

**TEKİRDAĞ İLİ'NİN HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI
BİYOGAZ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Verda ÜÇGÜL

Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN

2019

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEKİRDAĞ İLİ'NİN HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI BİYOGAZ
POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Verda ÜÇGÜL

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN

TEKİRDAĞ-2019


Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN danışmanlığında, Verda ÜÇGÖL tarafından hazırlanan “Tekirdağ İli'nin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Semra BİRGÜN
Üye : Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN
Üye : Dr. Öğretim Üyesi Filiz GÜRTUNA

İmza : 
İmza : 
İmza : 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına



Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKİRDAĞ İLİ'NİN HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI BİYOGAZ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Verda ÜÇGÜL

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN

Çalışmada Tekirdağ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün 2018 yılına ait büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı verileri kullanıldı. Tekirdağ İli genelinde 164.457 adet büyükbaş ve 424.708 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Bahse konu hayvanlardan oluşabilecek biyogaz potansiyeli 23.355.210,89 m³/yıl, metan potansiyeli 14.013.126,54 m³/yıl, elektrik enerjisi potansiyeli 140.079.123,77 m³/yıl, toplam enerji potansiyeli 12.046,81 Tep/yıl, bölgenin toplam kurulu gücü 16.212,86 MW olarak hesaplandı. Çalışmada ayrıca, 4 MW, 2,8 MW, 2,5 MW ve 1,2 MW kurulu güçte dört adet tesisin tasarımı gerçekleştirilerek maliyet analizleri yapıldı. Çalışmada Tekirdağ İli'nde yapılacak uygulamaları teşvik etmesi ve çalışmalara referans olması düşünülerek biyogaz potansiyelinin incelenmesi, tesis yatırım maliyetleri ve gelecekteki hayvan sayısı değişimlerinin tahmini, tesisin yer seçimi konu başlıkları incelendi.

Anahtar kelimeler: Biyometanizasyon, Hayvansal Atık, Tekirdağ, Yenilenebilir Enerji, Biyogaz Potansiyeli, Fizibilite Etüdü

2019, 165 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

EVALUATING BIYOGAS POTENTIAL FROM ANIMAL WASTE OF TEKIRDAG PROVINCE

Verda ÜÇGÜL

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Endustrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Kemal Guven GULEN

In this study, the data of bovine and ovine ruminants numbers of 2018 were used. There are 164.457 bovine and 424.708 ovine ruminants in Tekirdag Province. Biyogas potential of these animals is 23.355.210,89 m³/year, methane potential is 14.013.126,54 m³/year, electrical energy potential is 140.079.123,77 m³/year, total energy potential is 12.046,81 Tep/year, total installed power of the region It is calculated as 16.212,86 MW. In this study, 4 MW, 2,8 MW, 2,5 MW and 1,2 MW installed power plants were designed and cost analyzes were performed. This study was conducted in Tekirdag province and examined the biyogas potential, estimating the plant investment costs and future number of animals, and determining the location of the plant.

Keywords: Biyometanisation, Animal Waste, Tekirdag, Renewable Energy, Potential of Biyogas, Feasibility Study

2019, 165 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER DİZİNİ	XI
ÖNSÖZ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI ve YASAL MEVZUAT	3
2.1. Biyogaz İle İlgili Yapılan Çalışmalar	3
2.2. Dünyada ve Türkiye’de Hayvancılık.....	5
2.3. Enerji Kaynakları.....	6
2.3.1. Yenilenemez enerji kaynakları	6
2.3.1.1. Kömür.....	7
2.3.1.2. Petrol.....	7
2.3.1.3. Doğalgaz.....	7
2.3.1.4. Nükleer enerji	8
2.3.2. Yenilenebilir enerji kaynakları	8
2.3.2.1. Hidroelektrik enerji.....	9
2.3.2.2. Güneş enerjisi	10
2.3.2.3. Rüzgar enerjisi.....	10
2.3.2.4. Jeotermal enerji.....	11
2.3.2.5. Dalga enerjisi.....	11
2.3.2.6. Gel-git enerjisi	11
2.3.2.7. Okyanus ısısı enerjisi.....	12
2.3.2.8. Hidrojen enerjisi	13
2.3.2.9. Biyokütle ve biyogaz enerjisi	13
2.4. Dünyada ve Türkiye’de Biyogaz Enerjisi Potansiyeli	14
2.5. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Teknolojiler	18
2.5.1 Kesikli fermantasyon.....	18
2.5.2 Beslemeli - kesikli fermantasyon	19

2.5.3 Sürekli fermantasyon.....	19
2.6. Biyogaz Üretiminin Mikrobiyolojisi	19
2.7. Biyogaz Oluşumunu Etkileyen Faktörler	20
2.7.1. pH derecesi	20
2.7.2. Sıcaklık	21
2.7.3. Hidrolik bekletme süresi.....	21
2.7.4. Karıştırma hızı	22
2.7.5. Uygun hammadde seçimi	22
2.7.6. Karbon/Azot (C/N) oranı.....	23
2.8. Yasal Mevzuat	24
2.9. Biyogaz Enerji Potansiyelinin Rolü ve Önemi.....	27
3. MATERYAL ve YÖNTEM	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	45
4.1. Yer Seçimi	56
4.2. Tesis Tasarımlarının Yapılması.....	59
4.2.1. Tesis teknolojilerinin belirlenmesi	60
4.2.2. Tesisler için mali etüt ve duyarlılık analizlerinin yapılması.....	65
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	89
KAYNAKLAR.....	95
EKLER	102
ÖZGEÇMİŞ	165

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1	: Biyogazın genel özellikleri (Deublein ve Steinhauser 2008).....	14
Çizelge 2.2	: Biyogaz bileşimi (Arslan ve Gülen 2005).....	18
Çizelge 2.3	: Organik maddelerin C/N oranı (Gül 2006).....	23
Çizelge 2.4	: Enerji politikalarından sorumlu devlet kurum ve kuruluşları	25
Çizelge 3.1	: 2018 yılına ait Tekirdağ İli büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları....	31
Çizelge 3.2	: Tekirdağ İli'nin son iki yıldaki hayvan sayısı değişimi.....	35
Çizelge 3.3	: Regresyon analizinde kullanılan veri seti.....	36
Çizelge 3.4	: Regresyon istatistikleri.....	37
Çizelge 3.5	: Anova tablosu.....	37
Çizelge 3.6	: Talep tahmin yöntemiyle büyükbaş hayvan atık miktarı projeksiyonu	38
Çizelge 3.7	: Talep tahmin yöntemiyle küçükbaş hayvan atık miktarı projeksiyonu	39
Çizelge 3.8	: Çalışmada biyogaz potansiyelinin hesaplanması amacıyla kabul edilen değerler (Görmüş 2018, Seyhan A. ve Badem A. 2018, Berkes F. ve Kışlalıoğlu M. 1993).....	42
Çizelge 4.1	: Hayvansal atık miktarlarının ilçelere göre dağılımı.....	47
Çizelge 4.2	: Tekirdağ İli'nin bir yıllık üretim potansiyeli.....	49
Çizelge 4.3	: Tekirdağ İli'nde enerji potansiyelinin ilçe bazında dağılımı.....	50
Çizelge 4.4	: İlçe bazında toplam elektrik potansiyelinin elektrik ihtiyacını karşılama oranı	51
Çizelge 4.5	: Membran tipi biyogaz tesislerinin üstünlük ve olumsuzlukları.....	60
Çizelge 4.6	: Batı bölgesi Kozyörük Mahallesi'nde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi günlük atık miktarı.....	64
Çizelge 4.7	: Batı bölgesi Kozyörük Mahallesi'nde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir tablosu.....	66
Çizelge 4.8	: Batı bölgesi Kozyörük Mahallesi'nde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi işletme maliyetleri.....	67
Çizelge 4.9	: Batı bölgesi Kozyörük Mahallesi'nde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi yatırım maliyetleri.....	68

Çizelge 4.10	: Batı bölgesi Kozyörük Mahallesinde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir-gider tablosu.....69
Çizelge 4.11	: Batı bölgesi Kozyörük Mahallesinde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelirlerin net kara etkileri ve %5 düzeltilmiş duyarlılık tablosu69
Çizelge 4.12	: Batı bölgesi Sarnıç Mahallesinde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi günlük potansiyel atık miktarı70
Çizelge 4.13	: Batı bölgesi Sarnıç Mahallesinde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir tablosu.....72
Çizelge 4.14	: Batı bölgesi Sarnıç Mahallesinde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi işletme maliyetleri ve duyarlılık analizi.....72
Çizelge 4.15	: Batı bölgesi Sarnıç Mahallesinde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi yatırım maliyetleri ve duyarlılık analizi.....74
Çizelge 4.16	: Batı bölgesi Sarnıç Mahallesinde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir-gider tablosu74
Çizelge 4.17	: Batı bölgesi Sarnıç Mahallesinde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelirlerin net kara etkileri ve %5 düzeltilmiş duyarlılık tablosu75
Çizelge 4.18	: Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi günlük potansiyel atık miktarı76
Çizelge 4.19	: Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir tablosu78
Çizelge 4.20	: Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi işletme maliyetleri ve duyarlılık analizi78
Çizelge 4.21	: Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi yatırım maliyetleri ve duyarlılık analizi.....80
Çizelge 4.22	: Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir-gider tablosu.....80

Çizelge 4.23	: Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesiinde kurulması önerilen 2,8 MW gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelirlerin net kara etkileri ve %5 düzeltilmiş duyarlılık tablosu	81
Çizelge 4.24	: Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesiinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi günlük potansiyel atık miktarı	82
Çizelge 4.25	: Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesiinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir tablosu.....	83
Çizelge 4.26	: Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesiinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi işletme maliyetleri ve duyarlılık analizi.....	84
Çizelge 4.27	: Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesiinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi yatırım maliyetleri ve duyarlılık analizi.....	85
Çizelge 4.28	: Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesiinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir-gider tablosu.....	86
Çizelge 4.29	: Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesiinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelirlerin net kara etkileri ve %5 düzeltilmiş duyarlılık tablosu	86
Çizelge 5.1	: Kurulması önerilen tesislere ait senaryolar.....	91

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1	: Dünyada hayvan varlığı ve değişimi (Anonim 2014b).....	6
Şekil 2.2	:Yenilenebilir enerji kaynakları.....	9
Şekil 2.3	:Okyanus termal enerji dönüşüm kaynakları (Üçgül ve Elibüyük 2015).....	12
Şekil 2.4	: Güney Hindistan’da işletilen 1 m ³ ’lük bir biyogaz sistemi (Güç 2010)	15
Şekil 2.5	: İlkel yöntemle işletilen biyogaz sistemi (Güç 2010).....	16
Şekil 2.6	: Toprak altı biyogaz sisteminin kesiti (Güç 2010).....	16
Şekil 2.7	: Danimarka’da büyük hacimli biyogaz tesisi (Güç 2010).....	17
Şekil 2.8	: Tekirdağ İli haritası.....	28
Şekil 3.1	: Tekirdağ İli’ndeki canlı hayvan sayılarının yıllara göre değişimi (Anonim 2018e)	31
Şekil 3.2	: Hayvansal üretim yapan bir çiftlikten görüntü (Anonim 2014a).....	32
Şekil 3.3	: Türkiye’deki canlı hayvan sayılarının yıllara göre değişimi (Anonim 2018e).....	33
Şekil 3.4	: Tekirdağ İli’nin 2017 yılı küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayıları (Anonim 2018f).....	34
Şekil 3.5	: Hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı.....	40
Şekil 4.1	: Büyükbaş hayvan sayılarının ilçe bazlı dağılımı.....	45
Şekil 4.2	: Küçükbaş hayvan sayılarının ilçe bazlı dağılımı.....	45
Şekil 4.3	: Büyükbaş hayvan sayısının ilçelere göre dağılımı (Anonim 2018g).....	46
Şekil 4.4	: Küçükbaş hayvan sayısının ilçelere göre dağılımı (Anonim 2018g).....	47
Şekil 4.5	: Hayvansal atık miktarlarının ilçelere göre dağılımı.....	49
Şekil 4.6	: Hayvan dışkılarının kaynağına göre dağılımı.....	49
Şekil 4.7	: Tekirdağ İli’nde ilçe bazlı büyükbaş hayvan atıklarından elde edilecek biyogazın enerji değeri dağılımı (TJ /yıl).....	52
Şekil 4.8	: Tekirdağ İli’nde ilçe bazlı küçükbaş hayvan atıklarından elde edilecek biyogazın enerji değeri dağılımı (TJ /yıl).....	52
Şekil 4.9	: Tekirdağ İli’nde hayvan atıklarından elde edilecek biyogaz oranının dağılımı (%TJ/yıl)	53

Şekil 4.10	: Tekirdağ İli'nde ilçe bazlı hayvan atıklarından elde edilecek elektrik potansiyeli (kWh/yıl)	53
Şekil 4.11	: Toplam metan miktarına göre mahalle kırılımı	54
Şekil 4.12	: Toplam metan miktarına göre mahalle bazlı yoğunluk haritası.....	55
Şekil 4.13	: İki nokta arasındaki uzaklık.....	57
Şekil 4.14	: Modellemede kullanılan örnek bir biyogaz akış şeması (Çoban 2009).....	59
Şekil 4.15	: Membran tipi biyogaz tesisi (Anonim 2019).....	61
Şekil 4.16	: Tesiste kullanılacak örnek mikser görüntüsü.....	61
Şekil 4.17	: Örnek bir kompost gübre tesisi.....	62
Şekil 4.18	: Türkiye'de kullanılan örnek bir dekantör sistemi.....	63
Şekil 4.19	: Dünya uygulamalarında gübrenin kurutulması için kullanılan örnek bir kurutucu.....	63
Şekil 4.20	: Peletlenmiş gübre.....	64
Şekil 4.21	: Gübre çuvallama makinesi.....	64
Şekil 4.22	: Enerji dönüşüm grafiği.....	65
Şekil 4.23	: Enerji dönüşüm grafiği.....	70
Şekil 4.24	: Enerji dönüşüm grafiği.....	76
Şekil 4.25	: Enerji dönüşüm grafiği.....	82

SİMGELER DİZİNİ

°C	: Santigrat derece
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma AŞ.
CH ₄	: Metan
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
Df	: Diferansiyel Fonksiyon
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EJ	: Exajoule
GW	: Gigavat
GJ	: Gigajoule
H ₂	: Hidrojen
H ₂ O	: Su
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
HBS	: Hidrolik Bekletme Süresi
KCAL	: Kilokalori
KG	: Kilogram
KMM	: Kuru Madde Miktarı
KW	: Kilovat
KWh	: Kilovatsaat
L	: Litre
M ³	: Metreküp
MJ	: Megajoule
MS	: Matematiksel Sapma
MTEP	: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
MW	: Megavat
MWt	: Megavattısı
MWe	: Megavatelektrik
N ₂	: Azot
NH ₃	: Amonyak
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
OTEC	: Ocean Thermal Energy Conversion
OYH	: Organik Yükleme Hızı
PJ	: Petajoule
SS	: Standart Sapma
TEDAŞ	: Türk Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türk Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Petrol Eşdeğeri
TETAŞ	: Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TEUAS	: Türk Elektrik Üretim Anonim Şirketi
TJ	: Terajoule
TKİ	: Türk Kömür İşletmeleri
TKM	: Toplam Katı Madde
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
TUBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TW	: Terawat
TWH	: Teravatsaat
UOM	: Uçucu Organik Madde
USD	: United States Dollar
W	: Vat
WEC	: World Energy Council
QGIS	: Quantum Geographic Information System

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi çalışmam boyunca her aşamada benden bilgi ve desteğini esirgemeyen, bilimsel katkılarını sunan danışman hocam Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN'e, çalışmalarım boyunca benden desteğini bir an çekmeyen arkadaşlarım Ayşe Ayça AYDIN, Merih AYDIN'a, çalışma süresi boyunca tüm zorlukları benimle göğüsleyen Cenani ÇİNER'e ve aileme, çalışmakta olduğum kurumda en başta idari amirim olan Evren ŞAHİNCİ'ye ve çalışma arkadaşlarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2019

Verda ÜÇGÜL
Endüstri Mühendisi

1. GİRİŞ

Dünya, küresel ısınmayla mücadele etmek, enerji açığını kapatmak, çevre problemlerinin çözümü ve sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Günümüzde tüm ülkelerin, gerek enerji açığını kapatmak için gerekse çevre problemlerinin önüne geçmek için sürdürülebilir kalkınma açısından yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi artmıştır.

Ülkemizin enerji tüketiminde ihtiyacının %60'ını ithalatla karşılaması ve sınırlı fosil kökenli yakıt rezervlerine sahip ve enerjide dışa bağımlı olması yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi zorunlu kılmaktadır. Fosil kökenli yakıtlara alternatif olabilecek yenilenebilir enerji (biyokütle, hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, vb.) kaynaklarına yüksek oranda sahip olan ülkemizde bu kaynakların mevcut kullanım oranı oldukça düşüktür.

Dünya nüfusunun giderek artması, teknolojide meydana gelen hızlı gelişmeler, enerji ihtiyacının da giderek artmasına neden olmaktadır. Dünya nüfusunun bugünkü değerinde sabit kaldığı varsayıldığında dahi fosil kökenli yakıtlardan biri olan petrolün 40-45 yıl, doğalgazın 60-65 yıl ve kömürün 140-150 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir. Dünya üzerinde insan popülasyonunun hızla artmasının enerji kaynaklarına olan ihtiyacın katlanarak artması anlamına geldiği için fosil yakıtların tükenme sürelerinin bugünkü koşullarda varsayılan bu sürelerden de hızlı azalacağını göstermektedir.

1970'lerde yaşanan petrol krizlerinin gelecekte de tekrarlanacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Bu gibi nedenlerden ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Bu kapsamda hidroelektrik enerjisi, güneş ve rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, okyanus ısısı, biyokütle ve biyogaz enerjisi gibi yenilenebilir kaynak araştırmalarına ağırlık verilmiştir.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli oldukça yüksektir. Yapılan çalışmada, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyokütlede biyogaz elde edilmesi konusu çalışılmaktadır. Türkiye'de hayvancılık önemli bir geçim kaynağıdır. Çalışma, Trakya bölgesinde bulunan Tekirdağ İli'nde toplam gayri safi üretim değerinin %27,45'ini (535.649.249 TL) hayvancılık sektörü oluşturmaktadır. Tekirdağ'da kişi başına düşen tarım alanı büyüklüğü yaklaşık 4,3 dekadır. Tekirdağ İli'nin arazi kullanımı; işlenen tarım alanı

%59,33 (3.745.804 dekar), ormanlık alan %16,5 (1.042.535 dekar), ayır-mera alanı %5,16 (325.782 dekar) ve tarım dışı alan %18,99 (1.198.879 dekar) olarak kullanılmaktadır.

Biyogaz tesisleri kuruldukları bölgeye statik ve dinamik Şekilde katkı sağlamaktadırlar. Dinamik katkılar uzun dönemde üretim verimliliğini ve ülke gelirini arttırıcı her türlü katkıdan oluşmaktadır. İnsan sermayesinin istihdamı, eğitimi, teknolojik yeniliklerle yaptığı katkılar dinamik katkılardır. Statik katkılar ise, kısa dönemli ve biyogaz tesisi sayesinde yapılan harcamalardan kaynaklanmaktadır.

Bu araŐtırmanın amacı, Tekirdağ İli'nde büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıklarından elde edilebilecek değerli bir gaz olan biyogaz ve içeriğinde bulunan metan gazının değerlendirilmesi konusundaki yatırımların uygunluğunun incelenmesidir. UlaŐılan sonuçta tarım ve hayvancılığa ekonomik katkının yanı sıra yeşil enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına da olanak sağlanarak ülkede sürdürülebilir kalkınmaya, sera gazı azaltılmasına ve çevrenin korunmasına katkı sağlayacaktır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI ve YASAL MEVZUAT

Bu bölüm dokuz ana başlık altında incelenmektedir. “Biyogaz İle İlgili Yapılan Çalışmalar” başlığında literatürde biyogaz ile ilgili yapılmış çalışmalara değinilmektedir. “Dünyada ve Türkiye’ de Hayvancılık” başlığında yıllara göre hayvan sayılarındaki değişim, “Enerji Kaynakları” başlığında yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemeyen enerji kaynakları, “Dünyada ve Türkiye’de Biyogaz Enerjisi Potansiyeli” başlığında biyogazın tarihçesi, kimyasal özellikleri, dünyadaki biyogaz tesisleri örnekleri, “Biyogaz Üretiminde Kullanılan Teknolojiler” başlığında kesikli, beslemeli-kesikli ve sürekli fermantasyon, “Biyogaz Üretimine Mikrobiyolojisi” başlığında biyogaz üretimindeki dört temel aşama, “Biyogaz Oluşumunu Etkileyen Faktörler” başlığında biyogazın verimini etkileyen sıcaklık, pH, hidrolik bekletme süresi gibi durumlar incelenerek “Yasal Mevzuat” başlığında ise biyokütle santrallerine yönelik kanun, yönetmelik, tebliğ gibi yasal uygunluk yükümlülüklerine, biyogaz potansiyelinin önemine “Biyogaz Enerji Potansiyelinin Rolü ve Önemi” başlığında değinilmektedir.

2.1. Biyogaz İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Akbulut ve Dikici (2004) çalışmasında, Elazığ İli’nin hayvan ve tarım potansiyelini dikkate alarak elde edilebilecek biyogaz miktarlarını sırasıyla büyükbaş hayvanlarda 1.526.580 m³/yıl, küçükbaş hayvanlarda 15.244.894 m³/yıl, kanatlı hayvanlarda 12.717.876 m³/yıl olarak hesaplamaktadır. Bu verilere göre Elazığ İli’nin biyogaz üretiminde kullanılacak tarımsal ürünlerinin biyogaz hesabı yapıldığında arpa, buğday ve mısır samanından; 576,18 m³/gün olarak hesaplanmaktadır.

Yokuş (2011) çalışmasında, Sivas İli’nin hayvansal atıklarından elde edilebilir yıllık biyogaz miktarı hesaplamıştır. Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları yetiştiriciliği yapılan işletmelerin hayvansal atık problemine çözüm getirebilmek ve bu atıkları geri kazanarak enerji üretebilmek adına farklı popülasyonlara yönelik üretilebilecek biyogaz miktarı öngörülerinde bulunmaktadır.

Altıkat ve Çelik (2012) çalışmasında, Iğdır İli için Türkiye İstatistik Kurumunun 2010 yılı verilerini kullanarak hayvansal atık kaynaklı biyogaz enerjisi potansiyelini hesaplamaktadır. Araştırmada Iğdır İli’nin yanı sıra, Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan

diğer iller ve Türkiye genelinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli de belirlenerek karşılaştırılmalar yapılmaktadır.

Aydın Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği (2012) raporunda, Aydın İli'nde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan cinslerinin oluşturduğu atıkların miktarı, metan potansiyeli, elektrik üretim, ısı üretim ve kurulu güç potansiyelini hesaplamaktadır. Atıkların tesislere taşıma uzaklıkları baz alınarak üç seviyede enerji üretim tesisine ait ön fizibilite çalışması yapılmaktadır.

Akyol ve ark. (2016) çalışmasında, Trakya Bölgesi'nin biyokütle açısından büyük bir potansiyele sahip olduğu, Trakya Bölgesi'nde bulunan ayçiçeği, buğday ve çeltik sapları ile çeltik kabukları gibi tarımsal atıkların yanı sıra hayvansal ve kentsel atıklarla birlikte bu bölgede bulunan sanayi atıklarının, yüksek nem miktarına sahip yakıtların biyokütle potansiyeli açısından önemli bir noktada olduğuna dikkat çekmektedir. Trakya Bölgesi'nin 398 MW teorik kurulu güce sahip olduğu öngörülmektedir. Bu teorik gücün yıllık olarak bölgeye 350,2 milyon USD tutarında bir katkı sağlayacağı tespit edilmektedir.

Tınmaz (2016) TÜİK verilerine göre Trakya Bölgesi'ndeki 2015 yılına ait hayvan sayılarından yararlanarak bu hayvanlardan oluşacak hayvansal atıkları ve üretilebilecek potansiyel biyogaz miktarını ve eşdeğer enerjisini 2.427,81 TJ/yıl olarak hesaplanmaktadır.

Baran ve ark. (2017) çalışmasında, Adıyaman İl, Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü'nün 2015 yılına ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan verilerine göre elde edilebilecek hayvansal atık miktarını, biyogaz üretim miktarını ve enerji potansiyelini hesaplamaktadır.

Doruk ve Bozdeveci (2017) çalışmasında, Denizli İli'nin Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2014 yılına ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan verilerine göre hayvansal atık miktarlarını ve yıllık üretilebilecek biyogaz potansiyelini ve bunun karşılığı 46.30 milyon litre motorin, 329 milyon kWh elektrik enerjisi üretilebileceğini öngörmektedir.

Taşova (2017) yaptığı çalışmada, Tokat İli'ne ait TÜİK 2010-2014 yılları arasındaki kümes hayvan sayılarını kullanarak yıllara göre gübre miktarlarını, gübrelerden üretilebilecek biyogaz miktarlarını, biyogazdan sağlanabilecek günlük eş değer ısı enerji değerlerini ve yıllık eş değer elektrik enerji değerlerini belirlemektedir. Bunun yanında üretilebilecek elektrik enerjisi ile elektrik ihtiyacının karşılanabileceği hanelerin sayısı belirlenmektedir.

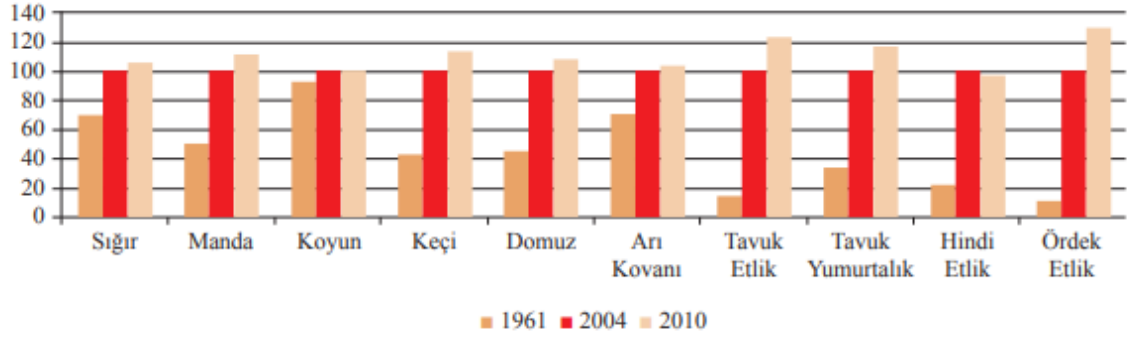
Karagöz ve ark. (2018) Karabük İli genelinde yaptığı çalışmasında, Türkiye İstatistik Kurumunun 2016 yılına ait küçükbaş, büyükbaş ve kanatlı hayvan sayısı verilerini kullanmıştır. Bu hayvanlardan elde edilebilecek gübre miktarı, biyogaz üretim potansiyeli tespit edilmektedir.

Seyhan ve Badem (2018), Erzincan İli'nde yaptığı çalışmasında, Erzincan Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği ile Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü verilerini kullanarak, Erzincan İli hayvansal atıklardan elde edilebilir yıllık biyogaz miktarı 1.5511.011 m³, elektrik enerjisi 3.8025.864 kWh ve ısı enerjisi 3.581.8027.112 kcal olarak hesaplamıştır. Erzincan'ın biyogaz kaynaklı elektrik kurulu gücü bakımından 4,3 MW'lık bir potansiyel barındırdığı, biyogaz ve enerji üretimi değerleri açısından da kayda değer bir nitelik taşıdığı görülmektedir.

Görmüş (2018), çalışması kapsamında, Türkiye'deki hayvan gübrelerinin metan cinsinden biyogaz potansiyeli ve metanın enerji değeri hesaplamıştır. Çalışma ülkemizin 81 ili kapsamında yapılarak, materyal olarak Türkiye İstatistik Kurumunun Türkiye'nin 81 iline ait 2016 yılı hayvan sayıları verileri kullanılmıştır. Türkiye genelinde bulunan 389.092.722 adet hayvandan (büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı) günlük 627.373.383,16 kg hayvan gübresi oluştuğu ve bu atıklardan elde edilebilecek metan miktarı 3.616.980.957,52 m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

2.2. Dünyada ve Türkiye'de Hayvancılık

Küresel ticarete önemli yere sahip hayvancılık sektöründe en fazla ticarete konu olan ürünler et, süt ve deri ürünleridir (Toplam %77). Uluslararası hayvan ve hayvansal ürün ticaretinde önemli alıcılardan birisi olan Türkiye hem genetik materyal, hem de canlı hayvan ticaretini büyük oranda ABD, AB ülkeleri ve Kanada ile gerçekleştirmekte, çoğunluğu kanatlı eti ve yumurtadan (damızlık hariç) oluşan ihracatını ise Orta Doğu ve Afrika ülkeleri ile Türk Cumhuriyetlerine yapmaktadır. Dünyada toplam 1,5 milyar baş sığır, 195 milyon baş manda, 1 milyar baş koyun, 920 milyon baş keçi ve 66 milyon adet kovan bulunmaktadır (Şekil 2.1) (Anonim 2014b).



Şekil 2.1. Dünyada hayvan varlığı ve değişimi (Anonim 2014b).

Türkiye'nin özellikle koyun ve sığır varlığında son yıllarda önemli değişim meydana gelmiştir. Özellikle 2009 yılından sonra sığır varlığının 1,7 milyon, koyun varlığının ise 3,3 milyon baş arttığı, kıl keçisinde 2009, manda varlığında ise 2010 yılından sonra keskin bir artış olduğu, 2004 yılı sonrasında kovan ve ipekböceği kutu sayılarının arttığı, domuz varlığının ise azaldığı izlenmektedir (Anonim 2014b).

2.3. Enerji Kaynakları

Maddede var olan ısı ve ışık biçiminde ortaya çıkan güce enerji denilmektedir. Kullanılan tüm cihazların enerjiye ihtiyacı bulunmaktadır.

Günümüzde birçok enerji kaynağı bulunmaktadır. Doğadaki temel enerji kaynağı güneştir. Bitkiler doğrudan güneş enerjisini alarak, bunu fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürürler. Doğada enerji, mekanik, kimyasal, nükleer, elektrik, ısı, ışık enerjileri gibi çok değişik biçimlerde bulunabilmektedir ve her enerji türü, başka bir enerjiye dönüşebilmektedir. "Enerjinin Korunumu Kanunu'na göre, enerji bir şekilden diğer şekle dönüşür, fakat hiçbir zaman yok olmaz veya yeniden yaratılamaz. Genel olarak, evrenin toplam enerjisi korunmakta sadece şekil ve yer değiştirmektedir. Farklı bir ifade ile dengeli bir sistemde tüm enerji girdileri ile çıktıları birbirine eşittir (Torunoğlu 2015).

2.3.1. Yenilenemez enerji kaynakları

Doğada yenilenemeyen enerji türü yoktur fakat bazı enerji kaynakları meydana gelişlerinin bir sebebi olarak yenilenmeleri çok uzun süre almaktadır. Bu nedenle ki, yenilenemez enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadırlar. Yenilenemez enerji kaynakları

bir kez kullanılabilir ve tükenir. Oluşumları binlerce yılda tamamlanan fosil yakıtlar ve radyoaktif maddeler yenilenemez enerji kaynaklarıdır (Anonim 2019).

2.3.1.1.Kömür

Kömür; katmanlı tortul çökellerin arasında bulunan katı, koyu renkli, karbon ve yanıcı gazlar bakımından zengin kayadır.

