



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUŞ İLİNİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

Okan AKTAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Ekim-2023
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUŞ İLİNİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

Okan AKTAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ömer ARSLAN

Ekim-2023
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Okan AKTAN tarafından hazırlanan “Muş İlinin Biyokütle Potansiyeli” adlı tez çalışması 03/10/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Enerji Ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Erdiç VURAL
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Germencik Yamantürk Meslek Yüksek Okulu

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ömer ARSLAN
Muş Alparslan Üniversitesi
Müh. Mim. Fakültesi/ Makine Müh. Bölümü

.....

Üye

Doç. Dr. Salih ÖZER
Muş Alparslan Üniversitesi
Müh. Mim. Fakültesi/ Makine Müh. Bölümü

.....

Yukarıdaki sonuç;
Enstitü Yönetim Kurulu/...../..... Tarih ve/..... nolu kararı ile
onaylanmıştır.

.....

FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Öğrencinin Adı SOYADI: Okan AKTAN

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUŞ İLİNİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

Okan AKTAN

**Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer ARSLAN

Günümüzde enerji tüketiminin büyük bir bölümü fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin giderek azalmasına karşın nüfus artışı ve hayatı kolaylaştıran teknolojik cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum ülkeleri mevcut enerji kaynaklarının dışında alternatif enerji kaynaklarına zorunlu olarak yönlendirmektedir. Bu alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri biyokütle olarak öne çıkmaktadır. Biyokütle insan, hayvan veya bitki yaşamının olduğu her yerde hammadde olarak bulunan, yenilenebilir, kolaylıkla temin edilebilir ve temiz bir enerji kaynağı özelliklerinden dolayı fosil yakıtlara alternatif olarak kullanabilecek bir enerji kaynağıdır. Ayrıca fosil yakıt zengini olmayan Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azalmasına ve ülkenin sürdürülebilir ekonomik gelişimi için enerji arz güvenliğine katkı sağlayacak bu önemli yerel alternatifin mümkün olduğunca değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden bu çalışmada ilk önce Muş iline ait biyokütle potansiyeli hesaplanmıştır. Ardından kentin toplam enerji tüketiminin biyokütle potansiyeli tarafından karşılanma yüzdesi belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece kentin teorik biyokütle potansiyelinin değerlendirilmesinin önemi konusunda kamuda farkındalık oluşturmaya katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

2023, 59 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Muş, Yenilenebilir Enerji, Biyokütle, Hayvansal Atık, Bitkisel Atık, Evsel Atık, Ormansal Atık, Belediye Atığı

ABSTRACT
MASTER'S THESIS
BIOMASS POTENTIAL OF MUŞ PROVINCE

Okan AKTAN

Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Nuclear Energy and Energy Systems

Advisor: Assistant. Prof. Ömer ARSLAN

Most of today's energy consumption is met by fossil resources. The demand for energy is increasing day by day with the increasing fossil fuel reserves, population growth and the spread of technological devices that facilitate convenience. This situation necessarily directs countries to alternative energy sources other than existing energy sources. One of these alternative and fragmented energy sources stands out as biomass. Biomass is an energy source that can be used as an alternative to fossil fuels because it is available as a raw material and can be replaced wherever there are humans, animals or vegetation, and it has available options and a clean resource distribution. In addition, this important local alternative should be evaluated as much as possible to ensure that Turkey, which is not rich in fossil fuels, increases in energy and contributes to energy supply security for advanced sustainable economic growth. For this reason, in this research, the biomass potential of Muş was first calculated. The percentage of one kilogram of total energy consumption covered by biomass potential remains to be determined. Thus, it is tried to ensure continuous public contribution regarding the importance of evaluating urban theoretical biomass potential.

2023, 59 Pages

Key Words: Muş, Renewable Energy, Biomass, Animal Waste, Vegetable Waste, Domestic Waste, Forest Waste, Municipal Waste

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma, Doğu Anadolu bÖlgesinin bir ili olan Muş'un yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokÖtle enerjisi potansiyelini açıklamak bÖylece Muş ovasında yapılabilecek biyokÖtle enerji Üretimi potansiyeli ortaya koyulmuŐtur. Bu alıŐma Muş Alparslan Üniversitesi NÖklear Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı BaŐkanlıĐı bünyesinde gerçekleŐmiŐtir. ÇalıŐmamda bilgi ve tecrÜbesiyle beni yÖnlendiren NÖklear Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalından Dr. ÖĞretim Üyesi Sayın Ömer ARSLAN ve NÖklear Enerji ve Enerji Sistemleri Ana Bilim Dalı BaŐkanı Sayın Doç. Dr. Salih ÖZER'e manevi desteklerinden dolayı eŐim Tuba ORBAY AKTAN'a ve oğlum Muhammed Arda AKTAN'a teŐekkÖr ederim.

Okan AKTAN
MUŞ-2023



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Biyokütle ve Biyokütle Enerjisi.....	3
1.2. Biyokütle Türlerinin Sınıflandırılması.....	3
1.2.1. Tarımsal ürün kaynaklı atıklardan oluşan biyokütle.....	3
1.2.2. Orman kaynaklı atıklardan oluşan biyokütle	3
1.2.3. Hayvansal kaynaklı atıklardan oluşan biyokütle	4
1.2.4. Kentsel, endüstriyel ve evsel atıklardan oluşan biyokütle	4
1.3. Biyokütle Enerjisinin Kullanılmasındaki Avantajlar	5
1.4. Biyokütle Enerjisinin Kullanılmasındaki Dezavantajlar	6
1.5. Biyokütle Çevrim Aşamaları Ve Yöntemleri	6
1.5.1. Anaerobik Bozunuma (Havasız Çürüme).....	7
1.5.2. Piroliz.....	7
1.5.3. Karbonlaştırma.....	8
1.5.4. Gazlaştırma	9
1.5.5. Doğrudan yakma işlemi	10
1.5.6. Fermantasyon.....	11
1.6. Biyokütlelerden Oluşan Biyoyakıt Türleri	11
1.6.1. Biyodizel.....	11
1.6.2. Biyoetanol.....	13
1.6.3. Biyogaz	14
1.7. Dünya’da Biyokütle Enerjisi Kullanımı Ve Önemi.....	18
1.8. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Ve Kullanımı.....	22
1.8.1. Türkiye’de hayvansal atık kaynaklı biyokütle enerji potansiyeli	26
1.8.2. Türkiye’de bitkisel atıklardan kaynaklanan biyokütle enerji potansiyeli	28
1.8.3. Türkiye’de orman atıklarından kaynaklanan biyokütle enerji potansiyeli	29
1.8.4. Türkiye’de belediyelerden kaynaklanan atıklar ve enerji potansiyelleri	30
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	31
3. MATERYAL ve YÖNTEM	34
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA	35
4.1. Muş İli Biyokütle Potansiyeli	35
4.2. Muş İli Hayvansal Biyokütle Potansiyeli	36
4.3. Muş İli Bitkisel Biyokütle Potansiyeli.....	40

4.4. Muş İli Belediye Atıkları Biyokütle Potansiyeli.....	46
4.5. Muş İli Ormansal Atıkları Biyokütle Potansiyeli	47
4.6. Muş İline Ait Enerji Tüketim Verileri	50
5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	53
KAYNAKLAR	55



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

C	:	Karbon
CH4	:	Metan
CO	:	Karbon monoksit
CO2	:	Karbondioksit
H2	:	Hidrojen
H2O	:	Su
H2S	:	Hidrojen sülfür
NH3	:	Amonyak
SO2	:	Kükürt dioksit

Kısaltmalar

BEPA	:	Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası
EPDK	:	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
M3	:	Metreküp
MW	:	Megawatt
OGM	:	Orman Genel Müdürlüğü
SM3	:	Standart metreküp
TEİAŞ	:	Türkiye Elektrik İletim A.Ş
TEP	:	Ton Eşdeğer Petrol
OGM	:	Orman Genel Müdürlüğü
KWH	:	Kilowatt
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu
İŞKUR	:	Türkiye İş Kurumu
SM3	:	Standart Metreküp

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1 Orman düzenleme çalışmaları ve üretim sonucunda meydana gelen atıklar ...	4
Şekil 1. 2 Biyokütle Dönüşümünde Meydana Gelen Ürünler(İşler, 2012).	5
Şekil 1. 3 Havasız Çürüme Aşamaları (Gül, 2006).	7
Şekil 1. 4 Biyokütleden Oluşan Pirolizin Enerjiye Dönüşme Aşamaları(Ulu, 2011).	8
Şekil 1. 5 Pelit.....	9
Şekil 1. 6 Gazlaştırma İşlemi Sonucunda Meydana Gelen Enerji Çeşitleri (Çanka Kılıç, 2011).	10
Şekil 1. 7 Biyokütle Yakma Türleri(Karaca, 2009).....	11
Şekil 1. 8 Anaerobik Çürüme Aşamaları(Öztürk, 2005).	18
Şekil 1. 9 Yıllara Göre Biyokütle Artışı (PWC, Türkiye, 2019).	19
Şekil 1. 10 Ülkelere Göre Biyokütle Kurulu Güç Oranları (Karaosmanoğlu, 2006).	20
Şekil 1. 11 Dünya'da 2011-2022 Yılları Arasındaki Yenilenebilir Enerji Kapasite Oranı(Yenilenebilir Enerji Piyasası Güncellemesi 2021 ve 2022 Görünümü Raporu Özeti,2021)	20
Şekil 1. 12 2019 Yılı İçerisindeki Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi (EPDK,2019)	22
Şekil 1. 13 2021 Yılı İçerisindeki Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi(EPDK,2021)	23
Şekil 1. 14 1965-2020 Yılları Arasında Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değişimi(Torku,2017)	25
Şekil 1. 15 Türkiye’deki toplam biyokütle potansiyelinin illere göre dağılımı(BEPA,2023)	26
Şekil 1. 16 Türkiye’de Hayvansal Atıklardan Kaynaklanan Biyokütle Enerjisi(BEPA,2023)	27
Şekil 1. 17 Türkiye’nin İl Bazındaki Bitkisel Enerji Değerleri(BEPA,2023)	28
Şekil 1. 18 Türkiye’nin Bölge Müdürlükleri Baz Alınarak Hazırlanan Orman Atıklarından Kaynaklı Enerji Eşdeğerlerini Gösteren Harita (OGM,2020)	29
Şekil 1. 19 Belediye kaynaklı atıkların illere göre oranı (BEPA,2023)	30
Şekil 4.1. Muş İli Mevcut Hayvan Oranları (Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Brifingi,2022).....	37
Şekil 4.2. Muş İlindeki atıklarından Teorik Atık Potansiyeli Oranları.....	48
Şekil 4.3. İlçe Ölçeğinde Atıklarından üretilebilecek potansiyel biyogaz miktarları... ..	49
Şekil 4.4. Muş İli Enerji Tüketim Oranları (EPDK, 2021).....	51
Şekil 5.1. Enerji Tüketim Karşılama Oranları.....	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1. Biyokütle Kaynakları Dönüşüm Yöntemleri Ve Elde Edilen Yakıtlar, Uygulama Alanları (Nacar Ve Ark.2007).....	6
Çizelge 1.2. Biyodizel Ve Dizel Yakıtların Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması..	13
Çizelge 1.3. Bazı Tarım Ürünlerinden Elde Edilen Etanol Miktarları Ve Verimleri(Karadağ, 2013).....	14
Çizelge 1.4. Biyogaza Ait Özellikler.....	15
Çizelge 1.5. Biyogaza İçerisindeki Bileşenler Ve Yüzdeleri	15
Çizelge 1.6. Biyogaz Ve Çeşitli Yakıtların Yakılmasıyla Ortaya Çıkan Emisyonlar(Öztürk, 2008).	16
Çizelge 4.1. Enerji (Yakıt) Oluşturabilecek Bitki, Hayvan Türleri.....	35
Çizelge 4.2. Muş İli Hayvan Miktarları (Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Brifingi, 2022).	36
Çizelge 4.3. Hayvan Türleri ve Biyokütle (Biyogaz) Enerji Verimi (Yokuş, 2011).....	37
Çizelge 4.4. Muş İline Ait Hayvansal Atık Ve Biyokütle Potansiyeli(BEPA, 2023). ...	38
Çizelge 4.5. Muş İline Ait Arazi Çeşit Oranları (TÜİK, 2020).....	40
Çizelge 4.6. Muş İline Ait Arazi Kullanım Alanları (TÜİK, 2021).	40
Çizelge 4.7. Muş İli Bitkisel Üretim Miktarları (Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Brifingi, 2022).	41
Çizelge 4.8. Bazı Bitkisel Ürünler ve Birim Isıl Değerleri (Yokuş, 2011)	42
Çizelge 4.9. Muş İlinde Üretilen Bitkiler Ve Biyokütle Enerjileri(BEPA, 2023).....	42
Çizelge 4.10. Muş ili ve ilçelerine ait belediyeden kaynaklanan atıklar(BEPA, 2023). 46	
Çizelge 4.11. Muş İline Ait Orman Kaynaklı Atık Ve Biyokütle Potansiyeli(BEPA, 2023).	47
Çizelge 4.12. Muş İlindeki Atıklarından Elde Edilecek Teorik Biyokütle Enerji Potansiyeli (BEPA, 2023).....	48
Çizelge 4.13. Muş İlindeki atıklarından üretilebilecek toplam biyogaz potansiyeli (BEPA, 2023).....	49
Çizelge 4.14. Muş İlinde Elektriğin Alana Göre Tüketim Dağılımı (MWh) (EPDK, 2022).	50
Çizelge 4.15. Muş İline Ait Doğalgaz Tüketim Miktarı (EPDK,2022).	50
Çizelge 4.16. Muş iline ait petrol ürünleri tüketimi (Ton) (EPDK, 2021).	50
Çizelge 4.17. Muş İli Yıllık Enerji Tüketimler.....	51

1. GİRİŞ

İnsanoğlu ihtiyaçı olan enerjiyi karşılayabilmek için yeraltı ve yerüstü enerji kaynaklarından faydalanmaktadır. Bu enerji kaynakları içerisinde en yaygın olarak tüketilen fosil yakıtlardır. Fakat fosil yakıtların rezervinin sınırlı ve sonlu olması ve aynı zaman da çevresel sorunlara yol açmasından dolayı ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. İlk bakışta potansiyeli vadeden yüksek yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal ve biyokütle enerji kaynaklarıdır.

Biyokütle, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bitki, hayvan, orman, evsel ve endüstriyel atıklardan elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütlenin son yıllarda yoğun bir şekilde ilgi görmesinin nedeni ise tek sabit karbon kaynaklı yenilenebilir enerji kaynağı olmasıdır (Yorgun ve ark. , 2001).

Türkiye, dünya üzerindeki fosil yakıt fakiri birçok ülke gibi enerji ihtiyacının çoğunu yerel biyokütle ve diğer yenilenebilir enerjilerden karşılamak için çalışmalara yoğun çaba harcamaya başlamıştır. Biyokütle enerjisinin termal enerji olarak veya elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılabilmesi ve çevreci olmasından dolayı bu yönelim gitgide artmaktadır. Dünyada üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık yüzde altısı yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmektedir. Biyokütle enerjisi elektrik enerjisi üretiminde hidroelektrik ve rüzgâr enerjisinden sonra en çok kullanılan yenilenebilir enerji türüdür. Özellikle OECD ve Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artışı özendirilmeye yönelik teşvik ve hibelerin dramatik artışı sonucunda biyokütle enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde önemli miktarda artış olmuştur (Karaca ve ark.,2016). Avrupa Birliği 2011 yılında ilan edilen 2050 yılının yakıtları adlı raporda; deniz, kara ve hava taşıtlarında değişik biyokütle yakıtların kullanılması ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Vizyon 2030 dokümanında ise 2030 yılına kadar biyokütle enerjisinin kullanımında %25 oranında artış hedefi belirtilmiştir (Dünya enerji Konseyi, 2012). Biyokütle türlerinden biri olan biyogaz sadece elektrik üretimi değil ısınma amaçlı kullanılmasından dolayı doğalgaza bir alternatif yakıt olma seçeneği oluşturmaktadır. İsveç doğalgaza alternatif olarak biyogazı kullanmayı planlamaktadır. İsveç'te son 10 yıllık süreç içerisinde ülkedeki ulaşım araçlarında yakıt olarak biyogazın kullanım oranı gittikçe artmıştır. Ayrıca 2005

yılından itibaren İsveç'te trenlerde biyogaz enerjisi kullanılmaktadır (Özen ve ark., 2015).

Muş ilinin tarım ve hayvancılığa dayalı ekonomisinden dolayı kentin biyokütle potansiyelinin yatırım için cazip olabileceği öngörüldüğünden, Muş bu çalışmada biyokütle potansiyel analizi için özellikle tercih edilmiştir. Bu çalışma kapsamında Muş'un hayvansal, bitkisel ve ormansal atıklarının yanı sıra belediye ve evsel atık miktarı göz önünde bulundurularak kentin biyokütle potansiyeli belirlenmeye çalışılmış ve peşi sıra literatürde yer alan değerler ile karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada Muş iline ait aylık ölçekte elektrik tüketimi, doğalgaz tüketimi, petrol ürünleri tüketimleri hesaplanmıştır. Böylece fosil yakıtlara alternatif olan biyokütle enerjisinin kentin tükettiği enerji miktarını ne kadar karşılayabileceği tespit edilmeye çalışılmıştır. Enerjide dışa bağımlı olan Türkiye'nin bir ili olarak Muş ilinin biyokütle enerji potansiyelinden azami bir şekilde istifade ederek ülkeye sunabileceği katkı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca umulur ki bu çalışma yenilenebilir enerji alanında yatırım yapmak isteyen iş adamları ve akademik çalışmalara katkı sunabilecek bir başvuru rehberi işlevi görebilir.

1.1 Biyokütle ve Biyokütle Enerjisi

Biyokütle ve Biyokütle enerjisi nedir?

Biyokütle; ana bileşenleri karbonhidrat olan karbon, hidrojen, azot ve oksijen içeren bir asırdan daha kısa süre içerisinde kendisini yenileyebilen toprağın üstünde ve altında yaşayan bitkisel maddeler, hayvansal maddeler ve bunlarla birlikte tüm atık maddelere biyokütle denir. Biyokütle enerjisi ise bu kaynaklardan üretilen enerjiye denilmektedir.

1.2 Biyokütle Türlerinin Sınıflandırılması

Biyokütle kaynakları dört grup altında incelenebilir. Bunlar tarım ürünleri kaynaklı atıklar, orman ürünleri kaynaklı atıklar, hayvansal ürünleri kaynaklı atıklar, endüstriyel ve evsel atık kaynaklı atıklardır.

1.2.1 Tarımsal Ürün Kaynaklı Atıklardan Oluşan Biyokütle

Bitkisel yağ içeren ay çiçeği, kolza tohumu, soya fasulyesi, mısır, şeker kamışı, buğday, süpürge, darısı gibi tarım ürünlerine dayalı biyoküteller, biyodizel ve benzeri ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (El Bassam, 1988). Tarımsal faaliyet sonucu oluşan atıklar ise samanlar sapları ve kabuklardır. Tarımsal atıklar biyokütle kaynaklı enerji olarak kullanılmadığı zamanlarda yakılır ve üzeri toprak ile örtülür ya da depolanıp hayvanların besin ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Sürekli temin edilebilen tarımsal kaynaklı biyokütle atıkları stoklama ve nakliyat gibi bir takım problemlerden dolayı briketlenme teknolojisi kullanılarak bu tür problemlerin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır (Wilaipon, P., 2007).

1.2.2 Orman Kaynaklı Atıklardan Oluşan Biyokütle

Ormanlardaki üretim faaliyeti sonucunda oluşan yakacak odun veya sanayi odunu olarak kullanılmayacak ve ormanlarda terkedilen kökler, ince dallar, taşıma sırasında parçalanan ağaçlar ve kurumuş kozalaklar, yapraklar vb. orman atığı olarak değerlendirilmektedir. Bu atıklar biyokütle olarak kullanılmakla beraber ısınma amacıyla da kullanılmaktadır. Ormansal atıklar içerisinde en önemli atık odundur. Fakat yaşadığımız doğa içerisinde en önemli kaynaklardan biri olan ormanlardan odun tüketiminden meydana gelen ve kaynak azalması birçok ülkede kullanımı kısıtlanmaktadır. Ülkemizde 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 34. ve 37. Maddeleri

uyarınca orman artıklarının nasıl kullanılması gerektiği açıklanmıştır(<https://biyoder.org.tr/biyoenerji/biyokutle/orman-atiklari/>).



