2016	982.469	27.017.898	11.000	127.900

Çizelge 7.79 Bolu İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	514.295	14.143.113	5.730	66.600
2013	520.131	14.303.603	5.790	67.300
2014	525.967	14.464.093	5.860	68.200
2015	531.802	14.624.555	5.920	68.800
2016	537.638	14.785.045	5.990	69.700

Çizelge 7.80 Bolu İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	1.156.533	66.710.705	313.540
2013	1.176.181	67.677.419	318.084
2014	1.329.714	78.811.727	370.415
2015	1.227.536	71.563.507	336.348
2016	1.307.851	77.735.735	365.358

Çizelge 7.81 Bolu İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	104.000	312.000	3.120
2014	117.000	351.000	3.510
2016	119.000	357.000	3.570

### 7.17. Düzce İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Düzce ilinin toplam alanın %31'i tarımsal alan, tarımsal alanın %82'si meyvelik, %15'i tarla bitkileri, %1'i sebzelik geriye kalan %2'lik kısım ise kullanılmayan tarımsal alandır. İldeki tarla bitkilerinden en yoğun yetişen 196.000 ton ile mısır, meyvelik alanda ise 74.350 ton ile fındık yer almaktadır [171]. Bu ürünlerden elde edilebilecek toplam biyokütle atık miktarı yaklaşık olarak yıllık 150.747 ton ve üretililecek enerji miktarı 719 MWh'dir. Tarımsal atıklar (fındık, çay çöpü, prinç kavuzu) ve Şekil 7.18'de görüldüğü gibi ormansal atıkların hammadde olarak kullanılarak enerji üretmek için biyokütle tesisi kurulmuştur. Tesiste yaklaşık olarak yılda 110.000 ton atık kaynaklı biyokütle yakılarak 12 MWe elektrik üretimi hedeflenmektedir [172].



Şekil 7.18 Düzce İlindeki Biyokütle Santarlinde Kullanmak Üzere Hazırlanmış Olan Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütleden Bir Görünüm [173]

Düzce ilinin TÜİK verilerine göre Çizelge 7.82’de belirtilen toplam biyokütle atık potansiyeli 20.1 milyon ton atık, üretilebilecek enerji miktarı ise 220.877 MWh’dır. Toplam atık kaynaklı biyokütlenin %84’ü tarımsal, %14 ‘ü ormansal, kalan %2’si hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütleden oluşmaktadır.

Çizelge 7.82 Düzce İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	24.0	228.916
2013	24.4	233.981
2014	24.6	217.761
2015	24.4	211.425
2016	24.5	212.302

Çizelge 7.83 Düzce İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	734.854	20.208.485	8.184	95.100
2013	749.041	20.598.628	8.342	96.900
2014	752.745	20.700.488	8.384	97.400
2015	747.400	20.553.500	8.324	96.700
2016	748.093	20.572.558	8.330	96.800

Çizelge 7.84 Düzce İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	116.073	3.192.008	1.290	15.000
2013	118.845	3.268.238	1.320	15.400
2014	121.617	3.344.468	1.350	15.700
2015	124.390	3.420.725	1.390	16.200
2016	127.162	3.496.955	1.420	16.500

Çizelge 7.85 Düzce İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	463.614	24.450.178	114.916
2013	460.674	25.059.682	117.781
2014	400.804	21.489.560	101.001
2015	376.008	20.184.083	94.865
2016	367.643	19.685.455	95.522

Çizelge 7.86 Düzce İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	130.000	390.000	3.900
2014	122.000	366.000	3.660
2016	116.000	348.000	3.480

### 7.18. Giresun İli Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Giresun ilinin toplam yüzölçümünün %23'nü tarımsal alan, tarımsal alanın %76'sı meyvelik alan, %14'ü tarla bitkileri, %2'si sebzelik alan geriye kalan %4'lük alan ise kullanılmayan tarımsal alan oluşturmaktadır. Meyvelik alanda yoğun olarak yetiştirilen ürünler 93.339 ton ile fındık ve 29.722 ton ile çay oluşturmaktadır [174]. Bu belirtilmiş olan meyvelerden oluşabilecek Şekil 7.19'da görülen fındık ve çay atık kaynaklı biyokütle yıllık 49.309 ton ve üretilebilecek enerji miktarı ise 235 MWh'dir. Giresun ilinde tarımsal atıkların yanı sıra ormansal, hayvansal, belediye ve evsel atıklarda mevcuttur.



Şekil 7.19 Giresun ilinde oluşan fındık atıkları kaynaklı biyokütleden bir görünüm [175]

Giresun ilinin Çizelge 7.87'de belirtilen toplam biyokütle atık potansiyeli 11.7 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 120.700 MWh'dır. Toplam atığın % 60'ı ormansal, %36'sı tarımsal, %4'ü hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütledir.

Çizelge 7.87 Giresun İli Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	11.7	119.289
2013	11.6	119.629
2014	11.6	120.091
2015	11.7	122.576
2016	11.7	121.915

Çizelge 7.88 Giresun İli Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	154.878	4.259.145	1.729	20.100
2013	151.141	4.156.377	1.683	19.600
2014	147.972	4.069.230	1.648	19.200
2015	151.591	4.168.752	1.688	19.600
2016	145.956	4.013.790	1.625	18.900

Çizelge 7.89 Giresun İli Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	253.445	6.969.738	2.820	32.800
2013	253.450	6.969.875	2.820	32.800
2014	258.140	7.098.850	2.880	33.500
2015	258.145	7.098.988	2.880	33.500
2016	258.150	7.099.125	2.880	33.500

Çizelge 7.90 Giresun İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	365.715	13.391.377	62.939
2013	369.768	13.570.023	63.779
2014	366.959	13.617.303	64.001
2015	376.548	14.060.872	66.086
2016	371.147	13.947.968	65.555

Çizelge 7.91 Giresun İli Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	115.000	345.000	3.450
2014	113.000	339.000	3.390
2016	132.000	396.000	3.960

Şekil 7.20’de görüldüğü gibi Karadeniz Bölgesi’deki illerin 5 yıllık ortalama tarım atık kaynaklı biyokütle olarak Samsun 101.6 milyon ton atık ile birinci sırada, 101.4 milyon ton atık ile Çorum ili ikinci sırada, Tokat ili ise yaklaşık olarak 76 milyon ton atık ile üçüncü sırada, 41 milyon ton atık ile Giresun ili son sıradadır.

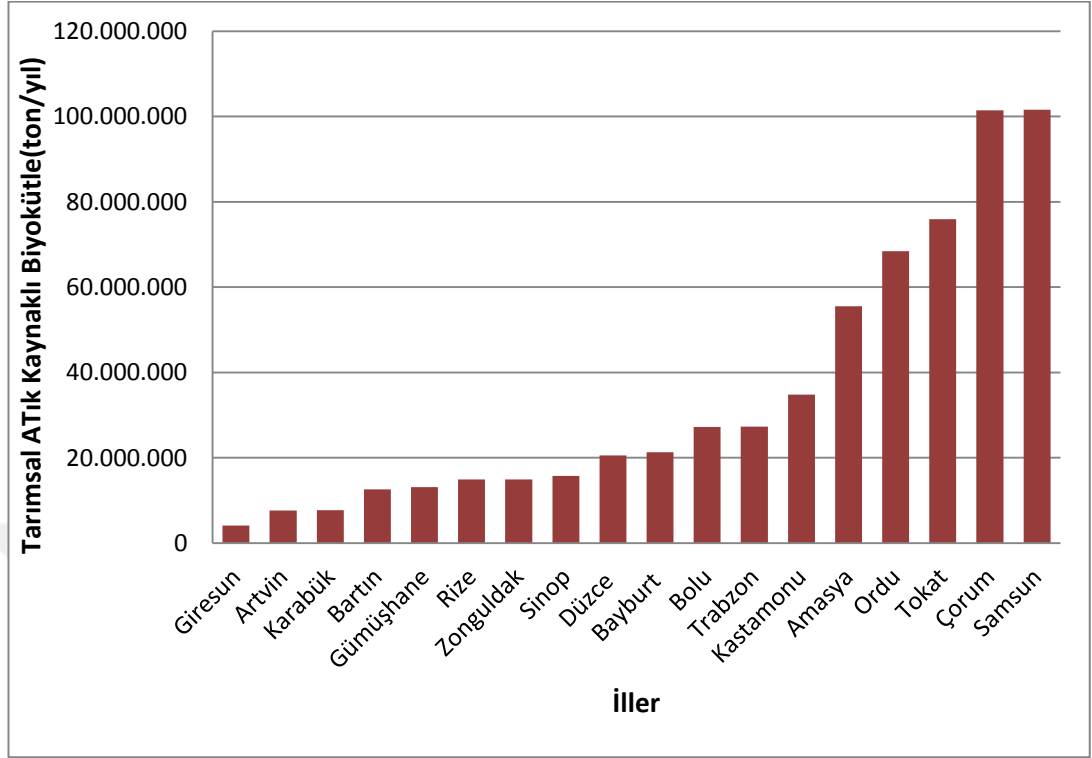
Şekil 7.21’de Bölgedeki illerin 5 yıllık ortalama orman atık kaynaklı biyokütle olarak Kastamonu ili 24.2 milyon ton atık ile birinci sırada, 14.5 milyon ton atık ile Bolu ili ikinci sırada, Tokat ili ise yaklaşık olarak 12.6 milyon ton atık ile üçüncü sırada, 0.6 milyon ton atık kaynaklı biyokütle ile Bayburt ili son sıradadır.