Dünya çapında kullanılan enerjinin üçte birini sağlamakta ve elektrik üretiminin %38'ini oluşturmaktadır. Aynı zamanda demir-çelik gibi endüstride çok önemli bir rol oynamaktadır.

Hava kirliliği ve sera gazı emisyonları konusundaki resmi kaygılara rağmen, kömür kullanımı gelecekte önemli olmaya devam edecektir. Bu nedenle, devletlerin ve sanayinin daha az kirlilikli olması gerekmektedir. Daha verimli teknolojileri benimsemeleri için de enerji üretiminde büyük rolü olan kömürün kullanımının yıldan yıla azaltılması için çaba gösterilmesi gerekmektedir.

2.3.1.2.Petrol

Türkiye'de petrol arama çalışmalarına Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde başlanmıştır. İmparatorluk sınırları içinde petrol ilk olarak İskenderun, Trakya ve Musul'da aranmıştır. Arama faaliyetleri Cumhuriyetin ilk yıllarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne kaydırılmış ve 1940 yılında Raman-1 kuyusunda petrolün bulunmasıyla sonuçlanmıştır (Doğanay 1998). Türkiye'de petrol üretimine 1946 yılında 544 ton ile başlanmıştır. Daha sonra artan bu üretim değeri 1991 yılında 4,4 milyon ton ile en üst seviyesine ulaşmıştır. Bu yıldan itibaren petrol üretimi gerilemeye başlamış ve 2012 yılında 2,3 milyon tona kadar düşmüştür.

2.3.1.3.Doğalgaz

Hidrokarbonların prensi olarak tanımlanan doğalgaz fosil yakıtlar içerisinde kullanımı en hızlı yayılan yakıttır. Havaya kıyasla daha hafif ağırlıkta olan, kokusu ve rengi bulunmayan doğalgaz, yerin altında genellikle petrole yakın bir konumdan çıkarılmakta ve geniş hacimli boru hatlarıyla taşınmaktadır. Doğalgaz, kömür ve petrol gibi uzun yıllar

süresince toprağın altında kalarak ısı ve basınçla evrim geçiren hayvan ve bitki atıklarının bugünkü durumlarına gelmeleriyle oluşan enerji kaynağıdır. İçerisinde büyük oranda metan bulunduran doğalgazda ayrıca, etan, propan, bütan, azot, karbondioksit, hidrojen sülfür ve helyum gibi gazlar bulunmaktadır (Ertürk 2011).

2.3.1.4. Nükleer enerji

Türkiye’de bulunan doğal uranyum gizli (10 bin ton tutarında olduğu tahmin edilen) ancak bir işletme boyunca yani yaklaşık 30 yıllık kullanıma yetebilecek düzeydedir. Ayrıca, bu uranyumun çıkarıldıktan sonra işlenip, nükleer yakıtı dönüştürülmek üzere yurtdışına gönderilmesi gerekmektedir (Bakır 2013).

Türkiye’nin yaklaşık 400 bin ton tutarında da toryum rezervi bulunmaktadır. Ancak toryum atom çekirdekleri enerji üretiminde doğrudan kullanılamamaktadır. Toryumun; yıllar süren bir dönüştürme işlemine tabi tutularak uranyum 233’ün üretilip, daha sonra da yakıt ayırma işlemiyle yakıtlaştırılması gerekmektedir (Bakır 2013).

2.3.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. Bu kaynaklar güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerjisi, biyokütle enerjisi ve hidrojen enerjisi olarak sıralanabilir.

Genel olarak, yenilenebilir enerji kaynağı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır. Örneğin, güneşten elde edilen enerji ile çalışan bir teknoloji bu enerjiyi tüketir, fakat tüketilen enerji toplam güneş enerjisinin yanında çok küçük kalır. En genel yenilenebilir enerji şekli güneşten gelmektedir (Anonim 2019j). Fosil kökenli yakıtlardan oluşan enerji kaynaklarına alternatif olarak günümüzde hızla önem kazanan, yenilenebilir enerji kaynakları Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Temiz enerji kaynakları ve yeşil enerji olarak da tanımlanan yenilenebilir enerji kaynakları dünyamızın geleceği için hayati önem taşımaktadır. Enerji üretiminde yaygın olarak kullanılan fosil yakıtların yakın gelecekte tükenecek olması, daha da önemlisi fosil yakıt kullanımı sonucu oluşan çevre sorunlarının her geçen gün artarak dünyadaki canlı yaşamını tehdit eder boyutlara ulaşması, yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, yeryüzünde çoğunlukla herhangi bir üretim sürecine ihtiyaç duymadan temin edilebilen, fosil kaynaklı olmayan, çevreye zararı ve etkisi geleneksel enerji kaynaklarına göre çok daha düşük olan, sürekli bir devinimle yenilenen ve kullanılmaya hazır olarak doğada var olan enerji kaynaklarını ifade etmektedir (Gedik Torunoğlu 2015).

2.3.2.1. Hidroelektrik enerji

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli potansiyellerden biri hidrolik enerjidir. Ülkenin brüt hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh/yıl, teknik potansiyeli 216 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyeli ise 164 milyar kWh/yıl seviyesindedir. Bu değerler ile Türkiye dünya teknik hidroelektrik potansiyelinin %1’ine,

Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sına sahiptir ve Norveç'ten sonra Avrupa'da ikinci sırada gelmektedir (Yılmaz 2012).

Teknik ve ekonomik şartlar çerçevesinde Türkiye'nin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 110 milyar m³ civarındadır (Bakır 2013). Bu su potansiyeline bağlı hidroelektrik potansiyelinin büyük bir kısmı ise doğuda ve güneydoğuda bulunmakta ve özellikle güney komşularımız için hayati önem taşımaktadır (Yarman 2011). Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli; brüt, teorik hidroelektrik enerji potansiyeli 433 TWh/yıl, teknik yapılabilir hidroelektrik enerji potansiyeli 216 TWh/yıl, ekonomik yapılabilir hidroelektrik enerji potansiyeli 170 TWh/yıl olarak belirlenmiştir (Bakır 2013).

2.3.2.2. Güneş enerjisi

Dünya'nın en önemli enerji kaynağı güneştir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarda yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi çevreci, temiz bir enerji kaynağı olduğu için fosil enerji kaynaklarına alternatif olacak bir enerji olarak görülmektedir. Türkiye bulunduğu matematik konum gereği güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça iyi durumdadır. Ülkede yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat, (günlük 7,2 saat) yıllık ortalama güneş radyasyon değeri 1311 kWh/m² (günlük 3,6 kWh/m²) dir (Toklu ve ark. 2010).

2.3.2.3. Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi, güneş radyasyonunun yer yüzeylerini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeylerinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olur. Güneş ışınlarının olduğu sürece rüzgâr olacaktır. Rüzgâr, güneş enerjisinin dolaylı ürünüdür. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık % 2 kadarı rüzgâr enerjisine çevrilir. Dünya yüzeyi düzensiz bir şekilde ısınır ve soğur, bunun sonucu atmosferik basınç alanları oluşur, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına hava akımı oluşur (Ertuğrul ve Kurt 2009).

2.3.2.4. Jeotermal enerji

Jeotermal kaynak kısaca yer ısısı olup, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal enerji ise jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı her türlü faydalanmayı kapsamaktadır. Jeotermal enerji yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmeyen, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür (Anonim 2019m).

2.3.2.5. Dalga enerjisi

Dünya yüzeyinin farklı ısınması sonucu oluşan rüzgârların deniz yüzeyinde esmesi ile meydana gelen deniz dalgalarındaki gücün diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha kesif olduğu hesaplanmaktadır (10-15 defa daha fazla). Kullanabildiği takdirde bol ve çoğu ülkenin elde edebileceği kadar yaygındır. Her ne kadar bulunduğu yere göre değişse de ortalama günlük güneş enerjisi akışı metre kare başına 100 W'tır. Güneş enerjisinin kullanımında yüzey etkin olduğundan yüzey örnek verilirse; ideal şartlarda 1 kW elektrik üretimi için 10 metrekarelik bir alan gereklidir. Rüzgâr enerjisi kullanılarak aynı miktarda elektrik üretimi için iki metrekare yer gereklidir (1-5 veya 1-10). Dalga gücü için bu alan sadece bir metrekaredir. Ayrıca, okyanuslardaki bu gücün sadece yüzde biri bugünkü dünya enerji talebinin beş katından fazladır (Anonim 2019b).

Bununla birlikte; deniz dalgasının kullanılmasında birtakım sınırlamalar da bulunmaktadır. Her dalga boyutunun kullanılması için bir tasarımın oluşturulamaması, gemi rotalarının geçtiği yollar, askeri tatbikatlar, balık avlanma sahaları, su altı kabloları gibi kısıtlamalar büyük dalga enerjisi projelerine başlamadan önce dikkate alınması gereken hususlardır (Anonim 2019b).

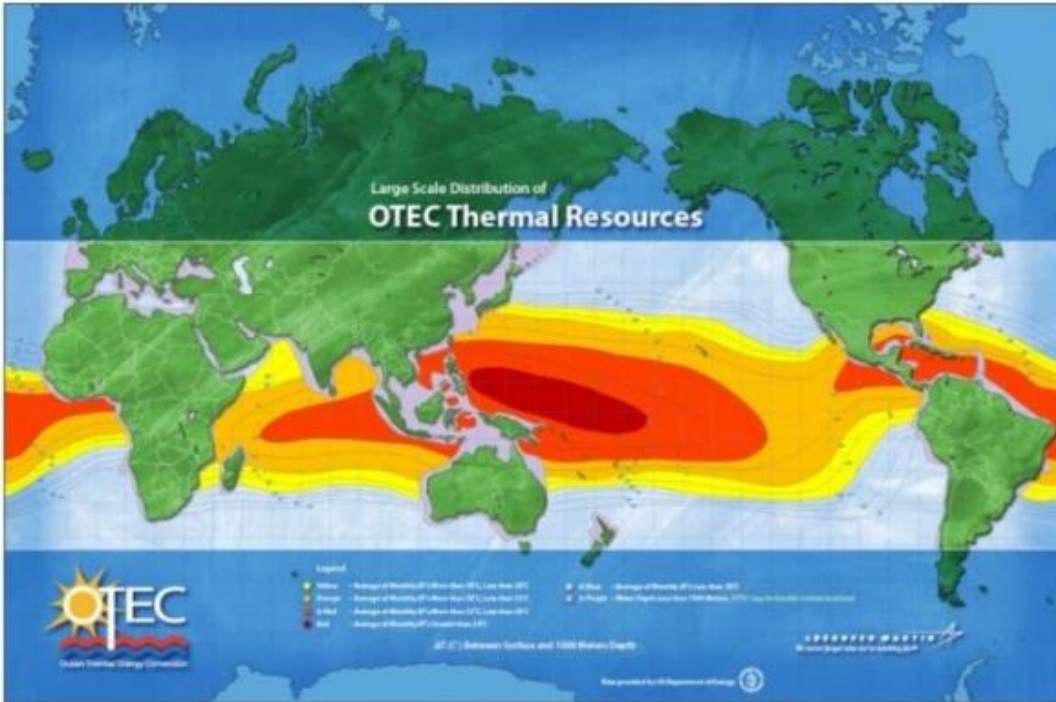
2.3.2.6. Gel-git enerjisi

Ay, güneş ve gezegenimizin çekim gücü ile merkezkaç kuvvetleri arasındaki etkileşim sonucu meydana gelen çekim gücünün deniz ve okyanuslarda yarattığı dalgalanma hareketine gelgit (medcezir) denilmektedir. Denizlerde meydana gelen bu dalgalanma hareketinden enerji elde etmek mümkündür.

2.3.2.7. Okyanus ısısı enerjisi

Kısa adı OTEC olarak bilinen "Ocean Thermal Energy Conversion", Okyanus Termal Enerji Dönüşümü okyanus sularının yüzeyi ve derinlerindeki su sıcaklığının farkını kullanarak enerji üreten sistemlerdir. Burada sistemin çalışmasını sağlayan en önemli faktör okyanus yüzeyi ve dibindeki suyun sıcaklığının farklı olmasıdır. Bu sıcaklık farkı kolay buharlaşabilen bir sıvının (örneğin amonyak) hal değiştirmesi için kullanılmaktadır. Hal değiştiren sıvının buhar basıncı türbinlerin dönmesini sağlamaktadır (Anonim 2019n).

En iyi okyanus termal enerji dönüşümü kaynakları yıl boyunca ekvatorun kuzey ve güney tropik bölgelerinde bulunmaktadır. Okyanusun termal yapısını etkilemeden okyanus termal enerji dönüşümü sistemleri tarafından yaklaşık 10 TW güç temin edilebileceği tahmin edilmektedir. Bu dönüştürme yıllık değer olarak yaklaşık 300 EJ/yıl'dır (Wina 2015). OTEC sistemi için kaynak seçimi yapılırken; mevsimsel fırtınalara, güçlü akıntılara, çok derin soğuk su ve sert okyanus koşulları gibi faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (Girgis ve Siegel 1983). En az 98 ülkede toplam 200 deniz mili okyanus termal enerji dönüşümü termal kaynak bulunmaktadır. Okyanus termal enerji dönüşümü termal kaynak bölgeleri Afrika ve Hint sahilleri, Amerika'nın tropikal batı ve güney-doğu kıyıları ve birçok Karayip ve Pasifik adalarıdır (Şekil 2.3) (Wina 2015).



Şekil 2.3. Okyanus termal enerji dönüşüm kaynakları (Üçgül ve Elibüyük 2015).

2.3.2.8. Hidrojen enerjisi

Hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerji, nükleer enerjinin hidrojen yakıtı üretiminde kullanılabilmesi ve Karadeniz'in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunması nedeniyle Türkiye bu enerji kaynağı bakımından potansiyele sahiptir (Anonim 2019a).

2.3.2.9. Biyokütle ve biyogaz enerjisi

Doğada yaygın olarak mevcut tarımsal kökenli ürünlerden değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle üretilen, ticari özelliğe sahip, temel ve belirli özellikleri standartlaştırılmış olan katı, sıvı ve gaz haldeki bitkisel enerji kaynaklarıdır.

Dünyanın çoğalan nüfusu ve sanayileşmesi ile giderek artan enerji gereksinimini çevreye kirlenmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir. Biyokütle enerjisi çeşitli üstünlükleri ile öne çıkmaktadır. Bu üstünlükler şöyle sıralanabilir;

- Hemen hemen her yerde yetiştirilebilme
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Her ölçekte enerji üretimi için uygunluk
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterliliği
- Depolanabilir olma
- 5-35°C arasındaki sıcaklıkların yeterliliği
- Sosyoekonomik gelişmelerde önemli olması
- Çevre kirliliği oluşturmama (NO_x ve SO₂ salınımlarının çok düşük olması)
- Diğer enerji kaynaklarına göre sera etkisi oluşumuna daha az sebep olması
- Atmosferde CO₂ dengesinin sağlanması
- Asit yağmurlarına yol açmaması (Türe 2001).

Biyokütle; biyolojik kökenli fosil olmayan organik madde kütesidir. Biyokütle terimi çok geniş anlamda yaşayan organizmalardan üretilen madde anlamına gelir (Üçgül ve Akgül 2010). Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikler olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanır (Acaroğlu 2008). Örneğin; odun, tarımsal atıklar (saman, mısır kocaları, pamuk atıkları vb.) şehir kanalizasyon atıkları, endüstriyel organik atıklar (şeker sanayisinden

küspe vb.) biyokütle enerji kaynaklarıdır. Türkiye’de bitkisel ve hayvansal kaynaklı biyokütle genellikle ısınma amaçlı kullanılır. Özellikle kırsal kesimlerde evlerin ısıtılmasında bu enerji kaynağı ilk sırada yer almaktadır. Yaygın olarak kullanılan ise biyodizel, biyoetanol ve biyogazdır (Kızılel 2016).

2.4. Dünyada ve Türkiye’de Biyogaz Enerjisi Potansiyeli

Varlığının bilinmesi ve kullanılması milattan öncesine dayanan biyogaz teknolojisi, en eski teknolojilerden birisidir. Biyogaz, Asurlular tarafından MÖ. 1000 yıllarında sıcak su temininde kullanılmaya başlamıştır. MS. 23-79 yılları arasında yaşayan Plinius, bataklıkların üzerinde titreyerek yanan alevlerden bahsetmektedir (Güç 2010). Biyogaz; hayvansal ve bitkisel kökenli organik atıkların, anaerobik (havasız) fermantasyonu sonucu açığa çıkan, renksiz, kokusuz, havadan hafif, havaya oranla yoğunluğu 0.83 ve oktan sayısı 110 olan, parlak mavi bir alevle yanan bir gaz karışımıdır. Biyogaza “Bataklık Gazı”, “Gübre Gazı”, “Gobar Gaz” gibi isimlerde verilmektedir. Düşük sıcaklıklarda (-164 °C) sıvılaştırılabilen biyogaz, bileşimindeki kükürtlü bileşiklerden dolayı çürük yumurta gibi kokar. Ancak yanarken bu kokusunu kaybeder (Arslan ve Gülen 2005). Biyogazın genel özellikleri Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Biyogazın genel özellikleri (Deublein ve Steinhauser 2008)

Özellikler	Değerler
Enerji içeriği	6,0-6,5 kWhm ⁻³
Yakıt eşdeğeri	0,60-0,65 L petrol/m ³ biyogaz
Yanma değerleri	% 6 -12 havadaki biyogaz
Yanma sıcaklığı	650-750°C
Kritik basınç	75-89 bar
Kritik sıcaklık	-82,5°C
Yoğunluk	1,2 kg m ⁻³
Koku	Bozuk yumurta (sülfürü arındırılmış biyogaz kokusu zor fark edilir)
Molar kütle	16,043 kg/kmol

Biyogaz teknolojisinin 1930’lu yıllardaki gelişimi, bu teknolojinin mikrobiyolojisi üzerine yoğunlaşmıştır. Buswell ve arkadaşları (1930), biyogaz üretiminin artışında etkili

anaerobik bakteriler ve bu bakterilerin uygun yaşam şartlarını belirlemişlerdir. Önceleri biyogaz üretiminde anaerobik havuzlar kullanılırken, 1920’li yıllardan sonra, verimde artış sağlayan düzenekler üzerine çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Biyogaz sistemine kapalı tanklar, karıştırıcı paletler ve bakterilere uygun sıcaklığı oluşturmak için ısıtma sistemleri eklenmiştir. II. Dünya Savaşı döneminde vergilerin artması ve savaş hali gibi sebeplerden dolayı, biyogaz sistemleri unutulmaya yüz tutmuştur. Bu dönemlerde gelişmiş ülkelerin yüz çevirmesine karşın, gelişmekte olan Çin ve Hindistan gibi ülkelerde, biyogaz tesislerinin sayısında önemli artışlar olmuştur (Güç 2010).

Nüfusun %70–80’i kırsal kesimde yaşayan bu ülkelerde, bölgesel enerji ihtiyacının karşılanmasında biyogaz, önemli bir kaynak oluşturmuştur. Büyükbaş hayvan atıklarının temel hammadde olarak kullanıldığı küçük ölçekli biyogaz sistemleri, özellikle yemek pişirme için gerekli gazın temin edilmesinde kullanılmıştır (Şekil 2.4) (Öçal 2013).



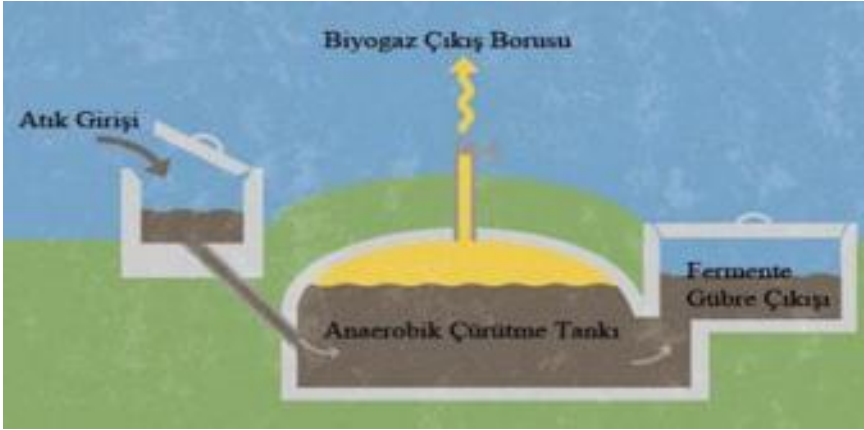
Şekil 2.4. Güney Hindistan’da işletilen 1 m³’lük bir biyogaz sistemi (Güç 2010)

1980’li yıllarda Hindistan’da, “Ulusal Biyogaz Kalkınma Programı” ile kurulan biyogaz sisteminin sayısı, 2,7 milyon m³ bulmuştur. Ancak bu sistemlerin ilkel yöntemlerle işletilmesi ve bakımsızlık gibi sebeplerden dolayı, yarısına yakını verimli çalışmamıştır (Güç 2010).



Şekil 2.5. İlkel yöntemle işletilen biyogaz sistemi (Güç 2010)

Asya ülkelerinde biyogaz sistemleri genellikle, küçük ölçekli ve toprak altı sistemler olarak inşa edilmiştir (Şekil 2.5) (Güç 2010).



Şekil 2.6. Toprak altı biyogaz sisteminin kesiti (Güç 2010)

Asya ülkelerinde kırsal kesimin ihtiyacını karşılayan küçük ölçekli ilkel sistemlerle, Avrupa ve Amerika’da teknolojik gelişmeler ile biyogaz sistemlerinin bütünleşerek (Şekil 2.6), üretilen gaz miktarındaki artış üzerine çalışmalar yapılmıştır. Özellikle büyük hacimli sistemler ve bu sistemlerin verimliliği üzerine araştırmalar yapılarak, optimizasyon parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır (Öçal 2013).



Şekil 2.7. Danimarka’da büyük hacimli biyogaz tesisi (Güç 2010)

Avrupa’da 2006 yılı sonu itibariyle, yaklaşık 3500 adet biyogaz tesisinde, toplam elektrik üretme kapasitesi 1100 MW civarındadır. Günümüzde sadece Almanya, Danimarka ve Avusturya’da yaklaşık, 4300 adet biyogaz tesisi işletilmektedir. Avrupa’nın kuzey ve batı bölgelerinde tesis sayısı ve yapılan yatırımlar doğu ve güney bölgelerine oranla daha fazladır. Birçok ülkede devlet, biyogaz tesisleri için düşük faizli kredi desteği sağlamakta ve vergi oranlarının düşürülmesinde ciddi çalışmalar yaparak teşvik paketleri sunmaktadır. Yapılan bu iyileştirmeler, bölgesel enerji ihtiyacının karşılanmasında, uzun vadede devletin yükünü hafifletmekte ve üretilen fazla enerjinin şebekeye aktarılarak üreticinin gelir elde etmesini sağlamaktadır (Şekil2.7) (Güç 2010).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogaz üretimi ve kullanımı ile atmosferdeki metan ve amonyak miktarının azaltılması, karbondioksit emisyonunun artırılması, küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının etkisinin azaltılması sağlanabilmekte, ülkelerin enerji bakımından dışa bağımlılıkları da azaltılmakta, sağlıklı ve hijyenik yaşam alanları oluşturulmaktadır (Özbaşer ve Erdem 2013).

Biyogaz üretiminde kullanılan hayvansal (sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların gübreleri, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işletmesi sırasında ortaya çıkan atıklar veya insan dışkı) ve bitkisel (ince kıyılmış sap, saman, mısır atıkları, şeker pancarı yaprakları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar) atıklar tek başına kullanılabilirdiği gibi uygun oranda karıştırılarak da kullanılabilir. Tipik bir biyogaz bileşimi Çizelge 2.2’de verilmektedir (Arslan ve Gülen 2005).

Çizelge 2.2. Biyogaz bileşimi (Arslan ve Gülen 2005)

Madde	Sembol	Yüzde (%)
Metan	CH ₄	50-70
Karbondiyoksit	CO ₂	30-40
Hidrojen	H ₂	5-10
Azot	N ₂	1-2
Su buharı	H ₂ O	0,3
Hidrojen sülfür	H ₂ S	eser miktarda
Siloksan	0-50 mgm ⁻³	motor sistemlerine zarar verir ve aşındırır

Biyogaz bileşenleri, kullanılan tesis tipi ve hammadde kaynağına bağlı olarak farklı özellikler gösterebilir. Uzun vadeli süreçlerde, biyogaz bileşenleri belirli aralıklarla kontrol edilmelidir.

2.5. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Teknolojiler

Biyogaz üretimi, karmaşık ve değişik görevlere sahip olan, mikroorganizmaların bulunduğu kompleks bir biyokimyasal işlemdir. Bu kompleks işlemlerde üç farklı fermantasyon uygulaması yapılmaktadır.

2.5.1 Kesikli fermantasyon

Tesisin fermantörü (üretim tankı) hayvansal ve/veya bitkisel atıklar ile doldurulmakta ve alıkoyma - bekletme süresi kadar bekletilerek biyogazın oluşumu tamamlanmaktadır. Kullanılan organik maddeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekleme süresi değişmektedir. Dolumdan ortalama 15 gün sonra gaz çıkmaya başlamakta ve gazın sürekliliği 60 gün devam etmekte ve bu sürenin sonunda gazın verimi düşmektedir. Bu durumda fermantasyon tankı boşaltılarak tekrar gübreye doldurulmaktadır (Anonim 2019).

2.5.2 Beslemeli - kesikli fermantasyon

Burada fermantör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulmakta ve geri kalan hacim fermantasyon süresine bölünerek günlük miktarlarla tamamlanmaktadır. Belirli fermantasyon süresi sonunda fermantör tamamen boşaltılarak yeniden doldurulmaktadır (Gül 2006).

2.5.3 Sürekli fermantasyon

Bu fermantasyon biçiminde fermantörden gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Organik madde fermantöre her gün belirli miktarlarda verilmekte, alıkoyma süresi kadar bekletilmekte ve aynı oranlarda fermente olmuş materyal günlük olarak fermantörden alınmaktadır (Anonim 2019).

2.6. Biyogaz Üretiminin Mikrobiyolojisi

Biyogaz oluşumu organik materyallerin oksijensiz fermantasyonu sonucunda oluşan ve içerisinde çoğunlukla CH₄, CO₂ gazları bulunan ve hidrojen, azot gazı ve hidrojen sülfür içeren bir gaz karışımından oluşmaktadır. Organik maddelerin oksijensiz ortamda parçalanması ile oluşan biyogaz karışık ve çeşitli mikrobiyolojik flora tarafından sağlanmaktadır.

Oksijensiz fermantasyon sonucu oluşan biyogaz üç farklı aşamada gerçekleşir. Bu aşamalar;

- Fermantasyon ve hidroliz: Organik maddeler hidrolitik ve fermantatif bakteriler tarafından parçalayarak asetik asit, uçucu organik bileşenler ve karbondioksit oluşturmaktadır.
- Asetik asit oluşumu: Fermantasyon ve hidroliz aşaması sonucunda çıkan ve uçucu yağ asitlerini bir takım bakteri grupları asetik aside dönüştürür.
- Metan gazı oluşumu: Oksijensiz fermantasyonun son aşamasıdır. Bu aşamada metan bakterileri, asetik asit oluşumu aşamasında oluşan ürünleri metan,

karbondioksit ve su gibi ürünlere dönüştürür. Bu aşamanın sonucunda biyogaz oluşumu tamamlanmaktadır (Şenol ve ark. 2017a).

2.7. Biyogaz Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Organik atıkların oksijensiz ortamda fermantasyonu sonucunda derişiminde yüksek oranda metan bulunan biyogaza dönüşmektedir. Bu prosesin verimini etkileyen birçok etmen bulunmaktadır. Başlıcaları pH, sıcaklık, hidrolik bekletme süresi, karıştırma hızı, uygun hammadde seçimi, karbon/azot (C/N) oranı gibi faktörlerdir.

2.7.1. pH derecesi

Metan oluşturucu bakteriler nötr veya hafif alkali ortamda yaşarlar. Fermantasyon işlemi anaerobik şartlarda kararlı olarak devam ederken ortamın pH değeri, normal olarak 7-7,5 arasında değişir. Karbon dioksit-bikarbonat ($\text{CO}_2\text{-HCO}_3^-$) ve amonyak- amonyum ($\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$) tamponlama etkisinden dolayı pH seviyesi nadiren değişir. Biyo karbonatlar pH'ın düşerek metanojenik mikroorganizmalar üzerine ters etki yapmasını önler. Çünkü biyo karbonatlar çürüme esnasında oluşan uçucu yağ asitleri serbest yağ asitleri halinde değil de bağlı halde tutulacağı için pH düşürme etkisini önler. Eğer biyo reaktörün pH'ı 6,7'nin altına düşerse, bu durum metan oluşturucu bakteriler üzerinde toksit etki yapar. Anaerobik arıtma için ideal pH aralığı 6,8-7,8'dir. pH 6,5'in altına düştüğü zaman gaz üretimi tamamen düşer. pH düştüğünde bu durumdan metan oluşturucu bakteriler olumsuz etkilenir. Dolayısıyla ortamda asit oluşturucu bakteri konsantrasyonunda artma olur. Reaktörde yağ asidi konsantrasyonu belli değerin üzerine çıktığında metan oluşumu tamamen durur. Bu durum aşırı organik yükleme ve sıcaklığın şok olarak düşmesinden dolayı meydana gelir. Biyo reaktörlerde pH düştüğü zaman iki yaklaşım uygulanır. Birinci yaklaşımda organik madde beslemesi kesilmelidir. Böylece ortamda metanojenik mikroorganizmaların konsantrasyonu artırılarak yağ asidi konsantrasyonu azaltılabilir. pH kabul edilebilir seviyeye yükseldikten sonra (pH=6,8 gibi) çamur beslenmesine tekrar devam edilir. İkinci yaklaşım pH'ı yükseltmek ve tamponlama kapasitesini artırmak için ortama kimyasal maddeler ilave edilir. Kimyasal madde ilave etmenin en önemli avantajı pH derhal kararlı hale gelebilir. Dengesiz popülasyonlar hızlı şekilde kendini düzeltmeye çalışır. Kimyasal madde olarak sönmüş kireç (kalsiyum hidroksit) ve soda (sodyum bikarbonat) çözeltileri

ilave edilebilir. Her iki madde de Türkiye’de bol bulunmaktadır. Sodyum bikarbonat biraz pahalıdır. Fakat kalsiyum karbonat gibi ilave bir katı madde oluşturmaz (Öztürk 2017).

2.7.2.Sıcaklık

Sıcaklık, hem havasız çürütmenin meydana geldiği ortamda hem de biyogaz tesisinin kurulduğu alandaki iklim koşulları açısından önem taşımaktadır. Metan üretimini sağlayan metan bakterileri çok düşük ve çok yüksek sıcaklık değerlerinde verimli olamamaktadır. Parçalanmanın meydana geldiği ortam sıcaklığı, biyogaz verimi, oluşum süresi üzerinde etkili olmaktadır. Ayrıca, biyogaz tesisi kurulurken, tesisinin kurulduğu yerin iklimsel şartlarının da mutlaka göz önünde bulundurulması ve buna göre reaktör tipinin belirlenmesi gereklidir. Özellikle ilkel şartlarda kurulan tesislerde sıcaklık şartlarının kontrolünün yeterince sağlanamaması biyogaz verimini düşürebilmektedir (Çevik 2016).

Anaerobik fermantasyonda bekletme süresine, atık su ve atık maddelerin türüne, pH ile içerdikleri iyonlara ve bunlara bağımlı olarak oluşan mikroorganizmalar topluluğunun yapısına göre 3 değişik sıcaklık bölgesi vardır;

-Psikofilik fermantasyon (3-20°C): Bu sistemlerde çürütme hızı çok yavaş olduğundan ortalama bekletme süresi 100-300 gün arasında değişmektedir.