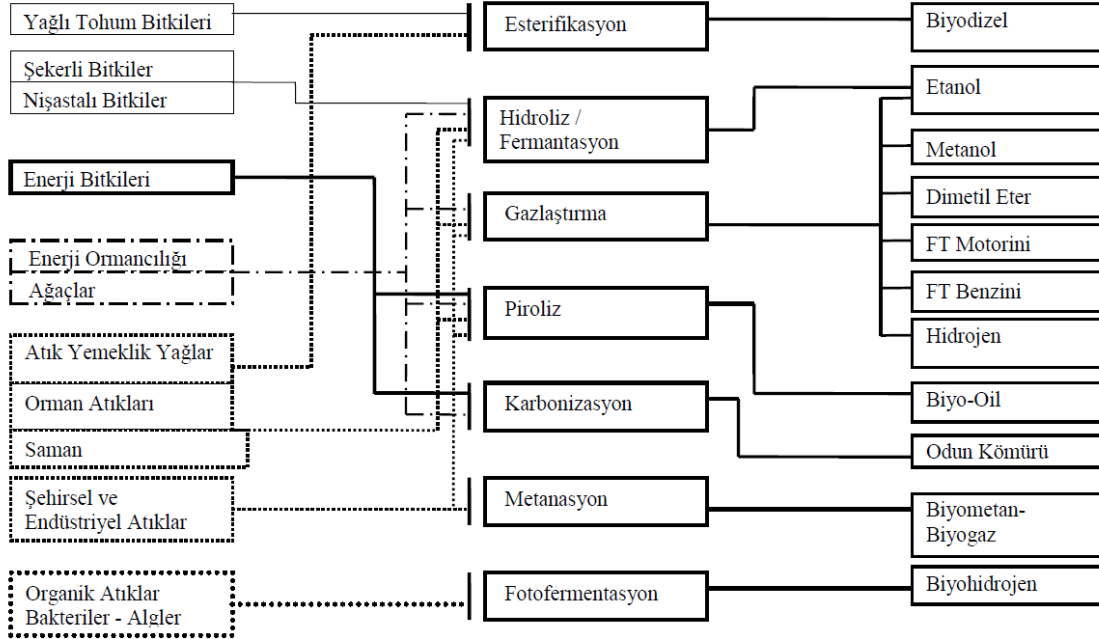
Şekil 1. 1. Orman düzenleme çalışmaları ve üretim sonucunda meydana gelen atıklar

1.2.3 Hayvansal Kaynaklı Atıklardan Oluşan Biyokütle

Ülkemizde tarımsal üretim dışında büyük bir biyokütle kaynağı olan hayvansal atıklar büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarını ve benzerlerinin dışkılarından meydana gelen atıklardır. Hayvanlardan kaynaklanan atıklardan büyük modern biyokütle tesisleri kurulmaktadır. Hayvanlardan biyogaz elde edebilmek için bazı dönüşüm teknolojileri ve anaerobik ortamda kimyasal reaksiyonların sonucunda biyogaz üretimi yapılabilmektedir.

1.2.4 Kentsel, Endüstriyel Ve Evsel Atıklardan Oluşan Biyokütle

Park ve bahçelerden çıkan yaprak gibi atıklar, çimler, kanalizasyon atıkları, belediyelerden kaynaklanan atıklar, evlerden çıkan çöpler, kentsel atıklar ve endüstri tesislerinden çıkan atıklar bu kapsamda değerlendirilir. Bu atıkların yakılması ile biyogaz elde edilir atıkların yakılmasında doğrudan geleneksel yöntemler kullanılır. Veya anaerobik ortamda kimyasal reaksiyonlar kullanılarak parçalanarak enerji elde edilir. Şekil 1.2 de biyokütlenin dönüştürülmesi sonucu meydana gelen ürünler gösterilmiştir (İşler, 2012).



Şekil 1. 2 Biyokütle Dönüşümünde Meydana Gelen Ürünler(İşler, 2012).

1.3 Biyokütle Enerjisinin Kullanılmasındaki Avantajlar

Biyokütle yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olduğundan biyokütlenin kullanılması karbondioksit emisyonu ve sera gazlarına azaltmada büyük bir etkisinin olacağından doğa ve çevre için faydalı bir yenilenebilir enerji türüdür.

Kömürün yanması sonucunda meydana gelen hava kirliliği ve karbondioksit miktarı çevre kirliliği yapmakta ve insan sağlığına zarar vermektedir. Fakat biyokütle içeriğinde çok düşük miktarda kükürt olduğundan biyokütlenin yakılması sonucunda az miktarda SO₂ meydana gelir, biyokütleden enerji üretilirken kullanılan atıkların etkin bir şekilde bertaraf edilmesinde de fayda sağlamaktadır.

Ayrıca biyokütle enerjisinde kullanılan atıklar, petrol yakıtları için gerekli fosillere göre daha kısa bir süre içerisinde enerji elde edilmeye uygun olduğundan dolayı fosil yakıtlara göre daha erken elde edilir.

Fosil yakıtların dünya üzerinde sınırlı miktarda bulunmasından dolayı ve aynı zamanda ekonomik maliyetinin yüksek olmasından dolayı biyokütle tercih edilmektedir. Biyokütlenin yaygın bir şekilde kullanması çevre kirliliğine sebep olan atıkların azaltılmasına fayda sağlamaktadır (Demirbaş, 2004). Ayrıca uçucu madde oranının yüksek olmasından dolayı reaksiyona girmesi ve yanma hızının da bu özelliklerinden dolayı daha fazla olması tercih edilmesinin bir başka nedenidir.

1.4 Biyokütle Enerjisinin Kullanılmasındaki Dezavantajlar

Biyokütlenin içerisindeki nem oranı fazla olduğundan dolayı depolama süresi azdır. Bundan dolayı nakliye maliyeti de artmaktadır. Nakliye miktarının artmasını engellemek için yapılacak olan tesisin biyokütle kaynağına yakın bir yere yerleştirilmesi gerekmektedir. Biyokütle enerjisi üretimi sırasında yakılacak odunun eksik yanması organik parçacık maddelere ve karbon monoksit gibi gazlara ve diğer organik gazlara neden olur bu tür gazların çıkması çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olması biyokütle açısından bir dezavantajdır

Biyokütle enerjisi üretilirken ihtiyaç duyulan bazı ortak kaynakların azalmasından dolayı örneğin; gıda endüstrisinin kullandığı kaynaklar, ormanlardaki ağaçların kesilmesinden dolayı ormanların azalması gibi devletlerin oluşturduğu resmi politikalar biyokütlenin yaygın olarak kullanılmasının engellemektedir.(Demirbaş, 2001). Biyokütle fosil yakıtlara göre daha az enerji vermektedir. Bu da biyokütleye yönelimi olumsuz etkilemektedir. Ayrıca biyokütleler enerjiye çevrilirken düşük çevrim verimlerine sahiptirler.

1.5 Biyokütle Çevrim Aşamaları Ve Yöntemleri

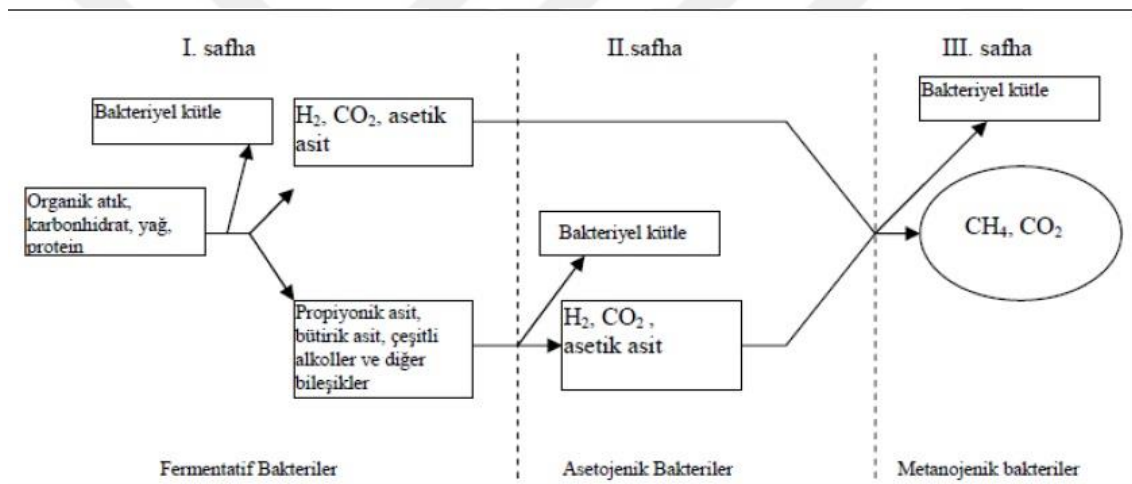
Biyokütle çevrim yöntemleri yedi başlık altında incelenmektedir. Bunlar; doğrudan yakma, havasız çürütme, piroliz, fermantasyon, hidroliz, gazlaştırma, biyofotolizdir. Bu dönüştürme işlemleri içerisinde en yaygın kullanılanları piroliz, doğrudan yakma, havasız çürütme, fermantasyon ve gazlaştırmadır. Çizelge 1.1. de biyokütle kaynakları dönüşüm yöntemleri ve elde edilen yakıtlar, uygulama alanları gösterilmiştir (Nacar Ve Ark.2007)

Çizelge 1. 1 Biyokütle Kaynakları Dönüşüm Yöntemleri Ve Elde Edilen Yakıtlar, Uygulama Alanları (Nacar Ve Ark.2007).

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 Atıklar	Fermantasyon	Metan	Otomobiller
Organik Çöpler	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Sentetik Yağ	Roketler
Enerji Ormanları	Biyofotoliz	Dizel	Ürün Kurutma

1.5.1 Anaerobik Bozunuma (Havasız Çürüme)

Anaerobik bozunma da bazı mikroorganizmalar biyokütleyi mayalayıp metan gazına gübreye birçok kullanım alanı olan çeşitli yakıt türlerinden çevirir. Havasız çürütmeyi etkileyen faktörler: pH, kullanılan sistemin boyutu, sıcaklık ve biyokütle üretiminde kullanılacak olan biyokütle kaynağının verimine bağlı olarak etkilenmektedir. Anaerobik çözünme sonucunda oluşan biyogaz insan atıkları ve hayvan gübresinden meydana gelir oluşan biyogaz doğalgazı benzer özellikleri gösterdiğinden ısınma ve yakma işleminde veya yakıt pili olarak kullanılmaktadır. Ayrıca biyogaz, doğalgazdan daha ucuz ve yenilenebilir bir enerji olduğundan kullanım bakımından daha avantajlıdır. Şekil 1.3 te havasız çürüme aşamaları gösterilmiştir (Gül, 2006).



Şekil 1. 3 Havasız Çürüme Aşamaları (Gül, 2006).

1.5.2 Piroliz

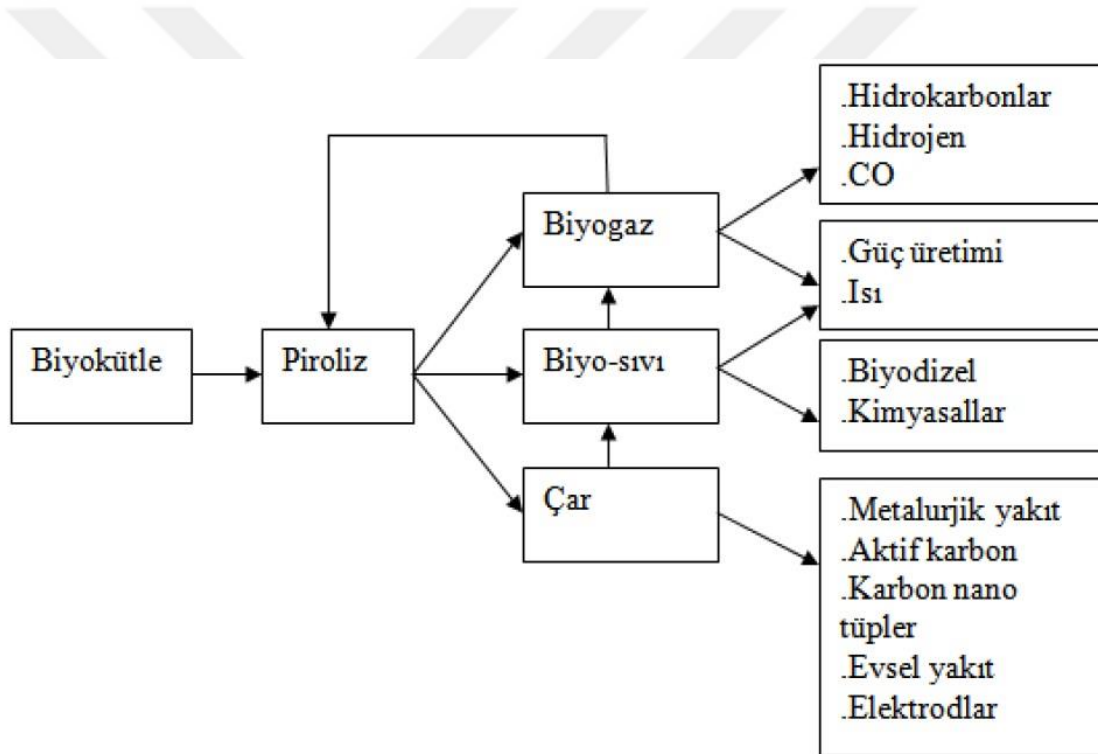
Piroliz, biyokütlenin anaerobik ortamda kimyasal reaksiyonlar sonucu organik moleküller tarafından parçalanması ile ortaya çıkan gaz oluşumu işlemine denir. Hava kullanılmadan çöp birikintilerinin yüksek ısı vererek ve buradan kaynaklanan ısı etkileşiminin sonucunda kalan maddelerin yakıtla dönüşmesi ile de tanımlanabilir.

Çöplerin dönüştürülmesinden sonra birçok katı, sıvı ve gaz yakıtlar üretilmektedir. Yakıtların elde edilebilmesi için kullanılan işlemler sırasında birçok değişken kullanılmaktadır. Bunlar katalizör derecesi, reaksiyon sıcaklığı, basınç, biyokütlenin çeşidi ve bileşimi, ürünün seçiciliği ve çeşidi olarak söylenilebilir (Klass,

1998). Piroliz yöntemleri üç şekilde sınıflandırılmaktadır. Bunlar yavaş piroliz, hızlı piroliz ve uzun süreli piroliz yöntemidir.

Uzun süreli piroliz polimerlerin anaerobik bir ortamda organik bileşik bileşenlerinin yavaş ve tek yönlü bir şekilde ısı ile bozunması sonucunda oluşur.

Bir başka yöntem olan yavaş piroliz ise enerji içeriği yüksek ve daha değerli ürünlerin oluşmasının sağlamak için anaerobik bir ortamda biyokütlenin uzun süre ısı bozunmaya tabi tutularak oluşması süreci olarak tanımlanmaktadır. Yavaş piroliz odun kömür üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Bir diğer yöntem olan hızlı piroliz yüksek sıcaklık altından kısa bir süre içerisinde oluşan ısıl bozunma sürecidir. Şekil 1.4 de biyokütleden oluşan pirolizin enerjiye dönüşme aşamaları gösterilmiştir (Ulu, 2011).



Şekil 1. 4 Biyokütleden Oluşan Pirolizin Enerjiye Dönüşme Aşamaları(Ulu, 2011).

1.5.3 Karbonlaştırma

Karbonlaştırma, madenlerden çıkan kömür gibi organik maddelerin anaerobik ortamda kimyasal reaksiyonlar ile parçalanması işlemini denir. Daha basit bir ifade ile anaerobik ortamda bekleme süresinin uzatılıp ısıtma hızının düşürülmesi ile oluşturulan çevrim sistemleridir. Karbonlaştırma dönüşümü işlemi sonucunda ortaya çıkan gazlar yaklaşık olarak % 50 karbondioksit(CO₂), % 35 karbon monoksit(CO), % 10 metan ve %5 diğer hidrokarbon ve hidrojenden(H₂) oluşmaktadır.(Çanka Kılıç, 2011).

1.5.4 Gazlaştırma

Tarımsal faaliyetlerden ve ormanlardan yapılan rehabilite çalışmaları sonucu oluşan atıkların çevreye herhangi bir zarar vermeden ve yakma olayı gerçekleştirilmeden bertaraf etmenin en uygun ve ekonomik yolu gazlaştırma işlemine tabi tutulmasıdır.

Gazlaştırma, karbon içeren biyokütleli katı atıkların yüksek sıcaklık verilerle kimyasal bir tepkimeye tabi tutulması sonucunda yanan bir gazın elde edilmesiyle oluşan dönüşüm sistemlerine denir (Çanka Kılıç, 2011).

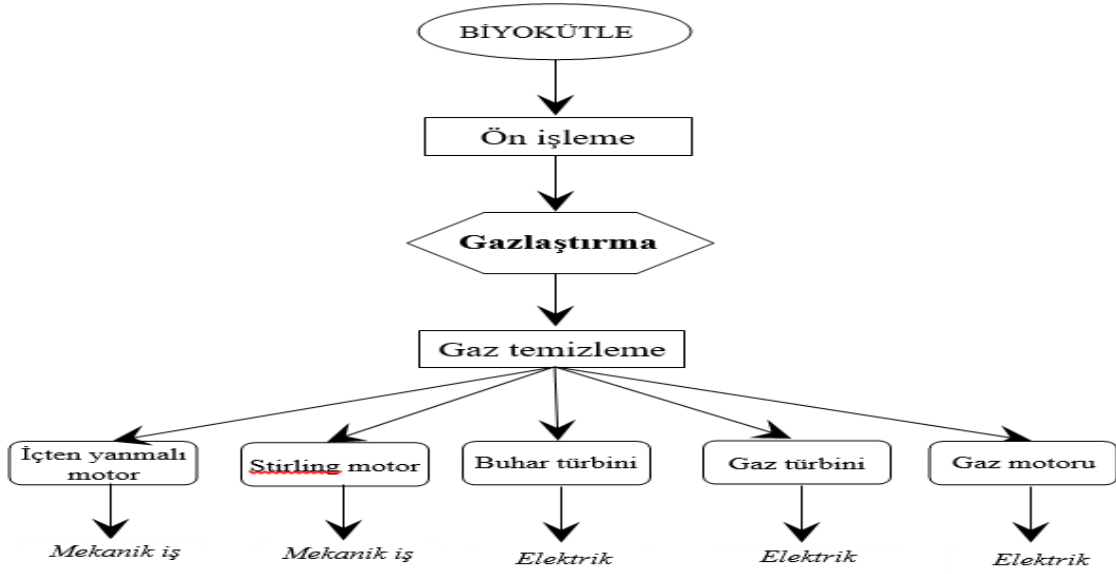
Gazlaştırma işleminin yakma işlemine göre daha fazla enerji vermesinin sebebi daha az yakıt kullanılmasıdır. Orman ve tarımsal atıklarda yok edilirken gazlaştırma işlemi kullanılmasında öncelikle uygun tane boyutuna ve daha sonra şekil 1.5 te gösterildiği gibi pelit şekline getirmek gerekir gazlaştırma işlemine gerçekleştirilebilmesi için en yaygın kullanılan teknolojik işlemlerden bazılarının şunlardır:

- Sabit Yataklı Gazlaştırma
- Akışkan Yataklı Gazlaştırma
- Dolaylı Gazlaştırma



Şekil 1. 5 Pelit

Gazlaştırma işleminde asıl amaç gazın elde edilmesinde çok üretilen gazların fiziksel veya kimyasal özellikleri optimum seviyeye getirerek içten yanmalı motorlarda kullanmasını sağlayabilmektir.



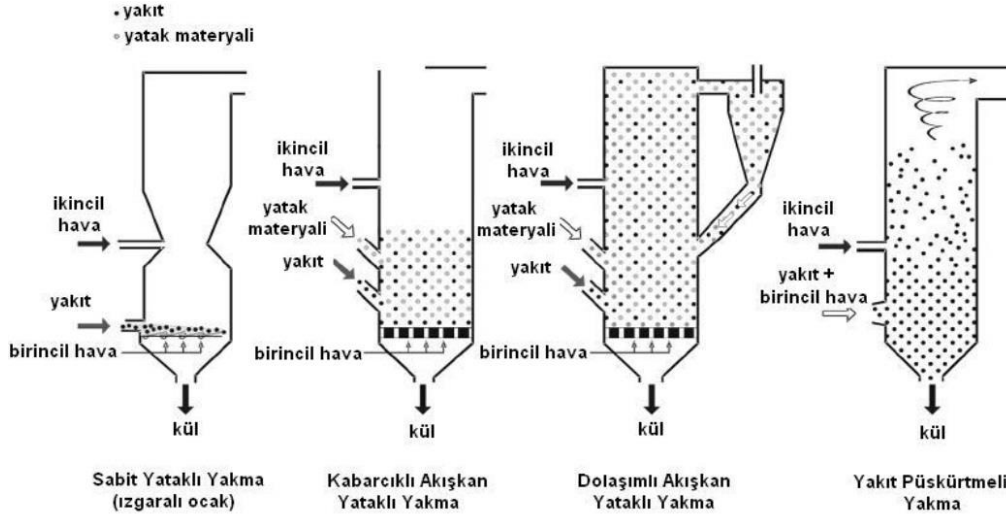
Şekil 1. 6 Gazlaştırma İşlemi Sonucunda Meydana Gelen Enerji Çeşitleri (Çanka Kılıç, 2011).

1.5.5 Doğrudan Yakma İşlemi

Bilinen en eski termokimyasal dönüşüm sistemi olan doğrudan yakma enerji üretimi amacıyla biyokütlenin yakılması işlemi kullanılır. Biyokütlenin yakılması ile ısı ve elektrik üretimi meydana gelir. Günümüzde kullanılan modern yakma sistemleri ile katı büyük kitlelerin yakılmasını yanında şehir attığı gibi biyokütlelerin yakılmasında mümkün hale gelmiştir.

Yakma sistemlerinden doğrudan yakma sistemleri direkt buhar veya ısı üretimi için kullanılmaktadır. Bunun dışında otomatik yakıt hücreli sistemler biyokütlenin iki aşamada enerjiye dönüştürür. Bunlardan birinci aşama kısmi gazlaştırma ve kurutma işlemine tabi tutulması ikinci aşamada yanmanın tamamlanmasıdır.

Bu sistemlerin daha gelişmiş versiyonu ise su soğutma sistemi ile çalışan hareketli ızgara sistemleridir. Doğrudan yakma sistemine tabi tutulacak biyokütlenin yakılması için kullanılan sistemde, biyokütle türü ekipmanlarının seçimi üretilecek olan enerjinin türü, sistem içerisindeki diğer sistemlerle bağlantısı, sistemde geri dönüşüm uygulamasını olup olmayacağı, çevresel faktörlere ve hangi tür içeriğe sahip bir atığın bertaraf edileceği gibi durumlara bağlıdır. Şekil 1. 7. de biyokütle yakma türleri gösterilmiştir (Karaca, 2009).