Karadeniz Bölgesi’deki illerin Şekil 7.22’de görüldüğü gibi 5 yıllık ortalama hayvansal atık kaynaklı biyokütle miktarında Samsun ili yaklaşık olarak 1.4 milyon ton atık ile ilk sırada, 1.2 milyon ton atık miktarı ile Bolu ili ikinci sırada, 1.1 milyon ton atık ile Tokat ili üçüncü sırada, Rize ili ise 0.1 milyon ton atık ile son sırada yer almaktadır.

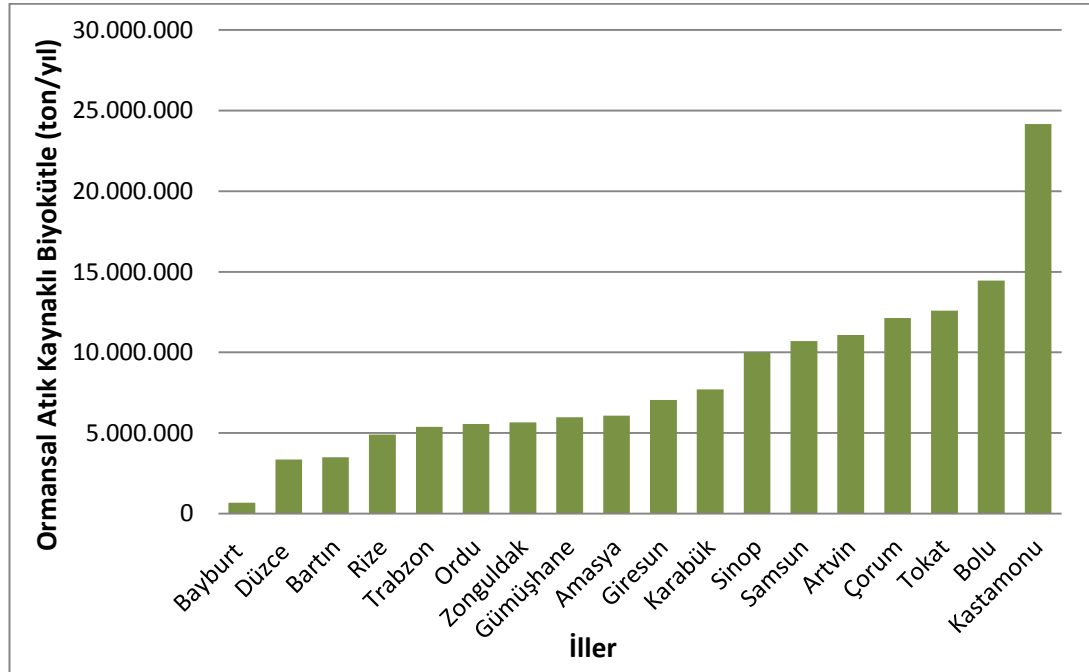
Şekil 7.23’e bakıldığında Bölgedeki illerde belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle miktarında 5 yıllık ortalamaya göre yaklaşık olarak 0.4 milyon ton atık ile Samsun ili birinci sırada, Trabzon ili 0.19 milyon ton atık ile ikinci sırada, Ordu ili ise 0.18 milyon ton atık ile üçüncü sırada, son sırada 0.018 milyon ton atık ile Bayburt ili yer almaktadır.

Şekil 7.24’de Karadeniz bölgesinde potansiyel olarak ortalama en fazla atık miktarına sahip olan il 114.8 milyon ton toplam atık miktarı ile Çorum ili birinci sırada, 114.1 milyon ton atık miktarı ile Samsun ili ikinci sırada, 89.8 milyon ton atık miktarı ile Tokat ili üçüncü sırada, 11.6 milyon ton ile Giresun ili son sırada bulunan ve en az atık miktarına sahip olan ildir.

Şekil 7.25’de Karadeniz Bölgesi’nde atık kaynaklı biyokütleden üretilebilecek toplam elektrik enerjisi miktarına göre 792.697 MWh’lık enerji ile Samsun ili birinci sırada, 739.461 MWh’lık enerji ile Çorum ili ikinci sırada, 608.506 MWh’lık enerji ile Tokat ili üçüncü sırada, 112.486 MWh’lık enerji ile Karabük ili son sırada bulunmaktadır.

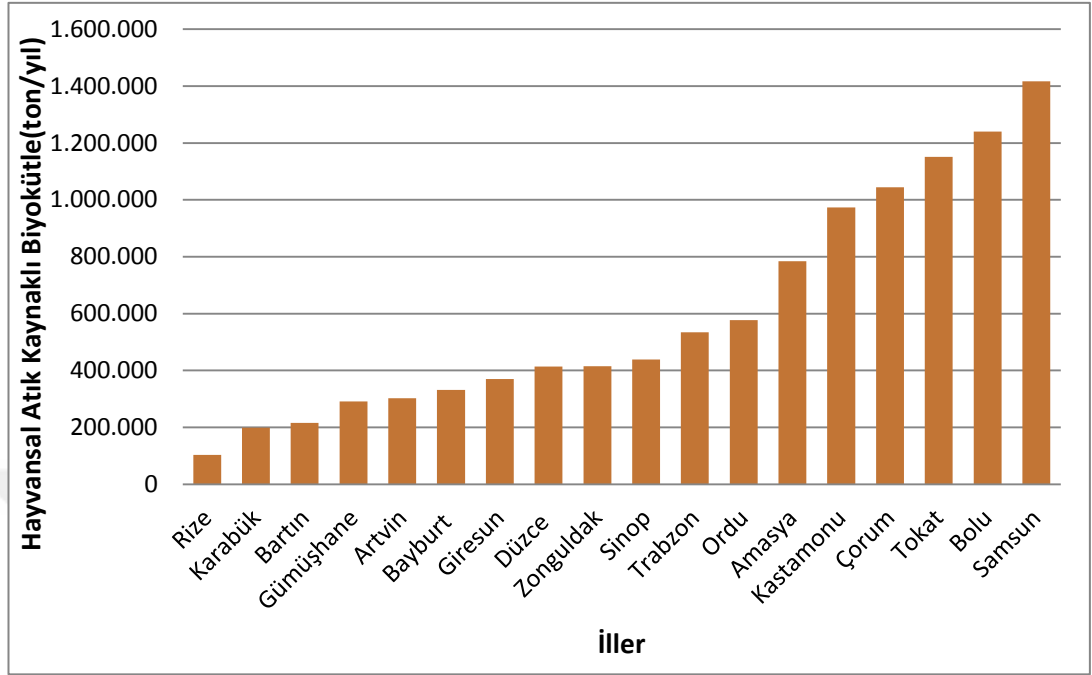


Şekil 7.20 2012-2016 Yılları Arasında Karadeniz Bölgesi İller Bazındaki Ortalama Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları (Ton/Yıl)

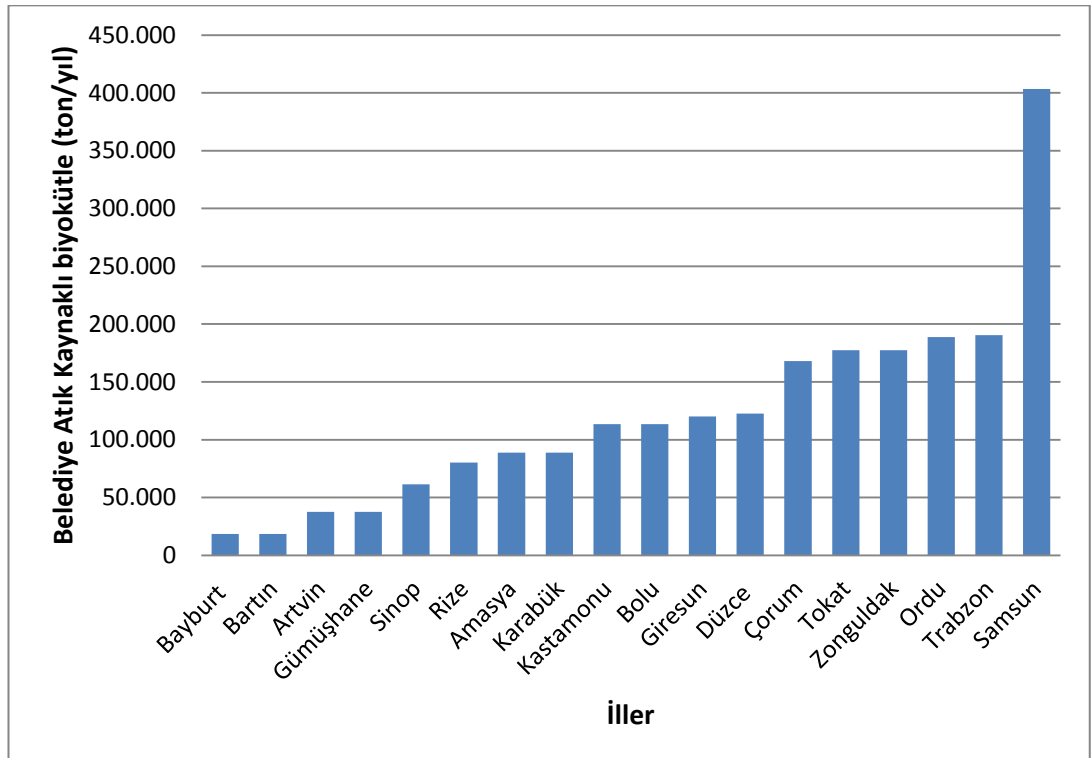


Şekil 7.21 Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerin 2012-2016 Yılları Arasındaki Toplam Ortalama Ormansal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları (Ton/Yıl)