-Mezofilik fermantasyon (20-40°C): Anaerobik fermantasyonda en çok uygulanan sıcaklık bölgesidir. Bekletme süreleri 20-40 gün arasında değişmektedir.

-Termofilik fermantasyon (40-70°C): Çürütme hızı daha yüksek olduğundan bekletme süreleri kısalmaktadır.

2.7.3.Hidrolik bekletme süresi

Hidrolik bekleme süresi, sindirici içinde, organik maddelerin bakteriler tarafından çürütülmesi sonucu biyogaz üretmesi için gerekli olan süre olarak tarif edilir. Hidrolik bekletme süresi aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$HBS = \frac{\text{Reaktör Hacmi (m}^3\text{)}}{\text{Günlük Debi (} \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \text{)}} \quad (2.1)$$

Reaktör içindeki bazı organik maddeler tam olarak biyokimyasal reaksiyona girdiğinde zamanla gaz üretimi azalmaya başlar. Seçilen hidrolik bekleme süresi içinde besi maddelerinin %70-80 oranında biyokimyasal reaksiyona girerek giderildiği kabul edilir. Biyogaz tesislerinde işletme sıcaklığına bağlı olarak hidrolik bekleme süresi 20 ile 120 gün arasında değişir. Tropikal bölgelerde hidrolik bekleme süresi 40-50 gündür. Çin'in soğuk bölgelerinde bu süre takriben 100 gündür. Sürekli beslemeli sistemlerde, bakterilerin reaktörlerden kaçmasını önlemek ve bakterilerin iki katına çıkmasını temin için HBS süresi daha uzun seçilebilir (Gül 2006).

2.7.4.Karıştırma hızı

Atık içerisindeki maddelerin birbirleri ile temas ederek reaksiyona girebilmeleri için karıştırılmaları gerekmektedir. Karıştırma, bakteri popülasyonu ile taze atığın homojen olarak birleşip reaksiyona girmesi, çökme ile fermantörde ölü bölgenin oluşmasının önlenmesi, fermantördeki atığın sıcaklık dağılımının eşitlenmesi sağlanmaktadır (Özbaşer ve Erdem 2013). Karıştırma hızı ile biyogaz üretimi ile doğru orantılıdır. Karıştırma aynı zamanda alt kısımlarda oluşan biyogazın yukarı çıkmasını ve daha iyi bir bakteri aktivitesi sağlar (Şenol ve ark. 2017). Karışımın yavaş yapılması hızlı ve verimli fermantasyon için gereklidir. En uygun karıştırma sıklığı atığın dört saatte bir karıştırılmasıdır. Ayrıca, biyogaz üretiminde hammadde büyüklüğü önemli olduğu için büyük parçacıklar küçültülüp kütle aktarım dirençleri azaltılmaktadır (Özbaşer ve Erdem 2013).

2.7.5. Uygun hammadde seçimi

Biyogaz üretimi için; bahçe atıkları, hayvan gübreleri (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan gübreleri), gıda ve yemek atıkları, bitkisel atıklar, endüstriyel atıklar (kâğıt, deri, tekstil, orman, şeker, zirai, vb.) ve atık su arıtma tesisi atıkları ile algler kullanılabilir. Biyogaz üretiminde hayvansal ve bitkisel atıklar tek başına kullanılabilirdiği gibi belli esaslar doğrultusunda karıştırılarak da kullanılabilir (Karaosmanoğlu 2010).

Biyogaz fermantasyonunda kullanılan hammaddenin kuru madde içeriği pek çok faktöre bağlıdır. Günümüzde biyogaz teknolojisinin ulaştığı düzey ve kullanılan materyal çeşitliliği dikkate alınırsa içerdiği kuru maddenin ne denli farklı olacağı açıktır. Bunlardan

tavuk gübresi ortalama %22, sığır gübresi %10, koyun gübresi %24 kuru madde içermektedir (Buğutekin 2007).

Aneorobik çürütmede organik atıkların katı madde içeriği, oluşan biyogazın içerisindeki metan yüzdesini büyük oranda etkilemektedir. Biyoreaktöre doldurulan katı madde oranı %7-9 arasında olmalıdır. Düşük katı oranlarında havasız ortam koşullarını sağlamak zorlaşırken, yüksek katı derişiminde bakteriyel etkinliğin yavaşlaması nedeni ile biyogaz üretim hızı düşmektedir (Aktaş 2008).

2.7.6. Karbon/Azot (C/N) oranı

Besi maddesindeki bileşikler, biyoreaktörde mevcut farklı bakteriler tarafından kullanılırlar. Metabolik işlemler için gerekli C/N oranı bakteriler için uygun olmalıdır. C/N oranı 23/1 den büyük olduğunda optimum çürüme için uygun değildir. Yine C/N oranı 10/1'den küçük olduğunda bakteriler üzerinde engelleyici etki yapmaktadır (Gül 2006). Metanojen ve anaerobik bakteriler karbon (C) atomunu enerji elde etmek için ve azot (N) atomunu da bakterilerin büyümesi ve üremesi için gerekli bileşenlerdir (Şenol ve ark. 2017). Çeşitli hayvan gübrelerine ve evsel/tarımsal atıklara ait kuru bazda C, N, C/N oranı ve nem miktarları Çizelge 2.3'de verilmektedir (Gül 2006).

Çizelge 2.3. Organik maddelerin C/N oranı (Gül 2006)

Gübre	C % kuru	N % kuru	C/N oranı	Taze gübredeki nem oranı	Su ile seyreltme
Sığır gübresi	30,00	1,66	18	80-85	1:1
Koyun gübresi	83,60	3,80	22	75-80	1:1
Kümes hayvanı güresi	87,50	6,55	14	70-80	1:3
Domuz gübresi	76,00	3,80	20	75-80	1:2
At gübresi	33,40	2,30	15	80-85	2:3
Kaz gübresi	54,00	2,00	27	70-80	2:3
Güvercin gübresi	50,00	2,00	25	70-80	1:3
İdrar	15,00	15,00	1	90-95	
Kan	36,00	12,00	3	90-95	
Balık atığı	56,00	7,00	8	55-75	
Kesimhane atığı	64,00	8,00	8	55-75	
Çiftlik gübresi	42,00	3,00	14	75-80	
Evsel ve tarımsal atıklar					
İnsan dışkısı	48,00	6,00	8	50-70	3:7
İdrarlı insan dışkısı	70,00	7,00	10	50-70	
Patates kabuğu	37,50	1,50	25	50-60	
Mutfak atığı	62,50	2,50	25	5-15	
Ekmek	50,00	2,00	25	50-60	
Gazete	40,00	0,05	800	5-15	
Taze çim	48,00	4,00	12	40-60	
Yulaf samanı	50,40	1,05	120	20-40	
Pirinç samanı	18,00	0,30	60	20-40	
Yapraklar	55,00	1,00	55	25-40	
Yer fıstığı kabuğu	40,00	2,00	20	25-0	
Soya fasulyesi sapı	64,00	2,00	32	40-660	
Ağaç yaprakları	75,00	1,50	50	25-40	
Şeker kamışı	45,00	0,30	150	10-15	
Soya fasulyesi	17,50	3,50	5	10-15	
Pamuk tohumu	12,50	2,50	5	10-15	
Hardal	39,00	1,50	26	10-15	
Su sümbülü	30,40	1,90	16	85-90	

2.8. Yasal Mevzuat

Yenilenebilir enerjiye ilişkin yasal çerçeve, Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun yanı sıra Elektrik Piyasası Kanunu tarafından da düzenlenmektedir. Biyokütle bazında ise konu ile ilgili Çevre Kanunu da önemli bir konumdadır. Biyokütle santrallerine yönelik takip

edilmesi gereken kanunlar, ikincil mevzuat, Enerji Piyasası Denetleme Kurulu kararları ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı duyurularını kapsamaktadır. Çizelge 2.4’de enerji politikalarından sorumlu devlet kurum ve kuruluşları verilmektedir.

Çizelge 2.4. Enerji politikalarından sorumlu devlet kurum ve kuruluşları

Kurum adı	Sorumluluğu altında olduğu kurum
Strateji ve Bütçe Başkanlığı	T.C. Cumhurbaşkanlığı
Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBITAK)	T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Enerji İşleri Genel Müdürlüğü	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Elektrik Üretim AŞ. Genel Müdürlüğü (EÜAŞ)	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Türkiye Elektrik İletim AŞ. Genel Müdürlüğü (TEİAŞ)	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Elektrik Dağıtım AŞ. Genel Müdürlüğü (TEDAŞ)	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
DSİ Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı
Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü (TPAO)	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Boru Hatları ile Petrol Taşıma AŞ. Genel Müdürlüğü (BOTAŞ)	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Türk Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TKİ)	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Türkiye Taşkömürü Kurulu Genel Müdürlüğü	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Mevzuatta yer alan kanun, yönetmelik, tebliğ ve duyurular aşağıdaki gibidir.

Kanunlar;

- Çevre Kanunu (Resmi Gazete Tarihi:11.08.1983 Sayısı: 18132)
- Ürünlerle İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun(Resmi Gazete Tarihi: 11.07.2001 Sayısı: 24459)
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanılmasına İlişkin Kanun (Resmi Gazete Tarihi: 18.05.2005 Sayısı: 25819)
- Elektrik Piyasası Kanunu (Resmi Gazete Tarihi:30.03.2013 Sayısı:28603)

Yönetmelikler;

- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (Resmi Gazete Tarihi:26.03.2010 Sayısı:27533)
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (Resmi Gazete Tarihi:27.10.2011 Sayısı:28097)
- İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 24.12.2011 Sayısı: 28152)
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 30.11.2012 Sayısı: 28483)
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik (Resmi Gazete Tarihi: 02.10.2013 Sayısı:28783)
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 02.11.2013 Sayısı:28809)
- Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik (Resmi Gazete Tarihi: 19.07.2013 Sayısı: 28712)
- Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 10.09.2014 Sayısı: 29115)
- Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik (Resmi Gazete Tarihi: 23.02.2018 Sayısı: 30341)
- Gübrelere Piyasa Gözetimi ve Denetimi Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 29.03.2014 Sayısı: 28956)
- Atık Yönetimi Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi:02.04.2015 Sayısı: 29314)
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik (Resmi Gazete Tarihi: 24.06.2016 Sayısı:29752)

Tebliğler;

- Kojenerasyon ve Mikrokojenerasyon Tesislerinin Verimliliğinin Hesaplanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ (Resmi Gazete Tarihi:18.09.2014 Sayısı: 29123)
- Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği (Resmi Gazete Tarihi: 20.06.2014 Sayısı: 29036)
- Mekanik Ayırma, Biyokurutma ve Biyometanizasyon Tesisleri ile Fermente Ürün Yönetimi Tebliği (Resmi Gazete Tarihi:10.10.2015 Sayısı:29498)

Duyurular;

- Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 142/2011/EU Numaralı Komisyon Tüzüğü

- EPDK Kararları ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Duyuruları
- Şebeke bağlantı kapasiteleri hakkında duyuru
- Lisans başvurusu kabul tarihi hakkında duyuru

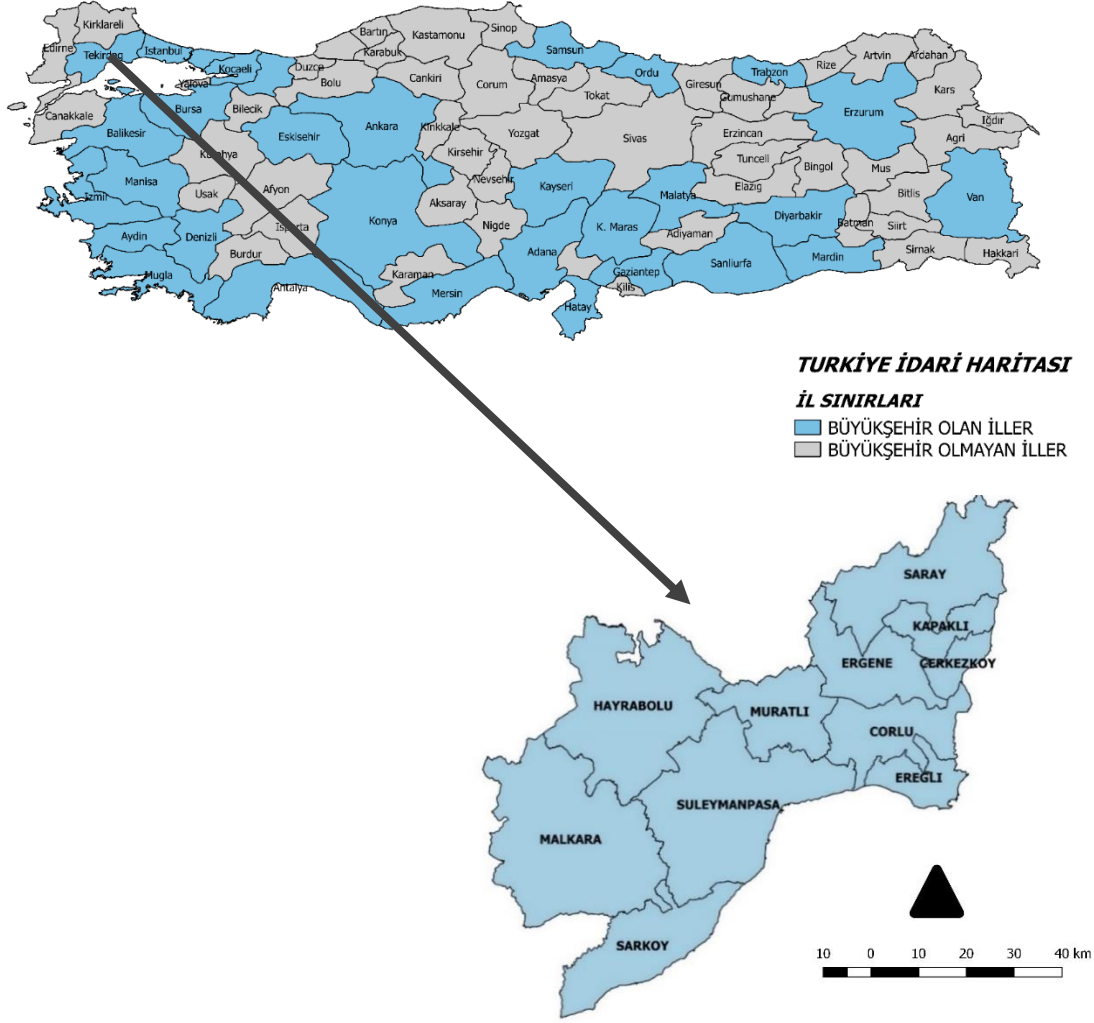
Tarım mevzuatında tarım kaynaklı atıklar çevre mevzuatı kapsamındaki yönetmelikler içerisinde değerlendirilmektedir. Ancak tarım ilaçlamadan kaynaklanan atıkların bertarafı amacıyla oluşturulan aşağıdaki yönetmelikler ve kanunlar;

- Gübrelerin Piyasa Gözetimi ve Denetimi Hakkında Yönetmelik (Resmi Gazete Tarihi: 29.03.2018 Sayısı: 28956)
- Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu (Resmi Gazete Tarihi: 13.06.2010 Sayısı: 27610)

Kapsamında değerlendirilmektedir.

2.9.Biyogaz Enerji Potansiyelinin Rolü ve Önemi

Tekirdağ hayvansal üretim bakımından Türkiye'nin önemli illerinden biridir. Polikültür üretim yapısının ağırlıklı olduğu ilde hayvansal üretimde ihtisaslaşma düzeyi ve hayvan varlığı ekonomik kalkınmayı başarmak için önemli bir potansiyel olarak görülmektedir. Hızla gelişmekte olan hayvancılık işletmelerindeki modernleşme ve yoğun işletmecilik, bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Aynı zamanda önemli bir ekonomik potansiyel olan atıklar hayvan sayısı ile birlikte çevre için büyük sorun olmaktadır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan atıklar, potansiyel bir kirletici olarak yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirletebilecekleri, hava kirliliğine neden olabilecekleri gibi işletmecilere de finansal bir yük oluşturacaktır.



Şekil 2.8. Tekirdağ İli haritası

Bu çalışma kapsamında Tekirdağ merkez ilçesi ve diğer 10 ilçesinde bulunan hayvan sayıları, türleri ve bunlardan kaynaklı atık miktarları tespit edilerek Tekirdağ İli'nin hayvansal atıklarından enerji üretim potansiyeli hesaplanmaktadır (Şekil 2.8). Elde edilen veriler ile il genelindeki atıkların enerji potansiyeli doğrultusunda kurulabilecek tesislerin tip ve kapasiteleri ile yatırım maliyetleri hesaplanmaktadır. Çalışmanın temel amacı, Tekirdağ İli'nin mevcut hayvan atıklarından enerji üretim potansiyelinin tespit edilmesi ve bu yönde yapılacak tesis çalışmalarına yol göstermektir. Bu tezde terminolojik açıdan hayvansal atıklar sadece büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıklarından kaynaklanan atıkları ifade etmektedir.

Hayvansal kaynaklı atıkların miktarlarının belirlenmesi, biyogaz potansiyelinin hesaplanması, enerji potansiyelinin hesaplanması ve bu enerji potansiyelinden yola çıkarak

enerji elde edilmesine yönelik kurulabilecek biyometanizasyon tesislerinin güç kapasitesi ve teknik, mali ve ekonomik etütleri üzerinde ön fizibilite çalışılması yapılmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmamızda, bölgedeki biyogaz potansiyelinin kullanılabilmesi için biyokütle enerjisi değerlendirme yöntemi olan biyometanizasyon tesisi kurulması için bir ön fizibilite çalışması yapılmıştır. Bölgedeki potansiyel göz önünde bulundurulduğunda bir adet tesis kurulabileceği gibi birden çok biyometanizasyon tesisin de kurulması mümkün olduğu görülmektedir. Tesis kurulumunda kümeleme çalışmaları yapılmıştır. Tesis yeri seçiminde yakınlık analizi, ağırlık merkezi tekniği, yük mesafe tekniği kullanılmıştır. Kurulması önerilen tesislerin fizibiliteleri yapılırken ekonomik ve etütlerde uzman görüşleri, bölgedeki biyogaz üretim merkezlerinin yoğunluğu dikkate alınmıştır.

Çalışmamızda, Tekirdağ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün veri tabanından sağlanan güncel veriler kullanılarak yapılmıştır. Hayvan çeşitleri büyükbaş hayvan ırkı olarak manda ve sığır, küçükbaş hayvan ırkı olarak koyun ve keçiyi ifade etmektedir. 2014-2018 yıllarına ait hayvan sayılarından yola çıkılarak önümüzdeki beş yılda Tekirdağ İli'nin talep tahmin yöntemiyle ilçe kırılımında küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayılarının projeksiyonu yapılmıştır. Bu doğrultuda il genelinde hayvan sayısının önümüzdeki yıllarda da artacağı öngörülerek öncelikle Tekirdağ İli'nin biyogaz potansiyeli hesaplanmıştır.

Hayvancılık; toplam tarımsal gayri safi üretim değerimizin 641.881.828 TL'sini (%29) oluşturmakta olup, ilimiz için önemli bir tarımsal faaliyet koludur. 2014 yılında hayvansal gayrisafi üretim değeri içindeki en büyük pay 394.338.000 TL si ile süt üretimine aittir. Hayvansal gayrisafi üretim değeri içerisinde süt üretiminin payı %61,43 ile ilk sıradadır. Bunu %32,83 ile et üretimi takip etmektedir. İnek sütü gayrisafi üretim değeri, toplam hayvansal gayrisafi üretim değerinin %58,38'ini oluşturmaktadır (Anonim 2014a).

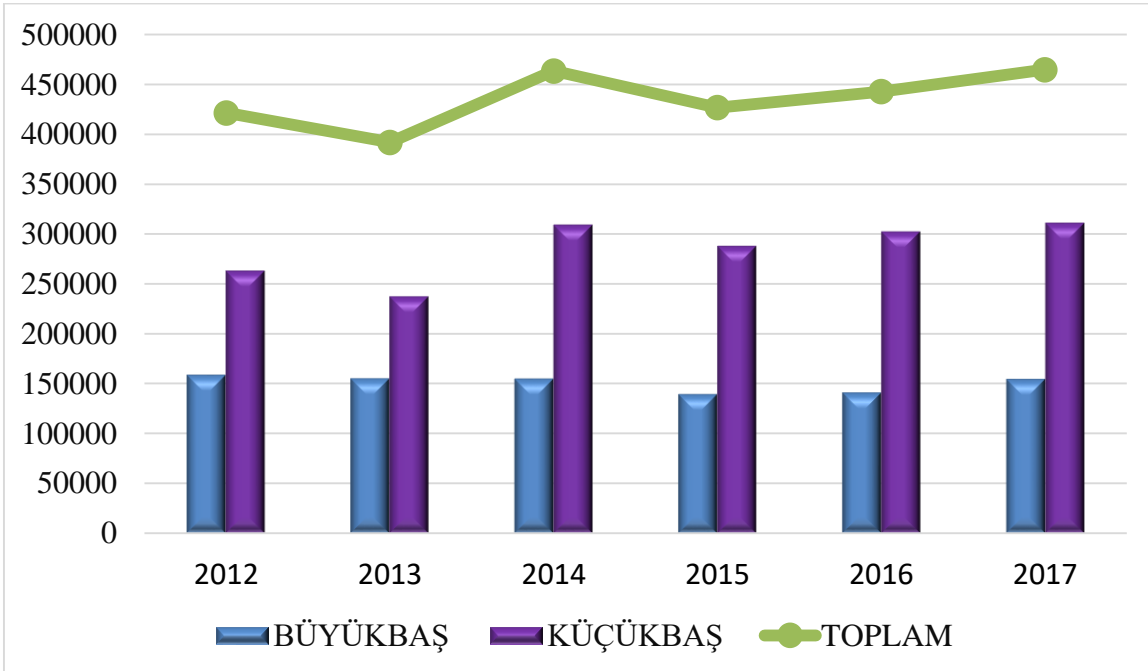
İlin toplam arazi varlığı 6.313.000 dekadır. Bu alanın %59,33'ü (3.745.804 dekar) işlenen tarım arazisi ve %40,67'si (2.567.196 dekar) çayır, mera, orman ve tarım dışı arazidir (Anonim 2019c).

İlimiz 2018 yılı itibariyle Çizelge 3.1'de gösterildiği gibi 164.457 adet büyükbaş, 424.708 adet küçükbaş hayvan varlığı önemli bir hayvansal üretim potansiyeli bulunmaktadır.

Çizelge 3.1. 2018 yılına ait Tekirdağ İli büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları

İlçe	Büyükbaş		Küçükbaş	
	Yavru	Yetişkin	Yavru	Yetişkin
Çerkezköy	365	438	0	13000
Çorlu	516	4.535	30	17762
Ergene	1.157	8.770	73	34415
Hayrabolu	3.017	19.521	2	63241
Kapaklı	801	4.991	4	15689
Malkara	8.978	51.014	146	83691
Marmara Ereğlisi	487	3.781	2	13908
Muratlı	1.265	6.958	16	20270
Saray	2.353	11.916	14	29966
Süleymanpaşa	3.173	21.291	665	85156
Şarköy	1.308	7.822	97	46561
Toplam	164.457		424708	

İlimizin çayır-mera alanı 325.123 dekadır. Mera ıslah projesinin başlangıcından beri toplam altı ilçemizde 11 köyde 26.748 dekar alanda mera ıslah çalışmaları tamamlanmış olup, üç ilçede dört köyde 7.567 dekar alanda sürmektedir. Toplamda 15 köyde 34.315dekar mera alanın tahsisi gerçekleştirilmiştir (Anonim 2019c).



Şekil 3.1. Tekirdağ İli'ndeki canlı hayvan sayılarının yıllara göre değişimi (Anonim 2018e)

Tekirdağ İli'ndeki canlı hayvan sayılarının yıllara göre değişimi Şekil 3.1'deki gibidir. Tekirdağ Valiliği, Hayvan Sağlığı, Yetiştiriciliği ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü'nün

kayıtlarına göre ilimizde 152.604 adet büyükbaş, 191.389 adet küçükbaş hayvan mevcut olup, yılda 349.513 ton süt üretimi sağlanmaktadır. Hayvansal üretim yapan bir çiftlikten görüntü Şekil 3.2’de verilmektedir. Kırmızı et üretimi ise 11.197 tondur (Anonim 2019c).



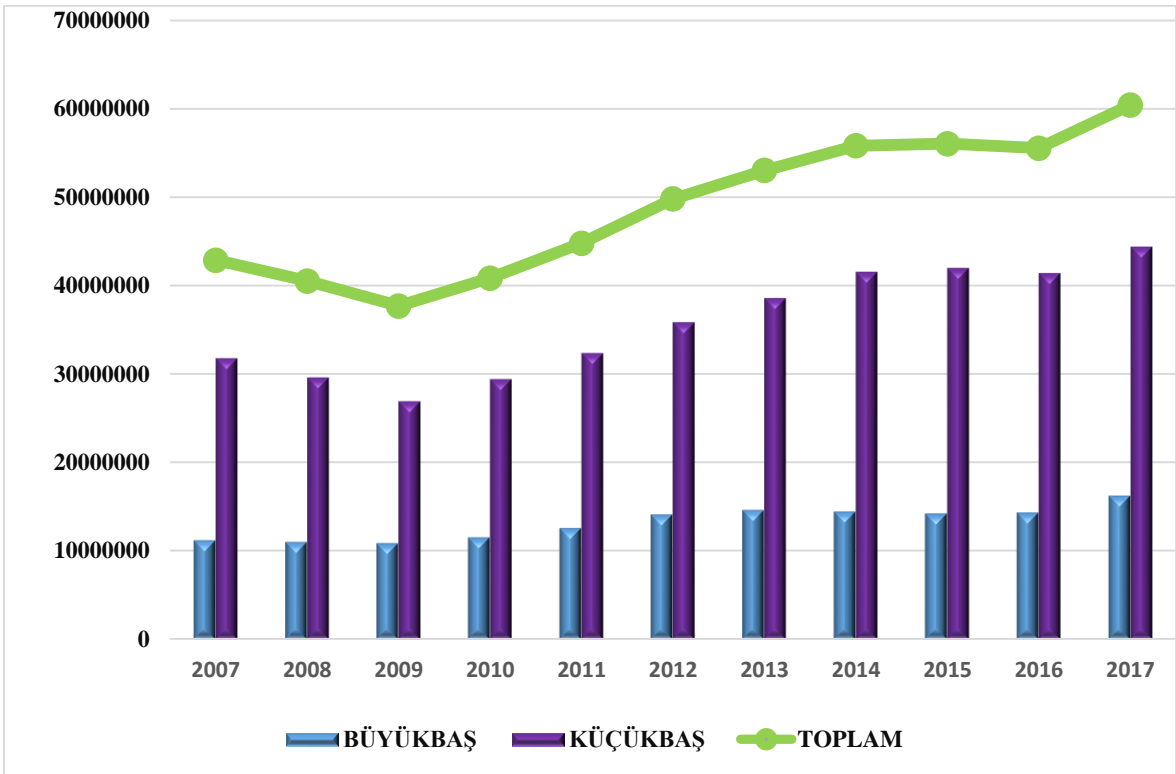
Şekil 3.2. Hayvansal üretim yapan bir çiftlikten görüntü (Anonim 2014a)

Odayeri Çöp Gazı Santrali İstanbul ilinin Eyüp ilçesi Odayeri bölgesindedir. Bu santral 33,81 MW kurulu gücü ile Türkiye'nin 334. İstanbul'un ise yedinci büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca, Türkiye'nin en büyük biyogaz tesisidir. Odayeri Çöp Gazı Santrali ortalama 225.983.513 kilovatsaat elektrik üretimi ile 68.273 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Odayeri Çöp Gazı Santrali sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 71.741 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır (Anonim 2019g).

Modern Biyokütle Enerji Santrali Tekirdağ İli'nin Çorlu İlçesindedir. Eren Enerji bağlı ortağı olan Modern Biyokütle Enerjisi Elektrik Üretim A. Ş. tarafından işletilen santral 6 MW kurulu gücü ile Türkiye'nin 945. Tekirdağ'ın ise 20. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca, Türkiye'nin 17. büyük biyogaz tesisidir. Modern Biyokütle Enerji Santrali ortalama 18.305.079 kilovatsaat elektrik üretimi ile 5.530 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Modern Biyokütle Enerji Santrali sadece konut elektrik tüketimi

dikkate alındığında ise 5.811 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır (Anonim 2019h).

Türkiye küçükbaş hayvan açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin Türkiye ekonomisinde özel bir önemi vardır. Türkiye'nin coğrafik yapısı ve geniş meraları dikkate alındığında, ucuz maliyetli ve kaliteli hayvancılık için önemli potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Özellikle koyun ve keçi yetiştiriciliği, ülkede yapılabilecek en ucuz maliyetli hayvancılıktır. Koyun, meradan en iyi şekilde yararlanabilen, merayı en iyi şekilde değerlendiren ve yılın her döneminde merayı kullanabilen bir hayvandır. Bunun yanında, ülkedeki meraların büyük çoğunluğu düşük verimli olup, küçükbaş hayvancılık açısından daha uygundur (ADSYB 2012).

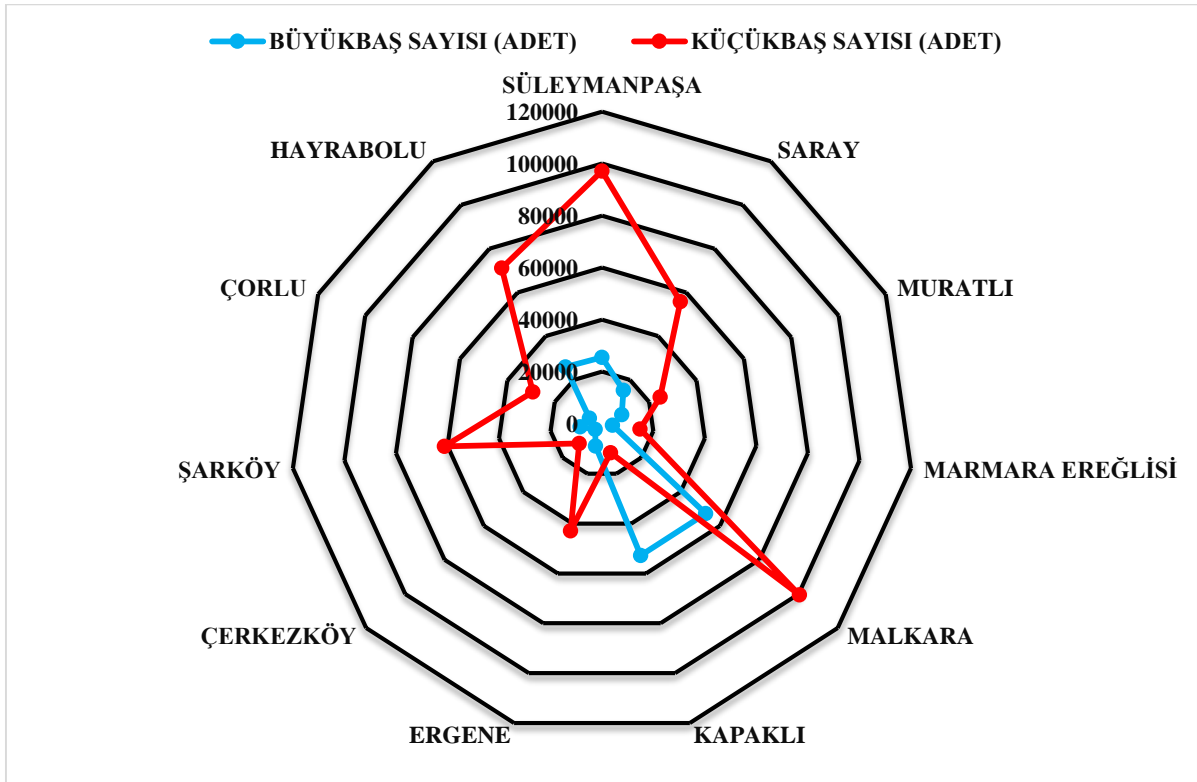


Şekil 3.3. Türkiye'deki canlı hayvan sayılarının yıllara göre değişimi (Anonim 2018e)

Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin Türkiye ekonomisinde özel bir önemi vardır. Türkiye'nin coğrafik yapısı ve geniş meraları dikkate alındığında, ucuz maliyetli ve kaliteli hayvancılık için önemli potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Özellikle koyun ve keçi yetiştiriciliği, ülkede yapılabilecek en ucuz maliyetli hayvancılıktır. Koyun, meradan en iyi şekilde yararlanabilen, merayı en iyi şekilde değerlendiren ve yılın her döneminde merayı kullanabilen bir hayvandır. Bunun yanında, ülkedeki meraların büyük çoğunluğu düşük

verimli olup, küçükbaş hayvancılık açısından daha uygundur (ADBYS 2012). Türkiye’de 2007-2017 yılları arasındaki canlı hayvan varlığının değişimi Şekil 3.3’de verilmektedir.