Şekil 1. 7 Biyokütle Yakma Türleri(Karaca, 2009).

1.5.6 Fermantasyon

Mikroorganizmaların organik maddelerin etkisiyle karbonhidratları, yağları ve proteinlerin parçalanması ile aside karbondioksit üreten organik maddelere dönüştürülmesi işlemlerine fermantasyon denir. Biyoküteller fermantasyon işlemine tabi tutularak etanol elde edilir, Fermantasyon işleminde daha çok nişasta ve şekerler dönüştürülür. Ancak selüloz içeren maddelerden oluşan fermantasyon işlemleri daha verimli kabul edilmektedir (Türkiye iklim değişikliği kongresi, 2007). Selülozun daha verimli kabul edilmesinin sebebi daha ucuz olması ve kullanım avantajına sahip olmasıdır.

1.6 Biyokütellerden Oluşan Biyoyakıt Türleri

Katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç farklı formda üretilen biyokütellere biyoyakıt denir. Sıvı olarak üretilen biyoyakıtlar genelde motorlu taşıtlar için kullanılır. Biyoyakıtlar içerisinde en çok bilinenler biyodizel, biyoetanol, biyoetanol ve biyogazdır (Ar, 2008).

1.6.1 Biyodizel

Tohumlu yağlı bitkiler soya, aspir, kanola, ayçiçek yağı gibi yağlardan ve hayvansal kaynaklı yağların kimyasal bağla oluşturdukları yağ asidine biyodizel denir. Kimyasal yapı olarak dizele benzemese de fonksiyonel özellikleri itibariyle eşit kalitede bir yakıttır. Ayrıca biyodizel petrol içerikli dizel yakıtlarla karıştırılarak da kullanılabilir.

Biyodizelin hammaddesi olan hayvansal ve bitkisel yağlardan yakıt elde edilmesi ve motorlu dizel taşıtlarda kullanılabilmesi için iki özel durum üzerinde birtakım çalışmalar yapılmıştır. Birinci özel durum hayvansal ve bitkisel yağlarda bazı değişkenlerin zorunlu olması ikincisi ise biyodizel, dizel araçlarda kullanılmak istenirse aracın motor şeklinin değiştirilmesi gerekmektedir (Çengelci ve ark., 2011).

Bitkisel kaynaklı yağlardan yakıt elde etmek için yapılan dönüşüm çalışmalarından bir tanesi yağlardaki viskoziteyi düşürmektir.

. Viskoziteyi düşürmek için kullanılan yöntemler ise şunlardır: Kimyasal yöntem ve ısı yöntemleri viskoziteyi azaltmak için kullanılan ısı yönteminde yapılan işlem ön ısıtma işlemidir. Yapılan bu işlem araçların motorlarında yapılması araç motoruna zarar verdiğinden dolayı kimyasal yöntem kullanılması daha uygundur

Biyodizel yakıtın kullanılmasındaki avantajlar ve dezavantajlar

Avantajları:

- CO ve SO_x gazlarının hava kirliliği üzerinde yaptığı etkiyi azaltmada önemli bir etkidir
- Biyodizel yakıtlar dizel yakıtlarla karıştırılarak kullanıldığı gibi biyodizelin tamamında yakıt olarak kullanılabilir.
- Biyodizel içerisindeki kimyasal çözümlerden dolayı içerisinde herhangi bir toksit etki yapan bir kimyasal içerik bulunmamaktadır.
- Biyodizelin kullanılması çevre ve insan sağlığına olumlu etkisinden dolayı çevreci bir kaynaktır.
- Biyodizeller kullanıldığında karbondioksit gibi fazlası atmosfere zarar veren gazların ortaya çıkmamasından dolayı biyodizelin sera etkisi üzerinde bir etkisi yoktur.
- Biyodizelin alevlenme sıcaklığı 149 santigrat derece petrol dizelinin ise 125 santigrat derecedir. Biyodizel, petrol dizeline göre daha yüksek sıcaklıkta tutuştuğundan dolayı depolanması ve taşınabilmesi kullanım kolaylığı olarak petrol dizeline göre daha kolaydır.
- Biyodizel su içerisine bırakıldığında çözünme oranı dizel yakıtlara göre daha yüksektir.

Dezavantajları:

- Biyodizel yüksek viskoziteye sahip olduğundan dolayı ham madde olarak kullanılmak istenen bitkisel yağların işlenmesini zorlaştırmaktadır.
- Biyodizel de hammadde olarak kullanılan bitkileri tohumlarında ekstrakte işlemi yapılırken tohum zarlarının alınamaması nedeniyle araçların filtrelerinde ve egzoz borularında tıkanma gibi sorunlara neden olmaktadır (Özdemir ve ark., 2016).
- Biyodizel yakıtlar, hava şartlarında sıcaklık düşüşünü meydana gelmesi sırasında olumsuz yönde etki yaşamaktadır
- Araçların yakıt olarak tamamen biyodizel kullanması motor parçalarında tahribata neden olacağından dolayı maliyet artışına neden olmaktadır.
- Yüksek sıcaklıkta oksitlenmektedir.
-

Çizelge 1. 2 Biyodizel Ve Dizel Yakıtların Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması

Yakıt Özellikleri	Birim	Sınır Değeri (Min-Max)	Biyodizel	Dizel
Kapalı Formül			C ₁₉ H ₃₅ ,2O ₂	C ₁₂ .226 H ₂₃ .29 SO _{.0575}
Molekül Ağırlığı	g/mol		296	120-320
Özgül Ağırlığı (15 °C)	kg/L	0,875-0,90	0,87-0,88	0,82-0,86
Kinematik Viskozite – 40 °C	mm ² /s	2-4,5	4,5	2,5-3,5
Tutuşma Katsayısı	Setan Sayısı	49-...	>55	49-55
Alevlenme Noktası	°C	55-...	>100	>55
Su Miktarı	mg/kg	...-200	<300	<200

1.6.2 Biyoetanol

Biyoetanol, çeşitli mayaların fermantasyon işlemini tabi tutulmasından sonucunda elde edilen bir biyokütle enerji çeşididir. Fermantasyon işlemi şekerin fermente edilmesi ile biyolojik olarak bir üretim oluşmakta ve daha sonra üretilen bu karışım damıtma işlemi uygulanarak biyoetanol elde edilmektedir.

Biyoetanol, biyodizel gibi araçlarda saf bir şekilde kullanılabileceği gibi karıştırılarak da kullanılabilir (Karadağ, 2013). Biyoetanolin yanması sonucunda ortaya çıkan karbondioksit miktarı fosil yakıtlara oranla daha azdır. Biyoetanol daha kısa

sürede yanmayı gerçekleştirdiği için benzinle çalışan içten yanmalı motorlara oranla biyoetanol ile çalışan motorlar daha yüksek verimle çalışır ve yakıt sisteminin temiz kalmasını sağlamaktadır.

Biyoetanol içeriğindeki % 35 oksijen miktarından dolayı yanma durumunda daha az havaya ihtiyaç duyar. Ayrıca buharlaşma ısısı etanol ile kıyaslandığında daha yüksek seviyelerdedir fakat alev sıcaklığı bakımından daha düşüktür. Biyoetanol bu çevreci özelliklerinden dolayı insan ve çevre sağlığı açısından zararlı partiküllerin ve toksik maddelerin yayılmasını azaltmaktadır.

Çizelge 1.3 Bazı Tarım Ürünlerinden Elde Edilen Etanol Miktarları Ve Verimleri(Karadağ, 2013)

ÇEŞİTLİ TARIMSAL KAYNAKLARDAN ELDE EDİLEN ETANOL VERİMİ				
	Ton/hektar	Şeker (%)	Etanol (lt/ton)	Üretim (lt/ha)
Şeker Kamışı	50-100	13	60-80	3500-7000
Şeker Pancarı	40-50	16	90-100	3800-4800
Mısır	4-8	60	360-400	1500-3000
Buğday	2-9	62	370-420	740-3800
Sorgum	4-15	70	330-370	1480-6300
Keçi Boynuzu	8-10	45	150	1380

1.6.3 Biyogaz

Biyogaz oksijensiz ortamda hayvansal ve bitkisel kaynakları atıkları bakteriler tarafından bozunmasıyla bir gaz karışımıdır. Biyogaz havadan hafif renksiz ve kokusuz bir gazdır organik maddeler genelde %40 ve 60 oranında biyogaza dönüştürülür.1 m3 biyogazın sağladığı ısı miktarı:

- (4700-5700 kcal/m³);
- 0,62 L gazyağı,
- 1,46 kg odun kömürü,
- 3,47 kg odun,
- 0,43 kg bütan gazı,
- 12,3 kg tezek ve 4,70 kW/ h elektrik enerjisi eşdeğerindedir.(Pehlivan, 2008)

Biyogazdan metan gazının yanı sıra hidrojen Sülfür azot karbondioksit gibi gazlarda oluşmaktadır biyogazın verimini arttırabilmek için metan gazı dışındaki gazların oranı düşürülerek metan gazı saflaştırılması gerekmektedir.

Çizelge 1. 4 Biyogaza Ait Özellikler

Özellik	Açıklama
Yanma	Yüksek Derece
Kullanım Alanları	Elektrik Enerjisi, pişirme, ısıtma, kurutma
Yoğunluk	1,2 kg/m ³ (havanın yoğunluğu 1,3 kg/m ³)
Tutuşma Sıcaklığı	700 °C
Tutuşma Oranı	Hava- Gaz Karışımını 6/12 biyogaz
Yanma İçin Gerekli Hava	Teorik Olarak 5,7 m ³ hava /m ³ biyogaz
Patlama	Biyogaz tek başına yanmaz, çok dikkatli bir şekilde depolanmalıdır, hava ile teması veya gaz depolama kısmında sızma yoksa tehlikesi yoktur.
Rengi	Renksiz
Biyogazın Isıl Değeri Ortalama	23000 kJ/m ³ (4700/6000 kcal/m ³)
Kokusu	Metan Kokusuzdur. Fakat diğer gazların içeriğinden dolayı sarımsak kokusuna benzer bir kokusu vardır.

Biyogaz, karbondioksit içerdiğinden dolayı yanma hızı düşüktür. Biyogazın yanması için içerisinde bulunan hava içerisinde minimum % 5 oranında karbondioksit bulunması gerekmektedir 1 metreküp biyogaz yakılmak istenirse 5.7 metreküp hava gerekmektedir. Fakat ideal bir yakma oranı istenirse karbondioksit miktarını % 20 ve %30 arasında olması gerekmektedir.

Biyogaz içerisinde bulunan metan gazı yanma özellikleri bakımından diğer gazlara benzemesine rağmen bir takım fiziksel özellikleri bakımından butan ve propan gazlarından farklılık göstermektedir. Biyogaz uzun bekleme sürelerine tabi tutulursa içerisindeki metan gazı miktarı daha fazla çıkmaktadır. Eğer metan gazının bekleme süresi azaltılırsa biyogaz miktarı içinde bulunan miktarın yarısına düşer. Böylelikle biyogaz uzun süreli yanına gerçekleştirilemez biyogazın sıvılaştırılması için düşük sıcaklık ve yüksek basınç gerekmektedir.

Bu özelliğinden dolayı ekonomik olarak pahalıdır. Bundan dolayı depolama açısından tüplere doldurulması zordur ancak üretimin gerçekleştiği yerde kullanılması veyahut borularla taşınması gerekmektedir.

Çizelge 1. 5 Biyogaza İçerisindeki Bileşenler Ve Yüzdeleri

Bileşenler	Sembol	%
Metan	CH ₄	40-70
Karbondioksit	CO ₂	30-60
Hidrojen	H ₂	5-10
Azot	N ₂	1-2
Su Buharı	H ₂ O	0,3
Hidrojen Sülfür	H ₂ S	Az Miktarda

Biyogazın insan sağlığına ve çevreye faydalarından dolayı son yıllarda kalorifer sistemlerinde kullanımında da önemli bir oranda artış meydana gelmiştir. Biyogaz benzinle çalışan araçlarda saf bir şekilde kullanıldığı gibi içerisindeki metan gazının tamamına yakın oranda saflaştırma işlemine tabi tutulduktan sonra da kullanılabilir.

Çevre kirliliğinin artmasına neden olan hayvan gübrelerin uygun şartlar altında değerlendirmediği zaman çevre sorunlarının yanında kısa süre içerisinde depolanırsa hayvan atığı içerisindeki azot bileşiklerinin uygun olmayan şartlarda bozunmasıyla gübre içerisindeki azotun büyük bir kısmı kaybolmaktadır. Ve bu kayıp gübre içerisinde besin maddelerinin miktarında düşüğe neden olmaktadır.

Biyogazın yakılması sonucunda ortaya çıkan karbondioksit miktarı organik atıklar içerisinde bulunan ve aynı zamanda atmosferde bulunan karbondur. Bu nedenle biyogaz içerisindeki karbondioksit fotosentez ile atmosfere geçtiğinden dolayı karbondioksit oranında herhangi bir değişime ve hava içerisindeki karbondioksit değerlerinde herhangi bir artış meydana gelmemektedir.

Biyogaz üretilmesinde kullanılmakta olan organik atıklar rastgele çevreye bırakıldığında çürüyerek sera gazının emisyon değerlerinin artmasına neden olur (Demirer, 2008). Çizelge 1.6 da biyogaz ve çeşitli yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan emisyonlar gösterilmiştir (Öztürk, 2008).

Çizelge 1. 6 Biyogaz Ve Çeşitli Yakıtların Yakılmasıyla Ortaya Çıkan Emisyonlar(Öztürk, 2008).

Yakıt	CO	HC	NO_x	CO₂	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

Biyogaz kullanımının avantajları:

- Biyogaz yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğundan dolayı kullanımı kömür ve fosil yakıtların kullanılmasının azalmasına neden olmaktadır.
- Biyogaz üretiminde hayvansal gübreler de işlendiğinden dolayı gübrelerin kaynak suları ulaşmasını engellenir ve böylece insan ve çevre sağlığına zarar verebilecek hastalıkların önlenmesinde önemli bir etkidir.

- Biyogaz üretiminde kullanılan hayvan gübrelerinin üretim sonunda herhangi bir koku açığa çıkmamaktadır.
- Biyogaz tesislerinde işlenen hayvan gübrelerinin içerisinde yabancı otların tohumları çimlenmemektedir.
- Biyogaz tesislerinden çıkan atıkların gübre olarak kullanılması toprağın gelişimi için oldukça faydalıdır.
- Biyogaz üretilirken içinde bulunan metan gazı önemli bir enerji kaynağıdır.
- Biyogaz üretilirken diğer biyokütle yakıtlarını oranla daha az su tüketimi yapılmaktadır.

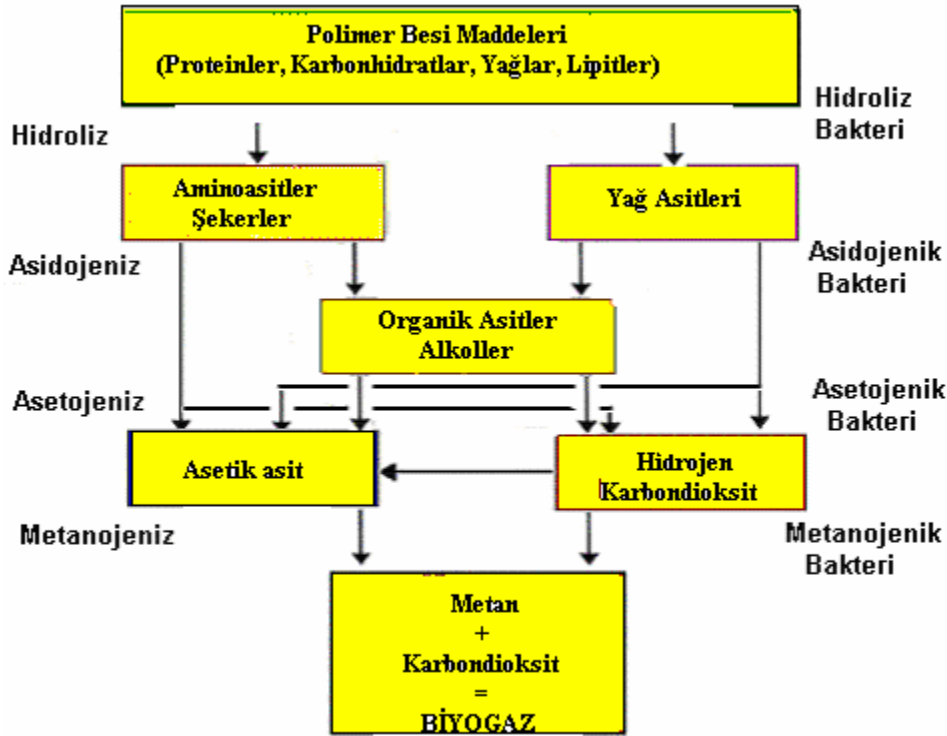
Biyogazın dezavantajları ise şunlardır:

- Havasız çürütme yavaş bir işlem olduğundan dolayı biyogaz veriminin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.
- Kararsız bir yapıya sahip olduğundan dolayı metan ve oksijenle temas ederse patlamalara neden olabilmektedir.
- Biyogaz için büyük çapta bir tesis kurulmak istenirse etkin bir sistem kurmak çok zor olmaktadır.

Biyogaz üretimi yapılırken anaerobik bir çürüme dört aşamada meydana gelir. Bunlar asidojeniz, hidroliz, asetojeniz, metanojenizdir. Ve bu adımlar da görev alan asit bakteriler ise şunlardır:

- Bütirik propiyonik asit üretenler bakteriler
- Asetik asit üreten bakteriler
- Asit kullanan bakteriler
- Hidrojen kullanan bakteriler

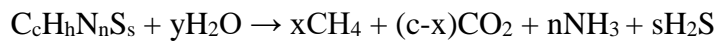
Havasız çürütme ile meydana gelen Fermantasyon işleminde değişik birçok Mikroorganizma kullanıldığından biyokimyasal olarak karmaşık bir işlemdir bakterilerin organik bileşikleri parçalaması 3 adımda meydana gelir. Şekil 1.8 da anaerobik çürüme aşamaları gösterilmiştir (Öztürk, 2005).



Şekil 1. 8 Anaerobik Çürüme Aşamaları(Öztürk, 2005).

Bu adımların ilk aşaması hidroliz işlemi sonucu elde edilen çözülmüş organik maddeler daha düşük molekül ağırlığına sahip olan organik maddeleri dönüştürülür. Asidin elde edilmesi aşamasında ise molekül ağırlığı düşük olan organik maddeler ile bakterilerin kimyasal reaksiyon işlemi sonucunda bazı uçucu yağ asitlerine ve sonra asetik asite dönüşmektedir.

Son adımda ise bakteriler oluşan asetik asit parçalar veya karbondioksit ve hidrojen elde edilerek metan gazı oluşturulur (Karaosmanoğlu, 2006). Organik maddeler ile oksijensiz fermantasyon sonucunda oluşan kimyasal formül aşağıdaki gibidir (Öztürk, 2005).

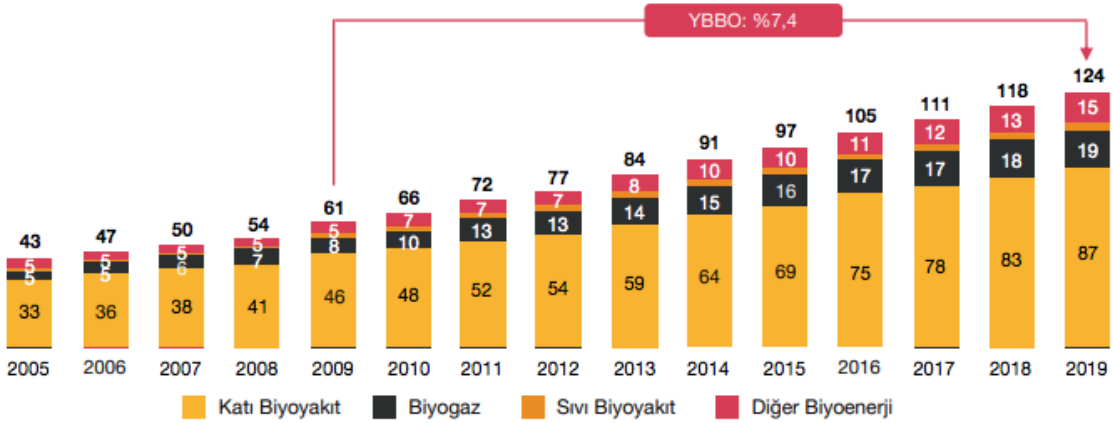


1.7 Dünya’da Biyokütle Enerjisi Kullanımı ve Önemi

İnsanların yaşam kalitesini artması için enerji önemli bir rol oynamaktadır. İnsanlar enerji elde edebilmek için tarih boyunca çeşitli kaynaklardan yararlanmışlardır. Bunların içerisinde günümüzde yaygın olarak kullanılan en önemli enerji kaynağı fosil yakıtlardır ve fosil yakıtlar yenilenebilir bir enerji kaynağı olmamasından dolayı dünya üzerinden yenilenebilir enerji kaynaklarına bir yönelme olmuştur.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı son yıllarda artmıştır. Dünyada üretilen elektrik enerjisinin yüzde altısının biyokütle enerjisi veya diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi tahmin edilmektedir. Biyokütle enerjisi elektrik enerjisi üretimi açısından hidroelektrik santralleri ve rüzgâr enerjisinden sonra en çok kullanılan enerji türüdür. Yenilenebilir enerji kaynaklarına teşvikler OECD ve Avrupa ülkelerinde artmıştır. Bu teşvikler sonucunda biyokütle enerjileri ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminde önemli miktarda artış meydana gelmesine neden olmuştur (Karaca ve ark.,2016).