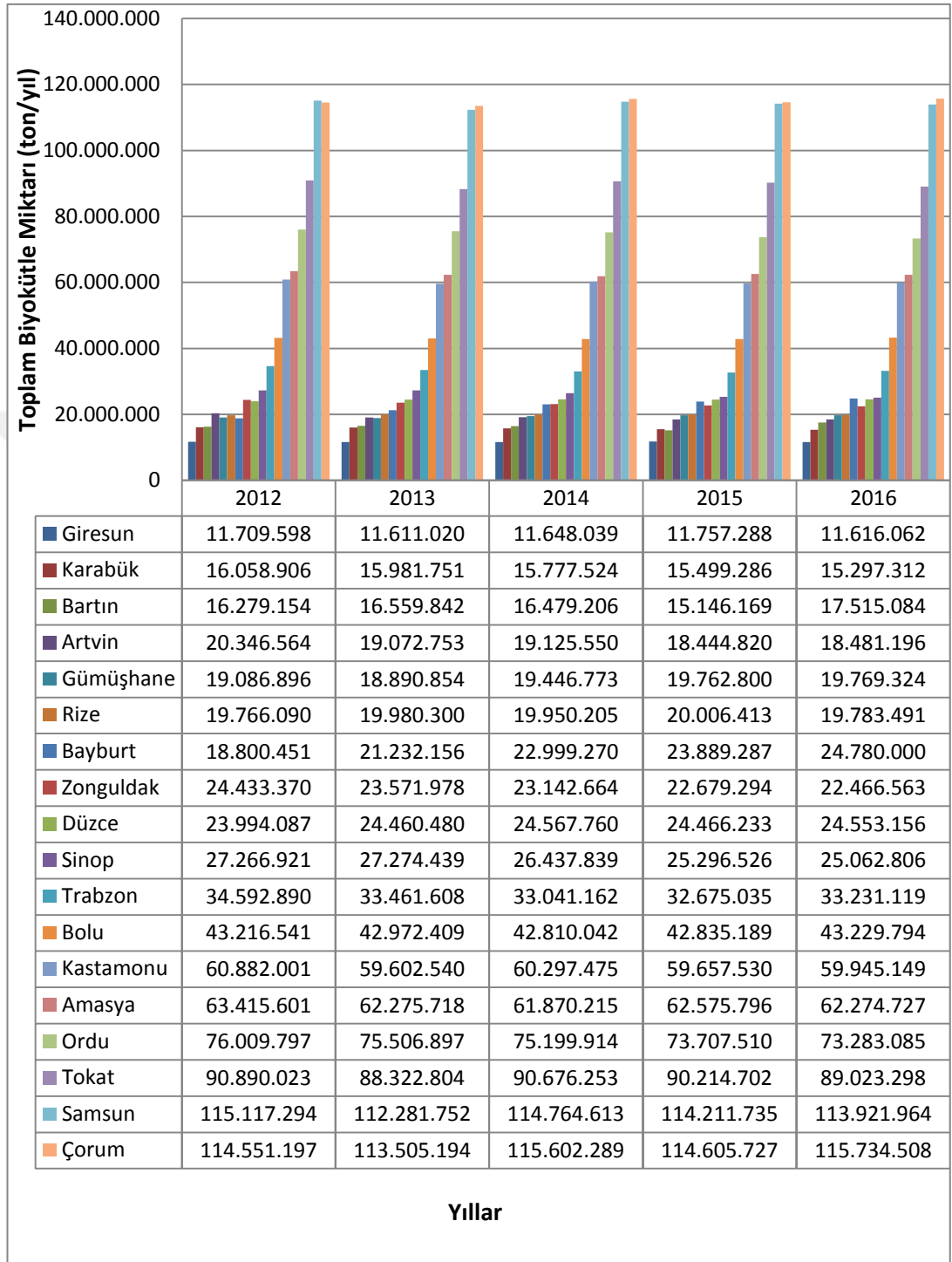




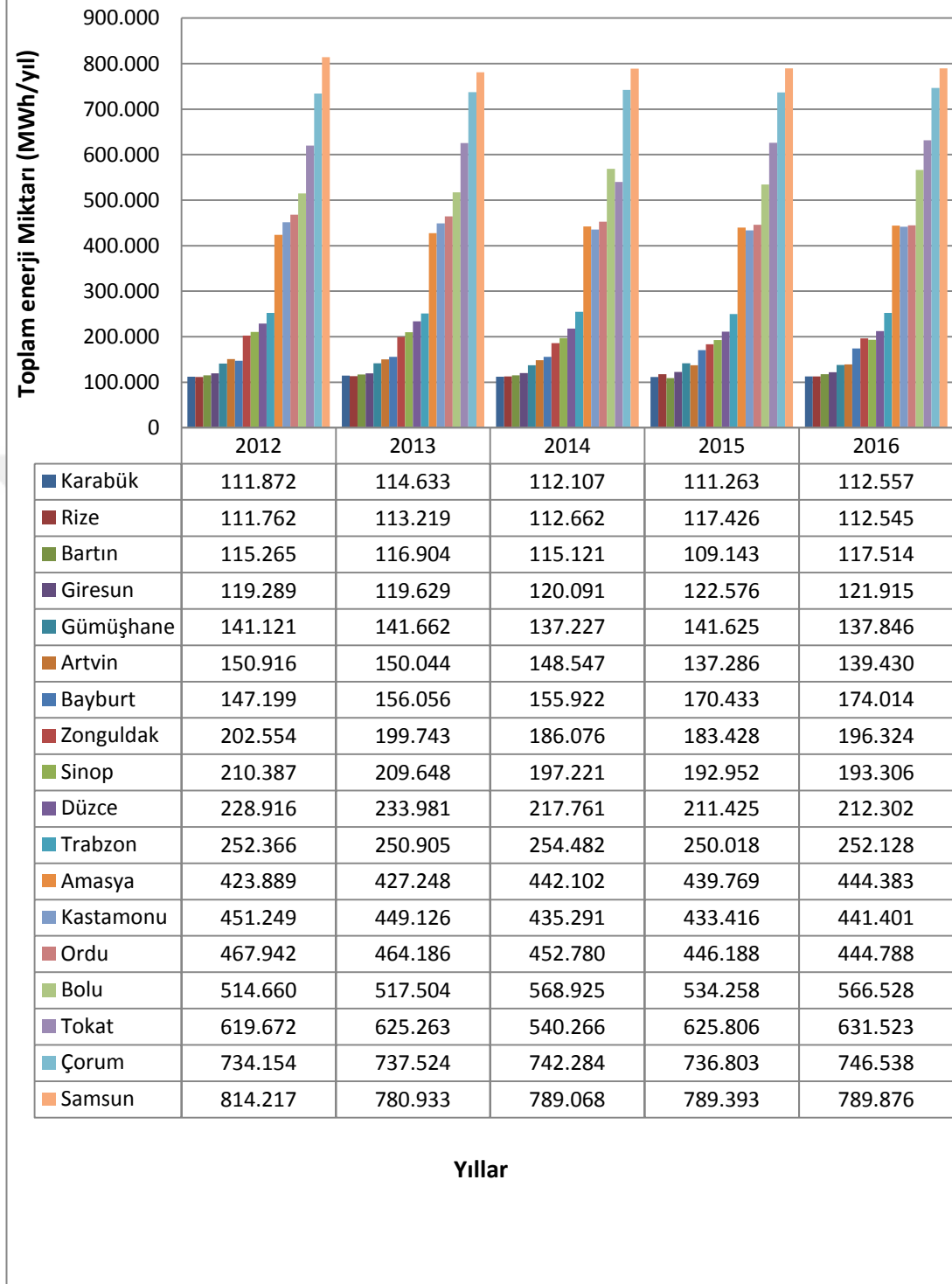
Şekil 7.22 Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerin 2012-2016 Yılları Arasındaki Ortalama Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları (Ton/Yıl)



Şekil 7.23 Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerin 2012-2014-2016 Yılları Arasındaki Ortalama Belediye ve Evsel Atık Kaynaklı Biyokütle Miktarları (Ton/Yıl)