Şekil 3.4’de Tekirdağ İli’nin Tekirdağ Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğinin 2017 yılına ait verilerine göre küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayılarının ilçe bazlı yoğunluk dağılımı görülmektedir. Küçükbaş hayvan yoğunluğu en fazla Malkara İlçesi 100.450 adet küçükbaş hayvan, 97.169 adet küçükbaş hayvan Süleymanpaşa İlçesi ve 71.168 adet küçükbaş hayvan ile Hayrabolu İlçesi takip etmektedir.



Şekil 3.4. Tekirdağ İli’nin 2017 yılı küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayıları (Anonim 2018f)

Bu çalışma kapsamında, Tekirdağ İli’ndeki hayvan atıklarının biyogaz ve metanın potansiyeli değerleri hesaplanmıştır. Çalışma Tekirdağ İli’nin 11 ilçesini kapsamaktadır. Materyal olarak yapılan hesaplamalarda Tekirdağ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nün 2018 yılı verileri kullanılmıştır. Büyükbaş hayvanlarda manda ve sığır, küçükbaş hayvanlarda koyun ve keçi sayıları dikkate alınmıştır.

Bu verilere dayanarak Tekirdağ İli’nin son iki yıldaki hayvan sayısı değişimi Çizelge 3.2’de gösterilmektedir. Karşılaştırma yapılmasında Tekirdağ İli Damızlık ve Sığır Yetiştiricileri Birliği’nin 2017 yılı verileri ve Tekirdağ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nün 2018 yılı verileri kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Tekirdağ İli'nin son iki yıldaki hayvan sayısı değişimi

İlçe Adı	2018			2017		
	Koyun-keçi sayısı	Sığır-manda sayısı	Toplam	Koyun-keçi sayısı	Sığır manda sayısı	Toplam
Çerkezköy	15092	3866	18958	11601	3386	14987
Çorlu	17625	4837	22462	29288	5262	34550
Ergene	33794	8512	42306	42883	8919	51802
Hayrabolu	62101	22443	84544	71168	25914	97082
Kapaklı	15359	5651	21010	11596	52818	64414
Malkara	82843	59575	142418	100450	52818	153268
Marmara Ereğlisi	13646	4217	17863	14787	4076	18863
Muratlı	19948	8020	27968	24676	8348	33024
Saray	29016	13894	42910	55756	15311	71067
Süleymanpaşa	78258	20305	98563	97169	25564	122733
Şarköy	45967	9112	55079	61185	8495	69680
Toplam	413649	160432	574081	520559	210911	731470

Tekirdağ İli'nin son beş yıldaki hayvan sayısı değişimi 2018 yılı TÜİK verilerinden yararlanılarak Ek 1'de yer alan tablo hazırlanmıştır (Anonim 2018). Tekirdağ İli'nde toplam büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısında 2015 yılında $-7,95\%$ 'lik bir azalma olduğu görülmüştür. Ancak; bunu takip eden yıllarda sırasıyla 2016 yılında $3,75\%$, 2017 yılında $3,42\%$, 2018 yılında $25,28\%$ 'lik bir artış gözlemlenmiştir.

Regresyon analizinin uygulanması ile ilgili pek çok farklı metot bulunmaktadır. Bu analiz, Microsoft Office Excel 2016 programı kullanılarak yapılmaktadır. Regresyon analiz metodlarından biri olan Bootstrap metodu Excel 2016 paket programında Çizelge 3.3'deki veri setleri kullanılarak çözümlenmektedir. Bootstrap metodu, özellikle bilinen istatistiksel metodların ve varsayımların yetersiz kaldığı durumlarda güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu yöntem olasılıkta olduğu gibi, güven aralıkları, hipotez testi ve regresyon analizinde de kullanılmaktadır (Takma ve Atıl 2006).

Çizelge 3.3. Regresyon analizinde kullanılan veri seti

İl	Yıl	Büyükbaş hayvan kaynaklı atık miktarı (ton/yıl)	Küçükbaş hayvan kaynaklı atık miktarı (ton/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
Tekirdağ	2014	5527575	596860	10772
	2015	5095200	630648	11142
	2016	5275800	604798	12608
	2017	5525512	611544	13031
	2018	6016200	848912	13387

Çizelge 3.3’de yer alan verilere göre yapılan regresyon analizinde, son beş yılın büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları ve yıllık et tüketim miktarları seçilerek analizi yapılmaktadır.

$$Y = a + bX_1 + cX_2 \quad (3.1)$$

Y = Et tüketim miktarı (ton/yıl)

X₁ = Küçükbaş hayvan kaynaklı atık miktarı (ton/yıl)

X₂ = Büyükbaş hayvan kaynaklı atık miktarı (ton/yıl)

a = Kesişim katsayısı

b = Küçükbaş hayvan sayısı katsayısı

c = Büyükbaş hayvan sayısı katsayısı

Regresyon analizinde, enerji verisine doğrudan ulaşamadığı için, enerji miktarını temsilen et tüketim verisi kullanılmıştır. Atık miktarlarına ait veri, daha net sonuçlar verdiği için küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayılarını temsilen kullanılmıştır. (Denklem 3.1 ve 3.2)

$$Y = 2015,613 + 318 * 10^{-18} X_1 + 410 * 10^{-18} X_2 \quad (3.2)$$

Y = Et tüketim miktarı (ton/yıl)

X₁ = Küçükbaş hayvan kaynaklı atık miktarı (ton/yıl)

X₂ = Büyükbaş hayvan kaynaklı atık miktarı (ton/yıl)

a = 2015,613; b = 318 * 10⁻¹⁸; c = 410 * 10⁻¹⁸

Çizelge 3.4. Regresyon istatistikleri

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,997
R Kare	0,995
Ayarlı R ²	0,660
Standart Hata	1097,323
Gözlem	5

Çizelge 3.5. Anova tablosu

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	744555212,8	372277606,4	309,1703	0,00322403
Fark	3	3612354,402	1204118,134		
Toplam	5	748167567,2			

Büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları bağımsız değişken, yıllık et tüketim miktarı da bağımlı değişken olarak kabul edilmektedir. Çizelge 3.3'deki regresyon veri setinin kısıtlı olması sebebiyle, Çizelge 3.4'de belirtilen R² değeri yüksektir. Bu durumda “Ayarlı R²” değerinin incelenmesi gerekir, yapılan hesaplamalarda ayarlı R² = 0.66 değerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.5'deki F değerini kritik değerle kıyasladığımızda (F(2,5) =5.7861) 309.1703>5.7861 olduğu için modeldeki değişkenler istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.6. Talep tahmin yöntemiyle büyükbaş hayvan atık miktarı (ton/yıl) projeksiyonu

	2018 mevcut	2019 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	2020 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	2021 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	2022 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	2023 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	Beş yıllık değişim oranı (%)
Çerkezköy	144975	142958	-1,39	144930	1,38	151348	4,43	155285	2,60	156602	0,85	8,02
Çorlu	181388	199583	10,03	218999	9,73	225449	2,95	244421	8,42	259548	6,19	43,09
Ergene	319200	203880	-36,13	178140	-12,63	152264	-14,53	134214	-11,85	148944	10,98	-53,34
Hayrabolu	841613	736868	-12,45	768174	4,25	776595	1,10	769716	-0,89	747373	-2,90	-11,20
Kapaklı	211913	214748	1,34	224647	4,61	234329	4,31	240605	2,68	248338	3,21	17,19
Malkara	2234063	2162254	-3,21	2278271	5,37	2356086	3,42	2405228	2,09	2448029	1,78	9,58
Marmara Ereğlisi	158138	163913	3,65	179231	9,35	190328	6,19	204681	7,54	215109	5,09	36,03
Murathı	300750	383869	27,64	407805	6,24	425730	4,40	408350	-4,08	462419	13,24	53,76
Saray	521025	490384	-5,88	523017	6,65	548484	4,87	573365	4,54	580089	1,17	11,34
Süleymanpaşa	761438	760238	-0,16	842261	10,79	875612	3,96	887429	1,35	935602	5,43	22,87
Şarköy	341700	329576	-3,55	366595	11,23	393774	7,41	405322	2,93	424826	4,81	24,33

Çizelge 3.7. Talep tahmin yöntemiyle küçükbaş hayvan atık miktarı (ton/yıl) projeksiyonu

	2018 mevcut	2019 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	2020 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	2021 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	2022 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	2023 tahmin	Bir yıl içinde değişim oranı (%)	Beş yıllık değişim oranı (%)
Çerkezköy	30.184	30.584	1,33	31.369	2,57	33.016	5,25	34.390	4,16	35.162	2,24	16,49
Çorlu	35.250	33.983	-3,59	37.155	9,33	39.597	6,57	43.605	10,12	44.615	2,32	26,57
Ergene	67.588	62.282	-7,85	71.546	14,87	80.383	12,35	88.197	9,72	91.795	4,08	35,82
Hayrabolu	124.202	116.068	-6,55	138.530	19,35	161.668	16,70	183.769	13,67	194.268	5,71	56,41
Kapaklı	30.718	29.758	-3,13	33.613	12,95	37.350	11,12	41.205	10,32	43.099	4,60	40,3
Malkara	187.300	174.939	-6,60	183.321	4,79	191.816	4,63	201.361	4,98	201.247	-0,06	7,45
Marmara Ereğlisi	27.292	28.939	6,03	33.785	16,75	37.793	11,86	41.364	9,45	44.934	8,63	64,64
Muratlı	39.896	38.651	-3,12	40.089	3,72	43.055	7,40	45.778	6,32	46.344	1,24	16,16
Saray	58.032	53.559	-7,71	57.560	7,47	62.407	8,42	67.691	8,47	68.300	0,90	17,69
Süleymanpaşa	156.516	158.097	1,01	187.786	18,78	218.794	16,51	237.441	8,52	258.491	8,87	65,15
Şarköy	91.934	81.629	-11,21	83.818	2,68	83.932	0,14	88.524	5,47	84.612	-4,42	-7,96

2014-2018 yıllarına ait hayvan sayılarından yola çıkarak hesaplanan büyükbaş hayvanlardan kaynaklı atık miktarları önümüzde beş yıllık süreçte talep tahmin yöntemi kullanılarak projekte edildiğinde Çizelge 3.6'daki değişim oranları öngörülmektedir. 2023 yılına gelindiğinde Malkara, Süleymanpaşa ve Hayrabolu İlçelerinde hayvansal atık yoğunluğu ilk üç sırada yer almaktadır.

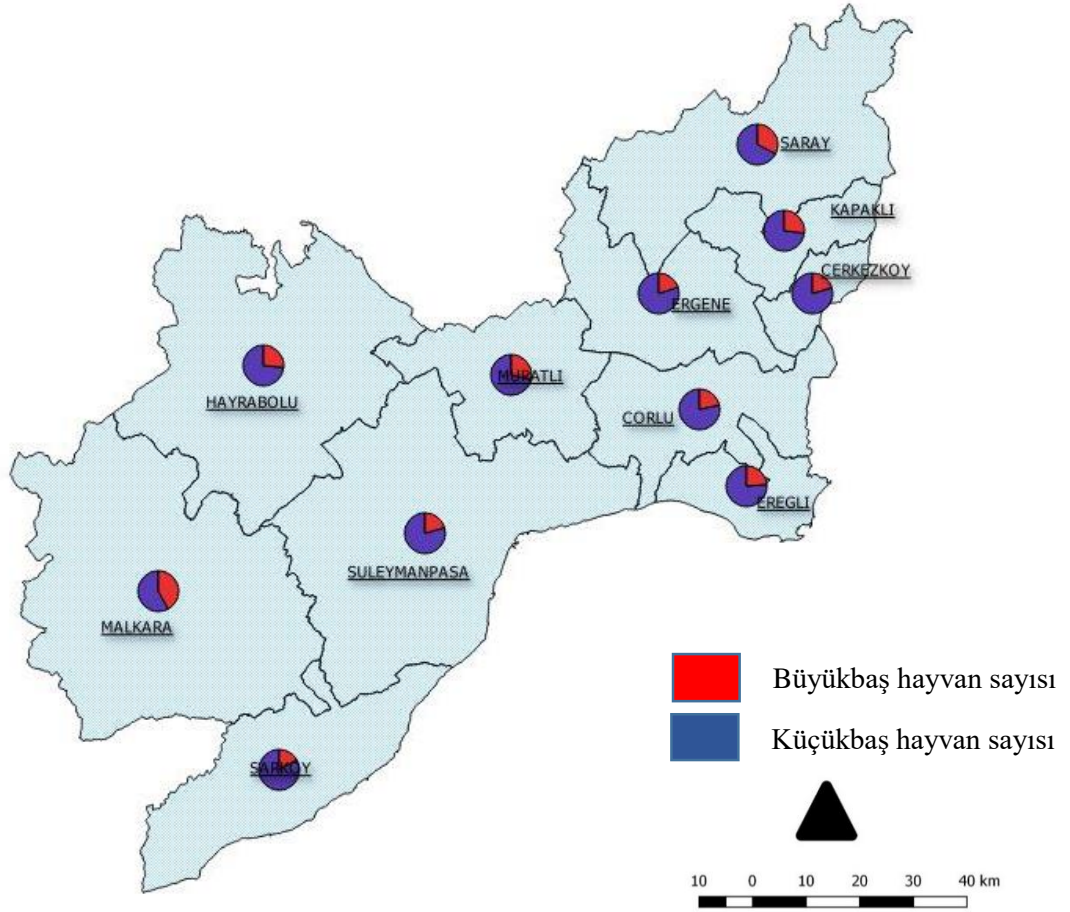
Hayvansal atık olan hammaddenin önerilen taşıma mesafesi sığır ve koyun atıklarında 10-15 km olarak kabul edilmektedir (Aktaş ve ark. 2015). İlin geneline bakıldığında Malkara ilçesi ve çevre ilçeleri olan Süleymanpaşa ve Hayrabolu'da büyükbaş kaynaklı hayvansal atığın yoğunlaştığı görülmektedir. Taşınacak hammaddenin önerilen taşıma mesafeleri dikkate alındığında, kurulması planlanan biyometanizasyon tesisinin/tesislerinin kümeleme çalışması yapılarak sayısı ve kapasitesine karar verileceğini göstermektedir. Aynı şekilde ilin doğusunda Saray, Kapaklı, Çerkezköy ve Ergene İlçelerinde de atıkların yoğunlaştığı görülmektedir.

2014-2018 yıllarına ait hayvan sayılarından yola çıkarak hesaplanan büyükbaş hayvanlardan kaynaklı atık miktarları önümüzde beş yıllık süreçte talep tahmin yöntemi kullanılarak projekte edildiğinde Çizelge 3.7'deki değişim oranları öngörülmektedir. 2023 yılına gelindiğinde Süleymanpaşa, Malkara ve Hayrabolu İlçelerinde hayvansal atık yoğunluğu ilk üç sırada yer almaktadır.

İlin geneline bakıldığında Malkara İlçesi ve çevre ilçeleri olan Süleymanpaşa ve Hayrabolu'da küçükbaş kaynaklı hayvansal atığın yoğunlaştığı görülmektedir. Taşınacak hammaddenin önerilen taşıma mesafeleri dikkate alındığında, kurulması planlanan biyometanizasyon tesisinin/tesislerinin kümeleme çalışması yapılarak sayısı ve kapasitesine karar verileceğini göstermektedir. Aynı şekilde ilin doğusunda Ergene, Saray, Kapaklı ve Çerkezköy İlçelerinde de atık kaynaklarının birbirine mesafe anlamında yoğunlaştığı görülmektedir.

Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7'de bulunan gelecekteki beş yıla ait talep tahminleri ilçe kırılımında detaylı bilgi Ek 2'den Ek 34'e kadar olan tüm eklerde verilmektedir.

Tekirdağ İli'nde hayvancılık sektörü büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık alanlarında gelişmiştir. Büyükbaş kapsamında inek, düve, dişi ve erkek buzağı, dişi ve erkek dana, tosun ve boğa, malak ve manda; küçükbaş kapsamında ise, kuzu, koyun, oğlak ve keçi yetiştiriciliği yapılmaktadır. İlçe bazlı elde edilen en güncel veriler ile hayvan sayıları aşağıdaki gibidir (Şekil 3.5).



İlçe adı	Küçükbaş hayvan sayısı	Büyükbaş hayvan sayısı
Çerkezköy	15092	3866
Çorlu	17625	4837
Ergene	33794	8512
Hayrabolu	62101	22443
Kapaklı	15359	5651
Malkara	82843	59575
Marmara Ereğlisi	13646	4217
Murathlı	19948	8020
Saray	29016	13894
Süleymanpaşa	78258	20305
Şarköy	45967	9112

Şekil 3.5. Hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı

Biyogaz potansiyeli hesaplamalarında erişilebilirlik değerleri (Çizelge 3.8), birim hayvan için bir günde üretmesi beklenen atık değeri, birim atığın kuru madde ve organik kuru madde değerleri literatür taramasından elde edilen çeşitli kaynak verileri doğrultusunda kabuller yapılarak bölgedeki hayvansal atık miktarı projeksiyonu tespit edilerek biyogaz ve metan potansiyeli belirlenmiştir.

Biyogaz amaçlı kullanılabilir hayvan gübreleri, hayvanların barınakta kalma süreleri dikkate alınarak atığın kullanılabilirliği, büyükbaş için %50, küçükbaş için %13 seçilmiştir (Ayberk ve ark. 2015).

Biyogazın %60 metan içeriğine sahip olması durumunda enerji değerinin 22,7 MJ/m³ ve buna bağlı olarak 1 m³ metan gazının enerji değerinin 36 MJ olacağı kabulü ile hayvan gübresinden elde edilecek biyogazın enerji değeri hesaplanmıştır (Görmüş 2018). 1000 kWh, 0,086 Tep olarak kabul edilmiştir (Anonim 2019i).

Çizelge 3.8. Çalışmada biyogaz potansiyelinin hesaplanması amacıyla kabul edilen değerler (Görmüş 2018, Seyhan A. ve Badem A. 2018, Berkes F. ve Kışlalıoğlu M. 1993)

Hayvan cinsi		Atık miktarı (kg dışkı/hayvan* gün)	Kullanılabilirlik (%)	KM (Katı madde %)	OKM (Organik katı madde % KM)	Metan üretim oranı (m ³ /kg OKM)
Büyükbaş	Yetişkin	37,5	50	14,50	77,50	0,18
	Yavru	9,4	50	14,50	77,50	0,33
Küçükbaş		2	13	30	80	0,30

$$V_{Bio} = M_{SİĞİR} * KM * OKM * K_{Bio} \quad (3.3)$$

V_{Bio} : Sığır atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{SİĞİR}$: Bir günde toplanan sığır gübresi miktarı (kg/gün)

KM : Sığır gübresinin katı madde oranı (%)

OKM : Sığır gübresinin organik katı madde oranı (%)

K_{Bio} : Sığır gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

$$0,60 = V_{CH_4} / V_{Bio} \quad (3.4)$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

V_{Bio} : Biyogaz hacmi (m³/gün)

Bu bağlamda, biyogaz tesisinin en uygun yer seçimi yapılması büyükbaş ve küçükbaş hayvan bilgileri kullanılarak belirlenmiştir. Harita üretiminde açık kaynak kodlu QGIS

yazılımının 2.8.8 versiyonu kullanılarak sözel veriler (büyükbaş ve küçükbaş hayvan verileri) ve konum bilgileri (ilçe-mahalle verileri) ilişkilendirilmiştir.

Hazırlanan tematik haritalarda yoğunluk haritaları için alansal olan verileri kapsayan haritaların konumsal verileri gösteren haritalara dönüştürülerek ilçe ve mahalle alansal verilerinin ağırlık merkezlerinin yoğunluk haritaları hazırlanmıştır.

Yakınlık analizi olarak da adlandırılan bu işlem, herhangi bir coğrafi detayın çevresindeki diğer coğrafi detaylara olan uzaklıkların irdelenmesini esas alan bir konumsal analizdir. Referans olarak kabul edilen bir coğrafi detayın etrafında istenen uzaklıkta poligon özelliği taşıyan yeni bir tampon bölge oluşturulur ve bu bölgeye rastlayan diğer coğrafi detaylar bağlı olarak sorgulanır (Yomralıoğlu 2009).

Coğrafi varlıklar için üç temel yakınlık analizi söz konusudur;

1- Nokta tabanlı yakınlık analizi,

2- Çizgi tabanlı yakınlık analizi,

3- Poligon tabanlı yakınlık analizi. (Küpçü S. ve Özkese İ. 2010).

Çalışmada, nokta tabanlı yakınlık analizi kullanılarak kurulması planlanan biyometanizasyon tesislerinin besleneceği alanların belirlenmesi hedeflenmiştir. Yakınlık analizinde açık kaynak kodlu QGIS yazılımının 2.8.8 versiyonu kullanılmıştır.

Bölge etrafındaki yol ağı bilgilerine ulaşamadığından tavsiye edilen hammadde taşıma uzaklığına göre bölgeler oluşturulmuştur. Sırasıyla 10 km ve 20 km çaplı daireler oluşturulmuş ve içerisinde kalan mahalleler seçilmiştir.

Toplam metan miktarına göre mahalle bazlı yoğunluk haritasında Şekil 4.1.1’de görüleceği üzere, ilin batı ve doğu bölgelerinde metan potansiyeli yoğunluğu göze çarpmaktadır. Bu iki bölgede önerilen taşıma uzaklığı olan 10 km ve 20 km mesafe dikkate alınarak yakınlık analizi kullanılarak dört adet alan belirlenmiştir. Batı bölgesinde 10 km ve 20 km çapları içerisinde kalan bölgelerde sırasıyla 30 ve 70 mahalle bulunmaktadır.

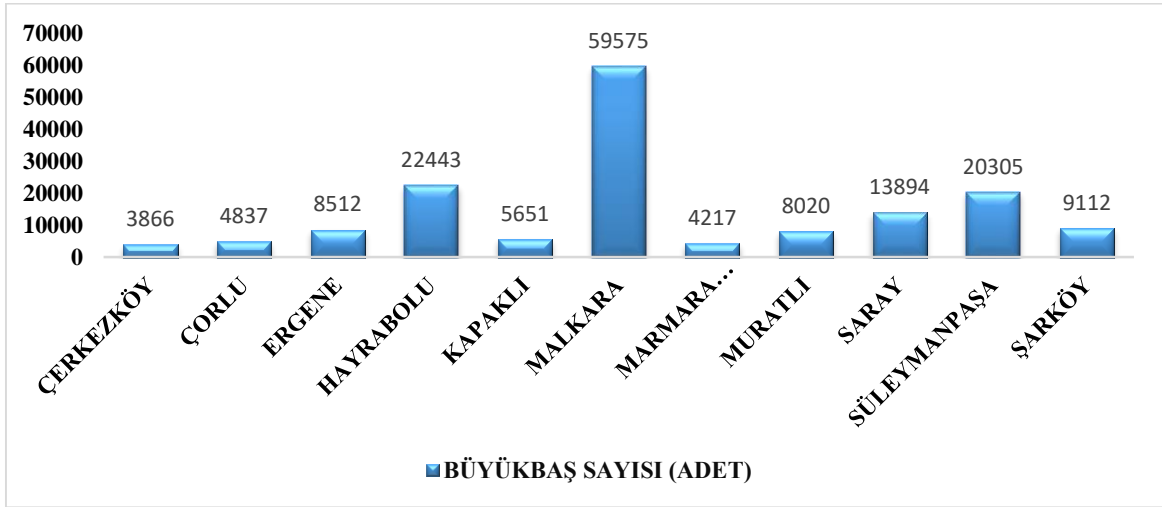
Bu mahallelerde ağırlık merkezi tekniğine göre koordinatlar ve mahallelerin metan miktarları dikkate alınarak “Yer Seçimi” bölümünde belirtilen hesaplamalar doğrultusunda 10 km çapında belirlenen alanda A(4538037,83D; 494604,81K) koordinatı Malkara İlçesi Sarnıç Mahallesi, 20 km çapındaki alan için B(4535758,21D; 496936,81K) koordinatı Malkara İlçesi Kozyörük Mahallesi ağırlık merkezi olarak hesaplanmıştır. Doğu bölgesinde 10 km ve 20 km çapları içerisinde kalan bölgelerde sırasıyla 15 ve 47 mahalle bulunmaktadır. Bu mahallelerde ağırlık merkezi tekniğine göre koordinatlar ve mahallelerin metan miktarları dikkate alınarak “Yer Seçimi” bölümünde belirtilen hesaplamalar

doğrultusunda 10 km çapında belirlenen alanda C(4541797,18D; 566019,93K) koordinatı Saray İlçesi Çukuryurt Mahallesi, 20 km çapındaki alan için D(4580466,37D; 568204,02K) koordinatı Saray İlçesi Kurtdere Mahallesi ağırlık merkezi olarak hesaplanmıştır.

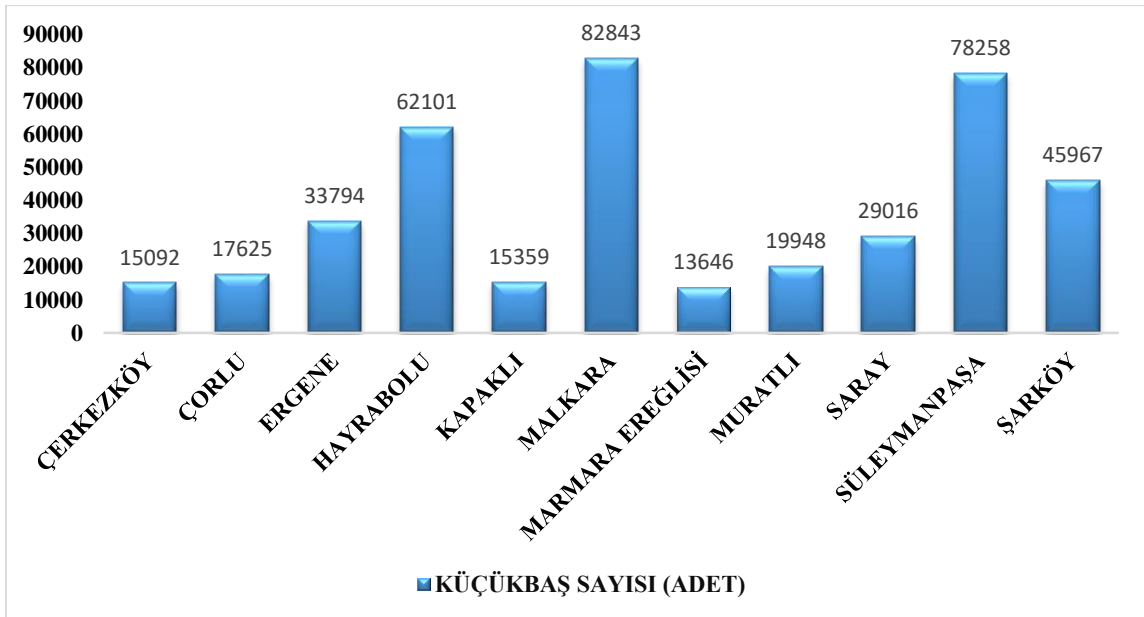
Yük mesafe tekniği, Tekirdağ İli'nin mahalle kırılımında metan potansiyelini ortaya çıkarmak için hazırlanan veriler kullanılarak uygulanmaktadır. Yakınlık analizi kullanılarak belirlenen dört alan içerisinde kalan mahalle koordinat bilgileri ve belirlenen A, B, C ve D noktalarının koordinat bilgileri kullanılmıştır. A, B, C ve D noktalarının koordinat bilgilerinden faydalanılarak her mahalle için kuş uçuşu mesafeleri hesaplanıp, yeni noktalar elde edilmektedir. Ayrıca, önerilen tesislerin alanlarının büyüklüğü yaklaşık 50. 000 m² olarak dikkate alınmıştır. (Anonim 2016).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Hayvan sayılarının verildiği Şekil 4.1’den de görüldüğü üzere, 2018 yılı verilerine göre Tekirdağ İli’nde toplam büyükbaş hayvan sayısı 160.432’dir. Bunun en büyük kısmı 59.575 adet büyükbaş ile Malkara ve 22.443 adet büyükbaş sayısı ile Hayrabolu İlçeleridir. Bunları Süleymanpaşa, Saray, Şarköy, Ergene, Muratlı, Kapaklı, Çorlu, Marmara Ereğlisi ve Çerkezköy İlçeleri izlemektedir.



Şekil 4.1. Büyükbaş hayvan sayılarının ilçe bazlı dağılımı

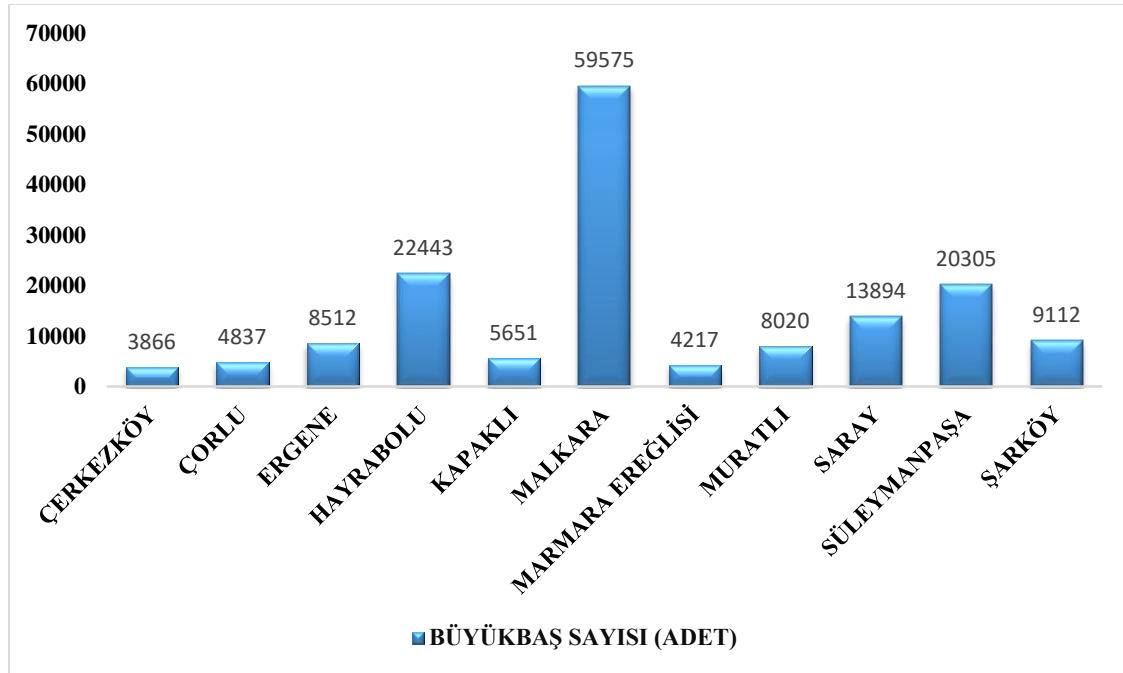


Şekil 4.2. Küçükbaş hayvan sayılarının ilçe bazlı dağılımı

Tekirdağ İli toplam küçükbaş hayvan sayısı 413.649 adettir. Toplam küçükbaş sayısının içinde 357.263 adet koyun %86,49'unu, keçi ise 56.386 adet ile %13,51'ini oluşturmaktadır. Küçükbaş hayvan sayısının en yüksek olduğu ilçe 82.843 adet ile Malkara, takip eden 78.258 adet ile Süleymanpaşa İlçesidir. Buna karşılık en düşük küçükbaş hayvan sayıları sırası ile 15.359 adet ile Kapaklı, 15.092 adet Çerkezköy ve 13.646 adet ile Marmara Ereğlisi İlçeleridir (Şekil 4.2).