Yıllara Göre Biyokütle Kurulu Gücü (GW, 2005-2019)



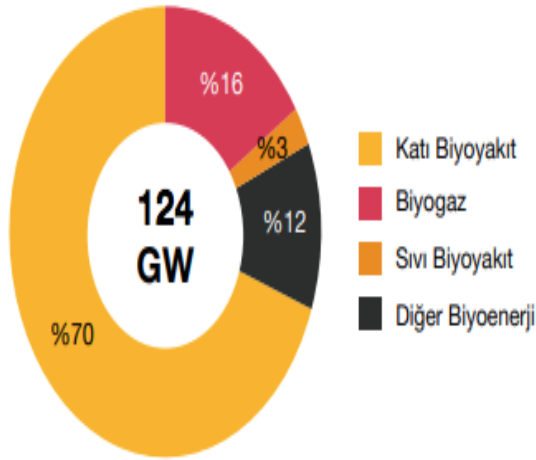
Şekil 1. 9 Yıllara Göre Biyokütle Artışı (PWC, Türkiye, 2019).

Son yıllarda dünya üzerindeki enerji kullanımındaki artış biyokütle enerjisinin ve yenilenebilir enerjilerin kullanımının önemini arttırmaktadır. Bu sebeple yenilenebilir enerjinin modern tesislerle üretiminin yapılması enerjinin planlı bir şekilde kullanması açısından önemlidir. Biyokütlelerin işlenmesi ile açığa çıkan bir enerji türü olan biyoetanol kullanım tarihi bakımından içten yanmalı motorlar kadar eskidir.

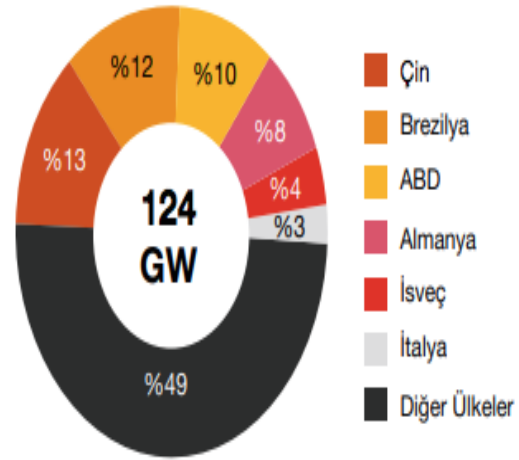
A. Otto, motor üzerine yaptığı çalışmalarda alkolün kullanmış bunun dışında motorlu araçların planlaması aşamasında alkolün yanma özelliğinin kullanılmasını ise Henry Ford ortaya çıkarmıştır. Bu tarz çalışmalar ikinci Dünya Savaşı'ndan günümüze kadar artarak yoğunluk kazanmıştır(Karaosmanoğlu, 2006).

Biyoyakıtlar içerisinde en çok üretilen sıvı yakıt biyoetanoludur. Biyokütle üretimi açısından son yıllarda büyük bir yatırım yapan Avrupa ülkeleri yatırım teşviklerinin gitgide arttırmaktadır. Avrupa Birliği üye ülkeleri biyodizel üretiminde ilk sıralarda yer almaktadır. Biyokütle enerjileri içerisinde biyodizel avantajlı bir yakıt olmasından dolayı son yıllarda yapılan teşvikler artmaktadır.

Yakıt Türüne Göre Kurulu Güç Dağılımı
(%, 2019)



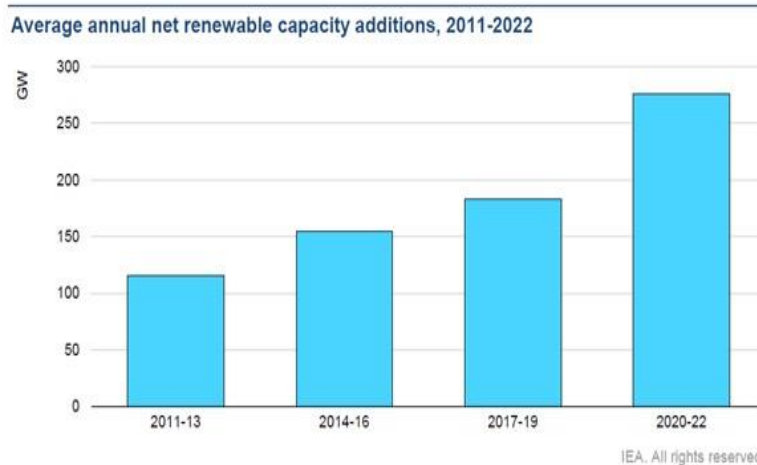
Ülkeler Bazında Kurulu Güç Dağılımı
(%, 2019)



Şekil 1. 10 Ülkelere Göre Biyokütle Kurulu Güç Oranları (Karaosmanoğlu, 2006).

Avrupa Birliği ülkeleri genel olarak 2010 ve 2011 yılları arasında toplam biyodizel üretimlerini 9.1 milyar litreden 9.5 milyar litreye arttırmıştır. Bu rakamlar Avrupa Birliği'nin biyokütle yatırımlarına verdiği önemi göstermektedir. En fazla biyokütle üreten ülkeler Almanya, İspanya, Fransa ve İtalya'dır.

AB ülkeleri 2016 yılındaki verilere göre biyodizel ticareti ile dünya genelinde 80 2.7 milyar dolar gelir elde etmiştir. Avrupa Birliği ülkeleri biyodizel üretiminde hammadde olarak kanola bitkisini kullanmışlardır. 2016 yılından sonra ise palm ve soya yağından biyodizel üretimi yapmaya başlamışlardır. 2020 yılında ise yenilenebilir enerjinin kapasite oranı %45 artırılarak 280 GW ulaşmıştır.



Şekil 1. 11 Dünya'da 2011-2022 Yılları Arasındaki Yenilenebilir Enerji Kapasite Oranı (Yenilenebilir Enerji Piyasası Güncellemesi 2021 ve 2022 Görünümü Raporu Özeti, 2021)

Avrupa Birliği 2008 yılından sonra biyoyakıt sertifika çalışmalarını tamamlanmış ve Sürdürülebilir kriter paketi adı altında 2010 yılı içerisinde Avrupa Birliği komisyon tarafından onaylanarak yürürlüğe girmiştir.

Bu pakete göre biyoyakıtlar fosil yakıtlara göre ortaya çıkardığı sera gazlarının daha düşük olmasından dolayı biyokütle enerjilerinin sertifikalanması uygun görülmüş bununla beraber gıda kaynaklı biyokütle atıklarının dışında kaynakların biyoyakıt olarak kullanılması için planlamalar yapılmaktadır.

Bu planlama kapsamında araştırma ve geliştirme çalışmaları, biyorafineri çalışmaları yapılmaktadır (Dünya enerji Konseyi 2012). Avrupa Birliği Vizyon 2030 adında yayınladığı bir belgede Avrupa Birliği ülkeleri içerisinde biyoyakıt üretiminin artması amaçlanmış ve bu konuda ar-ge çalışmalarının önemli bir miktarda artmasını hedeflemiş ve planlamıştır.

Yine 2011 yılında ilan edilen 2050 yılının yakıtları adlı raporda ise deniz, kara ve hava taşıtlarında biyokütlelerden oluşan yakıtların kullanılması ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Vizyon 2030 dokümanında 2030 yılına içinde biyokütle enerjilerinin yüzde yirmi beş oranında artırılması ile ilgili hedefleri belirtilmiştir. Ayrıca gıda dışı atıkların biyokütle enerjilerinde kullanılması için kurulması gereken modern tesisleri 2020'de tamamlanması 2030 2050 yılları arasında da kullanılması hedeflenmektedir. (Dünya enerji Konseyi, 2012).

Biyokütle Enerjileri içerisinde önemli bir yere sahip olan biyogaz Avrupa Birliği ülkeleri içerisinde Almanya'da 1992'den sonra önemli bir oranda artmıştır. Bu artışta nüfusu 82.000.000 olan Almanya aktif olarak 1650 biyogaz tesisi ne sahiptir.

Bu sayı nüfusuna oranla andığında her 50000 kişiye bir tane biyogaz enerji tesisi denk düşmektedir. Yine aynı şekilde Avustralya'da ise 120 adet biyogaz tesisi vardır ve bu nüfusa oranla her 67000 kişiye bir adet biyogaz tesisi demektir.

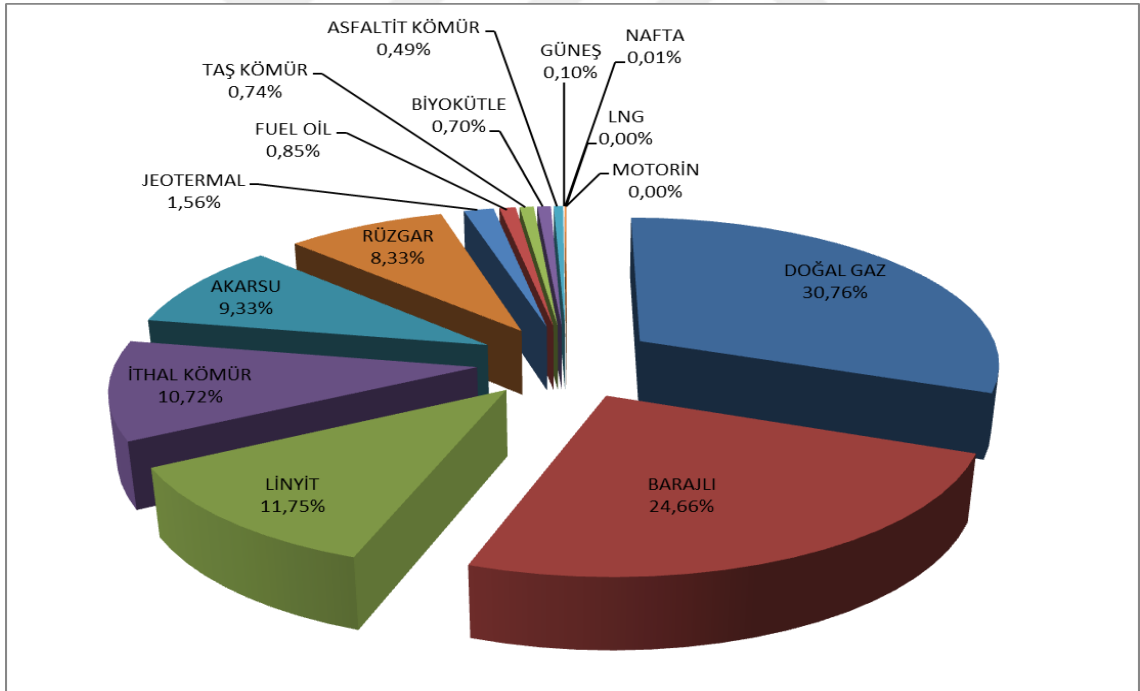
Kyoto sözleşmesine göre Dünya üzerindeki sera gazı miktarının azaltılması için bazı anlaşmalar yapılmıştır. Bu protokole uyan Avrupa Birliği üyeleri 2012 yılında geçmiş yıllara oranla %8 oranında karbondioksit emisyonuna düşünmeyi amaçlamışlardır ve bu anlaşma neticesinde karbondioksit oranında 211 milyon tonluk bir düşüş meydana gelmiştir. Biyogazın verimi düşük olmasından dolayı ARGE çalışmaları verimin artırılması üzerine yoğunluk kazanmıştır.

Biyogaz enerji ile sadece elektrik üretimi değil ısıma gibi ihtiyaçların giderilmesi de hedeflenmiştir. Bundan dolayı doğalgazda bir alternatif olarak düşünülmektedir. İsveç doğalgazı kaldırarak yerine biyogazı kullanmayı

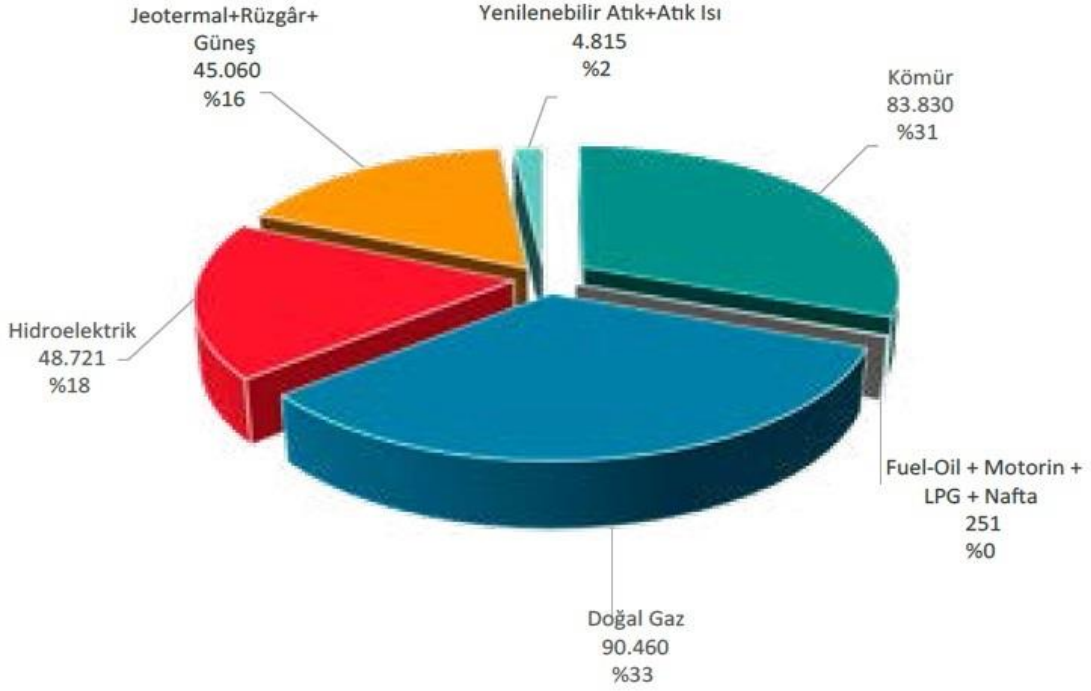
planlamaktadır. Son 10 yıllık süreç içerisinde ülkedeki ulaşım araçları içerisinde biyogazın oranı gitgide artmaktadır. 2005 yılından itibaren İsveç'te trenlerde biyogaz enerjisi kullanılmaya başlamıştır.

1.8 Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı

Türkiye coğrafi konum bakımından Avrupa Asya ve Afrika'nın kesiştiği bir noktada önemli yer altı ve yer üstü kaynaklarına sahip matematiksel ve özel konumu itibarıyla önemli bir merkezdir. Türkiye stratejik konumu dışında yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir ülkedir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları konusunda son yıllarda yaptığı atılımlarla özellikle elektrik enerjisi üretiminde biyokütle kaynaklarının kullanılması ile ilgili çalışmalarını hızla arttırmaktadır. Şekil 1.12 ve 1.13 de görüldüğü gibi 2019 ve 2021 yılları arasındaki Türkiye'de biyokütle kaynaklı veya diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen veriler gösterilmiştir. Bu verilere göre yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttığı görülmektedir.



Şekil 1. 12 2019 Yılı İçerisindeki Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi (EPDK,2019)



Şekil 1. 13 2021 Yılı İçerisindeki Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi(EPDK,2021)

Türkiye enerji kullanımı açısından dışa bağımlı bir ülkedir. Bundan dolayı bu bağımlılığı azaltabilmek için ve çevre sorunlarını minimum seviyeye indirebilmek için planlamalar yapmaktadır. Bu planlamalar içerisinde enerji bağımlılığını azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ve bunların artırılması ile ilgili teşvikler yapılmıştır.

5436 sayılı yenilenebilir enerji kanunu 2005 yılında çıkararak bu konudaki ilk adımını atmıştır. Fakat fiyat garantisini düşük tutulması ve bu kanun dışında herhangi bir mevzuatın hazırlanmamasından dolayı 2010 yıllarına kadar yenilenebilir enerji açısından beklenen yatırım gerçekleşmemiştir. 2010 yılından sonra yenilenebilir enerji ile ilgili kanunlar düzenlemeye tabi tutulmuş ve daha yüksek fiyat garantisi verilmesiyle yenilenebilir enerjinin ülkede kullanılmasında büyük bir gelişme yaşamıştır. Bunların dışında 5627 sayılı kanun ile ve 5748 sayılı kanunla elektrik ve enerji verimliliği ile ilgili düzenlemeler yapılarak bu alandaki teşviklerde artışlar yapılmıştır (Özen ve ark., 2015).

Yenilenebilir enerji kaynağı çevre ve insan sağlığına faydaları bulunan, ülkelerin dışa bağımlılığını azaltan ve fosil yakıtların tükenbilmesine karşı yenilenebilir enerji kaynağı olduğundan dolayı Dünyada ve Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynağına verilen önem artmıştır. Bu önemle birlikte enerji ihtiyacının karşılanması yeni iş alanları

ve istihdam oluşturduğundan ülkelerin bu enerji kaynağına yönelmesi artmaktadır. Türkiye'de bu alandaki yatırımlarını arttırarak hidrolik, rüzgâr, güneş, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yasal düzenleme yaparak yenilenebilir enerji kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılmasına verdiği önemi göstermektedir.

Çevre sorunlarını azaltmak ve enerji tasarrufunu arttırmak için kullanılan yenilenebilir kaynaklar içerisinde önemli bir yere sahip olan biyokütle yatırımlar ve teşvikler yapılarak modern enerji tesislerinin kurulması gerekmektedir. Dünya üzerindeki birçok ülke yenilenebilir enerji kaynağı üretebilmek için kendi iklim şartlarında yetişebilecek ve ekonomik açıdan tasarruflu olan tarımsal ürünleri ekmektedir. Türkiye'de ise iklim şartlarının uygunluğu ve toprakların üzerinde dört mevsimin yaşaması nedeniyle birçok ülkeye kıyasla daha iyi bir potansiyele sahiptir. Türkiye biyokütle enerjisini sağlayabilmek için yetiştirmesi gereken ürünlerden en iyi şekilde faydalanabilmesi için güneşi, su kaynaklarını ve mevsimsel olarak uygun olmasını etkili bir şekilde kullanması gerekmektedir. Ayrıca Türkiye arazilerinin % 15'i ormanlarla kaplıdır. Türkiye'deki toplam orman potansiyeli ise 117.138 kilometrekareye ulaşmıştır. Türkiye'de enerji ormancılığı potansiyeli açısından 5 milyon hektarlık bir alana sahiptir Bu alanın 2.6 M ha lik kısmı yakacak odun olarak kullanılabilir. Geriye kalan alan ise düşük kalite orman ürünlerinden oluşmaktadır (Balat, 2005).

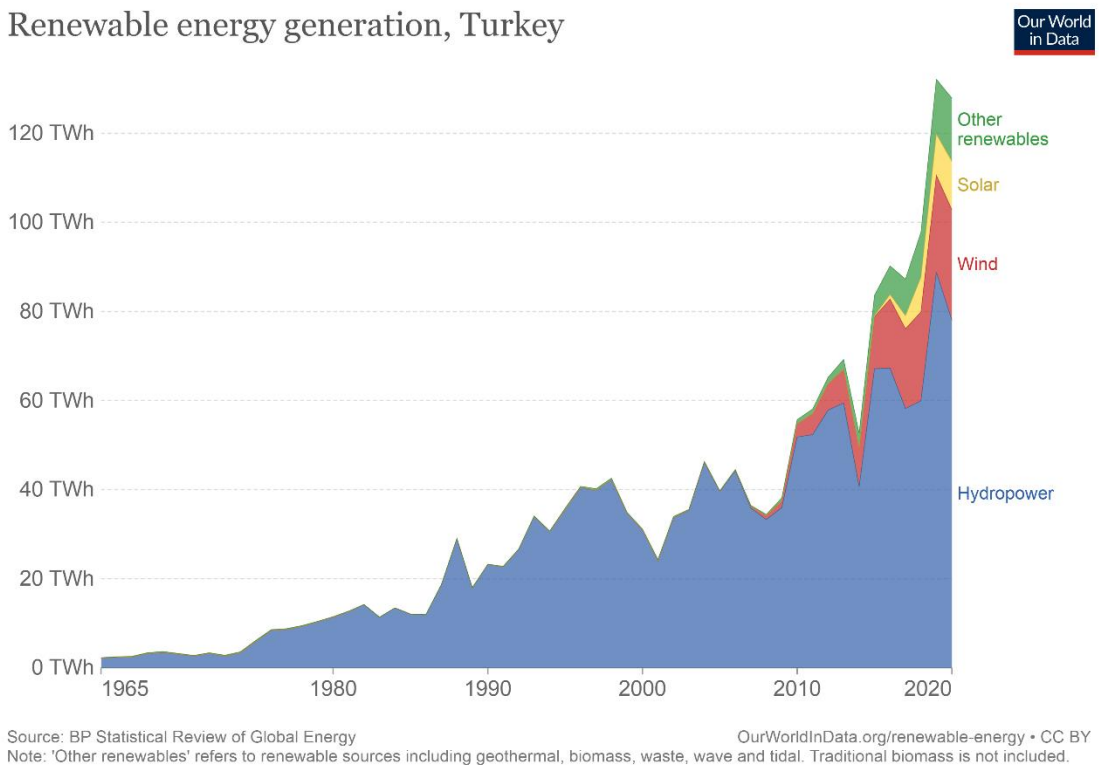
Ayrıca Türkiye özel konumundan dolayı tarımsal çeşitliliği en çok olan ülkedir. Türkiye'de tarımsal bitki olarak en çok ekilen % 70 oranında buğdaydır. Buğdaydan sonra en çok arpa ve mısır üretilmektedir. Ayrıca Türkiye'de mevsiminden dolayı birçok meyve yetişmektedir. Bu tarımsal çeşitten dolayı ülkemiz biyokütle potansiyeli olarak iyi bir potansiyele sahiptir. Biyokütle enerjilerinden biri olan biyogazdan elektrik üretilmesiyle biyogaz üretim tesisinden çıkan gübre içerisindeki metan ve diğer zararlı gazlardan arındırıldığından dolayı çevre ve insan sağlığı açısından oldukça faydalıdır.