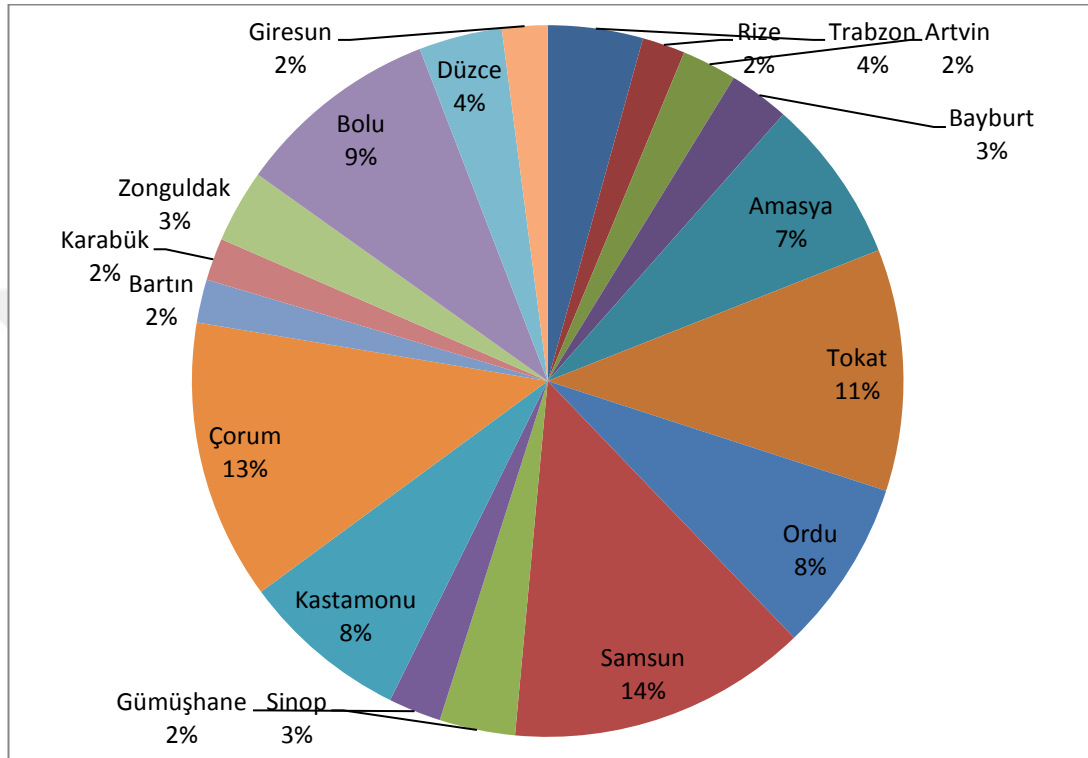


Şekil 7.24 Karadeniz Bölgesi’ndeki İllerden Elde Edilebilecek Atık Kaynaklı Toplam Biyokütle Miktarları (Ton)



Şekil 7.25 Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerden Elde Edilebilecek Atık Kaynaklı Toplam Toplam Enerji Miktarları (Mwh)

Hayvansal atık kaynaklı biyoküttele kümes hayvanı atıklarının enerji eşdeğeri büyükbaş, küçükbaş hayvanlardan ve diğer hayvan atıklarının enerji miktarından daha fazla olması bölgedeki illerde atık miktarından üretilebilecek enerji miktarı sıralamasında değişkenlik göstermektedir.



Şekil 7.26 Karadeniz Bölgesi'ndeki atık kaynaklı biyokütle miktarlarının iller bazında dağılımları

Şekil 7.26'da görüldüğü gibi bölgede biyokütle potansiyeli olarak Samsun ili % 14'lük oranla birinci sırada, Çorum ili %13'lük oranla ikinci sırada, Tokat ili %11'lik oranla üçüncü sırada, Karabük ili % 2'lik oranla son sırada yer almaktadır.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'nin tarım ve hayvancılık faaliyetleri, orman varlıkları ve tarıma elverişli topraklar dikkate alındığında biyokütle potansiyeli önemli bir değerde olup bu potansiyelin enerji üretiminde değerlendirilmesi ile 320 PJ/yıl enerji elde edilmesi mümkündür. Nüfusunun yaklaşık %35'lik kısmı tarımsal faaliyetlerle ilgilenmekte olan Türkiye'nin %55,6'sı ekilebilir alanlardan oluşmakta ve bu alanın %15'ini de ormanlar kaplamakta ve ormansal atıklar enerji üretiminde değerlendirildiğinde 35,7 milyon GJ'luk enerji elde edilmesi mümkündür.

Dünyada ve özellikle Avrupa Birliği ülkelerinin enerji alanına yönelik modern biyokütle teknolojisini geliştirerek devam ettirmesi sonucu 2020 yılında ulaştırma sektöründe taşıtlarda kullanılmak üzere yakıtın %10'unu biyokütleden karşılanması hedeflenmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde 2010 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içindeki toplam payı %33 olup, 2020 yılında %50 olacağı tahmin edilmektedir.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli oldukça yüksek olup, bunlar içinde en yüksek potansiyele sahip enerji kaynağı Güneş ve biyokütledir. Günümüzde yenilenebilir enerji tüketiminin yaklaşık %70'i biyokütleden karşılanmaktadır. Türkiye'de, coğrafik yapı ve toprakların biyokütle üretimi açısından uygun koşullara sahip olması, halkın yoğun olarak tarımsal faaliyetlerle meşgul olması ve öncelikli tarımsal bölgeler olmak üzere enerji ihtiyacından dolayı biyokütle enerjisi ile ilgili taleplerin artması, biyokütle enerjisini de önemli hale getirmektedir. Enerji'de dışa bağımlılığı azaltmak için ülkemizde potansiyeli yüksek olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması oldukça önemli olup özellikle Karadeniz Bölgesi için biyokütle iyi bir alternatif kaynaktır.

Karadeniz Bölgesi'ndeki iller baz alınıp 2012-2016 yılları arasındaki beş yıllık biyokütle potansiyelleri göz önünde bulundurularak elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Karadeniz bölgesinde çok farklı atık kaynaklı biyokütle çeşidi olmakla birlikte genel olarak tarımsal atık kaynaklı biyokütle, ormansal atık kaynaklı biyokütle, hayvansal atık kaynaklı biyokütle ve evsel atık kaynaklı biyokütle olmak üzere dört çeşit biyokütle çeşidi bulunmaktadır.

- Bölgenin biyokütle potansiyelleri klasik biyokütle enerji kaynakları(tezek, odun) ve modern biyokütle enerji kaynakları(çöpgaz, biogaz, biyodizel, biyoetanol) olmak üzere iki farklı şekilde enerji dönüşüm sistemlerinde değerlendirilerek ve enerjije dönüştürülerek bölgenin ekonomisine katkı sağlanmaktadır.
- Karadeniz bölgesinin illeri baz alındığında tarımsal biyokütlerde Samsun ve Çorum illeri yaklaşık 101.5 milyon tonluk biyokütle potansiyelleri ile bölgenin en yüksek atık kaynaklı biyokütle miktarlarına sahiptirler.
- Bölgedeki illere göre ormansal kaynaklı biyokütle atık miktarında 24,2 milyon ton ile Kastamonu ili ilk sırada bulunurken 0,67 milyon ton ile Bayburt ili en son sırada yer almaktadır.
- Hayvansal kaynaklı biyokütle potansiyeli bakımından Karadeniz bölgesinin illeri arasında Samsun ili yaklaşık olarak 1,4 milyon ton ile birinci sırada, Bolu il 1,24 milyon ton ile ikinci sırada ve Tokat ili 1,15 milyon ton ile üçüncü sırada yer almaktadır.
- Bölgenin illeri içerisinde evsel atık kaynaklı biyokütle miktarında Samsun ili 0,4 milyon ton ile ilk sırada yer alırken Trabzon ve Ordu illeri yaklaşık 0,19 milyon ton ile ikinci sırada ve Bayburt ili 0,02 milyon ton ile son sırada bulunmaktadır.
- Atık kaynaklı biyokütle potansiyellerinin enerji içerikleri farklılık arz ettiğinden dolayı toplam atık miktarlarının enerji içeriği bakımından Samsun ili bölgenin illeri arasında 792.697 MWh ile birinci iken Çorum ili 739.461 MWh ile ikinci sırada ve 608.506 MWh ile Tokat ili üçüncü sırada bulunmaktadır.
- 114.1 milyon ton atık kaynaklı toplam biyokütle potansiyeli ile ilk sırada bulunan Samsun ilinin yıllık enerji tüketim miktarı yaklaşık olarak 793 GWh olup bu potansiyelin enerji üretiminde değerlendirilmesi ile de ilin ekonomisine yapacağı katkı Ocak 2019 enerji birim fiyatlarına göre 326 milyon TL olup toplam elektrik enerjisi tüketiminin % 26 'lık kısmına karşılık gelmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde potansiyel olarak üretilebilecek biyokütle enerjisinin yaklaşık olarak %14'lük kısmını, Karadeniz Bölgesi'nde tüketilen toplam enerjinin %4.2'lik kısmını biyokütle ile karşılayabileceği yapılan hesaplamalar ile elde edilmiştir.
- Karadeniz Bölgesi beş yıllık ortalama tarımsal atık kaynaklı biyokütle miktarı 624.659.343 ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 2.943 GWh'dir, ormansal atık kaynaklı biyokütle miktarı ise 144.673.012 ton, üretilebilecek enerji miktarı 682