Ek 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44'te Tekirdağ İli'nin 11 ilçesine ait 2018 yılı büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı dağılımı mahalle bazlı kırılımı gösterilmektedir.

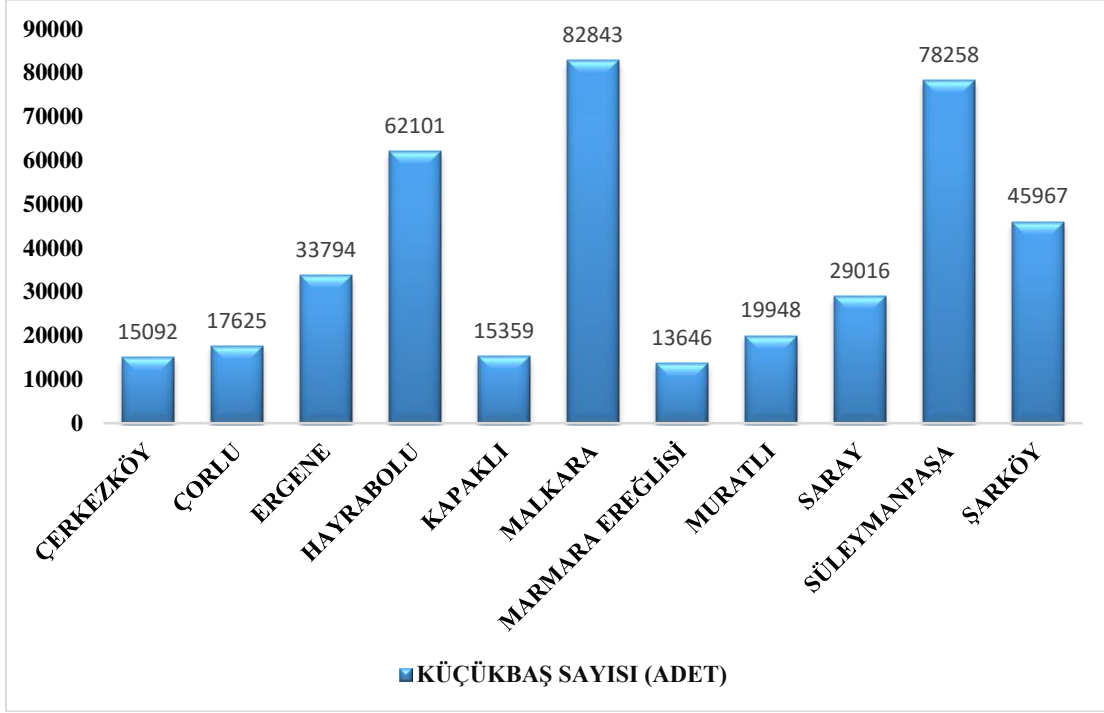
Tekirdağ İli toplam büyükbaş hayvan sayısı 160.432 adettir. Toplam büyükbaş sayısının içerisinde 158.580 adedi sığır olarak karşımıza çıkmaktadır Bu değer toplam büyükbaş hayvanların % 98,85'ini sığır cinsi oluşturmaktadır. İl sınırları içerisinde 1.852 adet manda bulunmakta olup, toplam büyükbaş sayısının %1,15'ini manda cinsi oluşturmaktadır (Şekil 4.3). En büyük bölümü 59.575 adet ile Malkara İlçesinde bulunmaktadır. Bunları; Hayrabolu, Süleymanpaşa, Saray, Şarköy, Ergene, Muratlı, Kapaklı, Çorlu, Marmara Ereğlisi ve Çerkezköy İlçeleri takip etmektedir.



Şekil 4.3. Büyükbaş hayvan sayısının ilçelere göre dağılımı (Anonim 2018g)

Şekil 4.4'de görülebileceği üzere, 2018 yılı verilerine göre Tekirdağ İli'nde küçükbaş hayvan sayısı toplam 413.649 adettir. Bu değer toplam küçükbaş hayvanların %86,37'sini koyun cinsi oluşturmaktadır. İl sınırları içerisinde 56.386 adet keçi bulunmakta olup, toplam

küçükbaş sayısının %13,63'ünü keçi cinsi oluşturmaktadır. En büyük bölümü 82.843 adet ile Malkara İlçesinde bulunmaktadır. Bunları; Süleymanpaşa, Hayrabolu, Şarköy, Ergene, Saray, Muratlı, Çorlu, Çerkezköy, Kapaklı ve Marmara Ereğlisi İlçeleri takip etmektedir.



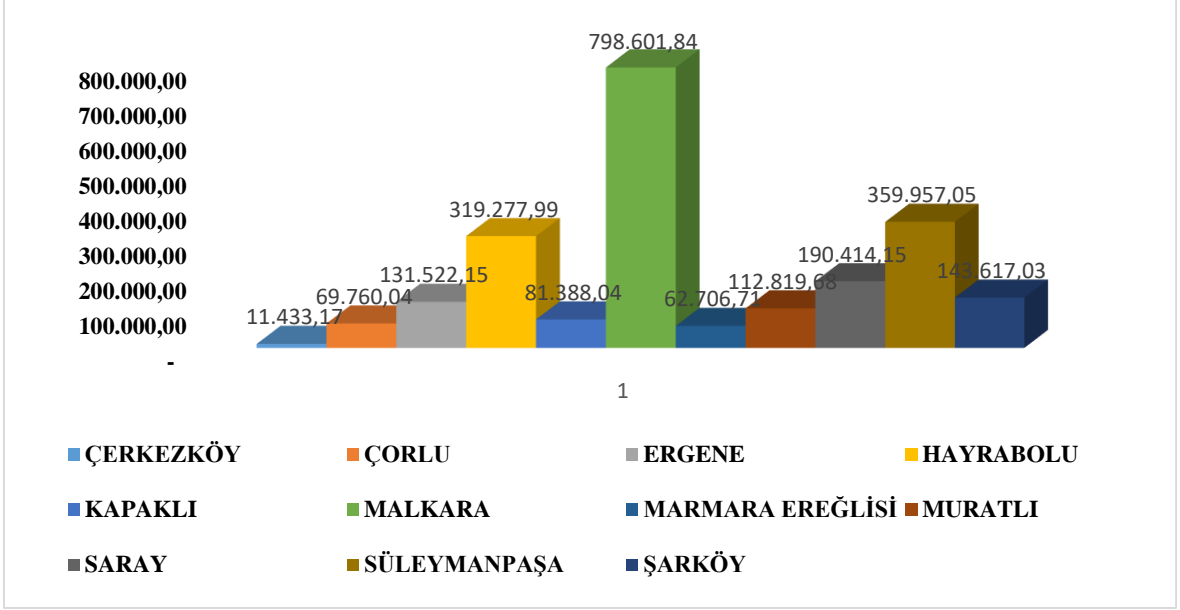
Şekil 4.4. Küçükbaş hayvan sayısının ilçelere göre dağılımı (Anonim 2018g)

Çizelge 3.6'da yapılan kabuller doğrultusunda 2018 yılı Tekirdağ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü verilerine göre Çizelge 4.1'de ilçe bazlı atık miktarları ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Yıllık hayvansal atık miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hayvansal atık miktarlarının ilçelere göre dağılımı

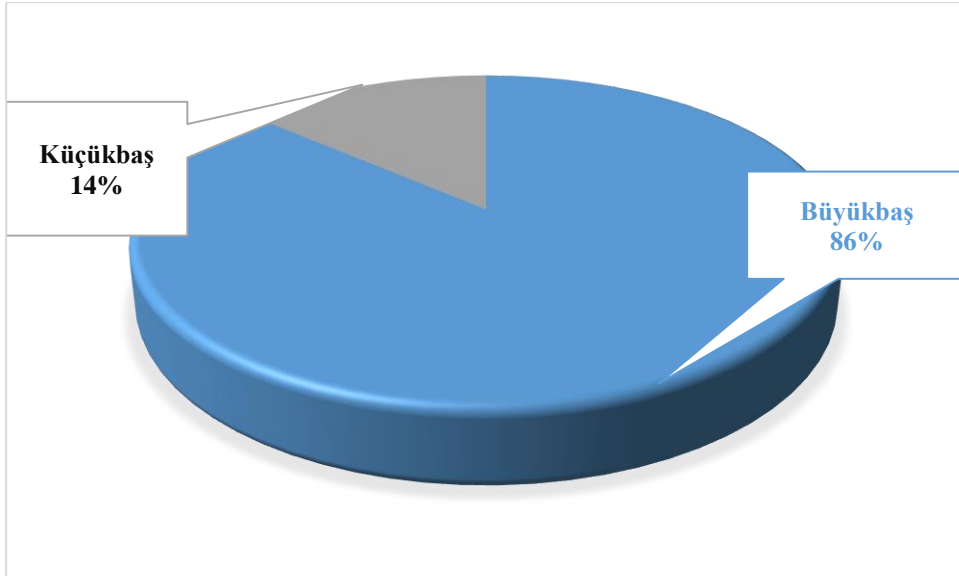
İlçe adı	Hayvansal atık miktarları (ton/yıl)				
	Koyun	Keçi	Sığır	Manda	Toplam
Çerkezköy	8.329,30	1.160,70	3.715,00	745,99	13.950,99
Çorlu	16.679,00	797,89	63.716,59	126,62	81.320,10
Ergene	24.703,93	472,31	107.912,54	260,06	133.348,84
Hayrabolu	43.018,17	3.149,22	277.545,01	-	323.712,40
Kapaklı	10.622,96	832,93	71.062,54	-	82.518,43
Malkara	51.572,31	9.628,70	728.523,68	533,96	790.258,65
Marmara Ereğlisi	9.646,22	508,08	53.423,33	-	63.577,63
Muratlı	13.990,45	818,33	98.154,34	1.423,50	114.386,62
Saray	20.172,82	1.712,58	153.814,87	17.358,52	193.058,79
Süleymanpaşa	54.282,07	8.367,26	299.713,22	2.593,91	364.956,46
Şarköy	19.019,42	15.040,92	111.524,00	27,38	145.611,71
Toplam	272.036,65	42.488,92	1.969.105,13	23.069,93	2.306.700,64

Çizelge 4.1’de büyükbaş ve küçükbaş kaynaklı atık miktarları gösterilmiştir. Toplam atık miktarının içinde %35 ile Malkara en yüksek dilimi oluşturmaktadır. Malkara İlçesinde 790.258,65 ton/yıl hayvansal kaynaklı hesaplanmıştır. Bunu 359.957,05 ton/yıl ile Süleymanpaşa İlçesi takip etmektedir. Hayrabolu İlçesinde 319.277,99 ton/yıl, Saray 190.414,15 ton/yıl, 143.617,03 ton/yıl ile Şarköy, 131.522,15 ton/yıl ile Ergene, 112.819,68 ton/yıl ile Muratlı, 81.388,04 ton/yıl ile Kapaklı, 69.760,04 ton/yıl ile Çorlu, 62.706,71 ton/yıl ile Marmara Ereğlisi, 11.433,17 ile Çerkezköy İlçeleri takip etmektedir.



Şekil 4.5. Hayvansal atık miktarlarının ilçelere göre dağılımı

Hayvansal atık miktarları Şekil 4.5’de verilmektedir. Hayvan sayısı ve türüne göre oluşan atık miktarları incelendiğinde en fazla atık miktarı büyükbaş hayvandan kaynaklandığı Şekil 4.6’da görülmektedir. Yıllık toplam 2.306.700,64 ton atığın %86’sını büyükbaş hayvanlar oluşturmaktadır.



Şekil 4.6. Hayvan dışkılarının kaynağına göre dağılımı

Çizelge 4.2’de görülebileceği üzere Tekirdağ İli’nin yıllık toplam 12.046,81 Tep/yıl enerji potansiyeli bulunmaktadır. Tekirdağ İli toplam elektrik üretim potansiyeli

140.079.123,77 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Elektrik üretiminin en yüksek olduğu ilçede biyogaz üretiminin de en yüksek olduğu ilçe olan Malkara İlçesidir.

Çizelge 4.2. Tekirdağ İli'nin bir yıllık üretim potansiyeli

İlçe	Küçük hayvan sayısı		Büyükbaş hayvan sayısı		Toplam biyogaz m ³ /yıl	Toplam metan m ³ /yıl	Toplam enerji Tep/yıl	Toplam elektrik potansiyeli kWh/yıl
	Yavru	Yetişkin	Yavru	Yetişkin				
Çerkezköy	0	13000	365	438	559039,80	335423,88	288,35	3.352.990,75
Çorlu	30	17762	516	4535	756618,18	453970,91	390,27	4.538.019,93
Ergene	73	34415	1157	8770	1311465,48	786879,29	676,46	7.865.865,01
Hayrabolu	2	63241	3017	19521	3194775,77	1916865,46	1647,89	19.161.522,17
Kapaklı	4	15689	801	4991	814621,73	488773,04	420,18	4.885.911,75
Malkara	146	83691	8978	51014	8031361,04	4818816,62	4142,64	48.170.235,85
Marmara Ereğlisi	2	13908	487	3781	626651,01	375990,60	323,23	3.758.507,04
Muratlı	16	20270	1265	6958	1130020,82	678012,49	582,87	6.777.602,13
Saray	14	29966	2353	11916	1909530,98	1145718,59	984,95	11.452.922,79
Süleymanpaşa	665	85156	3173	21291	3593940,57	2156364,34	1853,78	21.555.619,83
Şarköy	97	46561	1308	7822	1427185,46	856311,27	736,15	8.559.926,51
Toplam	1049	423659	23420	141037	23355210,89	14013126,53	12046,80	140.079.123,77

Tekirdağ İli'nin %34,39 oranıyla en yüksek enerji potansiyeline sahip ilçe Malkara'dır. %15,39'lık oran ile bölge ihtiyacına cevap verme potansiyeli olan Süleymanpaşa İlçesi 1.853,78 TJ/yıl enerji potansiyeli barındırmaktadır. %13,68 ile Hayrabolu İlçesi, %8,18 ile Saray, %6,11 ile Şarköy, %5,62 ile Ergene, %4,84 ile Muratlı, %3,24 ile Çorlu, %2,68 ile Marmara Ereğlisi ve %2,39 ile Çerkezköy İlçeleri takip etmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Tekirdağ İli'nde enerji potansiyelinin ilçe bazında dağılımı (%)

İlçe adı	Enerji eşdeğeri (TJ/yıl)			Bölgeye oranı (%)
	Büyükbaş	Küçükbaş	Toplam	
Çerkezköy	10,183	1,892	288,36	2,39
Çorlu	13,756	2,587	390,27	3,24
Ergene	23,307	5,020	676,46	5,62
Hayrabolu	59,801	9,206	1.647,89	13,68
Kapaklı	15,311	2,284	420,19	3,49
Malkara	161,274	12,204	4.142,64	34,39
Marmara Ereğlisi	11,511	2,025	323,23	2,68
Muratlı	21,455	2,953	582,87	4,84
Saray	36,882	4,364	984,95	8,18
Süleymanpaşa	65,136	12,493	1.853,78	15,39
Şarköy	24,035	6,792	736,15	6,11
Toplam	442,652	61,820	12.046,80	100,00

Tekirdağ İli'nde toplam biyogaz ve buna bağlı olarak oluşan metan potansiyelinin belirlenmesi amacıyla ilçe bazlı yıllık hayvansal atık üretim potansiyeli ve bu atıklardan üretilebilecek enerji ve elektrik potansiyel miktarları Ek 45'deki gibi hesaplanmıştır.

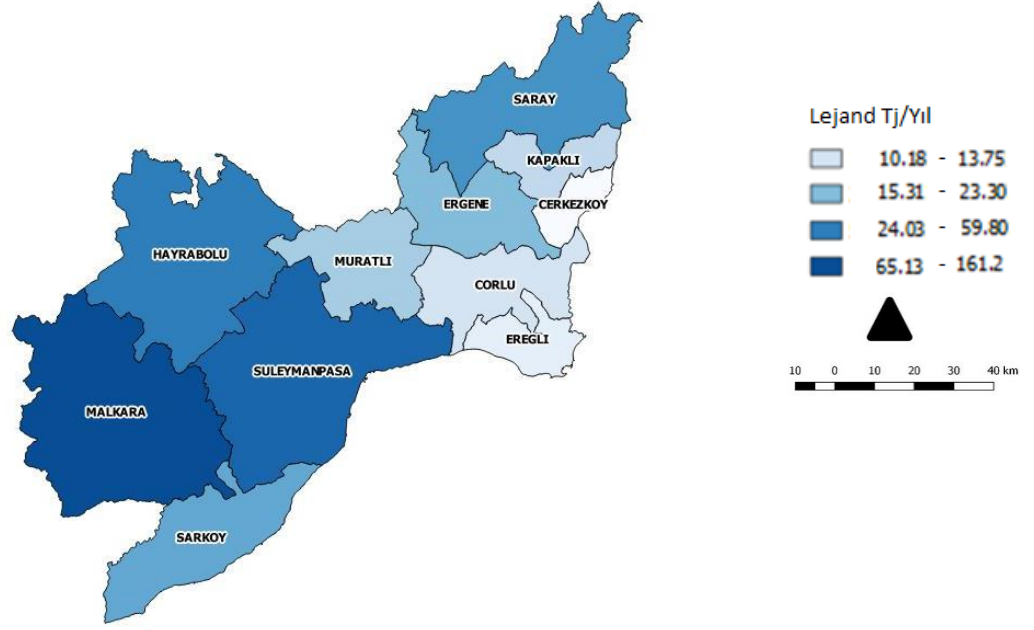
2011 yılında, Türkiye Elektrik İletim AŞ. (TEİAŞ) tarafından yapılan çalışmada, kent merkezinde yaşayan orta gelirli dört kişilik bir ailenin elektrik tüketimi incelenmiştir. Türkiye'de 2011 yılı için iki çocuklu dört kişilik bir ailenin yıllık ortalama elektrik tüketimi 3036 kWh olarak bulunmuştur (Anonim 2019e). 2011 yılı Türkiye genelinin yıllık elektrik tüketimi miktarı 186.099,50 GWh ve 2016 yılı Türkiye genelinin yıllık elektrik tüketimi miktarı 231.203,70 GWh olarak bilinmektedir. Türkiye geneli 2011 yılı elektrik tüketimine göre 2016 yılında %24'lük bir artış olduğu gözlenmektedir. Türkiye'deki hayvansal atıklardan elde edebilecek enerji miktarının kaç kişinin elektrik ihtiyacını karşılayabileceğinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda daha doğru sonuçlara ulaşabilmek için iki çocuklu dört kişilik bir ailenin yıllık ortalama elektrik tüketimi miktarı 2011-2016 yılları arasındaki Türkiye geneli yıllık elektrik tüketimi artış oranı ile doğru orantılı olarak artırılarak 3765 kWh sonucuna ulaşılmıştır (Görmüş 2018).

Çizelge 4.4. İlçe bazında toplam elektrik potansiyelinin elektrik ihtiyacının karşılama oranı

İlçe	Toplam elektrik potansiyeli (kWh/yıl)	İlçe nüfusu	4 kişilik hane sayısı	Elektrik ihtiyacını karşılama oranı (%)
Çerkezköy	3.352.990,75	166.789	41.697,25	2,14
Çorlu	453.819,93	262.862	65.715,50	0,18
Ergene	7.865.865,01	62.458	15.614,50	13,38
Hayrabolu	19.161.522,17	32.137	8.034,25	63,35
Kapaklı	4.885.911,75	116.882	29.220,50	4,44
Malkara	48.170.235,85	52.758	13.189,50	97,00
Marmara Ereğlisi	3.758.507,04	25.873	6.468,25	15,43
Muratlı	6.777.602,13	28.537	7.134,25	25,23
Saray	11.452.922,79	49.106	12.276,50	24,78
Süleymanpaşa	21.555.619,83	199.960	49.990,00	11,45
Şarköy	8.559.926,51	32.565	8.141,25	27,93
Toplam	140.079.123,77	1.029.927	257.481,75	14,45

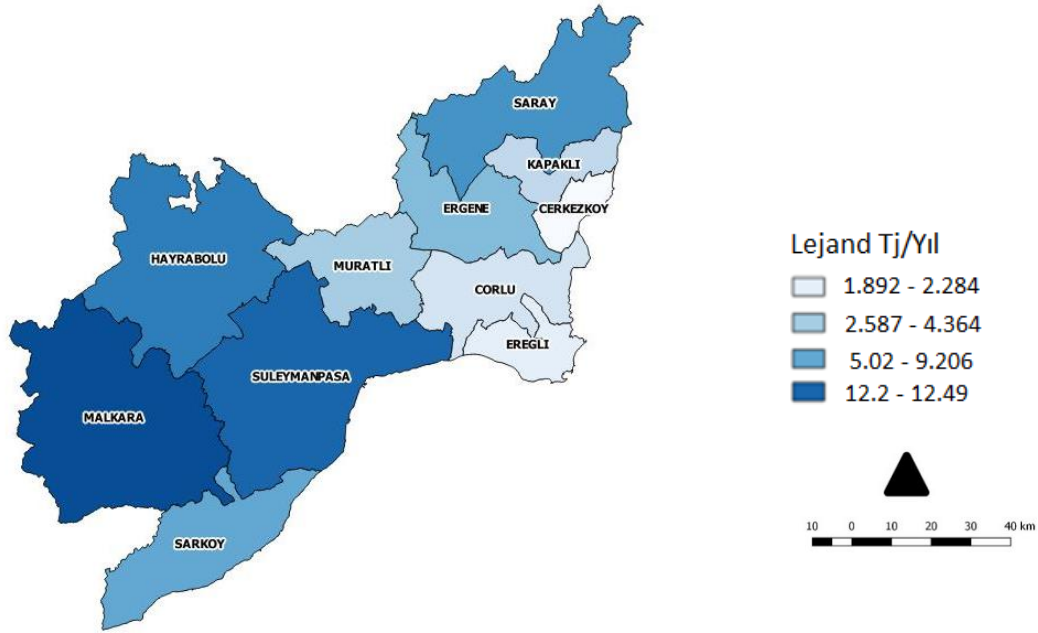
Çizelge 4.4’de görülebileceği üzere bölgede yıllık 140.079.123,77 kWh’lık elektrik enerjisi potansiyeli bulunmakta olup, bir hanede dört kişi yaşadığı varsayıldığında Çerkezköy İlçesinin %2,14’ünü, Çorlu İlçesinin %0,18’ini, Ergene İlçesinin %13,38’sini, Hayrabolu İlçesinin %63,35’ini, Kapaklı İlçesinin %4,44’ünü, Malkara İlçesinin %97’sini, Marmara Ereğlisi İlçesinin %15,43’ünü, Muratlı İlçesinin %25,23’ünü, Saray İlçesinin %24,78’ini, Süleymanpaşa İlçesinin %11,45’ini, Şarköy İlçesinin %27,93’ünü elektrik enerjisini karşılayacak potansiyeli barındırmaktadır. İl genelinde ise bu oran %14,45’dir. Malkara İlçesinde tüm hanelerin gereksiniminin %97’sinin elektrik gereksinimini karşılayacak potansiyeli barındırmakla birlikte tüm ilçeler arasında en yüksek elektrik üretim değerine de sahiptir.

Tekirdağ İli’nde ilçe bazlı hesaplanan büyükbaş hayvan atıklarının biyogaz potansiyel miktarlarının dağılımı Şekil 4.7’deki gibi gösterilmektedir.



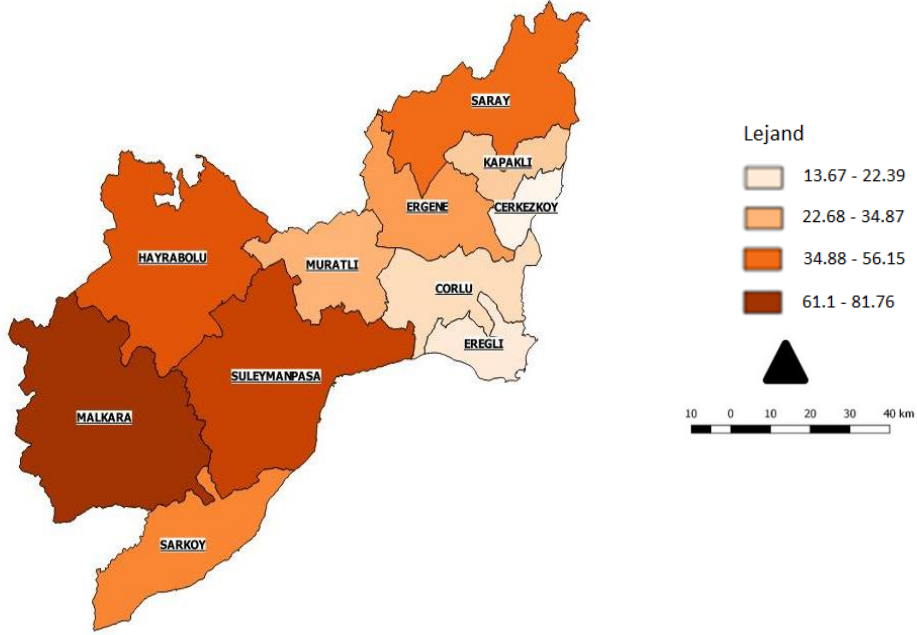
Şekil 4.7. Tekirdağ İli'nde ilçe bazlı büyükbaş hayvan atıklarından elde edilecek biyogazın enerji değeri dağılımı (TJ /yıl)

Tekirdağ İli'nde ilçe bazlı hesaplanan küçükbaş hayvan atıklarının biyogaz potansiyel miktarlarının dağılımı Şekil 4.8'deki gibidir.



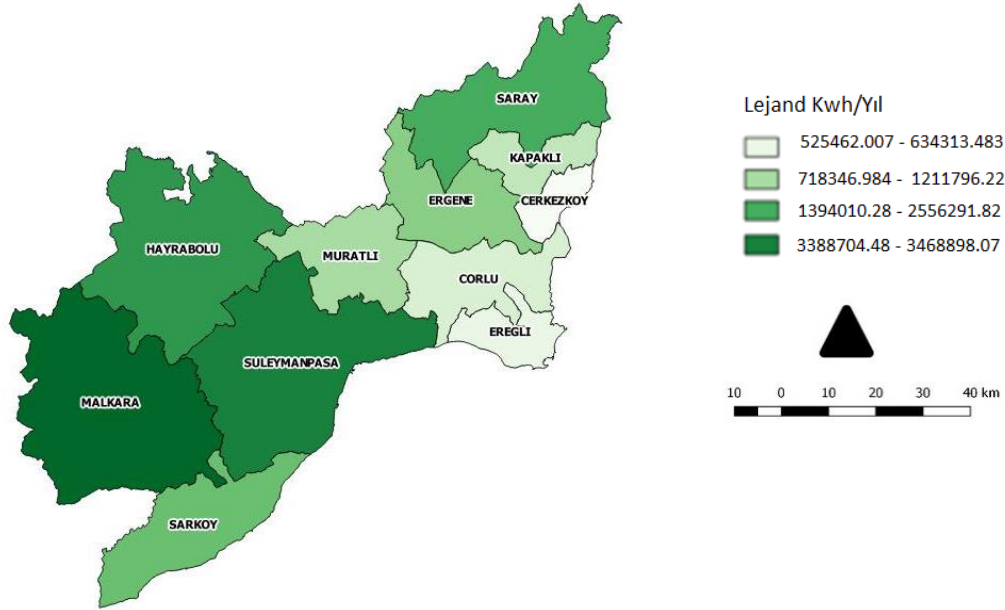
Şekil 4.8. Tekirdağ İli'nde ilçe bazlı küçükbaş hayvan atıklarından elde edilecek biyogazın enerji değeri dağılımı (TJ /yıl)

Tekirdağ İli'nde İlçe bazlı hesaplanan hayvan atıklarının üretilebilecek biyogaz potansiyel miktarlarının dağılımı Şekil 4.9'daki gibidir.

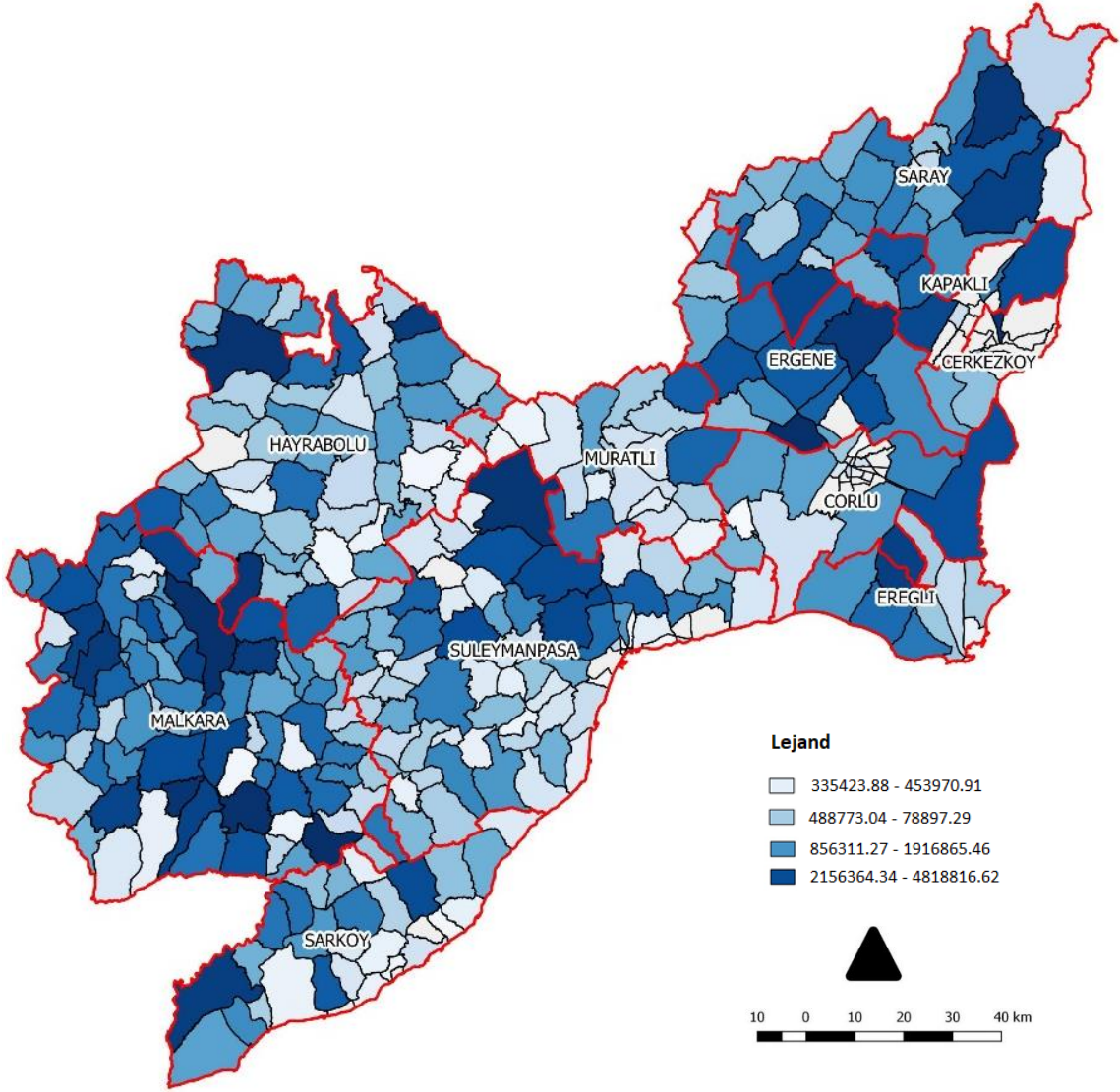


Şekil 4.9. Tekirdağ İli'nde hayvan atıklarından elde edilecek biyogaz oranının dağılımı (%TJ/yıl)

Tekirdağ İli'nde ilçe bazlı büyükbaş hayvan atıklarından üretilebilecek elektrik potansiyeli değerinin dağılımı Şekil 4.10'daki gibidir.