Bundan dolayı Dünyada ve Türkiye'de kullanımı yaygınlaşmaktadır. Türkiye 2019-2023 yıllarını kapsayan 11. Kalkınma planında biyokütle enerjisinin artırılmasına yönelik yatırımlarının 2023 yılına kadar devam etmesini ve 110 GW gücüne ulaşmasını hedeflemektedir. Enerji potansiyelini arttırmayı hedefleyen Türkiye 2021 yılı içerisinde Şubat ayından itibaren toplam enerji kurulu kapasitesi 2021 verilerine göre hidroelektrik kaynağı ile 31.177,90 MW, jeotermal kaynaklardan elde edilen enerji kaynağı 1.623,90 MW, rüzgar enerjisinden elde edilen enerji 9.192,20 MW, güneş enerjisinden elde

edilen enerji 6.869,40 ve biyokütle enerjisinden elde edilen enerji miktarı 1.146,10 MW²dir (TEİAŞ, 2021).

Birincil enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin toplam gücü 96.709,60 MW tır. Bunların içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşan miktar 2000-2009 yılları arasında azalmış daha sonra 2021 Şubat ayında biyokütle enerjilerine verilen desteğin artmasından dolayı toplam güç içerisindeki yenilenebilir enerji payı %53.05 olmuştur. Bu yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek güce sahip olan enerji kaynağı hidrolik rüzgâr jeotermal ve biyokütle enerjisi olarak sıralanmaktadır. Bu enerji kaynaklarındaki değişim aşağıdaki şekil 1.12 de ifade edilmiştir.

Renewable energy generation, Turkey

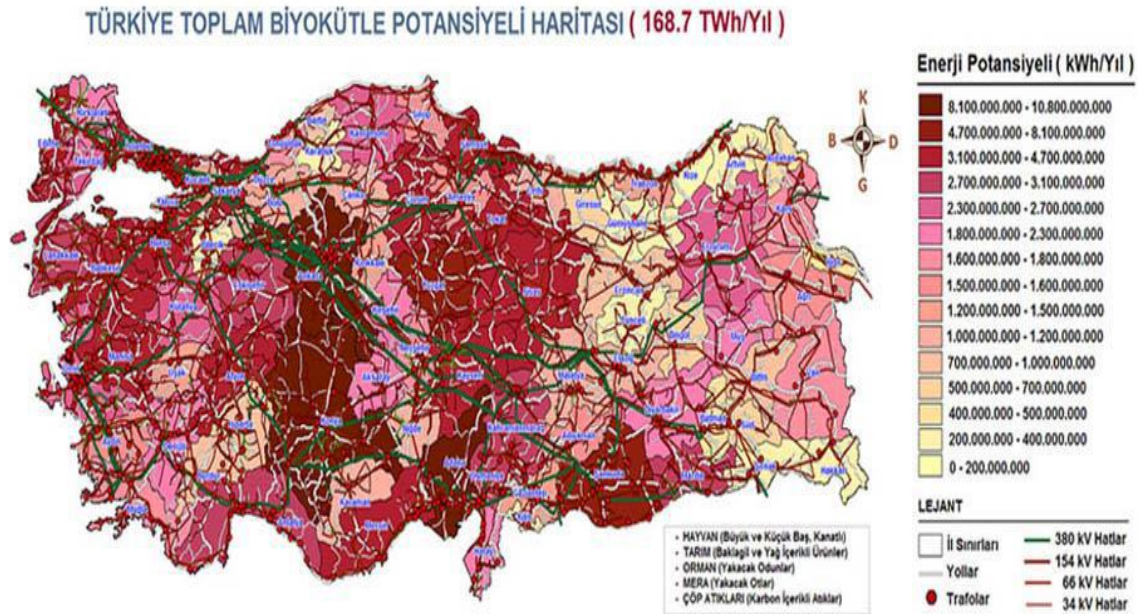


Şekil 1. 14 1965-2020 Yılları Arasında Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değişimi(Torku,2017)

Şekil 1.14 de gösterildiği gibi 1965 ve 2020 yılları arasındaki yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artış Türkiye'nin son yıllarda yenilenebilir enerjinin artırılmasına yönelik politikalarının etkilerini göstermektedir.

Ülkemizde üretilen biyokütle kaynaklarından biyoetanol biyodizele göre geleceğe yönelik planlaması ve uygulanabilirliği devam etmiştir. Fakat bu enerji kaynaklarının yakıt olarak kullanılması ile ilgili herhangi bir zorlayıcı kanun olmadığından dolayı bu enerji kaynakları ile ilgili ilerleme istenilen seviyeye ulaşamamıştır. Biyodizele yönelik yapılan teşviklerin bir benzeri biyoetanol neden

yapılmaktadır. Biyoetanolün benzinle karıştırılarak kullanılmasında % 2'lik kısmına ÖTV uygulanmamaktadır. 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren % 2, 1 Ocak 2014 tarihinden itibaren % 3 olmak üzere tarım ürünlerinden elde edilen biyoetanol karışımı yasal düzenlemelerle zorunlu kapsamı altına alınmıştır.(Torku,2017)



Şekil 1. 15 Türkiye’deki toplam biyokütle potansiyelinin illere göre dağılımı(BEPA,2023)

BEPA nin yayınladığı verilere göre Türkiye’de hayvan kaynaklı atıkların ekonomik eşdeğerinin toplam enerji potansiyeli yıl oranı olarak 1.084.506, bitkilerden kaynaklanan atıkların ekonomik olarak eşdeğeri 1462159, belediyelerden kaynaklanan atıkların ekonomik enerji değerleri 485.858 ve ormanlardan kaynaklanan ekonomik enerji eşdeğeri 850 9899 TEP/yıl olarak ifade edilmektedir

BEPA ya göre Türkiye’de biyodizel işleme lisansına sahip olan firmaları 8 adet biyoetanol işleme lisansına sahip olan 5 adet ve biyokütle enerjilerinden kaynaklı olan elektrik üretim enerji tesislerinin sayısı ise 199 adet olarak ifade edilmiştir.

Şekil 1.15 te Türkiye’deki toplam biyokütle potansiyelinin illere göre dağılımı gösterilmiştir (Toklu, 2017; İllez, 2020).Türkiye genelinde atıklardan elde edilen toplam enerji eşdeğeri 34 milyon 2.549 TEP/yıldır.

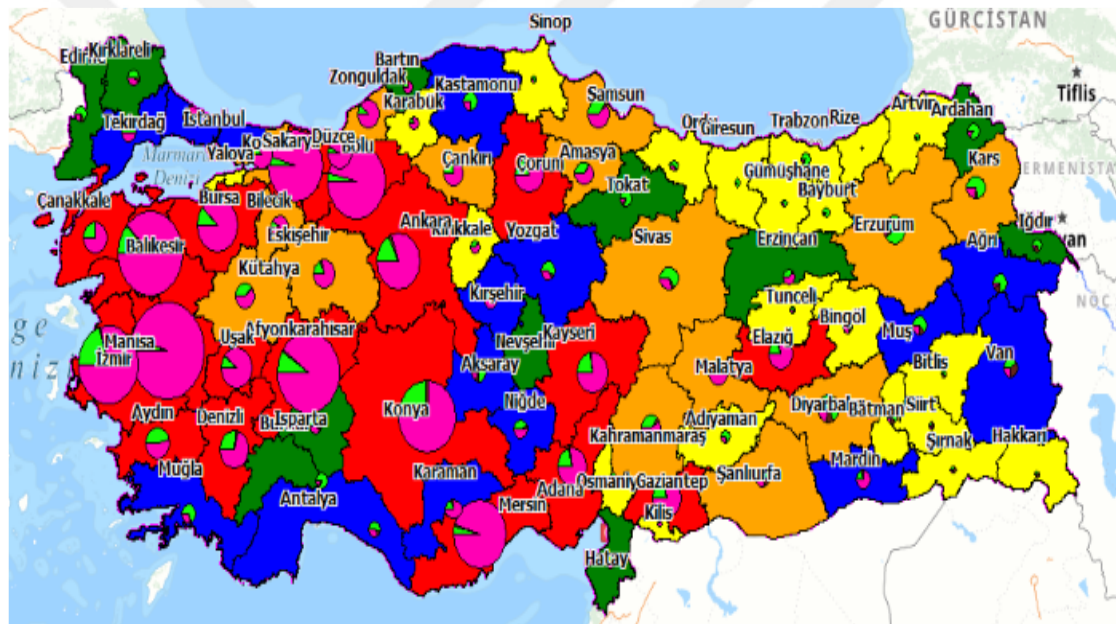
1.8.1 Türkiye’de Hayvansal Atık Kaynaklı Biyokütle Enerji Potansiyeli

Hayvan dışkıları, mezbahane atıkları, gibi hayvansal atıklardan elde edilen biyokütlelere hayvansal kaynaklı biyokütle denir. Türkiye’de hayvancılık Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde daha çok küçük ölçekte yapılması ve aile işletmesi olarak kalmasından dolayı bu konudaki veriler kesin olarak sağlanmamaktadır.

Hayvancılık genel itibariyle kırsal kesimde yapılmaktadır. Türkiye'nin batı bölgelerinde ise son yıllardaki teşviklerden dolayı büyük modern tesislerde yapılmaya başlamıştır (TİGEM, 2013).

Türkiye'de büyükbaş hayvan yetiştiriciliği daha çok sığır, manda ile yapılmaktadır. Bununla birlikte sayısı her geçen gün azalan manda yetiştiriciliğinin artması için son yıllarda destek ve teşvikler verilerek manda üretiminin artırılması hedeflenmektedir.

Küçükbaş hayvancılığı ülkemizin Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde daha çok koyun yetiştiriciliği ile yapılmaktadır. Koyun yetiştiriciliği 1980 yılından sonra azalma yaşanmışsa da 2010 yılında sonra verilen teşvik ve desteklerden dolayı tekrar artmaya başlamış ve yaklaşık olarak % 52 oranında bir artış meydana gelmiştir (TİGEM, 2019).

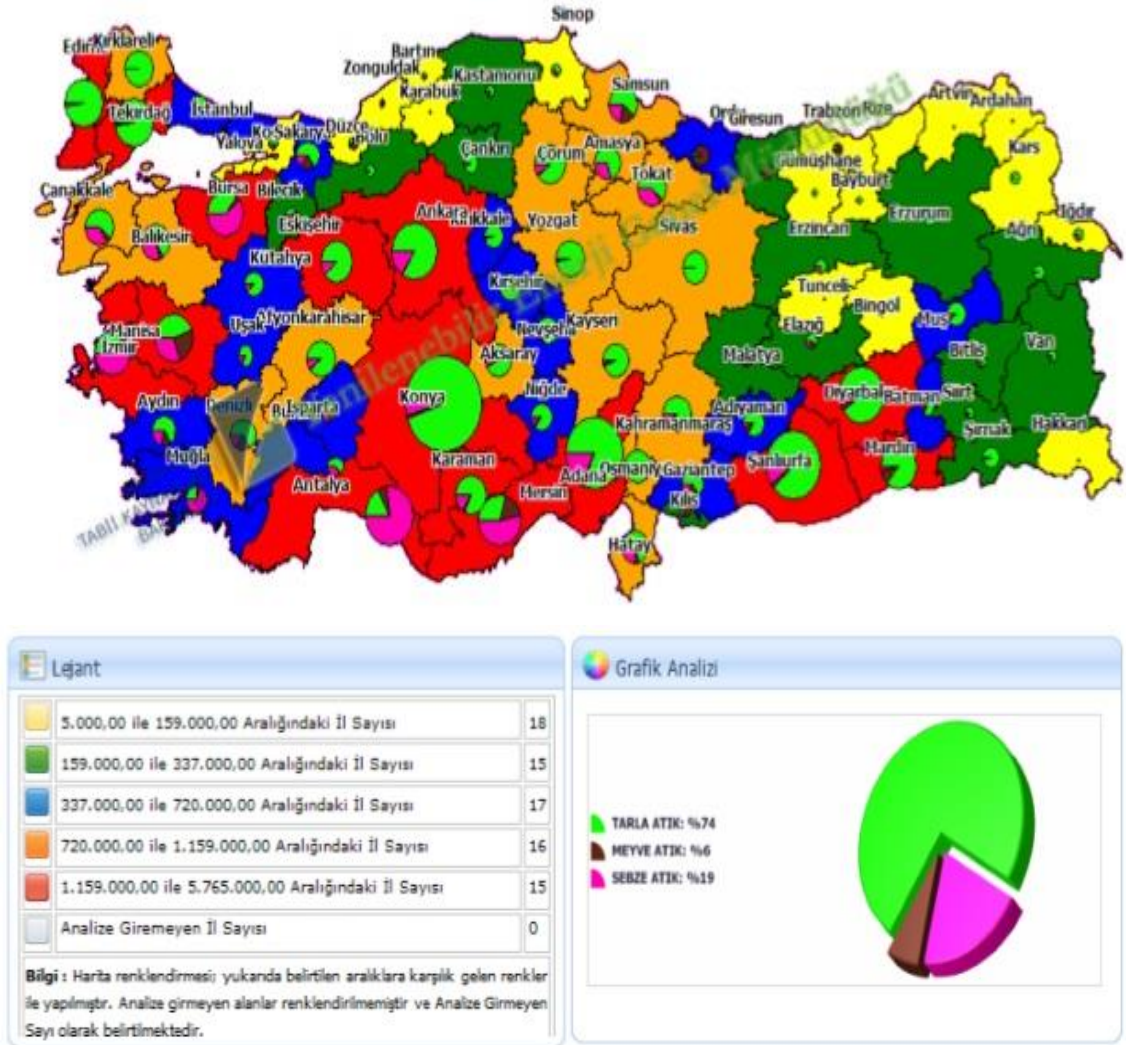


Şekil 1. 16 Türkiye'de Hayvansal Atıklardan Kaynaklanan Biyokütle Enerjisi(BEPA,2023)

1.8.2 Türkiye’de Bitkisel Atıklardan Kaynaklanan Biyokütle Enerji Potansiyeli

Tarım ürünlerinin işlenmesinden sonra ortaya çıkan atıklardan oluşan biyokütlele bitkisel atıklardan kaynaklı biyokütle enerjisi denir. Türkiye'nin sahip olduğu bitkisel enerji değerleri illere göre sıralandığında % 74 ile tarla bitkileri birinci sırada yer almaktadır. Daha sonra bunları % 19 ile sebzeler ve % 6 ile meyveler izlemektedir.

Bitkisel kaynaklı atıklardan yüksek miktarda yararlanabilmek için bu atıkların biyokütle işleme tesislerine ulaşması bu verimlilik oranını etkilemektedir. Aşağıdaki çizelge 1.17 de BEPA’ dan alınmış verilerle Türkiye'nin il bazında bitkisel enerji değeri ve bitkisel atık potansiyeli gösterilmiştir.



Şekil 1. 17 Türkiye’nin İl Bazındaki Bitkisel Enerji Değerleri(BEPA,2023)

1.8.3 Türkiye’de Orman Atıklarından Kaynaklanan Biyokütle Enerji Potansiyeli

Türkiye'deki ormanların idaresini Orman Genel Müdürlüğü yapmaktadır. OGM 2020 verilerine göre Türkiye'deki toplam yüz ölçümünün % 15'ine orman arazileri oluşturmaktadır. 117.138 kilometre kareye tekabül etmektedir. Türkiye'deki ormanlar içerisindeki ağaçların türleri % 33 ile gürgen, meşe, kestane, kızılgaç gibi yapraklı ağaçlardan % 28'i kızılçam, köknar, karaçam, sedir, ladin gibi iğneli yapraklı ağaçlardan bunların dışında kalan % 19'luk kısım ise iğneli ve karışık yapraklı ağaçlardan meydana gelmektedir.

Bir ülkenin orman varlığı yüksek olması ülkenin ekonomik yapısını güçlü kılacağından dolayı ormanların kullanılması sadece biyokütle enerjisi ile kalmayıp bunun dışında kereste ve kâğıt gibi sektörlerin ile hammaddesini oluşturduğu için Türkiye'nin orman varlıklarını korunması ve artırılması için gerekli politikaların üretilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki görselde Türkiye'nin Ormanlardan kaynaklı atıkların enerji eşdeğerleri gösterilmiştir.



200 ile 6.100 Arasındaki Bölge Müdürlük Sayısı	8
6.100 ile 8.800 Arasındaki Bölge Müdürlük Sayısı	4
8.800 ile 18.200 Arasındaki Bölge Müdürlük Sayısı	3
18.200 ile 38.200 Arasındaki Bölge Müdürlük Sayısı	5
38.200 ile 194.400 Arasındaki Bölge Müdürlük Sayısı	7

Şekil 1. 18 Türkiye’nin Bölge Müdürlükleri Baz Alınarak Hazırlanan Orman Atıklarından Kaynaklı Enerji Eşdeğerlerini Gösteren Harita (OGM,2020)

1.8.4 Türkiye’de Belediyelerden Kaynaklanan Atıklar Ve Enerji Potansiyelleri

Yönetim olarak belediyenin sorumlu olduğu bölgelerden çıkan evsel ve endüstriyel veya kurumsal atıklara belediye atıkları denir. Belediye atıkları içeriğindeki atık çeşitliliğinden dolayı biyokütle enerjisi açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

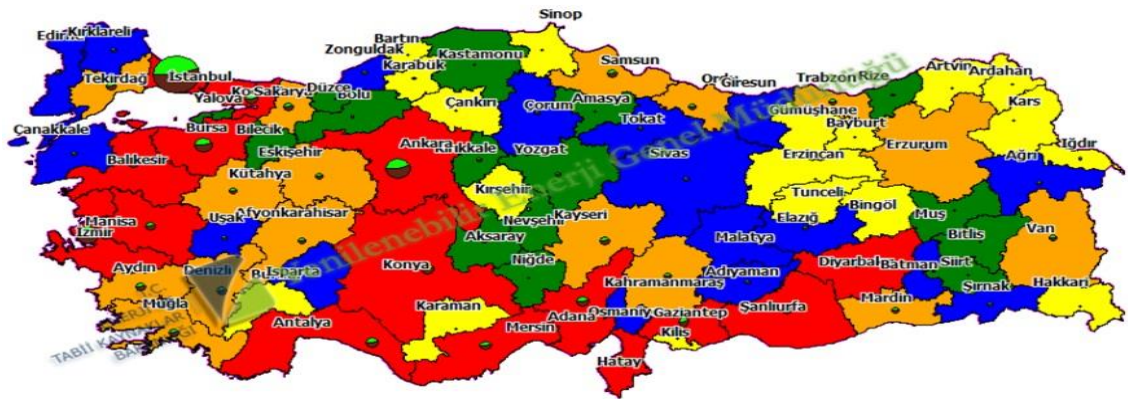
Bu atıkların çeşitli kimyasal işlemlere tabi tutulması ile biyokütle enerjilerine çevrilmesi ekonomi kaçında önemli gelirleri elde etmeye olanak tanımaktadır belediye atıklarını içerikleri:

- Evsel Atıklar
- Geri Dönüşüm Atıkları
- Evlerden Çıkan Tehlikeli Atıklar Piller Ve Ampuller Gibi Evlerden Çıkan Endüstriyel Atıklar

Bahçe Ve Pazar Yerlerinden Çıkan Atıklar

Cadde Ve Kaldırımların Temizlenmesi İle Ortaya Çıkan Atıklar

- Büyük Kütlelere Sahip Olan Mobilya Ve Benzeri Atıklar(ÇŞB, 2022). Olarak sıralanabilmektedir.



Şekil 1. 19 Belediye kaynaklı atıkların illere göre oranı (BEPA,2023)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Karaca ve Arkadaşları, 2016 Yaptıkları çalışma kapsamında Aydın ilinin tarımsal atık kaynaklı biyokütle potansiyelini belirlemişlerdir. Aydın'ın potansiyel enerji eşdeğerini 11.365.506 GJ (3157,04 GWh) olarak hesaplamışlardır.

Torku, 2017 bu çalışma kapsamında biyokütlenin Dünya üzerinde en fazla kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı ve bu enerji kaynaklarının katı, sıvı, gaz gibi çeşitli formlarda bulunabileceğini belirtmişlerdir. Biyokütlenin kullanım alanlarının elektrik enerji ihtiyacının karşılanmasında ısıtmada kullanılmasından ve araçlarda yakıt temini olarak kullanıldığını belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında Türkiye'nin toplam biyokütle enerji potansiyelinin 33000000 ton TEP eş değer olduğunu ve kullanılabilir ekonomik TEP değerinin ise 17000000 ton olduğu ifade edilmiştir.

Yokuş, 2011 Sivas ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyeli isimli çalışmadan Sivas ilinin hayvan kaynaklı atıklarının miktarı belirtilerek Sivas iline ait Biyogaz potansiyeli belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Sivas iline ait yıllık biyogaz potansiyelinin enerji miktarları belirtilmiştir. Sivas iline ait hayvancılığın potansiyelleri, sayıları gibi verileri Sivas Tarım İl Müdürlüğü tarafından yayınlanan verilere göre alınmıştır.