- GWh'dir, hayvansal atık kaynaklı biyokütle miktarı 11.402.298 ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 2.200 GWh'dir ve belediye atık kaynaklı biyokütle miktarı ise 2.286.333 ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 70 GWh'dir. Bölgede toplam atık miktarının beş yıllık ortalaması ise 783 milyon ton, üretilebilecek enerji miktarı ise 5.894 GWh'dir.
- Karadeniz Bölgesi'nin biyokütle kaynaklı enerji miktarının bölge ekonomisine katkısı yaklaşık olarak 2.4 milyar TL olup bu değer Karadeniz bölgesinde tüketilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık olarak % 33 'lük kısmına ve
- Türkiye'ninde tüketilen enerjinin yaklaşık olarak % 2.5' lik kısmına denk gelmektedir. Netice olarak Türkiye atık kaynaklı biyokütle bakımından oldukça zengin olup bu potansiyelin artırılması ve enerji üretiminde değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Türkiye'nin özellikle Karadeniz Bölgesi'nin ormansal atık kaynaklı biyokütle potansiyeli yerel ve yenilenebilir enerji üretimi için önem arz etmektedir. Biyokütle gibi yerel kaynaklarda enerji elde etmenin enerji bakımından dışa bağımlı olan Türkiye gibi ülkeler için önemli miktarda katkı sağlayacağı yapılan çalışmada elde edilen sonuçlardan anlaşılmaktadır.
- Enerji açığımızı gidermek için enerji ormancılığı ve enerji tarımına geçilmesi, bunlardan ve atıklardan biyoyakıt eldesinin geliştirilmesi, gübreler, atıklar ve çöplerin modern biyokütle üretim yöntemleri ve enerji dönüşüm teknolojilerini kullanılmasına dair destek ve teşviklerin artırılması gerekmektedir.

## 9.KAYNAKLAR

- [1] Tuğrul, B., 2008: Enerji Ekonomisi ve Politikaları Bahar Yarıyılı Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü.
- [2] Karaosmanoğlu, F., 2006: Biyoyakıt teknolojisi ve GTÜ araştırmaları, ENKÜS 2006- GTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi, İstanbul, 22-23 Haziran, s. 110-125.
- [3] “Enerji ve Tabii Kaynaklar Kamu Araştırma Programı”, APK Kurulu Başkanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Mayıs, 2005.
- [4] Acaroğlu, M., Biyokütle Enerjisinin Global Potansiyeli, Biyoenerji Politikaları, Avrupa Birliği ve Türkiye, I. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Denizli, Mayıs, 2003.
- [5] Külcü N, 1985. Alternatif enerji kaynağı olarak biyogaz. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1: 126-135.)
- [6] Anonim, 2014a. Renewable energy policy network for the 21st century. <http://www.ren21.net>. (Erişim tarihi: 10 Ocak,2017).
- [7] Türkyılmaz O, Özgiresun C, 2012. Türkiye'nin enerji görünümü.<http://www.mmo.org.tr>. (Erişim tarihi: 11 Ocak, 2017).
- [8] Saraçoğlu N, 2008. Biyokütleden enerji üretiminde enerji ormancılığının önemi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES'2008 Bildiri Kitabı, 17-19 Aralık 2008, İstanbul ).
- [9] Ültanır MÖ, 1996. 21. Yüzyılın eşğinde güneş enerjisi, Bilim ve Teknik, 340: 50-55.
- [10] Ültanır MÖ, 1998. 21. Yüzyıla girerken Türkiye'nin enerji stratejisinin değerlendirilmesi, TÜSİAD, yayın no: TÜSİAD-T/98-12/239, İstanbul.]
- [11] Anonim, 2013a. International Energy Agency. World Energy, [www.iea.org](http://www.iea.org). (Erişim tarihi: 20 Ocak, 2017).
- [12] Topal, M., Arslan Topal, E.I., 2012. Ürün Bitkilerinden Yenilenebilir Enerji Kaynağı Biyokütle Enerjisi potansiyelinin Belirlenmesi: Afyonkarahisar ili Örneği (2006-2010). Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 12 (2012) 025401 (1-11).
- [13] Erel, F.P., Erbay, E.R.,2014. Biyodizel Üretiminde Ters Lojistik Uygulamaları. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, Samsun.



- [14] Shepherd W, Shepherd DW, 1998. Energy studies. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore. <http://dx.doi.org/10.1142/p034>, (Erişim tarihi: 10.03.2018).
- [15] Koçer,Ü;Nacar, A., 2007. “Doğu Anadolu Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi,” Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ. 175-181.
- [16] Ergüneş G, 2009. Tarım Makinaları. Nobel Yayınları, Ankara. S:544
- [17] Ünal, H. ve Alibaş, K., 2002. Biyokütle Enerji Kaynağı Olarak Ayrıcağı Sapaının Yakılması ve Baca Gazı Emisyonlarının Belirlenmesi, Uludağ Üniv., Zir.Fak.Derg., 16 (2), S:113-128.
- [18] Üçgöl,İ.,Akgöl,G., 2010.Biyokütle teknolojisi, Yekarum dergi, 1(1), 2010, 3-11 / Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi
- [19] Anonim 2011a. “Youth for Habitat Türkiye, Sürdürülebilir Enerji Eğitimi Kitapları”,BiyokütleEnerjisi,<http://www.habitaticingenclik.org.tr/dl/yayinlar/enerji/BiyoKutle.pdf> (E.T: 17.03.2017)
- [20] United States Department of Agriculture-USDA. (2007). “Rural Development” [KırsalKalkınma]. 2007 Farm Bill Theme Papers, pp. 1-4, [http://www.usda.gov/documents/Farbill07\\_rural\\_developmentsum.pdf](http://www.usda.gov/documents/Farbill07_rural_developmentsum.pdf). Erişim Tarihi: 20 Mart 2017
- [21] Plieninger, T. Bens, O. and Hüttl, R.F. (2006). “Perspectives of Bioenergy for Agriculture and Rural Areas”. Outlook on Agriculture, 2(35), 123-127.
- [22] Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. (2011). “Kırsal Kalkınma Planı (2010-2013)”. Ankara. S: 155
- [23] Steininger, K. and Höltinger, S.23 (2010). Assessment of the Regional Biomass Potential for the Region East Styria. Human Dimensions of Global Change Programme, Austria: University of Graz.
- [24] Kuş, E., Yıldırım,Y., Kuş,Ç,A., Demir,B.,2016. Iğdır İli Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Eşdeğeri Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 6(1): 65-73.
- [25] Kurt, G., Koçer,N,N.,2010. Malatya ilinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi Erciyes Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Fırat Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 6(1): 65-73.
- [26] Demir,B., Kuş , Z, A., İrik ,H, A., Çetin ,N.,,2015.Mersin İli Tarımsal Biyokütle Enerji Eşdeğer Potansiyeli.Alınteri 29 (B) – 2015 12-18 ISSN:1307-3311 / Erciyes Univ. J. Inst. Sci. & Tech.

- [27] Koçar,G., Eryaşar , A., Ersöz,Ö., Arıcı,Ş.,Bayrakçı,G,A.,2015. Biyokütle enerjisine sektörel yaklaşım: İzmir örneği Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 78-85/ Ege Üniversitesi,Güneş Enerjisi Enstitüsü
- [28] Çağal,F,E . Biyokütle enerjisi potansiyelinin Türkiye açısından değerlendirilmesi, İstanbul Teknik üniversty Turkey, 2009.
- [29] Karayılmazlar,S.,Saraçoğlu,N.,Çubuk,Y.,Kurt,R.,2011. Biyokütlenin Türkiye’de enerji üretimindedeğerlendirilmesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2011, Cilt: 13, Sayı: 19, 63-75 / Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi
- [30] Akınerdem,F., 2010. Biyoyakıtların Türkiye açısından önemi ve tarım ve enerji sektörüne etkisi, Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştay, Mayıs 28-29 , Samsun.
- [31] Kapluhan ,E.,2014. Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki Ve Türkiye’deki Kullanım Durumu, Marmara coğrafya dergisi Sayı: 30, Temmuz - 2014, S.97-125 İstanbul.
- [32] Cengiz Karaca H. Hüseyin Öztürk2 Kamil Ekinci, Aydın İlinde Bitkisel Kökenli tarımsal Biyokütle Potansiyeli Ve Enerji Üretimi Amacıyla Değerlendirilmesi
- [33] Cengiz KARACA, Hasan Hüseyin ÖZTÜRK, Biogas Production Potential from Animal Manure in Osmaniye Province, International Advanced Researches & Engineering Congress-2017, Osmaniye/TURKEY 16-18 November 2017 , <http://iarec.osmaniye.edu.tr/>
- [34] ABS Energy Research, 2004. Biomass Report : Direct and Indirect Use, ABSEnergyResearch,<<http://www.absenergyresearch.com/cmsfiles/reports/Biomass-Report-Ed-3-2009.pdf> Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2017
- [35] Sürmen, Y., 2003. The Necessity of Biomass Energy for the Turkish Economy,Energy Sources, 25, S:83-92.
- [36] Borowski, G., 2007. The possibility of utilizing coal briquettes with a biomass, Environment Protection Engineering, 33(2), 79–86.
- [37] Demirbaş, A. and Demirbaş, M. F., 2003. Biomass and wastes: Upgrading alternative fuels, Energy Sources Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 25(4), 317–329
- [38] Wilaipon, P., 2007. Physical characteristics of maize cob briquette under moderate die pressure, American Journal of Applied Sciences, 4(12),995–998.
- [39] Suarez, J. A., Beaton, P. A., Luengo, C. A., and Felfli, F. F., 2003. Coffee husk briquettes: A renewable energy source, Energy Sources Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 25(10), 961–967.. .