Şekil 4.10. Tekirdağ İli'nde ilçe bazlı hayvan atıklarından elde edilecek elektrik potansiyeli (kWh/yıl)

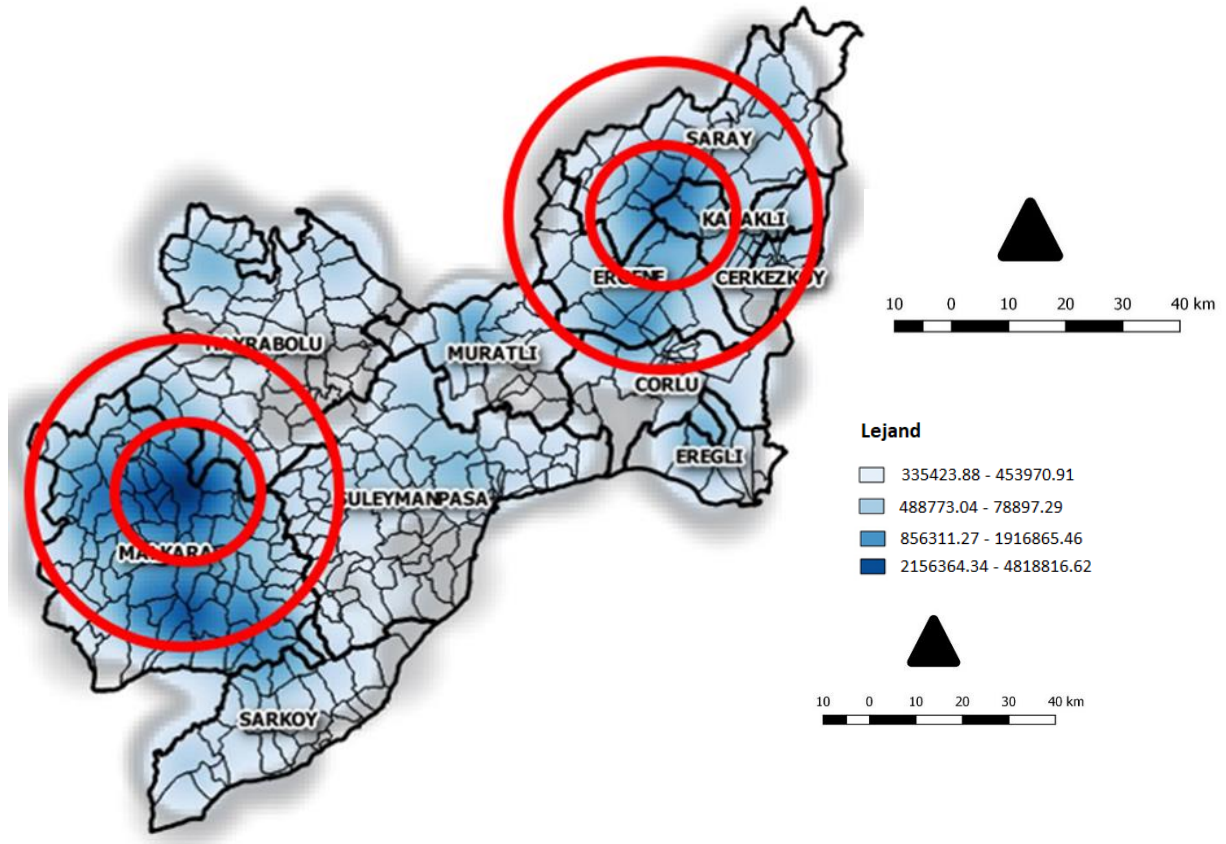


Şekil 4.11. Toplam metan miktarına göre mahalle kırılımı

Tekirdağ İli'nde toplam biyogaz potansiyeline bağlı olarak oluşan yıllık metan potansiyelinin mahalle bazlı miktarının gösterimi Şekil 4.11'deki gibidir.

4.1. Yer Seçimi

Yer seçimi, işletmenin üzerinde kurulacağı, sürekliliğini sürdüreceği alandır. Yer seçimi işletmenin uzun dönemli ve stratejik kararlarından biridir. Yer seçimi yapılırken, yoğunluk analizinden faydalanılarak yüksek enerji potansiyeline sahip yakın bölgeler içerisinde kalan 10 km ve 20 km çapında alanlar tespit edilerek detaylı olarak incelenmektedir. Bölgedeki çalışmalar coğrafi bilgi sistemlerinin yakınlık analizi, yük mesafe tekniği, ağırlık merkezi tekniğinden yararlanılmıştır.



Şekil 4.12. Toplam metan miktarına göre mahalle bazlı yoğunluk haritası

Batı bölgesinde yapılan yakınlık analizinin 10 km çapı içerisinde yer alan mahalleleri Ek 46'da verilmektedir. Batı bölgesinde yapılan analiz 10 km çapında kalan yakın bölge içerisinde 30 mahalle kalmakta olup, bu mahalleler Malkara ve Hayrabolu İlçelerine aittir. (Şekil 4.12). Bu mahallelerde toplam 78,197 TJ/yıl enerji ve 2.513,114 kW'lık tesis kurulma

potansiyeli bulunmaktadır. Batı bölgesinde yapılan yakınlık analizinin 20 km çapı içerisinde yer alan mahalleleri Ek 47’de verilmektedir (Şekil 4.12). Batı bölgesinde yapılan analizinin 20 km çapında kalan yakın bölge içerisinde 70 mahalle kalmakta olup bu mahalleler Süleymanpaşa, Malkara ve Hayrabolu İlçelerine aittir. Bu mahallelerde toplam 125,10 TJ/yıl enerji ve 4.020,37 MW’lık tesis kurulma potansiyeli bulunmaktadır.

Doğu bölgesinde yapılan yakınlık analizinin 10 km çapı içerisinde yer alan mahalleleri Ek 48’de verilmektedir (Şekil 4.12). Doğu bölgesinde yapılan analizinin 10 km çapında kalan yakın bölge içerisinde 15 mahalle kalmakta olup bu mahalleler Saray, Kapaklı ve Ergene İlçelerine aittir. Bu mahallelerde toplam 38,554 TJ/yıl enerji ve 1.239,06 kW’lık tesis kurulma potansiyeli bulunmaktadır. Doğu bölgesinde yapılan analizinin 20 km çapı içerisinde yer alan mahalleleri Ek 49’da verilmektedir (Şekil 4.12). Doğu bölgesinde yapılan analizinin 20 km çapında kalan yakın bölge içerisinde 47 mahalle kalmakta olup bu mahalleler Çerkezköy, Kapaklı ve Ergene İlçelerine aittir. Bu mahallelerde toplam 87,947 TJ/yıl enerji ve 2.826,46 kW’lık tesis kurulma potansiyeli bulunmaktadır.

Hesaplamalar yapılırken aşağıdaki formüller ve veriler kullanılmıştır.

- Mahallelerin koordinatları
- Mahalleye ait enerji potansiyeli (TJ/yıl)

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} V_i}{\sum V_i} \quad C_y = \frac{\sum d_{iy} V_i}{\sum V_i} \quad (4.1)$$

Bu denklemlerde;

C_x = Ağırlık merkezinin x koordinatı

C_y = Ağırlık merkezinin y koordinatı

d_{ix} = i. mahallesinin x koordinatı

d_{iy} = i. mahallesinin y koordinatı

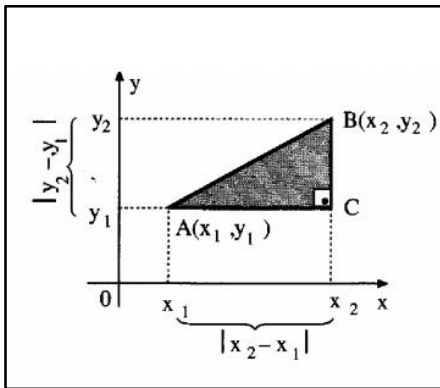
V_i = i. mahallesine veya mahallesinden hareket eden atık miktarı

Batı bölgesinde yakınlık analizinde 10 km çap içerisinde yer alan mahalleler Ek 46’da yer almaktadır. Bu mahallelerin koordinatlarını yukarıda belirtilen denklem 4.1’de yerine koyulduğunda ağırlık merkezi koordinatları A(4538037,83D; 494604,81K) olarak hesaplanmaktadır. Bu koordinat haritada üzerinde Malkara İlçesi Sarnıç Mahallesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Batı bölgesinde yakınlık analizinde 20 km çap içerisinde yer alan

mahalleler Ek 47’de yer almaktadır. Bu mahallelerin koordinatlarını yukarıda belirtilen denklem 4.1’de yerine koyulduğunda ağırlık merkezi koordinatları B(4535758,21D; 496936,81K) olarak hesaplanmıştır. Bu koordinat haritada üzerinde Malkara İlçesi Kozyörük Mahallesi sınırları içerisinde kalmaktadır.

Doğu bölgesinde yakınlık analizinde 10 km çap içerisinde yer alan mahalleler Ek 48’de yer almaktadır. Bu mahallelerin koordinatlarını yukarıda belirtilen denklem 4.1.2’de yerine koyulduğunda ağırlık merkezi koordinatları C(4541797,18D; 566019,93K) olarak hesaplanmaktadır. Bu koordinat harita üzerinde Saray İlçesi Çukuryurt Mahallesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Doğu bölgesinde yakınlık analizinde 20 km çap içerisinde yer alan mahalleler Ek 49’da yer almaktadır. Bu mahallelerin koordinatlarını yukarıda belirtilen denklem 4.1’de yerine koyulduğunda ağırlık merkezi koordinatları D(4580466,37D; 568204,02K) olarak hesaplanmıştır. Bu koordinat haritada üzerinde Saray İlçesi Kurtdere Mahallesi sınırları içerisinde kalmaktadır.

Yük mesafe tekniği kuruluş yeri alternatiflerini uzaklığa bağlı olarak değerlendiren bir yöntemdir. Kullanılan bu tekniğin amacı, hem mesafeyi hem de yük sayısını dikkate alan yük mesafesini bulmak ve uygun yer seçimini gerçekleştirmektir. Alternatif yerlerin karşılaştırılmasında, her alternatifin yük mesafe değeri hesaplanmaktadır. Yük mesafe değeri, her yükün mesafe ile çarpılması ile bulunur. Alternatif yer seçiminde bu yöntemin amacı, yük mesafe değeri puanına göre en düşük değeri alan yer en uygun yer olarak kabul edilir. Uzaklıkların belirlenmesi ise, gerçek mesafelerin ölçüsüyle belirlenebilmektedir. Sıklıkla kullanılan bir ölçü de dik doğrusal uzaklığın hesaplanmasıdır. Analitik geometrik bir yöntem olan pisagor teoremine göre koordinatları belirli olan iki nokta arasındaki mesafe Şekil 4.13’deki gibi hesaplanmıştır.



Şekil 4.13. İki nokta arasındaki uzaklık

$$|AB| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4.2)$$

Şekil 4.12'deki mahalle bazlı toplam metan miktarını gösteren tematik haritaya göre ve hammaddenin önerilen taşıma mesafesine göre Tekirdağ İli genelinde potansiyeli yüksek alanlar batı ve doğu olmak üzere iki gruba ayrılarak kategorize edilmektedir. Sırasıyla 10 ve 20 km çaplı yakın bölgeler oluşturulmuştur. Yük mesafe tekniğinde, bu belirlenen alanlarda belirlenen ilk koordinat ve mahallelerin koordinat bilgilerinden faydalanılarak kuş uçuşu mesafesi Pisagor teoremine göre hesaplanmaktadır. Yük mesafe tekniği uygulanırken daha önce ağırlık merkezi tekniğine göre doğu ve batı bölgelerinde hesaplanan noktaları olan Malkara İlçesi (4538129,87D; 495671,76K) ve Saray İlçesi (4584375,55D; 565882,67K) koordinatları baz alınarak bu çalışma yapılmıştır. Hesaplanan bu veriler ile toplam atık miktarı (kg/gün) çarpılarak mahallelere ait yük mesafe değerleri hesaplanmıştır. Yük mesafe tekniğinde mahalleler arası yol ağlarının fiziksel özelliklerine ait bilgilere (stabilize, asfalt, koordinat bilgileri vb.) ulaşamadığı için ilgili mahallerin merkez koordinatları ile hesaplanan yakın bölgelerin (20 km ve 10 km çaplı alanlar) ağırlık merkezi koordinat noktaları arasındaki en kısa mesafe ile Pisagor teoremine göre hesaplanmıştır. Bu yöntem kullanılırken taşıma uzaklıklarının taşınacak olan hayvan atıklarının niteliğine olumsuz etkisi olmadığı kabul edilmiştir.

Doğu ve Batı bölgelerinde belirlenen 10 km ve 20 km çapında yakın bölgeler içerisinde kalan mahallelerin merkez koordinatları ile yine Doğu ve Batı bölgelerinde ağırlık merkezi tekniğine göre hesaplanan ağırlık merkezi koordinatları arasında kuş uçuşu mesafe (km) ve toplam atık miktarı (kg/gün) değerlerinin çarpılmaktadır. Doğu bölgesinde 20 km çapında kalan alan içerisinde en uygun alternatif yer, yük mesafe değerleri içerisinde en küçük değere sahip olan mahalle Saray İlçesi Kurtdere Mahallesi'dir (Ek 50). Yine Doğu bölgesinde 10 km çapı içerisinde kalan en uygun yer alternatifi Saray İlçesi Çukuryurt Mahallesi sonucunu vermektedir (Ek 51). Batı bölgesinde 20 km çapında kalan alan içerisinde en uygun alternatif yer, yük mesafe değerleri içerisinde en küçük değere sahip olan mahalle Malkara İlçesi Kozyörük Mahallesi'dir (Ek 52). Yine Batı bölgesinde 10 km çapı içerisinde kalan en uygun yer alternatifi Malkara İlçesi Sarnıç Mahallesi sonucunu vermektedir (Ek 53).

1. Hangi tür atık beslendiği (Hayvansal, bitkisel vs.)
2. Kullanılan maddenin miktarı
3. Yerel düzenlemeler, yasalar
4. Enerji ve atık ısının kullanımı
5. Biyo gübrenin kullanımı
6. Atık suyun Arıtımı

Bu konular ile ilgili seçimler tesislerde kullanılacak teknolojiyi etkileyecektir. Bu kapsamda Tekirdağ İli'nde düzenlemeler ve diğer şartlar göz önünde bulundurulduğunda ileri teknoloji sistemlerinin kullanılabilmesi yönünde değerlendirilmiştir. Bu nedenle modern bir uygulama olan sürekli çalışan balon tip membranlı gaz haznesi kullanılan digester üniteleri biyogaz üretim teknolojisi olarak değerlendirilmiştir. Biyogaz teknolojisinin yeni kullanılmaya başlandığı bölgelerde işçilik, tasarım kolaylığı ve işletmesi daha kolay olduğu için önerilmiştir. Özellikle Türkiye'de modern uygulamalar membran tip biyogaz teknolojisi kullanımına yöneliktir. Örnek bir membran tipi biyogaz tesisi Şekil 4.15'de verilmektedir.

Bu çalışma kapsamında kapsamında 4 MW'lık, 2,5 MW'lık, 2,8 MW'lık, 1,2 MW'lık tesislerin kurulumu için sürekli membran tip biyogaz reaktörü önerilmektedir. Bu sistemin üstünlük ve olumsuzlukları karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Membran tipi biyogaz tesislerinin üstünlük ve zayıflıkları

Üstünlükleri	Zayıflıkları
Maliyeti düşüktür	Kolay bir şekilde zarar görebilir
Taşıma gereksinimi az ve kolaydır	Düşük gaz basıncı ekstra yük getirir
Tasarım işçiliği azdır	Plastik balonlar, mekanik etkilere karşı duyarlı olduğundan, kullanım süreleri kısadır
Fermantasyon sıcaklığı yüksektir	Zarar görmüş balonlar yerel esnaf tarafından nadiren tamir edilir
Boşaltılması, bakımı ve temizliği kolaydır	Bölgesel olarak iş olanağı yaratma potansiyeli azdır
Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde yüzeysel tesis olarak tasarlanabilir	



Şekil 4.15. Membran tipi biyogaz tesisi (Anonim 2019ı)

Önerilen sistemin ana ekipmanları reaktörler, kojenerasyon ünitesi ve gübre tesisi üniteleridir. Bunların dışında tesiste yardımcı üniteler de bulunmaktadır.

Reaktör ve karıştırıcılar; tesislerde en az bir adet olmak üzere kapasiteye bağlı olarak biyogaz reaktörleri bulunacaktır. Reaktörler silindirik tip, dikey ve sürekli akışlı tip biyogaz reaktörleridir (Şekil 4.16). Genel olarak reaktörler içerisindeki materyallerin karıştırılmasında iki adet kanatlı ve bir adet mikser tipi yüksek devirli karıştırıcı kullanılmaktadır. Bu tip tesislerde membran tipi gaz depolama sistemi kullanılmaktadır. Reaktörlerde gaz üretimi başladığında belli bir miktar gaz membran içerisinde depolanmaktadır. Depolanan gaz enerji elde edilmesi amacıyla kojenerasyon ünitesine aktarılır ve enerji elde edilir. Kojenerasyon işleminden önce desülfürizasyon işlemi uygulanmaktadır.



Şekil 4.16. Tesiste kullanılacak örnek mikser görüntüsü

Elektrik elde edilmesi; tesiste elektrik elde edilebilmesi için, kojenerasyon ünitesi kullanılmaktadır. Kojenerasyon üniteleri genel olarak %35-55 elektrik üretim verimi ile çalışmaktadır. Tesiste kullanılacak kojenerasyon ünitesi çevrim verimleri elektrik enerjisi için %42,1 ve ısı enerjisi için %41,7 olarak kabul edilmiştir. Kojenerasyondan önce biyogazdaki sülfürün giderilmesi gerekmektedir. Bu nedenle tesislerde gaz desülfirizasyon işlemleri yapılmaktadır.

Gübre elde edilmesi ve depolanması; biyogaz tesislerinde beslenen çamur, yarı katı madde miktarına geldiğinde fermantasyon süresi tamamlanır. Tesis başına beslemeye iletilir ya da seperatörler yardımı ile organik gübre elde edilmesi için kompostlaştırmaya gönderilir. Seperatörlere yaklaşık %3-6 KM oranında gelen materyallerin içeriklerindeki sıvı kısım ayrıştırılarak, %15-20 kuru madde oranına sahip fermente gübreye çevirebilmektedir. Seperatörden çıkan sıvı kısım tesis başına beslenmekte ya da arıtma kurularak deşarj standartlarına getirilmektedir. Katı fermente gübre doğrudan satılabildiği gibi kompostlaştırma tesisinin bulunduğu senaryolarda aerobik ayrışmaya (kompostlaşma) devam ederek bitkilere yararışı ve pazar değeri arttırılmış, kuru madde seviyesi %80 düzeyine çıkartılmış kompost gübreye dönüştürülebilecektir. Tesis senaryolarında kompostlaştırma sonucu elde edilecek gübrenin %90'ı satılarak gübre geliri olarak kaydedilmektedir. Elde edilecek gübrenin %10'u ise çiftçiden bedelsiz olarak alındığı kabul edilen hayvansal atıkların karşılığında, çiftçiye verdiği atık oranında ücretsiz gübre verileceği öngörülmüştür.



Şekil 4.17. Örnek bir kompost gübre tesisi (Anonim 2019k)

Bu kompost gübre, elektrik ve ısı enerjisi ile birlikte değerlendirilerek tesis için ek gelir sağlamaktadır. Aynı zamanda üretilen biyo gübrenin %10'unun üreticiye tesise

verdiği atık miktarı oranında bedelsiz geri verilmesi, çiftçinin işlenmemiş hayvansal atıkları tesise hibe etmesini teşvik edecektir.

Fermantasyon atıklarından kompost gübre üretilmesi süreci (ayırma, kurutma, peletleme, çuvallama); biyogaz elde edilmesinden sonra oluşan atıkların bertarafı ve değerlendirilmesi için tesislerde seperatörler kullanılmaktadır. Ancak kompost elde edilebilmesi için kuru madde yüzdesinin arttırılabilmesi amacı ile gübre tesislerinden önce seperatör yerine kuru madde yüzdesi daha yüksek çıkışlı seperatörler kullanılmaktadır. Dünya uygulamalarına göre dekantör üniteleri en yaygın kullanılan sistemler olarak gözükmektedir.



Şekil 4.18. Türkiye’de kullanılan örnek bir dekantör sistemi

Dekantör sistemleri çamur yapısına göre %20-28 arasında kuru maddeye kadar susuzlaştırma sağlayabilmektedir. Ayrıştırma işleminden sonra, kuruluğun %90 mertebesine getirilmesi için kurutma işlemi yapılması gerekmektedir. Kurutma işlemi kojenerasyondan artan ısı ile gerçekleştirilecektir. Bu işlem için önerilen sistem dünya uygulamalarında İtici karıştırıcılı kurutucular olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.19. Dünya uygulamalarında gübrenin kurutulması için kullanılan örnek bir kurutucu

Kurutma işleminden sonra gübre katı madde oranı %90'lar mertebesine ulaşmaktadır. Kurutma işleminin ardından peletleme işlemi gerçekleştirilerek nakliyyeye hazır hale gelmektedir. Fermantasyon artığı gübre belirli basınç altında, istenilen boyutlarda çelik kalıplardan geçirilmektedir. Bu sayede çamur nakliyyeye hazır kalıp haline gelmektedir.



Şekil 4.20. Peletlenmiş gübre



Şekil 4.21. Gübre çuvallama makinesi

Çuvallama işlemi manuel ya da otomatik olarak makine yardımı ile yapılabilmektedir. Çuvallanan pelet haline gelmiş gübreler, depolama alanında toplanarak, konveyörler ile nakliye kamyonlarına yüklenmektedir (Şekil 4.20 ve Şekil 4.21).

4.2.2. Tesisler için mali etüt ve duyarlılık analizlerinin yapılması

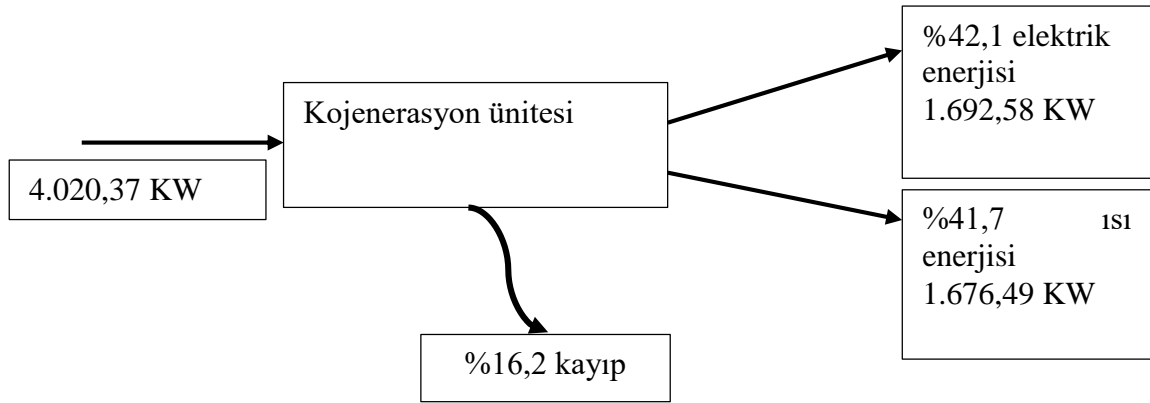
Bu kapsamda batı bölgesi Kozyörük Mahallesinde kurulması önerilen 4 MW kurulu güce sahip BATI-1 biyometanizasyon tesisi için; batı bölgesi yakınlık analizi sonucu 20 km çaplı dairesel alan içerisinde kalan mahallelerde yaklaşık 39.434 adet büyükbaş ve 77.103 adet küçükbaş hayvandan elde edilebilecek hayvansal atık tesise kabul edilebilecektir.

Çizelge 4.6. Batı bölgesi Kozyörük Mahallesinde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi günlük potansiyel atık miktarı

Parametreler	Hayvan sayıları		Atık miktarları (kg/gün)
İl			
Tekirdağ	Büyükbaş hayvan sayısı	39.434	759.434
	Küçükbaş hayvan sayısı	77.103	

Çizelge 4.6'da 4 MW kurulu gücünde tesisin gerekli atık miktarını sağlayabilecek hayvan sayısı gösterilmektedir. 39.434 adet büyükbaş ve 77.103 adet küçükbaş hayvandan 759.434 kg/gün hayvansal atık oluşmaktadır. Denklem 3.3 ve denklem 3.4'den faydalanılarak, 759.434 kg/gün hayvansal atıktan 16.399,33 m³/gün biyogaz ve 9.839,60 m³/gün metan oluştuğu belirlenmiştir. 759.434 kg/gün organik atık toplanarak kurulacak olan biyometanizasyon tesisi için kurulu güç 4.020,37 kW olacaktır.

Günlük üretilen elektrik miktarı; bu kapsamda kullanılacak kojenerasyon ünitesinin %42,1 verimle elektrik enerjisine ve %41,7 verimle ısı enerjisine çevirdiği varsayılmaktadır ancak bu değerler farklı kojenerasyon ünitelerine göre değişiklik gösterebileceği göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



Şekil 4.22. Enerji dönüşüm grafiği

Denklem 4.3 eşitliğine göre elektrik ve ısı enerjisi verimleri hesaplanırsa;

$$E_{\text{Elektrik/ısı}} = E_{\text{top.}} * \% \text{ Verim} \quad (4.3)$$

$E_{\text{Elektrik/ısı}}$ = Uygun kojenerasyon ünitesine göre elde edilecek elektrik/ısı enerjisi (kW)

E_{Toplam} = Elde edilen toplam enerji miktarı (kWh)

eşitliğine göre elde edilen elektrik enerjisi 1.692,58 kW olarak hesaplanmış olup, elde edilen ısı enerjisi ise 1.676,49 kW olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.22).

Tekirdağ İli'nde kurulabilecek olan biyogaz tesislerinde üretilen elektrik enerjisi, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanuna göre biyogazdan elektrik enerjisi üretimi için kWh başına 13,3 Cent (0,712 TL/kWh) karşılığında satılabilmektedir (1 USD=5,3526 TL) (Anonim 2019d).

Biyogazdan elektrik enerjisi üretilmesi ve devlet katkısı ile satılması durumunda kW başına 0,712 TL gelir elde edilebilmektedir. 4 MW kurulu gücünde kurulabilecek olan tesisler için ortalama 1.692,58 kWh elektrik enerjisi üretilecektir. Buna göre tesisten oluşacak elektrik enerjisi geliri Çizelge 4.7’de verilmektedir (Biyogaz tesisinin günde 24 saat çalıştığı kabul edilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir).

Günlük elde edilecek gübre miktarları; Türkiye’de mevcut durumda organik gübre üretimi ve satışı ile ilgili fiyatlandırma ve düzenlemeler henüz bulunmamaktadır. Ancak Tekirdağ İli’nde yoğun tarımsal faaliyet ve yapılan ziyaretlerden elde edilen veriler doğrultusunda aynı zamanda Türkiye genelinde kurulmuş biyogaz tesisi çıktılarının değerlendirme planlamasında, biyogaz tesislerinden kaynaklanacak organik gübre talebin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle, biyogaz tesisi fizibilitesinin yanında gübre talebinin karşılanabilmesi amacıyla her senaryo için farklı kapasitelerde olabilecek gübre elde edilmesi varsayımları değerlendirilecektir. Ancak mevcut durumda tesisler kurulmadığı, teknolojilerinin seçilmediği ve çıkacak organik maddenin yapısının ve miktarının belirli olmadığı için varsayım ve teorik çalışmalar üzerinden tesis fizibiliteleri gerçekleştirilmektedir.

Tesis tasarımlarında organik gübre %10’luk kuru madde beslemesi ile gerçekleştirileceği varsayılmaktadır. Fermantasyon tamamlandığında kuru madde oranı %5 mertebesinde olacaktır. Organik gübre ticari olarak kullanılabilmesi için %85-90 mertebesine kurutulması gerekmektedir. Bu nedenle günlük elde edilecek organik gübre miktarı; bölgede yapılmış benzer bir çalışmadan referans alınmıştır (Anonim 2017a).

Çizelge 4.7. Batı bölgesi Kozyörük Mahallesinde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelir tablosu

Gelir parametresi	Gelir (USD/yıl)
Elektrik	1.646.096,19
Organik gübre	1.528.678,99
Toplam	3.174.775,17

Çizelge 4.7’de elde edilen veriler literatür çalışması ve teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a).

Çizelge 4.8. Batı bölgesi Kozyörük Mahallesinde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi işletme maliyetleri ve duyarlılık analizi

İşletme parametreleri	Maliyet (USD/yıl)	Duyarlılık analizi	
		%5 azalma	%5 artma
İnşaat işleri bakımı	102.805,83	97.665,53	107.946,11
Ekipman elektrik borulama bakımları	81.473,62	77.399,93	85.547,29
Kojenerasyon bakımı	101.520,76	96.444,71	106.596,79
Genel işletme giderleri(sigortalar, vergiler)	12.850,73	12.208,18	13.493,26
İş gücü (1 mühendis+3 operatör)	55.515,15	52.739,38	58.290,90
Olası nakliye giderleri	286.245,94	271.933,63	300.558,23
Organik gübre	1.698.532,21	1.613.605,59	1.783.458,81
Toplam	2.338.944,23	2.221.997,01	2.455.891,43

Duyarlılık analizi, bir projenin kapsamında yer alan değişken ve parametrelerin nasıl ve hangi derecede projenin getirilerini etkileyeceğini inceleyen bir yöntemdir. Temel amacı, bir değişkenin (fiyat, satış miktarı, iskonto oranı vb.) değişim aralığı içindeki değişmelerinin, projenin karlılığı üzerindeki etkilerini hesaplamaktır. Böylece, proje sonuçlarını en çok etkileyen değişkenleri saptanır ve bu değişkenlere üzerinde dikkat yoğunlaştırılır. Projenin duyarlı olduğu bu değişkenlerdeki değişimler, projenin karlılığını önemli ölçüde etkileyecektir (Bostancı ve Demir 2008).