Buğutekin, 2007 Bu doktora tezi kapsamında atıklardan biyogaz üretiminin nasıl yapıldığı incelenmiş ve biyogaz üretiminin verimliliğini etkileyen atık cinsi, karıştırma, Ph, bekleme süresi ve özellikle karıştırma etkisi gibi parametrelerin incelemektedir. Ve bu İnceleme sonucunda Rushton karıştırıcısının fermente işlemine tabi tutulan biyokütlenin içerisindeki atığın her noktada yoğun bir şekilde hareketlilik özelliği kazandırdığı ve atık içerisindeki sıcaklık dağılımı eşit bir şekilde olduğunu ayrıca çift kanatlı karıştırıcılar içerisinde atık hareketlerinin yavaş olduğunu hatta bazı bölgelerde atığın hiçbir şekilde hareket etmediğini tespit etmiştir.

Çengelci ve Arkadaşları, 2011 Bu çalışma kapsamında Dünya üzerinde en yaygın olan yakıt ürünün fosil yakıt olduğunu belirtip ayrıca fosil yakıtların rezerv kaynaklarının azalmasından dolayı ülkelerin yeni bir alternatif enerji kaynağı arayışının olduğunu belirtmiştir. Alternatif kaynaklar içerisinde biyodizel kaynağını araştırıp dizel yakıtlara alternatif bir yakıt olarak kullanılabileceğini ifade etmektedir. Yaptığı çalışmada biyodizelin kaynağı olan bitkilerin soya, kanola, aspir yağları ülkemizde yaygın olarak üretilmesi ve hayvancılığın yaygın olması ile balık sektörünün

gelişmesinden dolayı ülkemizin biyodizel üretmek için yeterli kaynağı sahip olduğunu belirterek yaptığı çalışmada dizel, hayvansal ve bitkisel biyodizel kıyaslaması yapmıştır.

Gül, 2006 Tavuk gübresinden biyogaz üretim potansiyelini araştırılması isimli çalışma kapsamında tavuk gübresinden biyogaz eldesini havasız ayrışma ile orsat cihazı kullanarak belirlemişlerdir. Biyogaz üretiminin alternatif bir enerji kaynağı olacağı belirtilerek bu yolla üretilen enerjinin yüksek dereceli atık stabilizasyonun patojen giderimi oksijen ihtiyacının olmaması gibi birçok avantaja sahip olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmada Biyogaz üretimi gerçekleştirmek amacıyla 6 tane reaktör kullanılmış ve bu reaktörler de ki gaz çıkışları 90 gün boyunca takip edilmiştir. 90 günlük takibin sonucunda çeşitli katı madde oranlarının biyogaz üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Katı madde oranının artması ile birlikte biyogaz üretiminin arttığı gözlemlenmiş fakat katı madde başına düşen birim üretimin azaldığı belirlenmiştir

Nacar ve Arkadaşları, 2007 Yaptıkları çalışmadan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütle enerjisinin potansiyelini araştırılmış ve çalışma sonucunda Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki bir yılda elde edilen ortalama kuru biyokütle miktarı ve ısı değeri hesaplanmıştır. Ayrıca Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki biyokütle potansiyelinin etkili bir şekilde kullanılması için tavsiyelerde bulunmuşlardır

Özdemir ve Arkadaşları, 2016 Yaptıkları çalışmada biyodizel üretim yöntemlerini açıklamakla birlikte biyodizelin çevresel etkileri avantaj ve dezavantajları hakkında bilgi vermişlerdir.

Ar, F.F 2008 Biyoyakıtlar tehdit mi? fırsat mı? Adlı makale çalışmasında biyoyakıtların tehdit veya fırsat olduğunu savunan iki zıt görüşün görüşleri belirtilerek yapılan çalışma kapsamında biyoyakıtların tehdit olduğunu belirten görüşün biyoyakıtların gıda üretimine ayrılması gereken alanları bu enerjiyi üretmek için kullanılan hammadde üretimine ayrılması sebebiyle gıda üretiminin azalacağını ve fiyatlarının artacağını ve yoksul ülkelerin açlığa mahkum olacağını ileri sürmekteledir. Biyokütlenin bir fırsat olduğunu iddia edenler ise fosil yakıtların çevreye ve insan sağlığına zararları belirterek kaynak çeşitlerini sağlanması ve fosil yakıtları ulaşamayan ülkelerin enerjide bağımsızlığını elde edebilmesi için önemli bir araç olarak görmektedir. Bu çalışmada bu iki görüş değerlendirilerek Türkiye'deki koşullar değerlendirilerek biyoyakıtların Türkiye için bir tehdit unsuru mu yoksa bir fırsat kapısı mı olduğunu açıklayarak ortaya koymaya çalışmaktadır.

Karaosmanoğlu, F., 2006 Bu makalede biyokütlenin insan ve çevre sağlığına dost bir teknoloji olduğu belirtilerek bir ülkenin gelişmesinde önemli bir enerji kaynağı olduğu belirtilmiştir. Biyoyakıt teknolojilerinin tanıtımı yapılarak ve İstanbul Teknik Üniversitesinin potansiyeli belirlenmiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bir ilin biyokütle üretim potansiyeli ile ait bitkisel, hayvan popülasyonu ve orman varlığına bağlı olarak belirlenir. Bitkisel varlığın oluşturacağı biyokütle potansiyeli bitkilerin atık oranı ve bu bitkilerin birim ısıl değerleri göz önünde bulundurularak hesaplanır. Hayvan kaynaklı atıklara bakıldığında hayvanın tür ve oluşturacağı atık miktarı ile bu atıklardan elde edilebilecek enerji miktarına göre hesaplamalar yapılmaktadır. Ormansal varlıkta ise ağaç türleri ve ağaçlardan ortaya çıkan kabuk, yaprak gibi atıklardan elde edilecek enerji miktarı hesaplanır. Bu çalışmada BEPA hesaplama sisteminden faydalanılmıştır. Türkiye biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA) , Türkiye'nin neresinde hangi biyokütle kaynağından ne kadar elektrik ne kadar biyoyakıt üretme potansiyeli olduğunu, bu kaynakların ülkenin hangi yörelerinde yoğunlaştığını harita üzerinde grafiksel ve sayısal ifadeler ile dinamik olarak sunabilen CBS uygulamasıdır. Bu çalışmada Muş ilinin bitkisel, hayvansal, ormansal ve evsel atık potansiyeliyle ilgili veriler tablolar halinde konunun anlaşılması için verilmiştir. Ayrıca BEPA biyokütle enerji potansiyeli hesaplamalarında kullanılan tüm formüller detaylıca verilerek hesaplamalarında kullanılan metodun anlaşılması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada gösterilen sonuçlar BEPA sisteminden alınmıştır. BEPA sisteminde en yeni verilere göre hesaplamalar güncellenmektedir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4.1 Muş İli Biyokütle Potansiyeli

Muş, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bir ildir. Yüzölçümü 8.196 kilometrekare olup Türkiye yüzölçümünün %1,1'ine karşılık gelmektedir. 39 29' ve 38 29' kuzey enlemleri ile 41 06' ve 41 47' doğu boylamları arasında yer alır. Nüfusu 411.117'dir (TÜİK, 2022). Türkiye'nin üçüncü büyük iç ovası olan Muş Ovası'na sahiptir. Yaklaşık 1650 kilometrekarelik, 30 kilometre genişliğinde ve 80 kilometre uzunluğunda bir alanı kapsamaktadır. Muş ili; doğudan Bitlis'in Ahlat ve Adilcevaz ilçeleri ile Ağrı'nın Patnos ve Tutak ilçeleri ile komşudur. Kuzeyden Erzurum'un Karayazı, Hınıs, Tekman, Karaçoban ilçeleri ile batıdan Bingöl'ün Karlıova ve Solhan ilçeleri ve Diyarbakır'ın Kulp ilçeleri ile komşudur. Güneyden Batman'ın Sason ve Bitlis'in Güroymak ve Mutki ilçelerine komşudur. Muş ili Kurtik Dağı'nın kuzey yamacında kurulmuştur.

Muş ili bir tarım ve hayvancılık kentidir. Muş ili sınırları içinde Muş Ovası, Bulanık, Liz ve Malazgirt ovalarını bünyesinde bulundurmakta ve büyük ölçekli mera alanlarına sahip olduğu için hayvan popülasyonu yüksek bir kenttir. Bu yüzden kentin tarım ve hayvancılık potansiyeli yüksektir. Bu bölümde şehrin bitki, hayvan, orman varlıkları, evsel ve evsel atık potansiyeli ele alınacaktır. Bitkisel ve hayvansal atıkların tamamı biyokütle enerjisi elde edilmesi amacıyla faydalanılamamaktadır. Bu atıkların belirli yüzdesinden ancak yararlanılmaktadır.

Çizelge 4. 1 Enerji (Yakıt) Oluşturabilecek Bitki, Hayvan Türleri

Bitkisel Atık	Hayvansal Atık
Aspir	At
Ayçiçeği	Eşek
Buğday	Katır
Fasulye	Manda
Mısır (Dane)	Sığır
Nohut	Keçi
Patates	Koyun
Şeker Pancarı	Hindi
Armut	Kaz
Ceviz	Ördek
Çilek	Tavuk
Elma	
Erik	
Kayısı	
Kiraz	
Şeftali	
Tütün	
Üzüm	
Vişne	
Balkabağı	

Biber	
Domates	
Fasulye	
Hıyar	
Kabak	
Karpuz	
Kavun	
Lahana	
Patlıcan	
Sarımsak	
Soğan	

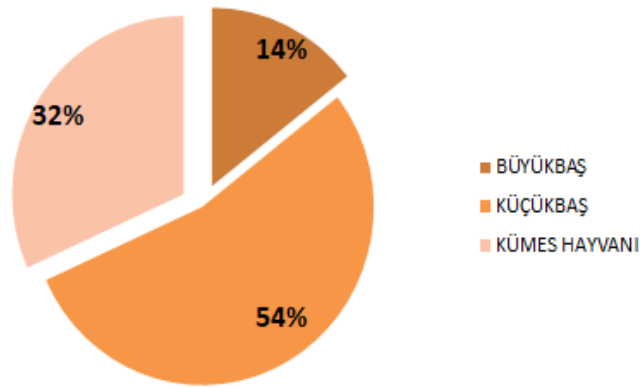
4.2 Muş İli Hayvansal Biyokütle Potansiyeli

Türkiye'nin hayvancılık potansiyeli en yüksek bölgelerden biri Doğu Anadolu bölgesidir ve bölge içinde yer alan Muş ili de hayvancılık açısından ülkemizde önemli potansiyele sahiptir. Hayvan sayısının fazlalığı atık miktarını arttıracığından biyokütle enerji potansiyelini de arttırmaktadır. Muş ilinde arazi ve iklim yapısı nedeniyle çoğunlukla mera hayvancılığı yapılmaktadır.

Muş ilinde hayvan sayısı 2 milyondan daha fazladır. Tablo 4.2. de hayvan sayıları ile ilgili veri paylaşılmıştır. Muş ilinde mera arazileri yüzölçümünün büyük olmasından dolayı Muş ilinde küçükbaş hayvancılık yaygın olarak yapılmaktadır.

Çizelge 4. 2 Muş İli Hayvan Miktarları (Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Brifingi, 2022).

Hayvan Türü	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Büyükbaş	290.521	302.215	306.508	306.542	325.067(7.078)	331.881(7.031)	335.798(7.591)
Küçükbaş	984.085	1.021.142	1.049.367	1.041.102	51.949	1.235.552	1.250.000
At	2.677	2.672	2.669	2.629	2.619	2.430	2.171
Eşek	2.663	2.786	2.634	2.601	2.625	2.327	2.091
Katır	416	408	360	342	348	347	311
Tavuk	262.650	255.741	308.075	305.462	300.908	422.591	277.047
Hindi	61.182	90.870	81.649	76.484	72.615	110.227	64.234
Ördek	35.219	35.353	40.617	36.428	35.610	43.472	23.268
Kaz	99.382	100.965	98.699	92.754	94.036	156.302	102.458



Şekil 4. 1 Muş İli Mevcut Hayvan Oranları (Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Brifingi,2022)

Atık miktarı hesabı yapılırken büyükbaşlar için atık verimi kilogram/gün olarak 10-20 olarak alınmaktadır. Günlük atık miktarı hesaplanırken canlı ağırlığı ise % 5-6 alınmaktadır. Bununla birlikte keçi ve koyunun günlük atık miktarı ise 2 kg kabul edilmektedir (Yokuş, 2011).

Tablo 4.3.'de görüleceği üzere hayvansal biyogaz potansiyeli hayvan türleri, atıkların toplanabilme oranı ve biyogaz verimi dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır (Yokuş, 2011).

Çizelge 4. 3 Hayvan Türleri ve Biyokütle (Biyogaz) Enerji Verimi (Yokuş, 2011)

Hayvan Cinsi	Canlı Ağırlık (kg)	Taze Atık Miktarı		TK (%)	UK (%)	Kullanılabilirlik Ahırda kalma Süresi (%)	Biyogaz Verimi (I/kgUK)
		Ağırlığın Yüzdesi	Kg/gün				
Büyükbaş	135-800	5-6	10-20	5-25	75-85	Süt 65 Et 25	200-350
Küçükbaş	30-75	4-5	2	30	20	13	100-310
Kümes Yumurta Et	1,5-2,0	3-4	0,08-1,00	10-35 50-90	70-75 60-80	99	310-620 550-650

Hayvansal atıkların hesaplanmasında aşağıda verilen (1) ve (2) formülleri kullanılmıştır.

$$AM \times HS = \sum AM_{yillik} \quad (1)$$

$$\sum AM_{yillik} \times Hu = \sum Q_{top.yanma} \quad (2)$$

Burada;

AM = Atık Miktarı

HS = Hayvan Sayısı

Hu = Hayvansal atıkların kalorifik alt ısıl değerleri

Çizelge 4. 4 Muş İline Ait Hayvansal Atık Ve Biyokütle Potansiyeli(BEPA, 2023).

İl Adı	İlçe Adı	Hayvan	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Muş	Bulanık	AT	283	1.549,40	8,3
Muş	Hasköy	AT	83	454,4	2,4
Muş	Korkut	AT	116	635,1	3,4
Muş	Malazgirt	AT	202	1.106,00	5,9
Muş	Merkez	AT	948	5.190,30	27,8
Muş	Varto	AT	997	5.458,60	29,2
Muş	Bulanık	EŞEK	403	1.103,20	3,5
Muş	Hasköy	EŞEK	22	60,2	0,2
Muş	Korkut	EŞEK	26	71,2	0,2
Muş	Malazgirt	EŞEK	136	372,3	1,2
Muş	Merkez	EŞEK	1.610	4.407,40	14,2
Muş	Varto	EŞEK	404	1.106,00	3,6
Muş	Bulanık	KATIR	167	731,5	3,1
Muş	Merkez	KATIR	175	766,5	3,3
Muş	Bulanık	MANDA	543	3.963,90	29,7
Muş	Hasköy	MANDA	1.666	12.161,80	91,2
Muş	Korkut	MANDA	2.716	19.826,80	148,6
Muş	Malazgirt	MANDA	77	562,1	4,2
Muş	Merkez	MANDA	2.301	16.797,30	125,9
Muş	Varto	MANDA	39	284,7	2,1
Muş	Bulanık	SIĞIR (KÜLTÜR)	16.052	146.474,50	1.176,20
Muş	Hasköy	SIĞIR (KÜLTÜR)	6.670	60.863,80	488,8
Muş	Korkut	SIĞIR (KÜLTÜR)	5.211	47.550,40	381,8
Muş	Malazgirt	SIĞIR (KÜLTÜR)	20.188	184.215,50	1.479,30
Muş	Merkez	SIĞIR (KÜLTÜR)	19.651	179.315,40	1.439,90
Muş	Varto	SIĞIR (KÜLTÜR)	2.100	19.162,50	153,9
Muş	Bulanık	SIĞIR (MELEZ)	50.144	329.446,10	2.116,40
Muş	Hasköy	SIĞIR (MELEZ)	8.800	57.816,00	371,4
Muş	Korkut	SIĞIR (MELEZ)	9.633	63.288,80	406,6
Muş	Malazgirt	SIĞIR (MELEZ)	32.253	211.902,20	1.361,30
Muş	Merkez	SIĞIR (MELEZ)	27.560	181.069,20	1.163,20
Muş	Varto	SIĞIR (MELEZ)	21.074	138.456,20	889,5

Muş	Bulanık	SIĞIR (YERLİ)	36.706	200.965,40	1.075,90
Muş	Hasköy	SIĞIR (YERLİ)	7.004	38.346,90	205,3
Muş	Korkut	SIĞIR (YERLİ)	7.462	40.854,50	218,7
Muş	Malazgirt	SIĞIR (YERLİ)	12.374	67.747,70	362,7
Muş	Merkez	SIĞIR (YERLİ)	13.563	74.257,40	397,5
Muş	Varto	SIĞIR (YERLİ)	2.755	15.083,60	80,8
Muş	Bulanık	KEÇİ (KIL)	23.300	17.009,00	27,3
Muş	Hasköy	KEÇİ (KIL)	14.720	10.745,60	17,3
Muş	Korkut	KEÇİ (KIL)	27.190	19.848,70	31,9
Muş	Malazgirt	KEÇİ (KIL)	5.758	4.203,30	6,8
Muş	Merkez	KEÇİ (KIL)	113.160	82.606,80	132,7
Muş	Varto	KEÇİ (KIL)	27.170	19.834,10	31,9
Muş	Bulanık	KOYUN (YERLİ)	119.886	131.275,20	316,3
Muş	Hasköy	KOYUN (YERLİ)	27.700	30.331,50	73,1
Muş	Korkut	KOYUN (YERLİ)	81.984	89.772,50	216,3
Muş	Malazgirt	KOYUN (YERLİ)	35.636	39.021,40	94
Muş	Merkez	KOYUN (YERLİ)	368.590	403.606,10	972,3
Muş	Varto	KOYUN (YERLİ)	196.008	214.628,80	517,1
Muş	Bulanık	ET TAVUĞU		0	0
Muş	Korkut	ET TAVUĞU		0	0
Muş	Varto	ET TAVUĞU		0	0
Muş	Bulanık	HİNDİ	18.106	679	169,8
Muş	Hasköy	HİNDİ	5.300	198,8	49,7
Muş	Korkut	HİNDİ	2.854	107	26,8
Muş	Malazgirt	HİNDİ	19.227	721	180,3
Muş	Merkez	HİNDİ	16.793	629,7	157,5
Muş	Varto	HİNDİ	14.204	532,7	133,2
Muş	Bulanık	KAZ	30.352	1.420,50	355,2
Muş	Hasköy	KAZ	1.850	86,6	21,6
Muş	Korkut	KAZ	1.968	92,1	23
Muş	Malazgirt	KAZ	32.683	1.529,60	382,5
Muş	Merkez	KAZ	16.549	774,5	193,7
Muş	Varto	KAZ	9.352	437,7	109,4
Muş	Bulanık	ÖRDEK	4.930	230,7	57,7
Muş	Hasköy	ÖRDEK	430	20,1	5
Muş	Korkut	ÖRDEK	521	24,4	6,1
Muş	Malazgirt	ÖRDEK	18.452	863,6	215,9
Muş	Merkez	ÖRDEK	8.379	392,1	98,1
Muş	Varto	ÖRDEK	3.716	173,9	43,5
Muş	Bulanık	YUMURTA TAVUĞU	42.360	2.319,20	579,9
Muş	Hasköy	YUMURTA TAVUĞU	30.400	1.664,40	416,2

		TAVUĞU			
Muş	Korkut	YUMURTA TAVUĞU	4.852	265,6	66,4
Muş	Malazgirt	YUMURTA TAVUĞU	44.596	2.441,60	610,5
Muş	Merkez	YUMURTA TAVUĞU	124.342	6.807,70	1.702,20
Muş	Varto	YUMURTA TAVUĞU	58.912	3.225,40	806,5
		TOPLAM	1.864.344 adet	3.221.945,70 ton	23124,9 TEP/yıl

4.3 Muş İli Bitkisel Biyokütle Potansiyeli

Muş ili 866.833 hektarlık bir araziye sahip olmakla beraber bu arazilerin içerisinde tarım arazilerinin oranı 357.342 ha' dır. 278.500 ha'lık ova alanı makina ile tarım yapılmaya uygundur. Muş ilinin tarıma elverişli olmayan alanı ise 21.331 ha bir alandır (TÜİK, 2020).

Çizelge 4. 5 Muş İline Ait Arazi Çeşit Oranları (TÜİK, 2020)

Arazi Çeşidi	Alanı (ha)	Toplam Arazisi İçerisindeki Yüzdesi (%)
Tarım Arazisi	357.342	41,2
Çayır	56.985	6,6
Mera	351.176	40,5
Orman	79.999	9,2
Tarıma Elverişsiz	21.331	2,5
Toplam	866.833	100

Çizelge 4. 6 Muş İline Ait Arazi Kullanım Alanları (TÜİK, 2021).

Tarım Alanları (Dekar)				
Meyveler, İçecek ve Baharat Bitkileri	Nadas	Sebze	Süs Bitkileri	Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler
13415	281530	41088	0	2095225

Muş ilinde tarım alanlarının kullanımında 2.095.225 dekarlık alanla tahıl ve bitkisel ürünler ilk sırada yer almaktadır. Bunları sırasıyla meyve içecek ve baharat bitkileri ve sebze bitkileri takip etmektedir. TÜİK 'ten alınan verilere göre Muş ilinde süs bitkisi ekimi yapılmamaktadır. Ayrıca nadasa terk edilen alan 281530 dekadır. Tablo 4.7.'de Muş ili bitkisel üretim verileri 2020-2022 kapsayacak şekilde gösterilmiştir. Muş ilindeki tarım arazileri içerisinde en çok yapılan bitkisel üretim 1.115.402 dekarla buğdaydır. Daha sonra sırasıyla yonca, arpa, şekerpancarı, korunga,

fiğ, silajlık mısır, aspir tohumu, nohut, kuru fasulye, yağlık ayçiçeği tohumu, tütün ve patates üretilmektedir (TÜİK, 2021).