- [40] Lu, G., Kim, H., Yuan, J., Naruse, I., Ohtake, K., & Kamide, M., 1998. Experimental study on self-desulfurization characteristics of biobriquette in combustion, *Energy & Fuels*, 12(4), 689–696.
- [41] Sürmen, Y. & Demirbaş, A., 2003. Cofiring of biomass and lignite blends: Resource facilities; technological and environmental issues, *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization, Environmental Effects*, 25(3), 175–187.
- [42] Demirbaş, A. 2004. The importance of biomass, *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 26(4), 361–366.
- [43] Kaliyan, N., & Morey, R. V., 2009. Factors affecting strength and durability of densified biomass products, *Biomass and Bioenergy*, 33(3), 337–359.
- [44] Taulbee, D., Patil, D. P., Honaker, R. Q., & Parekh, B. K., 2009. Briquetting of coal fines and sawdust. Part I: Binder and briquetting parameters evaluations, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 29(1), 1–22.
- [45] Nacar, Koçer, N., ve Ünlü, A., 2007. “Doğu Anadolu Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi,” *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ
- [46] Klass, D.L., 1998: *Biomass For Renewable Energy, Fuels And Chemicals*, Academic Press, London, Bölüm 5-9, 12
- [47] Çanka Kılıç, F., 2011. Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri, *Mühendis ve Makina* 52, s.94-106.
- [48] [http://www.soylenasil.com/bilim/kati\\_atikpr.htm](http://www.soylenasil.com/bilim/kati_atikpr.htm), Erişim Tarihi: 10 Haziran 2017
- [49] I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 2007: *Bildiri Kitabı*, İstanbul, 11-13 Nisan, s. 487-489
- [50] [http://www.elektrikport.com/makale-detay/yesilden-gelen\\_enerjibiyokutle2.Bolum/8571?#ad-image-0](http://www.elektrikport.com/makale-detay/yesilden-gelen_enerjibiyokutle2.Bolum/8571?#ad-image-0) Alındığı tarih 25.07.2017.
- [51] <[www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)>, alındığı tarih 25.09.2017
- [52] <http://www.habitaticingenclik.org.tr/dl/yayinlar/enerji/BiyoKutle.pdf> (ET.20.01.2018)
- [53] *Biyokütle Enerjisi*, Şubat, 2007, <http://www.fizik.biz/alternatif-enerji/6.-biyokutle-enerjisi-2.html>.(ET.20.02.2018)
- [54] Bay,B., 2005: *Çeşitli Bitkisel Atıkların Karbonizasyonu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, S: 26

- [55] Türe, S., 2001: Biyokütle Enerjisi, Temiz Enerji Vakfı, Ankara,s. 1-5.
- [56] Ar, F.F., Biyoyakıtlar Tehdit mi-Fırsat mı?, Mühendis ve Makina, 49: 3-9, 2008
- [57] Çengelci, E., Bayrakçeken, H., and Aksoy, F., „Hayvansal ve Bitkisel Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Dizel Yakıtı ile Karşılaştırılması Animal and Vegetable Oils Obtained Comparison of biodiesel with diesel fuel“, vol. 2011, no. 1, pp. 41–53, 2011
- [58] Scott, S. A, Davey, M. P., Dennis, J. S., Horst, I., Howe, C. J., Lea-Smith, D. J., and Smith, A. G., „Biodisel from algae: challenges and prospects“, Curr. Opin. Biotechnol., vol. 21, no. 3, pp. 277–86, 2010.
- [59] Aksoy, L., „Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Biyodizel ve Üretim Prosesleri“, Electronic Journal of Vehicle Technologies, vol. 2, no. 3, pp. 45–52, 2010.
- [60] Özdemir, Ö.Z. ve Mutlubaş, H., 2016. Biyodizel üretim yöntemleri ve çevresel etkileri, Kırklareli Üniv., Journal of Engineering and Science 2 (2016) 129-143
- [61] Chattopadhyay, S., and Sen, R., „Fuel properties, Engine performance and environmental benefits of biodiesel produced by a green process“, Appl. Energy, vol. 105, pp. 319–326, 2013.
- [62] Verma, P., Sharma, M. P., and Dwivedi, G., „Evaluation and enhancement of cold flow properties of palm oil and its biodiesel“, Energy Reports, vol. 2, pp. 8–13, 2016.
- [63] Yusuf, N. N. A. N., Kamarudin, S. K., and Yaakub, Z., „Overview on the current trends in biodiesel production“, Energy Conversion and Management, vol. 52, no. 7. pp. 2741–2751, 2011.
- [64] Moser, B. R., „Biodiesel Production, Properties, and Feedstocks“, in Biofuels, pp. 285–347, 2011.
- [65] Lin, L., Cunshan, Z., Vittayapadung, S., Xiangqian, S., and Mingdong, D., „Opportunities and challenges for biodiesel fuel“, Applied Energy, vol. 88, no. 4. pp. 1020–1031, 2011.
- [66] Madigan, M.T., Martinko, J.M., Parker, J., Nutrition and metabolism. Brock biology of microbiology, 9th edition. Prentice Hall, New Jersey, 2000.
- [67] Lodgson, J.E., Ethanol. In the Encyclopedia of Chemical Technology Ed by J.I. Kroschwitz, John Wiley & Sons New York, 1994

- [68] Kumar, S., Singh, N., Prasad, R., Anhydrous ethanol: A renewable source of energy. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 14, 1830–1844, 2010.
- [69] Balat, M., Global bio-fuel processing and production trends. *Energ. Explor. Exploit.*, 25, 195–218, 2007
- [70] Malça, J., Freire, F., Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): assessing the implications of allocation. *Energy*, 31, 3362–3380, 2006.
- [71] Wang, M., Saricks, C., Santini, D., Effects of fuel ethanol use on fuel-cycle energy and greenhouse gas emissions. Argonne (IL): Argonne National Laboratory, 1999.
- [72] Bowman, C. T., Control of combustion-generated nitrogen oxide emissions: Technology driven by regulation. *Symposium (International) on Combustion*, 24, 859–878, 1992.-26].
- [73] Uludağ Üniversitesi “Biyogaz” [www20.uludag.edu.tr/~yahyau/biyogaz.htm](http://www20.uludag.edu.tr/~yahyau/biyogaz.htm) (2004) Erişim Tarihi: 10 Mart 2018
- [74] Sathianathan, M. A., "Biogas Achievements and Challenges". Association of Voluntary Agencies of Rural Development, New Delhi, India. 1-30 (1975).
- [75] Dalkılıç, A.C., Öz, R.H., Yumrutaş, R., Akpolat, A., “Evsel ve Çevresel Organik Atıklarından Biyogaz Elde Edilmesi”, *Biyoenerji Sempozyumu*, İzmir, 7 (2004).
- [76] Alvarez, M.J., “Biomethanization of The Organic Fraction of Municipal Solid Wastes”, Iwa Publishing, Londra, 1-43 (2003).
- [77] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü “Biyogaz Üretiminde Kullanılan Atık/Atık Ham Maddeler ve Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilebilecek Biyogaz Verimleri ve Biyogazdaki Metan Miktarları”, [www.eie.gov.tr/biyogaz/atik.html](http://www.eie.gov.tr/biyogaz/atik.html) (2008). Erişim Tarihi: 12 Nisan 2018
- [78] Buswell, A.M., Hatfield, W.D., “Anaerobic Fermentations”, State of Illinois, Dept. of Registration and Education, Div. of the State Water Survey, Urbana, 1-193 (1936)..
- [79] Türker, M., “Anaerobik biyoteknoloji: Türkiye ve Dünya’daki eğilimler”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 225-230 (2008).
- [80] Yadava, L.S., Hesse, P.R., "The Development and Use of Biogas Technology in Rural Areas of Asia (A Status Report 1981)", *Improving Soil Fertility through Organic Recycling*, FAO/UNDP Regional Project RAS/75/004, Project Field Document No. 10 (1981).