Nakliye giderleri kalemi yaklaşımında mahalleler arası yol ağı bilgilerine (eğim, yolun kaplama cinsi, bakı etkisi vb.) ulaşamadığı için hesaplamalar teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a). Atıkların tesise taşınmasında kullanılacak transfer araçlarının ve iş gücünün hizmet alım yöntemiyle de yapılması mümkündür. Dikkat edilmesi gereken husus, atıkların içinde barındırdığı değerli gazları kaybetmeden günlük olarak tesise taşınmasının sağlanmasıdır.

Çizelge 4.8’de olası nakliye giderlerinin hesaplaması yapılırken, batı bölgesi yakınlık analizi sonucu 20 km çaplı dairesel alan içerisinde kalan mahallelerde yaklaşık 760 ton/gün küçükbaş ve büyükbaş hayvansal atık potansiyeli bulunmaktadır. 10 tonluk römorklar kullanılacağı ve bu römorkların yarı dolulukta taşıma yaptığı varsayıldığında;

$760 \text{ ton} / 5 \text{ ton} = 152$ sefer sayısı

$152 \text{ sefer} \times 20 \text{ km (çap)} = 3.040 \text{ km}$

Atıkların tesise taşınabilmesi için gün 3.040 km yol kat edilmesi gerekmektedir.

3.040 km x ≈0,26 USD/km x 360 gün = 286.245,94 USD/yıl nakliye harcaması hesaplanmıştır.

Tesisin en büyük gider kalemi organik gübre maliyeti olarak görülmektedir (Çizelge 4.8). Tesislerin yatırım maliyeti ve yatırım maliyetine ait duyarlılık analizleri Çizelge 4.9'da verilmektedir.

Çizelge 4.9. Batı bölgesi Kozyörük Mahallesinde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi yatırım maliyetleri ve duyarlılık analizi

Yatırım maliyeti		Duyarlılık analizi	
Proje tesisi ana maliyet tablosu	Maliyet (USD)	%5 azalma	%5 artma
Proje sistem planlama maliyeti	91.240,17	86.678,16	95.802,18
Digester sistemi	1.170.223,84	1.111.712,65	1.228.735,03
Karıştırma donanımı	54.755,15	52.017,39	57.492,91
Hammadde yükleme sistemi	73.981,64	70.282,56	77.680,72
Digester tankı ısıtma sistemi	96.763,67	91.925,49	101.601,85
Basıncılı hava sistemi	4.472,05	4.248,45	4.695,65
Gaz depolama sistemi, membran	200.067,85	190.064,46	210.071,24
Gaz şartlandırma ünitesi, desülfürizasyon, gaz teknolojisi	257.379,79	244.510,80	270.248,78
Co-generatör ünitesi	999.126,67	949.170,34	1.049.083,00
Komple sistem kontrol otomasyonu	199.134,89	189.178,15	209.091,63
İnşaat ve toprak işleri (gübre depoları dâhil)	269.921,84	256.425,75	283.417,93
İlave maliye (gümrük, sigorta, teminat)	23.131,31	21.974,74	24.287,88
Organik gübre ayırıcısı	55.431,87	52.660,28	58.203,46
Organik gübre	1.002.356,83	952.238,99	1.052.474,67
Toplam	4.497.987,62	4.273.088,24	4.722.887,00

Çizelge 4.9'da elde edilen veriler literatür çalışması ve teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a).

Kurulabilecek biyogaz tesisi için yatırım ve işletme giderlerinin yanında yıllık gelir hesabının yapılması ile elde edilecek yıllık net kâr hesaplanabilmektedir. Yıllık kâr hesabı Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Batı bölgesi Kozyörük Mahallesi'nde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir-gider tablosu

Gelir(USD /yıl)	İşletme(USD/yıl)	Kâr(USD /yıl)
588.849,52	27.186,41	561.663,11

İşletme geri dönme süresi ise yaklaşık sekiz yıl (7,89 yıl) (4.430.608,86 USD / 561.663,11 USD) olarak hesaplanmaktadır. Tesisin bir çevre mühendisi üç operatör ile işletilmesi öngörülmektedir.

Duyarlılık analizi bir yatırımı mali olarak etkileyen faktörleri belirlerken kullanılan bir analiz metodudur. Batı bölgesi Kozyörük Mahallesi'nde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi için %5 duyarlılık analizi yapıldı. Çalışmada duyarlılık analizi yerel yönetimde hazırlatılan bir fizibilite raporundan esinlenerek hesaplandı (Anonim 2017a). 4 MW kurulu gücünde bir tesis için yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri hesaplanarak tesisin amorti etme süresi yaklaşık sekiz yıl olarak hesaplandı. Tekirdağ İli için kurulacak bir 4 MW'lık biyometanizasyon tesisi için %5 düzeltilmiş duyarlılık oranıyla elde edilen değerler Çizelge 4.11'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Batı bölgesi Kozyörük Mahallesi'nde kurulması önerilen 4 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelirlerin net kara etkileri ve %5 düzeltilmiş duyarlılık tablosu

	%5 azalma	%5 artma	Mutlak fark	Duyarlılık sıralaması
Gelirler	29.656,38	29.656,38	59.312,77	1
Nakliye giderleri	2.673,90	2.673,90	5.347,79	2
İnşaat masrafları	960,34	960,34	1.920,67	3
Kojenerasyon bakımı	562,75	562,75	1.125,50	5
Elektrik borulama masrafları	761,07	761,07	1.522,13	4
İş gücü	518,58	518,58	1.037,16	6
Genel işletme giderleri	120,04	120,04	240,08	7

Duyarlılık analizinde inşaat masrafları, kojenerasyon bakımı, elektrik borulama masrafları uzun vadeli planlama ile organize edilmesi gereken kalemlerdir. Bu sebeple

nakliye giderleri ve iş gücü gider kalemleri daha kritiktir. İş gücü kaleminde, tesiste çalışacak potansiyel işgücünün bölgede bu sektörün yeni olması sebebiyle sektörü tercih etmesinde değişkenlik arz edebilir. Nakliye gider kaleminde hizmet alım yöntemi tercih edilebileceğinden piyasa arz talep dengesi değişkenlik gösterebilir (Çizelge 4.11).

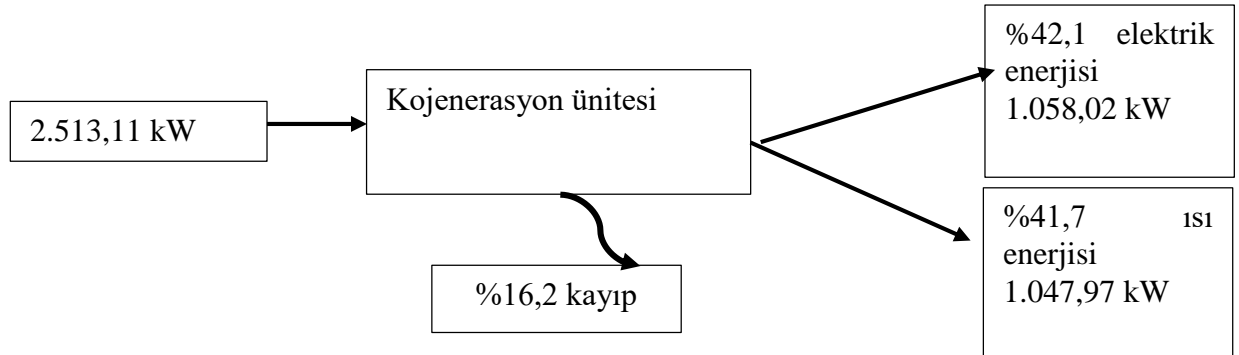
Bu kapsamda Batı bölgesi Sarnıç Mahallesi kurulması kurulu güce sahip BATI-2 biyometanizasyon tesisi için; doğu bölgesi yakınlık analizi sonucu 10 km çaplı dairesel alan içerisinde kalan mahallelerde yaklaşık 27.29 adet büyükbaş ve 35.394 adet küçükbaş hayvandan elde edilebilecek hayvansal atık tesise kabul edilebilecektir.

Çizelge 4.12. Batı bölgesi Sarnıç Mahallesi kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi günlük potansiyel atık miktarı

Parametreler	Hayvan sayıları		Atık miktarları (kg/gün)
İl			
Tekirdağ	Büyükbaş hayvan sayısı	27.291	520.909
	Küçükbaş hayvan sayısı	35.394	

Çizelge 4.12.'de 2,5 MW'lık tesisin gerekli atık miktarını sağlayabilecek hayvan sayısı gösterilmektedir. 27.291 adet büyükbaş ve 35.394 adet küçükbaş hayvandan 520.909 kg/gün hayvansal atık oluşmaktadır. Denklem 3.3 ve denklem 3.4'den faydalanılarak, 520.909 kg/gün hayvansal atıktan 11.013,11 m³/gün biyogaz ve 6.607,7 m³/gün metan oluştuğu belirlenmiştir. 520.909 kg/gün organik atık toplanarak kurulacak olan biyometanizasyon tesisi için kurulu güç 2.513,11 kW olacaktır.

Günlük üretilen elektrik miktarı; bu kapsamda kullanılacak kojenerasyon ünitesinin %42,1 verimle elektrik enerjisine ve %41,7 verimle ısı enerjisine çevirdiği varsayılmaktadır ancak bu değerler farklı kojenerasyon ünitelerine göre değişiklik gösterebileceği göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



Şekil 4.23. Enerji dönüşüm grafiği

Denklem 4.3 eşitliğine göre elektrik ve ısı enerjisi verimleri hesaplandığında elde edilen elektrik enerjisi 1.058,02 kW olarak hesaplanmış olup, elde edilen ısı enerjisi ise 1.047,97 kW olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.23).

Tekirdağ İli'nde kurulabilecek olan biyogaz tesislerinde üretilecek elektrik enerjisi, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanuna göre biyogazdan elektrik enerjisi üretimi için kWh başına 13,3 Cent (0,712 TL/kWh) karşılığında satılabilmektedir (1 USD =5,3526 TL) (Anonim 2019d). Biyogazdan elektrik enerjisi üretilmesi ve devlet katkısı ile satılması durumunda kW başına 0,712 TL gelir elde edilebilmektedir. 2,5 MW kurulu gücünde kurulabilecek olan tesisler için ortalama 1.058,02 kWh elektrik enerjisi üretilecektir. Buna göre tesisten oluşacak elektrik enerjisi geliri Çizelge 4.13'de verilmektedir (Biyogaz tesisinin günde 24 saat çalıştığı kabul edilerek hesaplamalar yapıldı).

Günlük elde edilecek gübre miktarları; Türkiye'de mevcut durumda organik gübre üretimi ve satışı ile ilgili fiyatlandırma ve düzenlemeler henüz bulunmamaktadır. Ancak Tekirdağ İli'nde yoğun tarımsal faaliyet ve yapılan ziyaretlerden elde edilen veriler doğrultusunda aynı zamanda Türkiye genelinde kurulmuş biyogaz tesisi çıktılarının değerlendirme planlamasında, biyogaz tesislerinden kaynaklanacak organik gübreye talebin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle, biyogaz tesisi fizibilitesinin yanında gübre talebinin karşılanabilmesi amacıyla her senaryo için farklı kapasitelerde olabilecek gübre elde edilmesi varsayımları değerlendirilecektir. Ancak mevcut durumda tesisler kurulmadığı, teknolojilerinin seçilmediği ve çıkacak organik maddenin yapısının ve miktarının belirli olmadığı için varsayım ve teorik çalışmalar üzerinden tesis fizibiliteleri gerçekleştirilmektedir.

Tesis tasarımlarında organik gübre %10'luk kuru madde beslemesi ile gerçekleştirileceği varsayılmaktadır. Fermantasyon tamamlandığında kuru madde oranı %5 mertebesinde olacaktır. Organik gübre ticari olarak kullanılabilmesi için %85-90 mertebesine kurutulması gerekmektedir. Bu nedenle günlük elde edilecek organik gübre miktarı; bölgede yapılmış benzer bir çalışmadan referans alınmıştır (Anonim 2017a).

Çizelge 4.13. Batı bölgesi Sarnıç Mahallesi'nde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir tablosu

Gelir parametresi	Gelir (USD/yıl)
Elektrik	1.028.963,29
Organik gübre	860.445,57
Toplam	1.889.408,86

Çizelge 4.13'de elde edilen veriler literatür çalışması ve teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a).

Çizelge 4.14. Batı bölgesi Sarnıç Mahallesi'nde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi işletme maliyetleri ve duyarlılık analizi

İşletme parametreleri	Maliyet (USD/yıl)	Duyarlılık analizi	
		%5 azalma	%5 artma
İnşaat işleri bakımı	89.955,10	85.457,35	94.452,86
Ekipman elektrik borulama bakımları	67.787,59	64.398,13	71.176,97
Kojenerasyon bakımı	74.855,49	71.112,63	78.598,17
Genel işletme giderleri (sigortalar, vergiler)	16.063,41	15.260,23	16.866,57
İş gücü (1 mühendis+3 operatör)	371.437,97	352.866,08	390.009,87
Olası nakliye giderleri	97.926,24	93.029,89	102.822,51
Organik gübre	706.790,08	671.450,6	742.129,57
Toplam	1.424.815,89	1.411.045,00	1.559.575,74

Duyarlılık analizi, bir projenin kapsamında yer alan değişken ve parametrelerin nasıl ve hangi derecede projenin getirilerini etkileyeceğini inceleyen bir yöntemdir. Temel amacı, bir değişkenin (fiyat, satış miktarı, iskonto oranı vb.) değişim aralığı içindeki değişmelerinin, projenin karlılığı üzerindeki etkilerini hesaplamaktır. Böylece, proje sonuçlarını en çok etkileyen değişkenler saptanır ve bu değişkenlere üzerinde dikkat yoğunlaştırılır. Projenin duyarlı olduğu bu değişkenlerdeki değişimler, projenin karlılığını önemli ölçüde etkileyecektir (Bostancı ve Demir 2008).

Nakliye giderleri kalemi yaklaşımında mahalleler arası yol ağı bilgilerine (eğim, yolun kaplama cinsi, bakı etkisi vb.) ulaşılamadığı için hesaplamalar teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a). Atıkların tesise taşınması

hizmet alım yöntemiyle de yapılması mümkündür. Dikkat edilmesi gereken husus, atıkların içinde barındırdığı değerli gazları kaybetmeden günlük olarak tesise taşınmasının sağlanmasıdır.

Çizelge 4.14’de olası nakliye giderlerinin hesaplaması yapılırken, batı bölgesi yakınlık analizi sonucu 10 km çaplı dairesel alan içerisinde kalan mahallelerde yaklaşık 520 ton/gün küçükbaş ve büyükbaş hayvansal atık potansiyeli bulunmaktadır. 10 tonluk römorklar kullanılacağı ve bu römorkların yarı dolulukta taşıma yaptığı varsayıldığında;

$520 \text{ ton} / 5 \text{ ton} = 104 \text{ sefer sayısı}$

$104 \text{ sefer} \times 10 \text{ km (çap)} = 1.040 \text{ km}$

Atıkların tesise taşınabilmesi için gün 1.040 km yol kat edilmesi gerekmektedir.

$1.040 \text{ km} \times \approx 0,26 \text{ USD/km} \times 360 \text{ gün} = 97.926,24 \text{ USD/yıl nakliye harcaması}$
hesaplanmıştır.

Tesisin en büyük gider kalemi organik gübre maliyeti olarak görünmektedir (Çizelge 4.14) Tesislerin kuruluş maliyeti ve geri dönme sürelerinin ayrı ayrı analizleri Çizelge 4.15’de verilmektedir.

Çizelge 4.15. Batı bölgesi Sarnıç Mahallesi'nde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi yatırım maliyetleri ve duyarlılık analizi

Yatırım maliyeti		Duyarlılık analizi	
Proje tesisi ana maliyet tablosu	Maliyet (USD)	%5 azalma	%5 artma
Proje sistem planlama maliyeti	102.805,82	97.665,53	107.946,11
Digester sistemi	770.179,50	731.670,53	808.688,48
Karıştırma donanımı	128.507,28	122.081,92	134.932,64
Hammadde yükleme sistemi	56.161,21	53.353,15	58.969,27
Digester tankı ısıtma sistemi	61.797,86	58.707,97	64.887,75
Basınçlı hava sistemi	16.164,43	15.356,21	16.972,65
Gaz depolama sistemi, membran	138.752,20	131.814,59	145.689,81
Gaz şardolarandırma ünitesi, desülfürizasyon, gaz teknolojisi	145.673,28	138.389,62	152.956,94
Co-generatör ünitesi	675.672,67	641.889,04	709.456,30
Komple sistem kontrol otomasyonu	166.698,36	158.363,44	175.033,28
İnşaat ve toprak işleri(gübre depoları dâhil)	182.406,77	173.286,43	191.527,11
İlave maliye (gümrük, sigorta, teminat)	10.023,56	9.522,38	10.524,74
Organik gübre ayırıcısı	60.323,56	57.307,38	63.339,74
Organik gübre	722.853,48	686.710,81	758.996,15
Toplam	3.238.020,08	3.076.119,08	3.399.921,08

Çizelge 4.15’de elde edilen veriler literatür çalışması ve teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a).

Kurulabilecek biyogaz tesisi için yatırım ve işletme giderlerinin yanında yıllık gelir hesabının yapılması ile elde edilecek yıllık net kâr hesaplanabilmektedir. Yıllık kâr hesabı Çizelge 4.16’da verilmektedir.

Çizelge 4.16. Batı bölgesi Sarnıç Mahallesi'nde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir-gider tablosu

Gelir (USD)/yıl)	İşletme (USD)/yıl)	Kâr (USD)/yıl)
1.889.408,86	1.280.060,69	609.348,17

İşletme geri dönme süresi ise yaklaşık beş yıl (5,23 yıl) (3,189,515.33 USD / 609,348.17 USD) olarak hesaplanmaktadır. Tesisin bir çevre mühendisi üç operatör ile işletilmesi öngörülmektedir.

Duyarlılık analizi bir yatırımı mali olarak etkileyen faktörleri belirlerken kullanılan bir analiz metodudur. Batı bölgesi Sarnıç Mahallesi'nde kurulması önerilen 2,5 MW'lık biyometanizasyon tesisi için %5 duyarlılık analizi yapılmaktadır. Çalışmada duyarlılık analizi yerel yönetimde hazırlatılan bir fizibilite raporundan esinlenerek hesaplanmıştır (Anonim 2017a). 2,5 MW'lık bir tesis için yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri hesaplanarak tesisin geri dönme süresi bulunmaktadır. Tekirdağ İli için kurulacak bir 2,5 MW'lık biyometanizasyon tesisi için %5 düzeltilmiş duyarlılık oranıyla elde edilen değerler Çizelge 4.17'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.17. Batı bölgesi Sarnıç Mahallesi'nde kurulması önerilen 2,5 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelirlerin net kara etkileri ve %5 düzeltilmiş duyarlılık tablosu

	%5 azalma	%5 artma	Mutlak fark	Duyarlılık sıralaması
Gelirler	95.124,71	95.124,71	190.249,41	1
Nakliye giderleri	4.896,31	4.896,31	9.792,62	3
İnşaat masrafları	4.497,76	4.497,76	8.995,51	4
Kojenerasyon bakımı	3.742,77	3.742,77	7.485,55	5
İş gücü	18.571,90	18.571,90	37.143,80	2
Elektrik borulama masrafları	3.389,38	3.389,38	6.778,76	6
Genel işletme giderleri	803,17	803,17	1.606,34	7

Duyarlılık analizinde inşaat masrafları, kojenarasyon bakımı, elektrik borulama masrafları uzun vadeli planlama ile organize edilmesi gereken kalemlerdir. Bu sebeple nakliye giderleri ve iş gücü gider kalemleri daha kritiktir. İş gücü kaleminde, tesiste çalışacak potansiyel işgücünün bölgede bu sektörün yeni olması sebebiyle sektörü tercih etmesinde değişkenlik arz edebilir. Nakliye gider kaleminde hizmet alım yöntemi tercih edilebileceğinden piyasa arz talep dengesi değişkenlik gösterebilir (Çizelge 4.17).

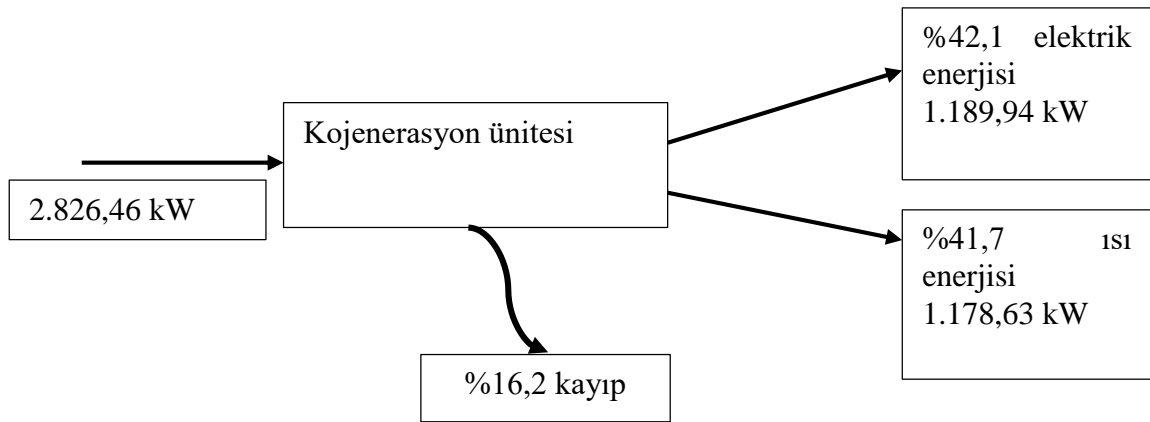
Bu kapsamda Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu güce sahip DOĞU-1 biyometanizasyon tesisi için; doğu bölgesi yakınlık analizi sonucu 20 km çaplı dairesel alan içerisinde kalan mahallelerde yaklaşık 21.992 adet büyükbaş ve 96.591 adet küçükbaş hayvandan elde edilebilecek hayvansal atık tesise kabul edilebilecektir.

Çizelge 4.18. Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi günlük potansiyel atık miktarı

Parametreler	Hayvan sayıları		Atık miktarları (kg/gün)
İl			
Tekirdağ	Büyükbaş hayvan sayısı	21.992	437.464
	Küçükbaş hayvan sayısı	96.591	

Çizelge 4.18’de 2,8 MW’lık tesisin gerekli atık miktarını sağlayabilecek hayvan sayısı gösterilmektedir. 21.992 adet büyükbaş ve 96.591 adet küçükbaş hayvandan 437.464 kg/gün hayvansal atık oluşmaktadır. Denklem 3.3 ve denklem 3.4’den faydalanılarak, 437.464 kg/gün hayvansal atıktan 10.148,99 m³/gün biyogaz ve 6.089,40 m³/gün metan oluştuğu belirlenmektedir. 437.464 kg/gün organik atık toplanarak kurulacak olan biyogaz tesisi için kurulu güç 2.826,46 kW olacaktır.

Günlük üretilen elektrik miktarı; bu kapsamda kullanılacak kojenerasyon ünitesinin %42,1 verimle elektrik enerjisine ve %41,7 verimle ısı enerjisine çevirdiği varsayılmaktadır ancak bu değerler farklı kojenerasyon ünitelerine göre değişiklik gösterebileceği göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



Şekil 4.24. Enerji dönüşüm grafiği

Denklem 4.3 eşitliğine göre elektrik ve ısı enerjisi verimleri hesaplandığında elde edilen elektrik enerjisi 1.189,94 kW olarak hesaplanmış olup, elde edilen ısı enerjisi ise 1.178,63 kW olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.24).

Tekirdağ İli'nde kurulabilecek olan biyogaz tesislerinde üretilen elektrik enerjisi, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanuna göre biyogazdan elektrik enerjisi üretimi için kWh başına 13,3 Cent (0,712 TL/kWh) karşılığında satılabilmektedir (1 USD=5,3526 TL) (Anonim 2019d). Biyogazdan elektrik enerjisi üretilmesi ve devlet katkısı ile satılması durumunda kW başına 0,712 TL gelir elde edilebilmektedir. 2,8 MW kurulu gücünde kurulabilecek olan tesisler için ortalama 1.189,94 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Buna göre tesisten oluşacak elektrik enerjisi geliri Çizelge 4.19'da verilmektedir (Biyogaz tesisinin günde 24 saat çalıştığı kabul edilerek hesaplamalar yapıldı).

Günlük elde edilecek gübre miktarları; Türkiye'de mevcut durumda organik gübre üretimi ve satışı ile ilgili fiyatlandırma ve düzenlemeler henüz bulunmamaktadır. Ancak Tekirdağ İli'nde yoğun tarımsal faaliyet ve yapılan ziyaretlerden elde edilen veriler doğrultusunda aynı zamanda Türkiye genelinde kurulmuş biyogaz tesisi çıktılarının değerlendirme planlamasında, biyogaz tesislerinden kaynaklanacak organik gübre talebin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle, biyogaz tesisi fizibilitesinin yanında gübre talebinin karşılanabilmesi amacıyla her senaryo için farklı kapasitelerde olabilecek gübre elde edilmesi varsayımları değerlendirilecektir. Ancak mevcut durumda tesisler kurulmadığı, teknolojilerinin seçilmediği ve çıkacak organik maddenin yapısının ve miktarının belirli olmadığı için varsayım ve teorik çalışmalar üzerinden tesis fizibiliteleri gerçekleştirilmektedir.

Tesis tasarımlarında organik gübre %10'luk kuru madde beslemesi ile gerçekleştirileceği varsayılmaktadır. Fermantasyon tamamlandığında kuru madde oranı %5 mertebesinde olacaktır. Organik gübre ticari olarak kullanılabilmesi için %85-90 mertebesine kurutulması gerekmektedir. Bu nedenle günlük elde edilecek organik gübre miktarı; bölgede yapılmış benzer bir çalışmadan referans alınmıştır (Anonim 2017a).

Çizelge 4.19. Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir tablosu

Gelir parametresi	Gelir (USD/yıl)
Elektrik	1.157.260,00
Organik gübre	1.054.045,82
Toplam	2.211.305,83

Çizelge 4.19’da elde edilen veriler literatür çalışması ve teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a).

Çizelge 4.20. Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi işletme maliyetleri ve duyarlılık analizi

İşletme parametreleri	Maliyet (USD/yıl)	Duyarlılık analizi	
		%5 azalma	%5 artma
İnşaat işleri bakımı	100.749,71	95.712,22	105.787,2
Ekipman elektrik borulama bakımları	75.922,10	72.126,00	79.718,21
Kojenerasyon bakımı	83.838,15	79.646,24	88.030,06
Genel işletme giderleri (sigortalar, vergiler)	17.991,02	17.091,47	18.890,57
İş gücü (1 mühendis+3 operatör)	77.721,21	73.835,14	81.607,26
Olası nakliye giderleri	164.591,41	78.180,92	86.410,49
Organik gübre	966.117,78	917.811,9	1.014.424
Toplam	1.404.635,65	1.334.403,87	1.474.867,43

Duyarlılık analizi, bir projenin kapsamında yer alan değişken ve parametrelerin nasıl ve hangi derecede projenin getirilerini etkileyeceğini inceleyen bir yöntemdir. Temel amacı, bir değişkenin (fiyat, satış miktarı, iskonto oranı vb.) değişim aralığı içindeki değişmelerinin, projenin karlılığı üzerindeki etkilerini hesaplamaktır. Böylece, proje sonuçlarını en çok etkileyen değişkenler saptanır ve bu değişkenlere üzerinde dikkat yoğunlaştırılır. Projenin duyarlı olduğu bu değişkenlerdeki değişmeler, projenin karlılığını önemli ölçüde etkileyecektir (Bostancı ve Demir 2008).

Nakliye giderleri kalemi yaklaşımında mahalleler arası yol ağı bilgilerine (eğim, yolun kaplama cinsi, bakı etkisi vb.) ulaşılamadığı için hesaplamalar teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a). Atıkların tesise taşınması hizmet alım yöntemiyle de yapılması mümkündür. Dikkat edilmesi gereken husus, atıkların

içinde barındırdığı değerli gazları kaybetmeden günlük olarak tesise taşınmasının sağlanmasıdır.

Çizelge 4.20’de olası nakliye giderlerinin hesaplaması yapılırken, doğu bölgesi yakınlık analizi sonucu 20 km çaplı dairesel alan içerisinde kalan mahallelerde yaklaşık 437 ton/gün küçükbaş ve büyükbaş hayvansal atık potansiyeli bulunmaktadır. 10 tonluk römorklar kullanılacağı ve bu römorkların yarı dolulukta taşıma yaptığı varsayıldığında;

$437 \text{ ton} / 5 \text{ ton} = 87,4$ sefer sayısı

$87,4 \text{ sefer} \times 20 \text{ km (çap)} = 1.748 \text{ km}$

Atıkların tesise taşınabilmesi için gün 1.748 km yol kat edilmesi gerekmektedir.

$1.748 \text{ km} \times \approx 0,26 \text{ USD/km} \times 360 \text{ gün} = 164.591,41 \text{ USD/yıl}$ nakliye harcaması hesaplanmıştır.

Tesisin en büyük gider kalemi organik gübre maliyeti olarak görünmektedir (Çizelge 4.20) Tesislerin kuruluş maliyeti ve geri kazanım sürelerinin ayrı ayrı analizleri Çizelge 4.21’de verilmektedir.

Çizelge 4.21. Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi yatırım maliyetleri ve duyarlılık analizi

Yatırım maliyeti		Duyarlılık analizi	
Proje tesisi ana maliyet tablosu	Maliyet (USD)	%5 azalma	%5 artma
Proje sistem planlama maliyeti	115.143	109.385	120.900
Digester sistemi	934.565	887.837	981.293
Karıştırma donanımı	143.934	136.737	151.131
Hammadde yükleme sistemi	62.901	59.756	66.046
Digester tankı ısıtma sistemi	69.214	65.753	72.674
Basınçlı hava sistemi	3.382	3.213	3.551.426
Gaz depolama sistemi, membran	155.402	147.632	163.173
Gaz şartlandırma ünitesi, desülfürizasyon, gaz teknolojisi	873.299	829.634	916.964
Co-generatör ünitesi	756.753	718.916	794.591
Komple sistem kontrol otomasyonu	999.342	949.375	1.049.309
İnşaat ve toprak işleri(gübre depoları dâhil)	204.296	194.081	214.510
İlave maliye (gümrük, sigorta, teminat)	60.090	57.086	63.095
Organik gübre ayırıcısı	67.562	64.184	70.941
Organik gübre	863.569	820.391	906.747
Toplam	5.309.452	5.043.979	5.574.924

Çizelge 4.21’de elde edilen veriler literatür çalışması ve teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a).

Kurulabilecek biyogaz tesisi için yatırım ve işletme giderlerinin yanında yıllık gelir hesabının yapılması ile elde edilecek yıllık net kâr hesaplanabilmektedir. Yıllık kâr hesabı Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesinde kurulması önerilen 2,8 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir-gider tablosu

Gelir (USD/yıl)	Gider (USD/yıl)	Kar (USD/yıl)
2.211.305,83	1.157.765,95	1.053.539,87

İşletme geri dönme süresi ise yaklaşık beş yıl (4,96 yıl) (5,229,917.59 USD/1,053,539.87 USD) olarak hesaplanmaktadır. Tesisin bir çevre mühendisi üç operatör ile işletilmesi öngörülmektedir.