Muş'ta tahıl ve diğer bitkisel ürünler dışında en yüksek üretim alanına sahip olan sebze ürünleri şunlardır: Karpuz, sofralık domates, kavun, hıyar, beyaz lahana, taze fasulye, dolmalık biber, sivri biber, salçalık kapy biber, soğan, patlıcan, kuru soğan ve sakız kabaktır. Muş ilinde üretimi yapılan meyveler, içecek ve baharat bitkileri incelendiğinde 3.848 dekarlık alanla sofralık üzüm birinci sırada yer almaktadır. Daha sonra bunları sırasıyla ceviz, elma, armut ve kiraz takip etmektedir (TÜİK, 2021).

Çizelge 4. 7 Muş İli Bitkisel Üretim Miktarları (Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Brifingi, 2022).

Ürünler	2020		2021		2022	
	Ekim Alanı(ha)	Üretim(ton)	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Ekim Alanı(ha)	Üretim (ton)
Yonca	49.427	1.234.224	49.599	1.077.623	46.590	965.447
Şeker Pancarı	6.603	372.670	5.581	277.558	7.313	406.612
Buğday (Diğer)	111.540	222.970	124.254	199.798	125.000	431.061
Korunga- (Yeşil Ot)	5.438	106.200	82.964	82.964	3.695	49.695
Mısır -Slaj	2.315	114.190	2.008	96.994	2.299	125.685
Fığ (Yeşil Ot)	3.578	60.634	3.452	50.107	2.877	36.467
Arpa	24.710	56.107	26.923	33.069	34.897	97.706
Ayçiçeği (Yağlık)	777	1.712	2.936	4.085	3.517	7.934
Kuru Fasulye	1.236	2.087	1.521	2.575	1.995	3.812
Nohut	1.797	2.633	1.736	1.361	14	1.742
Patates	129	3.904	145	4.087	33	967
K.Mercim ek	7	10	7	6	76	114
Mısır- Dane	54	308	145	961	162	1.942
Soğan	61	513	64	996	23	582

Tarımsal atıklar elde edilebilecek biyokütle enerji potansiyeli (3) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre Muş iline ait bitkisel ürünlerden elde edilebilecek toplam biyokütle potansiyeli ortaya konulmuştur.

$$\sum Q_{top.yanma} = \sum AM_{yillik} \times Hu \times AK \times KO. \quad (3)$$

Burada;

AM= Atık Miktarı

AK= Literatür atık katsayısı

KO= Kullanılabilirlik oranı

Hu= Tarımsal atıkların kalorifik alt ısıl değerleri

Bitkisel ürün kaynaklı biyokütle potansiyeli hesaplanırken Tablo 4.8.'de verilen ürünlerin kullanılabilirlik ve birim ısı değerleri göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 4. 8 Bazı Bitkisel Ürünler ve Birim Isıl Değerleri (Yokuş, 2011)

Ürünler	Atıklar	Kullanılabilirlik (%)	Birim Isıl Değeri (Mj/kg)
Buğday	Saman	15	17,9
Arpa	Saman	15	17,5
Çavdar	Saman	15	17,5
Yulaf	Saman	15	17,4
Mısır	Sap	60	18,5
	Sömek	60	18,4
Pirinç	Saman	60	16,7
	Kabuk	80	12,98
Tütün	Sap	60	16,1
Pamuk	Sap	60	18,2
	Çıtır Atığı	80	15,65
Ayçiçeği	Sap	60	14,2
Yerfıstığı	Saman	80	20,74
	Kabuk	80	20,74
Soya	Saman	60	19,4

Çizelge 4. 9 Muş İlinde Üretilen Bitkiler Ve Biyokütle Enerjileri(BEPA, 2023).

İl Adı	İlçe Adı	Bitki Adı	Bitkisel Üretim (ton)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Muş	Bulanık	Arpa	15.197	12.157,60	5.180,10
Muş	Hasköy	Arpa	47	37,6	16
Muş	Korkut	Arpa	392	313,6	133,6
Muş	Malazgirt	Arpa	11.626	9.300,80	3.962,90
Muş	Merkez	Arpa	9.318	7.454,40	3.176,10
Muş	Varto	Arpa	1.200	960	409
Muş	Merkez	Aspir	7.379	11.068,50	4.741,50
Muş	Bulanık	Ayçiçeği	608	1.398,40	565,1
Muş	Malazgirt	Ayçiçeği	289	664,7	268,6
Muş	Merkez	Ayçiçeği	1.488	3.422,40	1.382,90
Muş	Bulanık	Buğday	90.396	90.396,00	39.112,30
Muş	Hasköy	Buğday	4.576	4.576,00	1.979,90
Muş	Korkut	Buğday	28.861	28.861,00	12.487,50
Muş	Malazgirt	Buğday	101.360	101.360,00	43.856,20
Muş	Merkez	Buğday	102.616	102.616,00	44.399,70
Muş	Varto	Buğday	8.822	8.822,00	3.817,10
Muş	Hasköy	Fasulye	56	84	34,4
Muş	Korkut	Fasulye	12	18	7,4
Muş	Malazgirt	Fasulye	1	1,5	0,6
Muş	Merkez	Fasulye	1.625	2.437,50	998,1
Muş	Varto	Fasulye	17	25,5	10,4

Muş	Bulanık	Fig (Dane)	6.460	0	0
Muş	Hasköy	Fig (Dane)	880	0	0

Muş	Korkut	Fig (Dane)	270	0	0
Muş	Malazgirt	Fig (Dane)	23.100	0	0
Muş	Merkez	Fig (Dane)	38.640	0	0
Muş	Varto	Fig (Dane)	5.440	0	0
Muş	Bulanık	Korunga (Yeşil Ot)	26.180	0	0
Muş	Hasköy	Korunga (Yeşil Ot)	480	0	0
Muş	Korkut	Korunga (Yeşil Ot)	8.750	0	0
Muş	Malazgirt	Korunga (Yeşil Ot)	50.800	0	0
Muş	Merkez	Korunga (Yeşil Ot)	32.527	0	0
Muş	Varto	Korunga (Yeşil Ot)	14.206	0	0
Muş	Bulanık	Mercimek (kırmızı)	9	13,5	5,6
Muş	Malazgirt	Mercimek (kırmızı)	118	177	73,1
Muş	Merkez	Mısır (Dane)	534	640,8	274
Muş	Bulanık	Mısır (Silajlık) - 1.Ekiliş	2.500	0	0
Muş	Hasköy	Mısır (Silajlık) - 1.Ekiliş	1.250	0	0
Muş	Malazgirt	Mısır (Silajlık) - 1.Ekiliş	4.750	0	0
Muş	Merkez	Mısır (Silajlık) - 1.Ekiliş	95.775	0	0
Muş	Varto	Mısır (Silajlık) - 2.Ekiliş	980	0	0
Muş	Bulanık	Nohut	1.006	1.509,00	601
Muş	Hasköy	Nohut	54	81	32,3
Muş	Korkut	Nohut	141	211,5	84,2
Muş	Malazgirt	Nohut	73	109,5	43,6
Muş	Merkez	Nohut	2.061	3.091,50	1.231,30
Muş	Varto	Nohut	42	63	25,1
Muş	Bulanık	Patates	27	5,4	1,8
Muş	Korkut	Patates	6	1,2	0,4
Muş	Merkez	Patates	1.203	240,6	80,7
Muş	Bulanık	Şekerpancarı	85.948	3.437,90	1.273,60
Muş	Hasköy	Şekerpancarı	18	0,7	0,3
Muş	Korkut	Şekerpancarı	18.293	731,7	271,1
Muş	Malazgirt	Şekerpancarı	61.611	2.464,40	913
Muş	Merkez	Şekerpancarı	185.274	7.411,00	2.745,50
Muş	Bulanık	Yonca (Yeşil Ot)	106.888	0	0
Muş	Hasköy	Yonca (Yeşil Ot)	140.400	0	0
Muş	Korkut	Yonca (Yeşil Ot)	199.800	0	0
Muş	Malazgirt	Yonca (Yeşil Ot)	151.800	0	0
Muş	Merkez	Yonca (Yeşil Ot)	582.252	0	0
Muş	Varto	Yonca (Yeşil Ot)	162.000	0	0
Muş	Hasköy	Armut	12	2,6	1,2
Muş	Korkut	Armut	42	4	1,8
Muş	Malazgirt	Armut	6	2,9	1,3

Muş	Merkez	Armut	273	30,8	14
Muş	Varto	Armut	207	25	11,4
Muş	Malazgirt	Ceviz	3	1,6	0,6
Muş	Merkez	Ceviz	510	123,9	51,5
Muş	Varto	Ceviz	90	5,8	2,4
Muş	Bulanık	Çilek	6	0,5	0,2
Muş	Hasköy	Çilek	6	0,5	0,2
Muş	Korkut	Çilek	6	0,5	0,2
Muş	Merkez	Çilek	104	8,4	3,4
Muş	Varto	Çilek	4	0,3	0,1
Muş	Hasköy	Dut	11	0,1	0
Muş	Merkez	Elma (Amasya)	49	8,5	3,7
Muş	Varto	Elma (Amasya)	99	27	11,7
Muş	Korkut	Elma (Diğer)	482	33	14,2
Muş	Merkez	Elma (Diğer)	372	37,7	16,3
Muş	Varto	Elma (Diğer)	53	10,2	4,4
Muş	Hasköy	Elma (Golden)	16	4,5	2
Muş	Malazgirt	Elma (Golden)	27	4	1,7
Muş	Merkez	Elma (Golden)	66	10,6	4,6
Muş	Varto	Elma (Golden)	24	7,2	3,2
Muş	Merkez	Elma (Starking)	52	10,4	4,6
Muş	Varto	Elma (Starking)	92	30	13,2
Muş	Hasköy	Erik	8	0,2	0,1
Muş	Korkut	Erik	55	2,1	0,9
Muş	Malazgirt	Erik	16	1,3	0,5
Muş	Merkez	Erik	22	2	0,9
Muş	Varto	Erik	24	5,5	2,4
Muş	Korkut	Kayısı	3	2,4	1
Muş	Merkez	Kayısı	19	2,6	1,1
Muş	Korkut	Kiraz	1	0,6	0,3
Muş	Merkez	Kiraz	60	32	14,5
Muş	Varto	Kiraz	22	5,5	2,5
Muş	Malazgirt	Şeftali	8	0,4	0,2
Muş	Merkez	Şeftali	11	0,7	0,3
Muş	Merkez	Tütün	152	1,2	0,5
Muş	Merkez	Üzüm	2.462	1.526,80	665,2
Muş	Merkez	Vişne	32	3,7	1,7
Muş	Varto	Vişne	12	5	2,3
Muş	Hasköy	Balkabağı	12	3	0,8
Muş	Merkez	Balkabağı	18	4,5	1,2
Muş	Bulanık	Biber (Dolmalık)	91	36,4	15
Muş	Hasköy	Biber (Dolmalık)	31	12,4	5,1
Muş	Korkut	Biber (Dolmalık)	83	33,2	13,7
Muş	Malazgirt	Biber (Dolmalık)	4	1,6	0,7
Muş	Merkez	Biber (Dolmalık)	1.138	455,2	187,4
Muş	Merkez	Biber (Salçalık, Kapyra)	1.089	435,6	181,2

Muş	Bulanık	Biber (Sivri)	54	21,6	8,7
Muş	Hasköy	Biber (Sivri)	47	18,8	7,6
Muş	Korkut	Biber (Sivri)	67	26,8	10,8
Muş	Merkez	Biber (Sivri)	780	312	125,9
Muş	Bulanık	Domates (sofralık, salçalık)	486	160,4	57,5
Muş	Hasköy	Domates (sofralık, salçalık)	486	160,4	57,5
Muş	Korkut	Domates (sofralık, salçalık)	1.813	598,3	214,6
Muş	Malazgirt	Domates (sofralık, salçalık)	21	6,9	2,5
Muş	Merkez	Domates (sofralık, salçalık)	25.838	8.526,50	3.058,20
Muş	Varto	Domates (sofralık, salçalık)	3.318	1.094,90	392,7
Muş	Bulanık	Fasulye (Taze)	210	315	123,4
Muş	Hasköy	Fasulye (Taze)	225	337,5	132,2
Muş	Korkut	Fasulye (Taze)	24	36	14,1
Muş	Malazgirt	Fasulye (Taze)	16	24	9,4
Muş	Merkez	Fasulye (Taze)	869	1.303,50	510,7
Muş	Varto	Fasulye (Taze)	550	825	323,2
Muş	Bulanık	Hıyar (Sofralık, turşuluk)	285	285	98,2
Muş	Hasköy	Hıyar (Sofralık, turşuluk)	250	250	86,2
Muş	Korkut	Hıyar (Sofralık, turşuluk)	223	223	76,9
Muş	Malazgirt	Hıyar (Sofralık, turşuluk)	29	29	10
Muş	Merkez	Hıyar (Sofralık, turşuluk)	5.860	5.860,00	2.019,70
Muş	Varto	Hıyar (Sofralık, turşuluk)	2.530	2.530,00	872
Muş	Korkut	Kabak (Sakız ve çerezlik)	45	18	5,4
Muş	Merkez	Kabak (Sakız ve çerezlik)	159	63,6	19,2
Muş	Bulanık	Karpuz	840	252	62,4
Muş	Hasköy	Karpuz	13.000	3.900,00	965,8
Muş	Korkut	Karpuz	1.575	472,5	117
Muş	Malazgirt	Karpuz	380	114	28,2
Muş	Merkez	Karpuz	39.600	11.880,00	2.942,00
Muş	Varto	Karpuz	903	270,9	67,1
Muş	Bulanık	Kavun	1.200	360	93,2
Muş	Hasköy	Kavun	600	180	46,6
Muş	Korkut	Kavun	239	71,7	18,6
Muş	Malazgirt	Kavun	577	173,1	44,8
Muş	Merkez	Kavun	12.027	3.608,10	934,3
Muş	Varto	Kavun	600	180	46,6
Muş	Bulanık	Lahana	187	9,4	3,8
Muş	Hasköy	Lahana	60	3	1,2
Muş	Korkut	Lahana	546	27,3	11
Muş	Malazgirt	Lahana	23	1,2	0,5

Muş	Merkez	Lahana	9.691	484,6	195,7
Muş	Hasköy	Patlıcan	30	19,5	6,3
Muş	Korkut	Patlıcan	42	27,3	8,8
Muş	Merkez	Patlıcan	435	282,8	90,8
Muş	Merkez	Sarımsak (Kuru)	2	0,7	0,3
Muş	Merkez	Soğan (Kuru)	166	66,4	27
		TOPLAM	2.533.325 Ton	454.539,80 Ton	189.412,00 (TEP/yıl)

4.4 Muş İli Belediye Atıkları Biyokütle Potansiyeli

Park ve bahçelerden çıkan yaprak gibi atıklar, çimler, kanalizasyon atıkları, belediyelerden kaynaklanan atıklar, evlerden çıkan çöpler, kentsel atıklar ve endüstri tesislerinden çıkan atıklar bu kapsamda değerlendirilir. Biyokütle potansiyeli analizi yapılırken evsel ve belediye kaynaklı atıkları toplama dahil edilmiştir.

Belediye atıklarının biyokütle potansiyeli (4) formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sum Q_{top.yanma} = \sum AM_{yillik} \times H_u \times AO. \quad (4)$$

Burada;

AM= Atık Miktarı

AO = Belediye atıklarındaki organik atıkların oranı

H_u= Belediye atıklarının kaloritik alt ısıl değerleri

Çizelge 4. 10 Muş ili ve ilçelerine ait belediyeden kaynaklanan atıklar(BEPA, 2023).

İl Adı	İlçe Adı	Biyometanizasyona Uygun Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl)	Yakmaya Uygun Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl)	Biyometanizasyona Uygun Belediye Atıkları Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	Yakmaya Uygun Belediye Atıkları Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Muş	Bulanık	10.583,0	12.934,7	341,3	1.811,2
Muş	Merkez	25.412,0	31.059,1	819,5	4.349,1
Muş	Korkut	3.392,4	4.146,2	109,4	580,6
Muş	Varto	4.095,6	5.005,7	132,1	700,9
Muş	Malazgirt	6.743,8	8.242,5	217,5	1.154,2
Muş	Hasköy	3.383,4	4.135,3	109,1	579,0
	TOPLAM	53.610,20	65.523,50	1728,9	9.175,00

4.5 Muş İli Ormansal Atıkları Biyokütle Potansiyeli

Kentin karasal iklim yapısından dolayı orman ürünlerine dayalı biyokütle potansiyeli çok olmasa da ormanlardaki üretim faaliyeti sonucunda oluşan yakacak odun veya sanayi odunu olarak kullanılmayacak ve ormanlarda terkedilen kökler, ince dallar, taşıma sırasında parçalanan ağaçlar ve kurumuş kozalaklar, yapraklar vb. orman atığı olarak değerlendirilmekte ve belirtilen bütün atıklar kullanılabildiği takdirde biyokütle enerjisi olarak kullanılabilmektedir. Muş sınırları içerisinde toplamda 48.775 ha bozuk orman alanı, 29.651 ha normal alanı toplamda 78.426 ha toplam orman alanı bulunmaktadır (Muş Orman İşletme Müdürlüğü, 2022).

Orman atıklarından biyokütle enerji potansiyeli hesaplanması (5) formülü kullanılarak elde edilmiştir.

$$\sum Q_{top.yanma} = AM_{yillik} \times H_u \times AO \quad (5)$$

Burada;

AM = Atık Miktarı

AO = Orman organik atıkların oranı

H_u = Orman atıkların kalorifik alt ısı değerleri

Çizelge 4. 11 Muş İline Ait Orman Kaynaklı Atık Ve Biyokütle Potansiyeli(BEPA, 2023).

Bölge Müdürlüğü Adı	Bölge Müdürlüğüne Bağlı İller	Endüstriyel Olarak Değerlendirilmeyenler (ster/yıl)	Süceyrattan Elde Edilebilecekler (ster/yıl)	Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
ELAZIĞ BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ	BİTLİS / ELAZIĞ / HAKKÂRİ / MALATYA / MUŞ / TUNCELİ / VAN / BİNGÖL	1.750,0	0,0	354,4

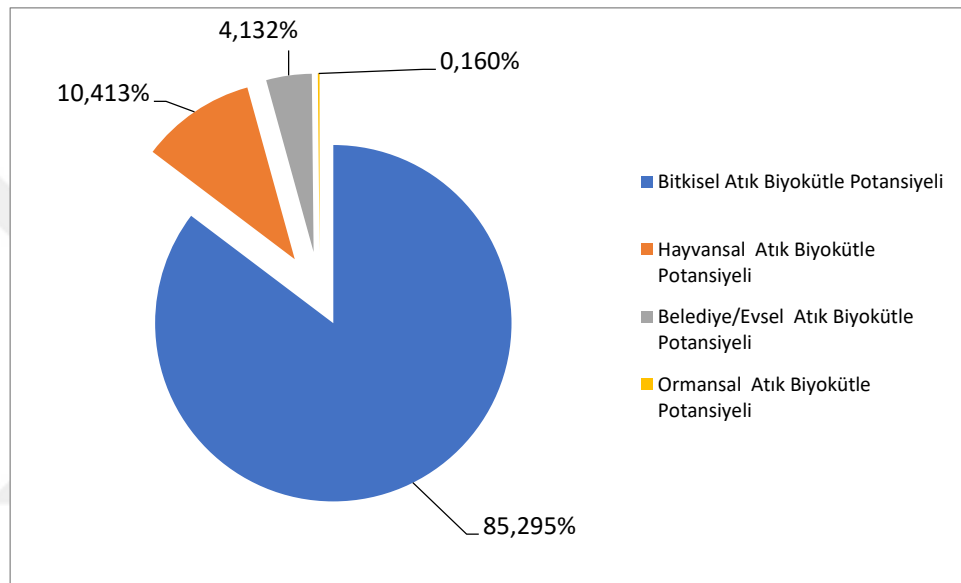
Bitkisel üretimde gerçeğe yakın biyokütle enerjisi miktarını hesaplayabilmek için bitkisel üretim sonucunda arta kalan atıklara ulaşabilmek gerekmektedir. Çünkü bitkisel üretimde meydana gelen atıklara tam ulaşım sağlanamadığında üretim sonuçlarından farklı olarak biyokütle miktarı az olabilmektedir.