- [81] U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse, "Methane (Biogas) from Anaerobic Digesters", <http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/refbriefs/ab5.html> (2002). Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2018
- [82] Kossmann, W., Pönitz, U., "Biogas Digest, Biogas Basics Volume I, Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT)", GATE in Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany, 4, 9, 14, 20 (1999).
- [83] Demir, İ., "Hayvan Atıklarından Biyogaz Eldesi", Türk Devletleri Arasında 2. İlimi İşbirliği Konferansı, Almatı, Kazakistan, 179-186 (1993)..
- [84] Atılgan, A., Erkan, M., Saltuk, B., Alagöz, T., "Akdeniz Bölgesindeki Hayvancılık İşletmelerinde Gübrenin yarattığı Çevre Kirliliği", ÇEVKOR Ekoloji Dergisi, 15(58): 1-7 (2006)..
- [85] Öztürk, M., "Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi", Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 5,8-18,21 (2005)..
- [86] Sahlström, L., "A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants", Bioresource Technology, 87 (2): 161-166 (2003).
- [87] ITDG (Intermediate Technology Development Group) "Biogas and Liquid Biofuels" [http://www.itdg.org/docs/technical\\_information\\_service/biogas\\_liquid\\_fueh.pdf](http://www.itdg.org/docs/technical_information_service/biogas_liquid_fueh.pdf) (2006). Erişim Tarihi: 28 Temmuz 2018
- [88] Demirer G.N., "Organik atıklardan biyogaz eldesi", Haber ODTÜ, 25: 3-5 (2008)
- [89] Pei-Dong, Z., Guomei, J., Gang, W., "Contribution to emission reduction of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> by household biogas construction in rural China", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11 : 1903-1912 (2007).
- [90] Yıldız, O., "Biyogaz Teknolojisi ve Türkiye açısından irdelenmesi", Biyoyakıt Dünyası Dergisi, Ankara, 8-14 (2007).
- [91] Öztürk, B., Okumuş, E., "Biyogaz üretimi ve enerji değerinin yükseltilmesi", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 187-197 (2008).
- [92] Umar, B., "Biogas - A promising energy supplement for Nigerian economic growth and environment protection", Energy & Environment, 7 (3): 309-315 (1996)..
- [93] Pain, B.F., Misselbrook, T.H., Clarkson, C.R., Rees, Y.J., "Odour and ammonia emissions following the spreading of anaerobically-digested pig slurry on grassland", Biological Wastes, 34: 259-267 (1990).

- [94] Engler, C.R., Jordan, E.R., McFarland, M.J., Lacewell, R.D., “Economics and environmental impact of biogas production as a manure management strategy”, Texas Animal Manure Management Conference, Texas , 109-114 (1999).
- [95] Cote, C., Masse, D.I., Quessy, S., “Reduction of indicator and pathogenic microorganisms by psychrophilic anaerobic digestion in swine slurries”, *Bioresource Technology*, 97: 686-691 (2006).
- [96] Emmanuel, K.Y., Robert, G., Bettina, B.B., “Nonmarket cobenefits and economic feasibility of on-farm biogas energy production”, *Energy Policy*, 37 : 1170-1179 (2009).
- [97] Tuluk, C., “Çeşitli Substratların Anaerobik Şartlar Altında Metan Ve Hidrojene Dönüşüm Potansiyellerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi , Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 8 (2007)..
- [98] Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Makine Mühendisleri Odası, 2008: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Oda Raporu, Ankara, s. 13-20.
- [99] Karaosmanoğlu, F. (2006). “Biyoyakıt Teknolojisi ve İTÜ Araştırmaları”, ENKÜS 2006-İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi, Bildiri Kitabı, Sayfa: 110-146, 22-23 Haziran 2006, İstanbul.
- [100] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), (Aralık2012). “EnerjiRaporu2012”,<http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjirapor2012.pdf>, S:201-205(E.T: 20.10.2018).
- [101] (<https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc>, TEİAŞ 2017) Erişim Tarihi: 30 Kasım 2018
- [102] (Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014, s.11).
- [103] Özen, A., Şaşmaz, M. Ü. ve Bahtiyar, E. (2015). Türkiye’de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi. Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 17 (28), s.85-93.
- [104] Okay, C. (2014). Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler. Niğde Üniversitesi İdari ve İktisadi Bilimler Fakültesi Dergisi, s.76-94.
- [105] (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2015 FaaliyetRaporu,(ETKB,2015), <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fFaaliyet%20Raporu%2f2015.pdf>, s.68, Erişim Tarihi: 10.12.2018).
- [106] Tügiad, 2004, Türkiye’ nin enerji sorunları ve çözüm önerileri. Ajans-Türk Basın ve Basım A., Batıkent, Ankara.

- [107] Balat, M. (2005). "Use Of Biomass Sources For Energy In Turkey And A View To Biomass Potential", Biomass and Bioenergy, Sayı:29 (2005, ) s. 32-41.
- [108] Koç, E. ve Şenel, M.C. (2013). "Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Durumu- Genel Değerlendirme", Mühendis ve Makine, Cilt:54, Sayı: 639, Sayfa: 32-44.
- [109] Makine Mühendisleri Odası (MMO) (2012). "Türkiye'nin Enerji Görünümü (Oda Raporu)", Genişletilmiş İkinci Baskı, Yayın No: MMO/588, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara: MRK Baskı ve Tanıtım Hizmetleri Tic. Ltd. Şti.
- [110] Karaosmanolu, F., 2007, Biyokütle enerjisi. Türkiye' de Enerji ve Geleceği, İTÜ Görüş ü, 105-113, Nisan 2007, İstanbul.
- [111] Şen, H.M., 2006, Türkiye' nin genel enerji durumu. Enküs 2006, İTÜ Enerji Çalı tayı ve sergisi, Bildiriler ve Sunumlar, 23-26 Haziran 2006, Enerji Enstitüsü Yayınları, No: 2006/1, 10-23.
- [112] Bölgelere Göre Tarımsal Atıklar (ton) (Türkiye Biyoatık Potansiyeli Ve Değerlendirilmesi (2012) Mustafa Acar Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, T.C Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı S:25 Samsun
- [113] [http://biyoder.org.tr/?page\\_num=4589](http://biyoder.org.tr/?page_num=4589) Türkiye'de Tarımsal Biyokütle Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı Erişim Tarihi: 01.01.2019
- [114] [www.tuik.gov.tr/2016](http://www.tuik.gov.tr/2016) Erişim Tarihi:05.01.2019
- [115] Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Çay Sektörü Raporu,2016,S:16,Rize Erişim Tarihi:05.01.2019
- [116] <http://inovatifkimyadergisi.com/> samsunun- organik- atiklari- elektrige-donusecek Erişim Tarihi:10.01.2019
- [117] <http://www.arakli.bel.tr/cop-gazi-elektrik-uretim-santrali-acilisi-yapildi.html> Erişim Tarihi:10.01.2019
- [118] <https://www.turseff.org/success-story-detail/bogazkoy-enerji--amasyada-cop-gazindan-elektrik-uretim-tesisi> Erişim Tarihi:15.01.2019
- [119] <https://enerjienstitusu.org/2013/04/01/copluk-elektrik-santralinedonusturuldu/> Erişim Tarihi:15.01.2019
- [120] <http://www.milliyet.com.tr/erbaa-da-copten-elektrik-uretimi-tokat-yerelhaber1207701/> Erişim Tarihi:15.01.2019



- [121] <http://www.enerjiatlası.com/haber/oyak-agac-kabugundan-elektrik-uretecek> Erişim Tarihi:20.01.2019
- [122] <http://www.takagazete.com.tr/turkiye/biokutle-enerjisantrali-bes-hazir-h169258.html> Erişim Tarihi:20.01.2019
- [123] <https://enerjigunlugu.net/icerik/23907/duzcede-12-MWhlik-biyokutle-tesisikurulacak.html> Erişim Tarihi:25.01.2019
- [124] Gümüşçü, M; Uyanık, S.2010.Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal tıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi, Makine Mühendisler Odası S: 6
- [125] [https://www.sirnak.edu.tr/yeni/dosya/belgeler/Sirnak\\_enerji\\_ve\\_Maden\\_Potansiyeli.pdf](https://www.sirnak.edu.tr/yeni/dosya/belgeler/Sirnak_enerji_ve_Maden_Potansiyeli.pdf) Erişim Tarihi:01.02.2019
- [126] Doğanay ,S.,Atatürk Üniversitesi, Kâzım Karabekir Eğitim Fakültesi,Doğu Coğrafya Dergisi s:13
- [127] Özenç, N. 2004. Fındık Zurufu ve Diğer Organik Materyallerin Fındık Tarımı Yapılan Toprakların Özellikleri ve Ürün Kalitesi Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi
- [128] Demirel, B., Gürdil, G.A.K., 2014. Tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan atık/artıkların katı biyoyakıt olarak değerlendirilmesi, Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı Bildiriler Kitabı, 229-238, 28-29 Mayıs 2014, Samsun
- [129] <http://www.doka.org.tr/TR/Bolgemiz/Artvin>. Erişim Tarihi:10.02.2019
- [130] <http://www.haber7.com/guncel/haber/1164750-artvinin-93-yillik-sorunu-cozuluyor> Erişim Tarihi:10.02.2019
- [131] [https://www.kudaka.org.tr/ekler/d4c80Bayburt\\_ili\\_uygun\\_yatirim\\_alan\\_lari.pdf](https://www.kudaka.org.tr/ekler/d4c80Bayburt_ili_uygun_yatirim_alan_lari.pdf). Erişim Tarihi:15.02.2019
- [132] Başçetinçelik A, Öztürk HH, Karaca C, Kaçıra M, Ekinici K, Kaya D, Ahmet B, Güneş K, Komıttı N, Barnes I, Nieminen M, (2006). A Guide on Exploitation of Agricultural Residues in Turkey
- [133] [https://bayburt.tarimorman.gov.tr/belgeler/2017%20C3%87ALI%C5%99EM\\_Araporu.pdf](https://bayburt.tarimorman.gov.tr/belgeler/2017%20C3%87ALI%C5%99EM_Araporu.pdf) Erişim Tarihi:15.02.2019
- [134] [https://amasya.tarimorman.gov.tr/Lists/KutuMenu/Attachments/12/Amasya%20C4%B0li%20strateji%20plan%C4%B1\(2013-2017\).pdf](https://amasya.tarimorman.gov.tr/Lists/KutuMenu/Attachments/12/Amasya%20C4%B0li%20strateji%20plan%C4%B1(2013-2017).pdf) Erişim Tarihi:15.02.2019

- [135] <http://www.amasya.gov.tr/2018-yili-icerisinde-faaliyete-baslayacak-olan-suluova-biyogaz-santrali-ile-biyolojik-atiklar-elektrik-enerjisi-ve-organik-gubre-ye-donusturulecek> Erişim Tarihi:18.02.2019
- [136] <http://www.hakkarihabertv.com/d/news/53238.jp> Erişim Tarihi:18.02.2019
- [137] [http://www.oka.org.tr/Documents/TOKAT\\_Tarim\\_ve\\_Kirsal\\_Kalkinma\\_Ey-lem\\_Plani.pdf](http://www.oka.org.tr/Documents/TOKAT_Tarim_ve_Kirsal_Kalkinma_Ey-lem_Plani.pdf). Erişim Tarihi:18.02.2019
- [138] <http://www.hurriyet.com.tr/erbaa-da-copten-elektrik-uretimi-37240933> Erişim Tarihi:20.02.2019
- [139] <http://www.zafergazetesi.org/haber/Cop-daglari-dogayakazandiriliyor%C2%A0/6%2016%2076> Erişim Tarihi:20.02.2019
- [140] [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il\\_yatirim\\_rehberleri/ordu.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/ordu.pdf) Erişim Tarihi:26.02.2019
- [141] <http://www.milliyet.com.tr/findik-zurufundan-dogal-gubre-ordu-yerelhaber-2271579/> Erişim Tarihi:26.02.2019
- [142] [https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Tarimsal\\_strateji\\_samsun\\_ili\\_tarimsal\\_yatirim\\_rehberi.pdf](https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Tarimsal_strateji_samsun_ili_tarimsal_yatirim_rehberi.pdf) Erişim Tarihi:26.02.2019
- [143] <https://www.gidahatti.com/samsunda-tarimsal-atiklar-biyoyakita-donusturuldu-47869/> Erişim Tarihi:01.03.2019
- [144] <https://www.enerjigunlugu.net/gzl-enerji-samsunda-hayvansal-atiklardan-elektrik-uretecek-26766h.htm> Erişim Tarihi:01.03.2019
- [145] <http://www.sinop.gov.tr/tarim> Erişim Tarihi:01.03.2019
- [146] <https://www.enerjigunlugu.net/sinopta-12-MWhlik-biyokutle-santrali-kurulacak-30309h.htm> Erişim Tarihi:01.03.2019
- [147] <https://www.vitrinhaber.com/guncel/sinopta-57-bin-ton-atik-toplandi-h12948.html> Erişim Tarihi:01.03.2019
- [148] [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/ilyatirim\\_rehberleri.kastamon.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/ilyatirim_rehberleri.kastamon.pdf). Erişim Tarihi:02.03.2019
- [149] <https://www.gastemonu.com/2018/09/05/copte-enerji-donemi/> Erişim Tarihi:02.03.2019
- [150] <http://www.aciksoz.com.tr/gundem/kastamonubelediyelerinde-819-bin-ton-atik-toplandi-h20460.html> Erişim Tarihi:02.03.2019

- [151] [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il\\_yatirim\\_reberleri/corum.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_reberleri/corum.pdf) Erişim Tarihi:04.03.2019
- [152] <https://www.habercim19.com/ekonomi/corumda-bitkisel-atiklardan-elektrik-uretimi-h53050.html> Erişim Tarihi:04.03.2019
- [153] <http://www.ekonomi24.com/findik-kabugu-ve-misir-sapindan-elektrik-uretiliyor-16467-haber/> Erişim Tarihi:05.03.2019
- [154] <https://corum.bel.tr/21-milyon-euroluk-tesis-cop-sorununu-cozecek/> Erişim Tarihi:07.03.2019
- [155] <https://corum.bel.tr/21-milyon-euroluk-tesis-cop-sorununu-cozecek/> Erişim Tarihi:07.03.2019
- [156] <https://gumushane.tarimorman.gov.tr/Belgeler/ba%20C4%9F%20Flant%20C4%B1%20belgeler/2015%20y%C4%B1%20C4%B1%20C3%A7al%C4%B1%20C5%9Fma%20raporu%20son.pdf> Erişim Tarihi:10.03.2019
- [157] <http://www.milliyet.com.tr/turkiye-de-yetisen-kusburnu-turlerinin-gumushane-yerelhaber-1951002/> Erişim Tarihi:10.03.2019
- [158] [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il\\_yatirim\\_rehberleri/bartin.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/bartin.pdf) Erişim Tarihi:15.03.2019
- [159] <https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/bartinda-coplukyangini,jrGSjU58jk-GB6asztE4OA/kyeOVMDt80W TGEN 25aVc FQ#kye OVMD t80WTGEN 25aV cFQ> Erişim Tarihi:16.03.2019
- [160] <https://karabuk.tarimorman.gov.tr/Menu/16/Tarimsal-Yapi> Erişim Tarihi:16.03.2019
- [161] <https://www.karabuk.bel.tr/proje.asp?id=276> Erişim Tarihi:18.03.2019
- [162] <http://www.milliyet.com.tr/il-baskani-saylar-cop-soruna-son-noktayi-karabuk-yerelhaber-1685507/> Erişim Tarihi:18.03.2019
- [163] [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il\\_yatirim\\_rehberleri/zonguldak.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/zonguldak.pdf) Erişim Tarihi:20.03.2019
- [164] <https://www.enerjigunlugu.net/oyka-enerji-zonguldakta-190-MWhlik-dev-biyokutle-tesisi-kuracak-25015h.htm> Erişim Tarihi:20.03.2019
- [165] <http://www.pusulagazetesi.com.tr/zonguldakta-agac-kabugundan-elektrik-uretilecek-89539-haberler.html> Erişim Tarihi:25.03.2019
- [166] <https://www.haberler.com/copten-elektrik-uretimi-7730387-haberi/> Erişim Tarihi:25.03.2019

- [167] <https://www.haberler.com/copten-elektrik-uretimi-7730387-haberi/> Erişim Tarihi:30.03.2019
- [168] [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/ilyatirim\\_rehberleri/bolu.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/ilyatirim_rehberleri/bolu.pdf) Erişim Tarihi:30.03.2019
- [169] [https://www.enerjigunlugu.net/boludaki-145-MWhlik-biyokutle-tesisi-halkin-goru\\_sunde-23353h.htm](https://www.enerjigunlugu.net/boludaki-145-MWhlik-biyokutle-tesisi-halkin-goru_sunde-23353h.htm) Erişim Tarihi:02.04.2019
- [170] <https://www.bolununesi.com/haber/144226/gubre-tesisinde-belirsizlik-suruyor> Erişim Tarihi:08.04.2019
- [171] [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il\\_yatirim\\_rehberleri/duzce.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/duzce.pdf) Erişim Tarihi:09.04.2019
- [172] <http://www.haber380.com/haber-duzce-de-12-MWh-lik-biyokutle-tesisi-kuruldu-29136.html> Erişim Tarihi:09.04.2019
- [173] <http://www.duzceninsesi.com.tr/Gumusova-Haberleri/50468-orman-atiklarindan-elektrik-uretilecek> Erişim Tarihi:10.04.2019
- [174] [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il\\_yatirim\\_rehberleri/giresun.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/giresun.pdf) Erişim Tarihi:10.04.2019
- [175] <http://www.tireboluexpress.com/haber/gundem/findik-talasindan-dogalgubre.../4140.html> Erişim Tarihi:14.04.2019

## ÖZGEÇMİŞ

Ferdi Yavuz ŞAHİN; 1986 TÜRKELİ doğumlu olup, 2002 yılında İzmit Çayırova Fevzi Çakmak Lisesinden, 2009 yılında Sakarya Üniversitesi Metal Teknolojisi Öğretmenliği'nden ve 2018 yılında da İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde Mühendislik tamamlama eğitimini başarı ile tamamlayarak Makine Mühendisliği ünvanını aldı. 2015 yılı Eylül ayında İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamış olup halen Doğanşehir Barış Aybek Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde Meslek Lisesinde Metal Bölümünde meslek dersleri öğretmeni olarak görev yapmaktadır.

**Ad Soyad** : Ferdi Yavuz ŞAHİN

**E-Posta** : ferdiyavuzsahin@gmail.com

**Lisans** :Sakarya Üniversitesi Metal Teknolojisi Öğretmenliği