Muş ilinde bitkisel atıklarından 189.412 (TEP/yıl), hayvansal atıklarından 23.125,9 (TEP/yıl), belediye atıklarından 9.175 (TEP/yıl) ve ormansal ürün atıklarından

354,4 (TEP/yıl) biyokütle enerjisi elde edilebilir. Totalde Muş ilinin teorik büyükütle potansiyeli 222.067, 3 (TEP/yıl) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4. 12 Muş İlindeki Atıklarından Elde Edilecek Teorik Biyokütle Enerji Potansiyeli (BEPA, 2023)

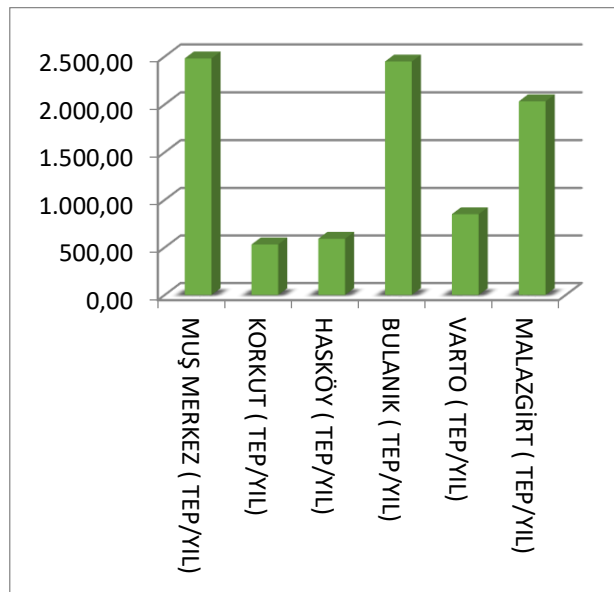
Bitkisel Atık Biyokütle Enerji Potansiyeli (TEP/yıl)	Hayvansal Atık Biyokütle Enerji Potansiyeli (TEP/yıl)	Belediye Atık Biyokütle Enerji Potansiyeli (TEP/yıl)	Orman Atık Biyokütle Enerji Potansiyeli (TEP/yıl)	Toplam (TEP/yıl)
189.412	23.125,9	9.175	354,4	222.067, 3



Şekil 4. 2 Muş İlindeki atıklarından Teorik Atık Potansiyeli Oranları

Çizelge 4. 13 Muş İlindeki atıklarından üretililecek toplam biyogaz potansiyeli (BEPA, 2023)

İL/İLÇE	cinsi	HAYVAN SAYISI(ADET) BİTKİSEL ÜRETİM (TON)	ATIK MİKTARI (TON)	EKONOMİK ENERJİ EŞDEĞERİ TEP/YIL
MUŞ MERKEZ	BÜYÜKBAŞ	65.508,00	461.803,50	888,20
	KÜÇÜKBAŞ	481.750,00	486.212,90	88,40
	KÜMES HAYVANI	156.063,00	8.604,00	522,80
	BİTKİSEL ATIK	1.064.876,00	140.182,00	758,10
	ORMAN ATIKLARI	291,67		59,07
	BELEDİYE ATIKLARI	25.412,00		163,90
BULANIK	BÜYÜKBAŞ	104.298,00	684.234,00	1.235,60
	KÜÇÜKBAŞ	143.186,00	148.284,20	27,50
	KÜMES HAYVANI	95.748,00	4.649,40	282,50
	BİTKİSEL ATIK	335.225,00	108.918,30	775,60
	ORMAN ATIKLARI	291,67		59,07
	BELEDİYE ATIKLARI	10.583,00		68,30
HASKÖY	BÜYÜKBAŞ	24.245,00	169.703,10	324,70
	KÜÇÜKBAŞ	42.420,00	41.077,10	7,20
	KÜMES HAYVANI	37.980,00	1.969,90	119,70
	BİTKİSEL ATIK	147.814,00	4.787,20	2,70
	ORMAN ATIKLARI	291,67		59,07
	BELEDİYE ATIKLARI	3.383,40		78,20
KORKUT	BÜYÜKBAŞ	25.164,00	172.226,80	324,60
	KÜÇÜKBAŞ	109.174,00	109.621,20	19,90
	KÜMES HAYVANI	10.195,00	489,10	29,70
	BİTKİSEL ATIK	257.114,00	30.179,60	20,30
	ORMAN ATIKLARI	291,67		59,07
	BELEDİYE ATIKLARI	3.392,40		78,40
MALAZGİRT	BÜYÜKBAŞ	65.230,00	465.905,80	900,20
	KÜÇÜKBAŞ	41.394,00	43.224,70	8,00
	KÜMES HAYVANI	114.958,00	5.555,80	337,60
	BİTKİSEL ATIK	393.973,63	114.088,10	571,90
	ORMAN ATIKLARI	291,67		59,07
	BELEDİYE ATIKLARI	6.743,80		155,80
VARTO	BÜYÜKBAŞ	27.369,00	179.551,60	324,60
	KÜÇÜKBAŞ	223.178,00	234.462,90	43,90
	KÜMES HAYVANI	76.184,00	4.369,70	265,60
	BİTKİSEL ATIK	193.334,00	9.992,00	62,30
	ORMAN ATIKLARI	291,67		59,07
	BELEDİYE ATIKLARI	4.095,60		94,60
				8.935,20



Şekil 4. 3 İlçe Ölçeğinde Atıklarından üretililecek potansiyel biyogaz miktarları

4.6. Muş İline Ait Enerji Tüketim Verileri

Muş iline ait elektrik enerjisi tüketimi 2022 yılı içerisinde 381.772 MWh'dır (EPDK, 2022).

Çizelge 4. 14 Muş İlinde Elektrik Alana Göre Tüketim Dağılımı (MWh) (EPDK, 2022).

İl	Aydınlatma	Kamu ve Özel Hizmetler Sektörü ile Diğer	Mesken	Sanayi	Tarımsal Faaliyetler	Toplam
Muş	29.841	121.624	161.038	66.086	3.182	381.772

Muş iline ait doğalgaz tüketim miktarı çizelge 4.15 de verilmiştir (EPDK, 2022). Muş ili 2022 yılında toplam 183,672 milyon sm³ doğalgaz tüketmiştir.

Çizelge 4. 15 Muş İline Ait Doğalgaz Tüketim Miktarı (EPDK,2022).

	Boru Gazı	LNG	CNG	Diğer Ürünler	Toplam
Muş	182,433	0,933	0,305	0,000	183,672

Muş iline ait petrol ürünleri tüketimine baktığımızda 2021 döneminde toplam 56.286,090 ton petrol ürünü tüketilmiştir (EPDK, 2021).

Çizelge 4. 16 Muş iline ait petrol ürünleri tüketimi (Ton) (EPDK, 2021).

Benzin Türleri	Motorin Türleri	Fuel Oil Türleri	Havacılık Yakıtları	Diğer Ürünler	Toplam
3.726,986	48.024	177,94	4.317,146	0,000	56.246

Muş iline ait enerji verileri incelendiğinde bu verilerin ortak kullanılan birbirine çevirmek gerekmektedir. Bu çevrimi yapabilmek için kullanılan birim ise ton eşdeğer Petrol birimidir. Ton Eşdeğer Petrol enerji çeşitlerinin birimlerin aynı birime çevirmekte kullanılır. Ton Eşdeğer Petrol (TEP), çeşitli birimlerden enerji miktarlarının aynı birim ile ifade edilmesini sağlayan bir birimdir. Uluslararası Enerji Acentesi/Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Organizasyonu (IEA/OECD) tanımına göre, 10 Gcal veya 41.868 GJ veya 11.625 MWh'e karşı gelir. Bir metrik ham petrolün yakılmasıyla üretilen enerjinin miktarıdır. Ham petrolün değişik kökenleri olduğu için, yakıldığı zaman değişik ısı miktarları elde edilir. TEP, büyük enerji miktarları için yaygın olarak kullanılır; çünkü uygun SI biriminden pratik bakımından anlaşılması daha kolaydır. Türkiye'deki tüm enerji kaynaklarının ısı değerlerine bağlı olarak TEP e dönüşüm katsayıları 25 Ekim 2008 tarihli Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik ile belirlenmiştir. Aşağıda 1 TEP'in

diğer enerji türleri karşılığı yaklaşık olarak verilmiştir (<https://evy.yasar.edu.tr/wp-content/uploads/2015/11/TEP.pdf>).

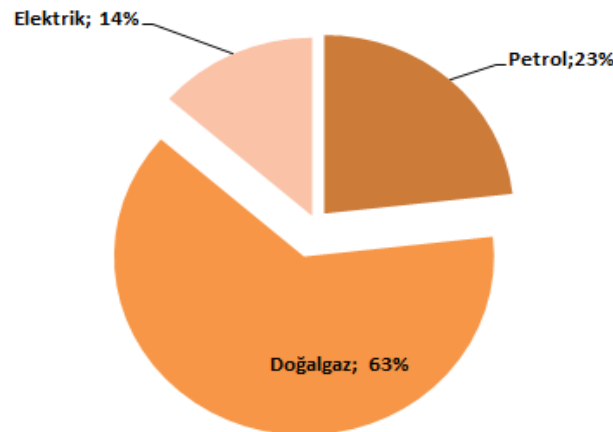
1 TEP pratikte yaklaşık olarak:

- 11600 kWh elektrik enerjisi
- 1200 m³ doğal gaz
- 3 ton linyit
- 1 ton fuel-oil
- 1.6 ton taşkömürüne karşılık gelmektedir.

Muş iline ait enerji tüketim verileri biyokütle enerjisine ton eşdeğer petrole (TEP) dönüştürüldüğünde bir yıllık elektrik enerjisi için 381.772 MWh elektrik enerjisi tüketilmiştir. Enerji TEP karşılığı olarak 32.911,38 TEP'dir. Doğalgaz tüketimine bakıldığında 183,672 milyon sm³ tür. Bunun TEP karşılığı 153.060,00 TEP'dir. Petrol ürünleri tüketimine bakıldığında 56.246,090 ton petrol ürünü tüketilmiştir. TEP karşılığı olarak 56.246,090 TEP'dir. Toplam tüketilen enerjinin TEP miktarı 242.217,47 TEP'dir.

Çizelge 4. 17 Muş İli Yıllık Enerji Tüketimleri

ENERJİ CİNSİ	MİKTARI/BİRİMİ	TEP KARŞILIĞI
PETROL	54.246,090/TON	56.246,090
DOĞALGAZ	183,672/MİLYON Standart metreküp	153.060,00
ELEKTRİK	381.772 MWh	32.911,38



Şekil 4. 4 Muş İli Enerji Tüketim Oranları (EPDK, 2021)

Muş iline ait üretilen bitkisel, hayvansal, ormansal ve belediye atıklarından elde edilen enerjinin yıllık toplam teorik TEP miktarı 222.066,3 TEP'dir. Ekonomik TEP miktarı ise 8935,20 TEP'dir.



5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Türkiye gelişmekte olan bir ÷lke olduğundan dolayı ÷lkedeki sanayi, endüstri ve altyapı yatırımları elektrik enerjisine ihtiyacı ve diğer enerji türlerine ihtiyacı giderek artmaktadır. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarını yönelmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir potansiyele sahip olan biyokütle enerji kaynağı dünyada ÷lkemizde kullanımı artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı fosil kaynaklara oranla çevreci olduğundan ÷lkemizin bu enerji kaynağına yönelmesi gelecek adına ÷lkemizde son derece fayda sağlamaktadır. Bu tez çalışması Dünyada ve Türkiye'deki biyokütle enerji potansiyeli verilerek ve özelde Muş iline ait enerji potansiyel miktarının belirlenmesi için yapılmıştır.

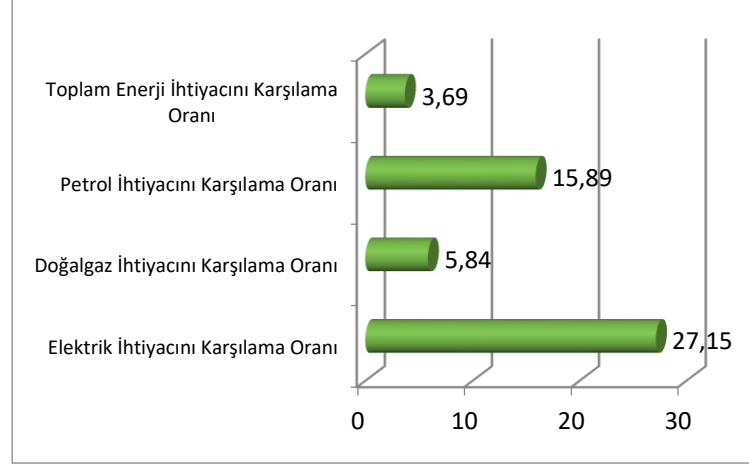
Muş ilinde yapılan hayvancılık faaliyetleri incelendiğinde büyükbaş hayvancılığı Türkiye ortalamasından önemli bir yere sahiptir. Büyükbaş hayvan varlığı ile Türkiye 15. olmakla beraber ÷lkedeki üretimin %1,80 üretmektedir. Manda üretiminde Türkiye'de 6. Sırada yer almaktadır. Küçükbaş hayvancılığında ise ÷lke sıralamasında %2,23 üretimle 12. Sırada yer almaktadır. Aynı zamanda Ördök varlığında 2. Sırada, kaz varlığında ise 3. Sırada yer almaktadır (TÜİK,2020)

Aynı şekilde bitkisel tarım açısından da verimli arazilere sahiptir. Yem ihtiyacının %78 ini karşılamakla beraber yonca üretiminde 4. sırada yer almaktadır. Üretim potansiyelinin iyi olmasından dolayı Muş ilinin biyokütle enerjisi uygun altyapı ve olanak sağlandığında gelişmeye açık olduğu gör÷lmektedir.

Muş ilinin bir yıllık toplam enerji ihtiyacı incelendiğinde elektrik ihtiyacı 32.911,38 TEP, doğalgaz ihtiyacı 153.060,00 TEP, petrol ürünleri tüketimi 56.246,090 TEP'dir.

Muş iline ait üretilen bitkisel, hayvansal, ormansal ve belediye atıklarından elde edilen enerjinin yıllık toplam teorik TEP miktarı 222.066,3 TEP'dir. Ekonomik TEP miktarı ise 8935,20 TEP'dir. Bu miktarlar Muş ilinin yaklaşık olarak:

- Elektrik enerji ihtiyacının % 27,15'ini
- Doğalgaz ihtiyacının % 5,84'ünü
- Petrol yakıt ürünlerinin % 15,89' unu karşılamaktadır.
- Toplam enerji ihtiyacının ise % 3,69'unu karşılamaktadır.



Şekil 5. 1. Enerji Tüketim Karşılama Oranları

Muş ilinin üretim olanakları ve iklim şartları göz önünde bulundurularak yatırım maliyeti düşük, verimi yüksek ve kurulum ile kullanım açısından pratik biyokütle tesislerinin yapılması Muş'un enerji ihtiyacının karşılanması açısından çok önemlidir. Muş ilinde mevcut halihazırda herhangi bir biyogaz, biyoetanol, biyodizel tesisi bulunmamaktadır. Fakat Muş ilinin biyokütle potansiyelinin değerlendirilmesi kentin ekonomik gelişimine ve enerji ihtiyacının çevreye zarar vermeden karşılanmasına önemli miktarda katkı sağlayacaktır. Bu yüzden biyokütle enerjilerine yönelik teşviklerin ve gerekli yasal altyapılarını hazırlanması Muş gibi ekonomik açıdan dezavantajlı illerin gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2021. <https://www.biyoder.org.tr/biyoenjeri/biyokutle/orman-atiklari/>, (Erişim Tarihi: 05.06.2022.
- Anonim, 2021. <https://www.pwc.com.tr/tr/sectorler/enerji/biyokutle-ve-biyoenjeri-sektorlerine-genel-bakis-web.pdf>, (2021). Erişim Tarihi: 04.06.2022.
- Anonim,2021.<https://webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/atiklar20180222082452.pdf>. Erişim Tarihi: 05.07.2021.
- Ar, F.F., 2008, *Biyoyakıtlar Tehdit mi-Fırsat mı?*, Mühendis ve Makina, Türkiye, 49: 3-9,
- Buğutekin, A. (2007). Atıklardan Biyogaz Üretimini İncelenmesi. Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 157.
- Balat, M. (2005).“Use Of Biomass Sources For Energy In Turkey And aview To Biomass Potential”, *Biomass and Bioenergy*, Sayı:29, 32-41.
- BEPA, 2023. Biyokütleden elde edilen enerjiler ve toplamı.<https://bepa.enerji.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 09.04.2023.
- BEPA, 2023. Belediye kaynaklı atıkların illere göre oranı <https://bepa.enerji.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 09.04.2023.
- BEPA, 2023. Türkiye’de Hayvansal Atıklardan Kaynaklanan Biyokütle Enerjisi <https://bepa.enerji.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 02.04.2023.
- BEPA, 2023 Türkiye’nin İl Bazındaki Bitkisel Enerji Değerleri <https://bepa.enerji.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 15.06.2023.
- BEPA, 2023. Türkiyenin Bölge Müdürlükleri Baz Alınarak Hazırlanan Orman Atıklarından Kaynaklı Enerji Eşdeğerlerini Gösteren Harita <https://bepa.enerji.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 09.06.2023.
- Çanka Kılıç, F., 2011. *Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri*, Mühendis ve Makina 52, 94-106.
- Çengelci, E., Bayrakçeken, H., and Aksoy, F., 2011,„*Hayvansal ve Bitkisel Yağ-lardan 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.
- Demirbaş, A., (2001). *Energy balance, energy sources, energy policy, futuredevelopments and energy investments in Turkey. Energy conversion and Management*, 42,(10), 1239-1258.
- Demirbaş, A. 2004. *The importance of biomass, Energy Sources Part A:Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 26,(4), 361–366.
- Demirer G.N.,2008, “Organik atıklardan biyogaz eldesi”, *Haber ODTÜ*, 25: 3-5.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), 2012.“EnerjiRaporu2012”,<http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjirapor2012.p>. Erişim Tarihi: 09.04.2023.
- Elektrik sektör raporu,<https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=QyyeSjkWSIY>= Erişim Tarihi: 20.06.2022.

- Doğalgaz Sektör Raporları.2022,<https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=JPxIQrE0CRc> Erişim Tarihi: 25.06.2022.
- EPDK, 2019, 2019 Yılı İçerisindeki Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi <https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=KrHP+JSp6ko> Erişim Tarihi: 25.07.2022.
- EPDK, 2019, Yılı İçerisindeki Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi,<https://www.epdk.org.tr/> (Erişim Tarihi: 31.07.2022).
- EPDK, 2021 , 2021 Yılı İçerisindeki Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi <https://www.epdk.org.tr/> Tarihi: 25.07.2022.
- İTEP, 2010. İleri Teknoloji Projeleri (İTEP) Destekleme Programı Raporu. *Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı*.
- İllez, B., (2020). 13. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi, Türkiye, 47,50.
- Klass, D.L., 1998: Biomass For Renewable Energy, Fuels And Chemicals, Academic Press, London, 5-9, 12
- Karaosmanoğlu, F., 2006: Biyoyakıt teknolojisi ve İTÜ araştırmaları, ENKÜS 2006-İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi, İstanbul, 110 125.
- Karaca,C., 2009, Çukurova Bölgesindeki Tarıma Dayalı Sanayi Atıklarının Enerjiye Dönüşüm Olanaklarının İncelenmesi, Adana
- Karaca ve Ark., Türkiye’de Optimal Yenilenebilir Enerji Kaynağının COPRAS Yöntemiyle Tespiti ve Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının istihdam alanlarına etkisi Etkisi
- Muş Orman İşletme Müdürlüğü, 2022. Muş İline Ait Orman Varlığı gösterilmiştir, <https://elazigobm.ogm.gov.tr/MusOIM/Lists/Orman%20Varl/AllItems.aspx>.Erişim Tarihi: 18.06.2022
- Muş Valiliği, 2022, Muş İli Hayvan Miktarları Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Brifingi, Türkiye,
- Muş Valiliği, 2022, Muş İli Bitkisel Ürün Miktarları Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Brifingi, Türkiye,
- 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
- Özdemir, Ö.Z. ve Mutlubaş, H., 2016. *Biyodizel üretim yöntemleri ve çevresel etkileri*, Kırklareli Üniv., *Journal of Engineering and Science 2* (2016) 129-143
- Özen, A., Şaşmaz, M. Ü. ve Bahtiyar, E. (2015). *Türkiye’de Yeşil Ekonomi*

Açısından Yenilenebilir Enerji Kaynağı: Rüzgâr Enerjisi. Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 17 (28),s.85-93.

Ourworldindata, 2022).<https://Ourworldindata.Org/Renewable-Energy>

Öztürk, M., “Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi”, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 5,8-18,21 (2005)..

Öztürk, B., Okumuş, E., “Biyogaz üretimi ve enerji değerinin yükseltilmesi”,VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu , İstanbul, 187-197 (2008).

Petrol Sektörü Raporları, 2021 Yılı

<https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=ILaKljYWr0Y=>

PWC TÜRKİYE Raporları, 2019 Yılı <https://www.pwc.com.tr/>, Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış, 35-36

TİGEM , 2013 <https://www.tigem.gov.tr/Anasayfa/IndexTR> (erişim tarihi 13.12. 2021)

TÜİK,2020. Muş İline Ait Arazi Kullanım Çizelgesi <https://www.tuik.gov.tr/>

TÜİK, 2020 Muş İline Ait Tarım Arazilerinin Kullanım Alanları <https://www.tuik.gov.tr/>

Renewable Energy Market Update Outlook For 2011 And 2022”, IEA

TEİAŞ,2021. 2021 Yılı İçerisindeki Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi <https://webapi.teias.gov.tr/file/f5298e9d-e6ba-46a2-9894-bf62de67147d?download>

Torku,2017.https://torku.com.tr/Upload/Contents/2696820_konya_seker_1092012151621180.pdf

(TİGEM, 2019). <https://www.tigem.gov.tr/>

TEP, 2015, <https://evy.yasar.edu.tr/wp-content/uploads/2015/11/TEP.pdf>

Yokuş, İ. 2011. Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli. Ankara Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 148 syf, Ankara.

Yorgun, S., Şensöz, S. and Koçkar, Ö.M., (2001). *Characterization of the pyrolysis oil produced in the slow pyrolysis of sunflower-extracted bagasse. Biomass and Biyoenergy*, 20(2), 141-148.

Wilaipon, P., 2007. *Physical characteristics of maize cob briquette under moderate die pressure*, American Journal of Applied Sciences, 4(12),995–998.