Duyarlılık analizi bir yatırımı mali olarak etkileyen faktörleri belirlerken kullanılan bir analiz metodudur. Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesi'nde kurulması önerilen 2,8 MW'lık biyometanizasyon tesisi için %5 duyarlılık analizi yapılmaktadır. Çalışmada duyarlılık analizi yerel yönetimde hazırlatılan bir fizibilite raporundan esinlenerek hesaplanmıştır (Anonim 2017a). 2,8 MW'lık bir tesis için yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri hesaplanarak tesisin geri kazanım süresi bulunmaktadır. Bu noktada bu süreyi kısaltabilmek amacı ile hangi parametrenin nasıl optimize edileceğine karar verilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.23. Doğu bölgesi Kurtdere Mahallesi'nde kurulması önerilen 2,8 MW gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelirlerin net kara etkileri ve %5 düzeltilmiş duyarlılık tablosu

	%5 azalma	%5 artma	Mutlak fark	Duyarlılık sıralaması
Gelirler	111.367	111.367	222.734	2
Nakliye giderleri	5.037	5.037	10.074	3
İnşaat masrafları	4.115	4.115	8.230	4
Kojenerasyon bakımı	4.192	4.192	8.384	4
İş gücü	3.886	3.886	7.772	5
Elektrik borulama masrafları	3.796	3.796	7.592	6
Genel işletme giderleri	899.551	899.551	1.799.102	1

Duyarlılık analizinde inşaat masrafları, kojenarasyon bakımı, elektrik borulama masrafları uzun vadeli planlama ile organize edilmesi gereken kalemlerdir. Bu sebeple nakliye giderleri ve iş gücü gider kalemleri daha kritiktir. İş gücü kaleminde, tesiste çalışacak potansiyel işgücünün bölgede bu sektörün yeni olması sebebiyle sektörü tercih etmesinde değişkenlik arz edebilir. Nakliye gider kaleminde hizmet alım yöntemi tercih edilebileceğinden piyasa arz talep dengesi değişkenlik gösterebilir (Çizelge 4.23).

Bu kapsamda doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesi'nde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu güce sahip DOĞU-2 biyometanizasyon tesisi için; doğu bölgesi yakınlık analizi sonucu 10 km çaplı dairesel alan içerisinde kalan mahallelerde yaklaşık 8.294 adet büyükbaş

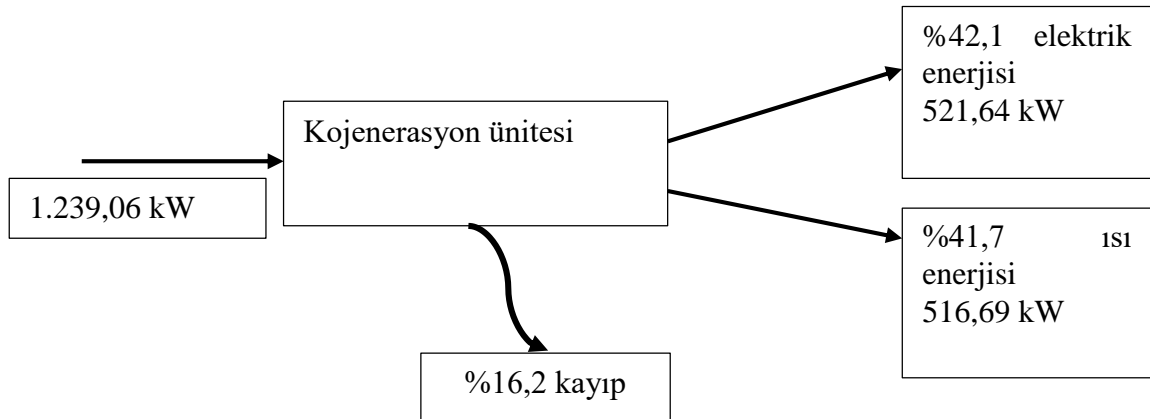
ve 17.225 adet küçükbaş hayvandan elde edilebilecek hayvansal atık tesise kabul edilebilecektir.

Çizelge 4.24. Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi günlük potansiyel atık miktarı

Parametreler	Hayvan sayıları		Atık miktarları (kg/gün)
İl			
Tekirdağ	Büyükbaş hayvan sayısı	8.294	159.991
	Küçükbaş hayvan sayısı	17.225	

Çizelge 4.24’de 1,2 MW’lık tesisin gerekli atık miktarını sağlayabilecek hayvan sayısı gösterilmektedir. 8.294 adet büyükbaş ve 17.225 adet küçükbaş hayvandan 159.991 kg/gün hayvansal atık oluşmaktadır. Denklem 3.3 ve denklem 3.4’den faydalanılarak, 159.991 kg/gün hayvansal atıktan 3.468,08 m³/gün biyogaz ve 2.080,85 m³/gün metan oluştuğu belirlenmiştir. 159.991 kg/gün organik atık toplanarak kurulacak olan biyogaz tesisi için kurulu güç 1.239,06 kW olacaktır.

Günlük üretilen elektrik miktarı; bu kapsamda kullanılacak kojenerasyon ünitesinin %42,1 verimle elektrik enerjisine ve %41,7 verimle ısı enerjisine çevirdiği varsayılmaktadır ancak bu değerler farklı kojenerasyon ünitelerine göre değişiklik gösterebileceği göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



Şekil 4.25. Enerji dönüşüm grafiği

Denklem 4.3 eşitliğine göre elektrik ve ısı enerjisi verimleri hesaplandığında elde edilen elektrik enerjisi 521,64 kW olarak hesaplanmış olup, elde edilen ısı enerjisi ise 516,69 kW olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.25).

Tekirdağ İli'nde kurulabilecek olan biyogaz tesislerinde üretilecek elektrik enerjisi, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanuna göre biyogazdan elektrik enerjisi üretimi için kWh başına 13,3 Cent (0,712 TL/kWh) karşılığında satılabilmektedir (1 USD=5,3526 TL) (Anonim 2019d). Biyogazdan elektrik enerjisi üretilmesi ve devlet katkısı ile satılması durumunda kW başına 0,712 TL gelir elde edilebilmektedir. 1,2 MW kurulu gücünde kurulabilecek olan tesisler için ortalama 1.692,58 kWh elektrik enerjisi üretilecektir. Buna göre tesisten oluşacak elektrik enerjisi geliri Çizelge 4.25'de verilmektedir (Biyogaz tesisinin günde 24 saat çalıştığı kabul edilerek hesaplamalar yapıldı).

Günlük elde edilecek gübre miktarları; Türkiye'de mevcut durumda organik gübre üretimi ve satışı ile ilgili fiyatlandırma ve düzenlemeler henüz bulunmamaktadır. Ancak Tekirdağ İli'nde yoğun tarımsal faaliyet ve yapılan ziyaretlerden elde edilen veriler doğrultusunda aynı zamanda Türkiye genelinde kurulmuş biyogaz tesisi çıktılarının değerlendirme planlamasında, biyogaz tesislerinden kaynaklanacak organik gübreye talebin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle, biyogaz tesisi fizibilitesinin yanında gübre talebinin karşılanabilmesi amacıyla her senaryo için farklı kapasitelerde olabilecek gübre elde edilmesi varsayımları değerlendirilecektir. Ancak mevcut durumda tesisler kurulmadığı, teknolojilerinin seçilmediği ve çıkacak organik maddenin yapısının ve miktarının belirli olmadığı için varsayım ve teorik çalışmalar üzerinden tesis fizibiliteleri gerçekleştirilmektedir.

Tesis tasarımlarında organik gübre %10'luk kuru madde beslemesi ile gerçekleştirileceği varsayılmaktadır. Fermantasyon tamamlandığında kuru madde oranı %5 mertebesinde olacaktır. Organik gübre ticari olarak kullanılabilmesi için %85-90 mertebesine kurutulması gerekmektedir. Bu nedenle günlük elde edilecek organik gübre miktarı; bölgede yapılmış benzer bir çalışmadan referans alınmıştır (Anonim 2017a).

Çizelge 4.25. Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir tablosu

Gelir parametresi	Gelir (USD/yıl)
Elektrik	506.113,16
Organik gübre	454.315,26
Toplam	960.428,42

Çizelge 4.25’de elde edilen veriler literatür çalışması ve teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a).

Çizelge 4.26. Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesi’nde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi işletme maliyetleri ve duyarlılık analizi

İşletme parametreleri	Maliyet (USD/yıl)	Duyarlılık analizi	
		%5 azalma	%5 artma
İnşaat işleri bakımı	30.842	29.300	32.384
Ekipman elektrik borulama bakımları	29.609	28.128	31.088
Kojenerasyon bakımı	35.468	33.695	37.241
Genel işletme giderleri (sigortalar, vergiler)	15.421	14.650	16.192
İş gücü (1mühendis+3 operatör)	50.889	48.344	53.433
Olası nakliye giderleri	30.131	153.216	169.344
Organik gübre	455.487	432.712	478.261
Toplam	778.994	740.044	817.944

Duyarlılık analizi, bir projenin kapsamında yer alan değişken ve parametrelerin nasıl ve hangi derecede projenin getirilerini etkileyeceğini inceleyen bir yöntemdir. Temel amacı, bir değişkenin (fiyat, satış miktarı, iskonto oranı vb.) değişim aralığı içindeki değişmelerinin, projenin karlılığı üzerindeki etkilerini hesaplamaktır. Böylece, proje sonuçlarını en çok etkileyen değişkenler saptanır ve bu değişkenlere üzerinde dikkat yoğunlaştırılır. Projenin duyarlı olduğu bu değişkenlerdeki değişimler, projenin karlılığını önemli ölçüde etkileyecektir (Bostancı ve Demir 2008).

Nakliye giderleri kalemi yaklaşımında mahalleler arası yol ağı bilgilerine (eğim, yolun kaplama cinsi, bakı etkisi vb.) ulaşamadığı için hesaplamalar teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a). Atıkların tesise taşınması hizmet alım yöntemiyle de yapılması mümkündür. Dikkat edilmesi gereken husus, atıkların içinde barındırdığı değerli gazları kaybetmeden günlük olarak tesise taşınmasının sağlanmasıdır.

Çizelge 4.26’da olası nakliye giderlerinin hesaplaması yapılırken, doğu bölgesi yakınlık analizi sonucu 10 km çaplı dairesel alan içerisinde kalan mahallelerde yaklaşık 165

ton/gün küçükbaş ve büyükbaş hayvansal atık potansiyeli bulunmaktadır. 10 tonluk römorklar kullanılacağı ve bu römorkların yarı dolulukta taşıma yaptığı varsayıldığında;

160 ton / 5 ton =32 sefer sayısı

32 sefer x 10 km (çap) =320 km

Atıkların tesise taşınabilmesi için gün 320 km yol kat edilmesi gerekmektedir.

320 km x ≈0,26 USD/km x 360 gün = 30.131,15 USD/yıl nakliye harcaması hesaplanmıştır.

Tesisin en büyük gider kalemi organik gübre maliyeti olarak görünmektedir (Çizelge 4.26) Tesislerin kuruluş maliyeti ve geri kazanım sürelerinin ayrı ayrı analizleri Çizelge 4.27’de verilmektedir.

Çizelge 4.27. Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon üretim tesisi yatırım maliyetleri ve duyarlılık analizi

Yatırım maliyeti		Duyarlılık analizi	
Proje tesisi ana maliyet tablosu	Maliyet (USD)	%5 azalma	%5 artma
Proje sistem planlama maliyeti	98.781	93.842	103.721
Digester sistemi	400.061	380.058	420.064
Karıştırma donanımı	65.702	62.416	68.987
Hammadde yükleme sistemi	29.241	27.779	30.703
Digester tankı ısıtma sistemi	30.376	28.858	31.895
Basınçlı hava sistemi	1.974	1.875.177	2.072.564
Gaz depolama sistemi, membran	62.001	58.901	65.101
Gaz şardolarandırma ünitesi, desülfürizasyon, gaz teknolojisi	77.799	73.909	81.689
Co-generatör ünitesi	305.069	289.815	320.322
Komple sistem kontrol otomasyonu	86.692	82.357	91.026
İnşaat ve toprak işleri(gübre depoları dâhil)	82.585	78.456	86.715
İlave maliye (gümrük, sigorta, teminat)	5.287	5.022.546	5.551.235
Organik gübre ayırıcısı	3.264	3.100.487	3.426.854
Organik gübre	2.263.295	2.150.131	2.376.460
Toplam	3.512.127	3.336.520	3.687.733

Çizelge 4.27’de elde edilen veriler literatür çalışması ve teorik hesaplamalar ile örnek verilerden esinlenerek oluşturulmuştur (Anonim 2017a).

Kurulabilecek biyogaz tesisi için yatırım ve işletme giderlerinin yanında yıllık gelir hesabının yapılması ile elde edilecek yıllık net kâr hesaplanabilmektedir. Yıllık kâr hesabı Çizelge 4.28’de verilmektedir.

Çizelge 4.28. Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi yıllık gelir-gider tablosu

Gelir (USD/yıl)	Gider (USD/yıl)	Kar (USD/yıl)
960.428,42	315.579,05	644.849,37

İşletme geri dönme süresi ise yaklaşık beş yıl (5,36 yıl) (3.459.515,73 USD / 644.849,37 USD) olarak hesaplanmaktadır. Tesisin bir çevre mühendisi üç operatör ile işletilmesi öngörülmektedir.

Duyarlılık analizi bir yatırımı mali olarak etkileyen faktörleri belirlerken kullanılan bir analiz metodudur. Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesinde kurulması önerilen 1,2 MW’lık biyometanizasyon tesisi için %5 duyarlılık analizi yapılmaktadır. Çalışmada duyarlılık analizi yerel yönetimde hazırlatılan bir fizibilite raporundan esinlenerek hesaplanmıştır (Anonim 2017a). 1,2 MW’lık bir tesis için yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri hesaplanarak tesisin geri dönme süresi bulunmaktadır.

Çizelge 4.29. Doğu bölgesi Çukuryurt Mahallesinde kurulması önerilen 1,2 MW kurulu gücünde biyometanizasyon tesisi için yıllık gelirlerin net kara etkileri ve %5 düzeltilmiş duyarlılık tablosu

	%5 azalma	%5 artma	Mutlak fark	Duyarlılık sıralaması
Gelirler	48.367	48.367	96.734	2
Nakliye giderleri	8.064	8.064	16.128	3
İnşaat masrafları	2.544	2.544	5.089	4
Kojenerasyon bakımı	1.773	1.773	3.547	5
İş gücü	1.542	1.542	3.084	6
Elektrik borulama masrafları	1.480	1.480	2.961	7
Genel işletme giderleri	771.044	771.044	1.542.088	1

Duyarlılık analizinde inşaat masrafları, kojenerasyon bakımı, elektrik borulama masrafları uzun vadeli planlama ile organize edilmesi gereken kalemlerdir. Bu sebeple nakliye giderleri ve iş gücü gider kalemleri daha kritiktir. İş gücü kaleminde, tesiste çalışacak

potansiyel işgücünün bölgede bu sektörün yeni olması sebebiyle sektörü tercih etmesinde değişkenlik arz edebilir. Nakliye gider kaleminde hizmet alım yöntemi tercih edilebileceğinden piyasa arz talep dengesi değişkenlik gösterebilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesi üzerine birçok akademik ve kamu-özel sektör çalışmaları yürütülmektedir. Kirlenici etkisi olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir doğru politikalarla desteklenmesi oldukça önemlidir. Çalışmada kamu ve özel sektör verileri kullanılarak bölgedeki hayvancılık ve buna bağlı olarak bölgedeki biyogaz potansiyeli, tesis yeri seçimi ve tesis yatırım maliyetlerini kapsayan teknik ve ekonomik etütler yapıldı. Ayrıca, literatür taraması yapılarak teorik kabuller sonucu hesaplamalar gerçekleştirildi.

Tekirdağ İli'nde hayvansal kaynaklı atıkların işlenebileceği entegre bir tesis bulunmadığı için bölgede değerlendirilmeye açık ciddi bir potansiyel bulunmaktadır. Çalışmamızda literatür taraması sonucu yapılan kabuller doğrultusunda elde edilen sonuçlar örnek çalışmalardan da esinlenerek varsayımlarda bulunularak hesaplamalar yapıldı.

Tüm çalışmanın temelinde Tekirdağ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün 2018 yılına ait büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayılarına ait veri kullanılarak elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmektedir:

- İl genelinde; hayvansal atık miktarı 1.052.884,08 ton/yıl, biyogaz potansiyeli 23.355.210,892 m³/yıl, metan miktarı 14.013.126,54 m³/yıl, enerji potansiyeli 12.046,805 Tep/yıl'dır.
- İlçe kırılımında hayvansal atıklardan enerji eldesi potansiyeli en yüksek olan ilçe %34,39 ile Malkara İlçesidir. Malkara İlçesini takip eden ilçeler sırasıyla %15,39 ile Süleymanpaşa, %13,68 ile Hayrabolu, %8,18 ile Saray, %6,11 ile Şarköy, %5,62 ile Ergene, %4,84 ile Muratlı, %3,49 ile Kapaklı, %3,24 ile Çorlu, %2,69 ile Marmara Ereğlisi, %2,40 ile Çerkezköy İlçeleridir.
- Tekirdağ İli genelinde 140.079.123,77 kWh'lik elektrik enerjisi potansiyeli bulunmakta olup, bir hanede 4 kişi yaşadığı varsayıldığında Çerkezköy İlçesinin %2,14'ünü, Çorlu İlçesinin %0,18'ini, Ergene İlçesinin %13,38'sini, Hayrabolu İlçesinin %63,35'ini, Kapaklı İlçesinin %4,44'ünü, Malkara İlçesinin %97'sini, Marmara Ereğlisi İlçesinin %15,43'ünü, Muratlı İlçesinin %25,23'ünü, Saray İlçesinin %24,78'ini, Süleymanpaşa İlçesinin %11,45'ini, Şarköy İlçesinin %27,93'ünü elektrik enerjisini karşılayacak potansiyeli barındırmaktadır. İl genelinde ise bu oran %14,45'dir. Malkara İlçesinde tüm hanelerin gereksiniminin

% 97'sinin elektrik gereksinimini karşılayacak potansiyeli barındırmakla birlikte tüm ilçeler arasında en yüksek elektrik üretim değerine de sahiptir

- Ağırlık merkezi analizine göre, ilçe bazlı hayvan sayısı, metan miktarı ve enerji dağılımlarını gösteren haritalara göre en yüksek potansiyele sahip bölge Malkara, ardından Saray İlçesi takip etmektedir. Atıkların yoğunlaştığı bölgeler yakınlık analizi kullanılarak doğu ve batı olmak üzere iki bölgede incelenmiştir.
- Talep tahmin yönteminde büyükbaş ve küçükbaş hayvan popülasyonunun önümüzdeki beş yıl içinde en çok artacağı ilçeler atığın önerilen taşıma mesafeleri dikkate alınarak incelenecek kümeleme yapılacak olursa; batı bölgesinde Malkara İlçesi ve çevre ilçeleri olan Süleymanpaşa ve Hayrabolu'da 2018 yılında toplam 3.837.114 ton/yıl büyükbaş hayvanlara ait hayvansal atık bulunmakta olup; 2023 yılına kadar %7 oranında artış ile tahmini 4.131.004 ton/yıl'a ulaşması beklenmektedir. Aynı şekilde Malkara İlçesi ve çevre ilçeleri olan Süleymanpaşa ve Hayrabolu'da 2018 yılında toplam 356.218 küçükbaş hayvanlara ait hayvansal atık bulunmakta olup; 2023 yılına kadar %84 oranında artış ile tahmini 654.006 ton/yıl'a ulaşması beklenmektedir.
- Talep tahmin yönteminde büyükbaş ve küçükbaş hayvan popülasyonunun önümüzdeki beş yıl içinde en çok artacağı ilçeler atığın önerilen taşıma mesafeleri dikkate alınarak incelenecek kümeleme yapılacak olursa; doğu bölgesi Saray İlçesi ve çevre ilçeleri olan Çerkezköy ve Kapaklı'da 2018 yılında toplam 877.912 ton/yıl büyükbaş hayvanlara ait hayvansal atık bulunmakta olup; 2023 yılına kadar %12 oranında artış ile tahmini 985.029. ton/yıl'a ulaşması beklenmektedir. Aynı şekilde Saray İlçesi ve çevre ilçeleri olan Çerkezköy ve Kapaklı'da 2018 yılında toplam 118.934 ton/yıl küçükbaş hayvanlara ait hayvansal atık bulunmakta olup; 2023 yılına kadar %17 oranında artış ile tahmini 138.624 ton/yıl'a ulaşması beklenmektedir.
- Batı bölgesi 20 km çapında kalan alanda uygulanan yakınlık analizine göre Malkara, Hayrabolu ve Süleymanpaşa İlçelerine ait 70 adet mahalle bu bölgede kalmaktadır. Her bir mahallenin sahip olduğu enerji miktarı ve koordinatı ağırlık merkezi tekniğine göre hesaplandığında ağırlık merkezi; (4535235,13D/496511,26K) koordinatlarını vermekte olup, alternatif tesis kurulum yeri Kozyörük Mahallesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Yapılan bu çalışmayı desteklemek için yer seçimi tekniği olan yük mesafe tekniği kullanılmıştır. Çalışmada her bir mahallenin sahip olduğu atık miktarı

ve kuş uçuşu uzaklıkları kullanılarak hesaplanan alternatif tesis kurulum yeri Malkara İlçesi Kozyörük Mahallesi sonucunu vermektedir.

- Batı bölgesinde yapılan 10 km çaplı yakınlık analizine göre Malkara ve Hayrabolu İlçelerine ait 30 adet mahalle bu bölgede kalmaktadır. Her bir mahallenin sahip olduğu enerji miktarı ve koordinatı ağırlık merkezi tekniğine göre hesaplandığında ağırlık merkezi; (4535037,83D/494604,81K) koordinatlarını vermekte olup, alternatif tesis kurulum yeri Malkara İlçesi Sarnıç Mahallesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Yapılan bu çalışmayı desteklemek için yer seçimi tekniği olan yük mesafe tekniği kullanılmıştır. Çalışmada her bir mahallenin sahip olduğu atık miktarı ve kuş uçuşu uzaklıkları kullanılarak hesaplanan alternatif tesis kurulum yeri Malkara İlçesi Sarnıç Mahallesi sonucunu vermektedir.
- Doğu bölgesi 20 km çaplı yakınlık analizine göre Saray, Kapaklı, Ergene ve Çerkezköy İlçelerine ait 47 adet mahalle bu bölgede kalmaktadır. Her bir mahallenin sahip olduğu enerji miktarı ve koordinatı ağırlık merkezi tekniğine göre hesaplandığında ağırlık merkezi; (4580466,37D/568204,02K) koordinatlarını vermekte olup, alternatif tesis kurulum yeri Kurtdere Mahallesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Yapılan bu çalışmayı desteklemek için yer seçimi tekniği olan yük mesafe tekniği kullanılmıştır. Çalışmada her bir mahallenin sahip olduğu atık miktarı ve kuş uçuşu uzaklıkları kullanılarak hesaplanan alternatif tesis kurulum yeri Saray İlçesi Kurtdere Mahallesi sonucunu vermektedir.
- Doğu bölgesinde yapılan 10 km çaplı yakınlık analizine göre Kapaklı, Saray ve Ergene İlçelerine ait 15 adet mahalle bu bölgede kalmaktadır. Her bir mahallenin sahip olduğu enerji miktarı ve koordinatı ağırlık merkezi tekniğine göre hesaplandığında ağırlık merkezi; (4580466,37D/568204,02K) koordinatlarını vermekte olup, alternatif tesis kurulum yeri Saray İlçesi Çukuryurt Mahallesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Yapılan bu çalışmayı desteklemek için yer seçimi tekniği olan yük mesafe tekniği kullanılmıştır. Çalışmada her bir mahallenin sahip olduğu atık miktarı ve kuş uçuşu uzaklıkları kullanılarak hesaplanan alternatif tesis kurulum yeri Saray İlçesi Çukuryurt Mahallesi sonucunu vermektedir.
- Bu sentezlerden elde edilen sonuçların sadece hayvansal atık potansiyelinden faydalandığını atlamamak ve diğer değişkenlerinde dikkate alınması gerekmektedir. Bunlara birkaç örnek verilecek olursa, analiz tarihi, ulaşım hatlarına

uzaklık, altyapı bilgileri, mülkiyet bilgileri, arazi eğimi, bakı etkisi gibi birçok değişkeninde dikkate alınıp planlamaya dahil edilmesi oldukça önemlidir.

- Tekirdağ İli genelindeki hayvan sayıları mahalle bazında coğrafi analizler yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda biyometanizasyon tesisi kurulum yerleri mahalle bazındaki potansiyel hayvansal atıklara göre tespit edilmiştir. Batı ve Doğu bölgelerinde dört farklı kurulu güçte biyometanizasyon tesisi senaryosu çalışması yapılarak Çizelge 5.1’de ki gibi özetlenmiştir.

Çizelge 5.1. Kurulması önerilen tesislere ait senaryolar

Tavsiye edilen yere ait bilgiler	4 MW'lık Batı-1 tesisi	2.5 MW'lık Batı-2 tesisi	2.8 MW'lık Doğu-1 tesisi	1.2 MW'lık Doğu-2 tesisi
Koordinatı	A(4535235,13D/496511,26K)	B(4535037,83D/494604,81K)	C(4541797,18D/566019,93K)	D(4580463,37D/568204,02)
Yerin adı	Kozyörük	Sarnıç	Kurtdere	Çukuryurt
Bağlı olduğu ilçe	Malkara	Malkara	Saray	Saray
Hayvan sayısı (küçükbaş)	77.103	35.394	96.591	17.225
Hayvan sayısı (büyükbaş)	39.434	27.291	21.992	8.294
Potansiyel atık miktarı(kg/gün)	759.434	520.909	437.464	159.991
Biyogaz potansiyeli (m ³ /gün)	16.399	11.013	10.149	3.468
Elde edilecek elektrik enerjisi potansiyeli (kW)	1.692,58	1.058,02	1.189,94	521,64
Elektrik enerjisinden elde edilecek gelir (USD/yıl)	1.646.096,19	1.028.963,29	1.157.260,00	506.113,16
Gübreten elde edilecek gelir (USD /yıl)	1.528.678,99	860.445,57	1.054.045,82	454.315,26
Yatırım Maliyeti (USD)	4.497.987,62	3.238.020,08	5.309.451,89	3.512.126,52
İşletme Gideri (USD)	2.338.944,23	1.424.815,89	1.586.125,28	778.993,93
Tesisin amorti süresi (yıl)	7,89	5,23	4,96	5,36
İç verim oranı (%)	46	33	34	33

- Önerilen dört tesis için yapılan duyarlılık analizinde inşaat masrafları, kojenarasyon bakımı, elektrik borulama masrafları uzun vadeli planlama ile organize edilmesi gereken kalemlerdir. Bu sebeple nakliye giderleri ve iş gücü gider kalemleri daha kritiktir. İş gücü kaleminde, tesiste çalışacak potansiyel işgücünün bölgede bu sektörün yeni olması sebebiyle sektörü tercih etmesinde değişkenlik arz edebilir. Nakliye gider kaleminde hizmet alım yöntemi tercih edilebileceğinden piyasa arz talep dengesi değişkenlik gösterebilir.
- İç verim oranı, yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen diğer bir deyişle nakit girişlerinin bugünkü değerini nakit çıkışlarının bugünkü değerine eşitleyen iskonto oranı olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2019o). Fizibilite çalışmasında faiz getiri oranı %10, biyogaz tesisinin ömrü 15 yıl olarak kabul edildi. Yapılan iç verim hesaplamalarına göre iç verimlilik oranı en yüksek tesis Batı-1 (%46) ve bunu sırasıyla Doğu-1 (%34), Doğu-2 (%33) ve Batı-2 (%33) takip etmektedir. İç verim analiz sonucuna göre kurulması planlanan tesisler arasında en çok katma değeri sağlayacak olan Batı-1 tesisidir (Ek 54).
- Ülkemizin son 10 yıllık tahvil değeri %20,64 olarak paylaşılmıştır. Yaptığımız hesaplamalar ile birlikte kurulması önerilen tesislerin uygulamaya geçmesinin yapılabilir olduğu sonucuna varılmaktadır. Yatırım kararı alınmasında iç verim oranı, yatırımcının yatırımdan beklediği karlılık oranı ile karşılaştırılır. Çalışmamızda yatırımcının yatırdığı maliyeti ne kadar zamanda geri kazanabildiğini hesaplayarak bu sonuçlara ulaşıldı. Birden fazla tesis yeri seçiminde en yüksek oranı %46 ile Batı-1 tesisi ve sırasıyla %34 ile Doğu-1, %33 ile Batı-2 ve Doğu-2 tesisleridir.
- Biyogazın teorik potansiyeli yüksek çıkmasına rağmen özellikle yaz aylarında mera hayvancılığının artması yenilenebilir enerjide kullanılacak atık miktarlarında kayıplara yol açabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- İlin hayvansal atık potansiyeline bakıldığında bu atıkların temiz enerjiye dönüştürülmesine yönelik bir tesiste değerlendirilmiyor olması bölge ekonomisi için büyük bir kayıp olduğu gibi atık yönetimi açısından bakıldığında atıkların kontrollü bir şekilde bertaraf edilmediği sonucuna varılmaktadır. Ayrıca, hayvansal atıkların tarım alanlarında bilinçsiz ve doğrudan kullanılıyor olması toprakta aşırı derecede azot, fosfor ve tuz gibi minerallerin birikmesi, koku ve sera gazı emisyonlarının artması gibi çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır.

- Ayrıca tesisten elde edilecek biyogübre işlem sonrası kokusu oldukça azalmaktadır.
- Hayvansal atıkların doğada doğrudan kullanımı ile yeraltı sularına karışması sonucu yüksek derecede hastalık tehdidi yaratan tehlikelerin önüne geçilmesi kazanımlar arasındadır.
- Gübre çiftçi için aynı zamanda değerli bir tarım girdisidir. Tesise gönderilen hayvansal atık hammaddesinin belirli bir oranı (%10 gibi) bedelsiz olarak çiftçiye geri verilebilir. Bu konuda henüz yasal bağlayıcılık olmaması nedeniyle atıkların tesise bedelsiz verilmesi konusunda teşvik tedbirleri alınması gereklidir.
- Ayrıca, yasal mevzuatta hayvansal atıkların yönetilmesi ile ilgili bir düzenleme bulunmamaktadır. Hayvansal atıkların değerlendirilmesi konusunda yeni bir mevzuat düzenlemesi yapılarak atıkların değerlendirilmesi ve depolanması konusunda teşvik edici tedbirler belirlenmelidir.
- Mevzuattaki eksiklikler ile ilgili son zamanlarda Almanya ve Çin devletlerinin hükümet politikaları örnek olarak alınabilir.
- Biyogazın değerlendirilmesi çevre, tarım, sanayi ve enerji piyasası açısından pek çok avantajı bulunmaktadır. Biyogazın değerlendirilmesi ile sera gazlarını salınımının azaltılması, yer altı su kaynakları ve toprak kalitesinin iyileştirilmesi ve hayvancılığın neden olduğu çevre kirliliğinin azaltılması gibi önemli faydalarda sağlanmış olacaktır.
- Enerji kaynaklarının ithal edilme ihtiyacı oldukça yüksek olduğu ülkemizde biyokütle kaynaklı hammaddelerin yenilenebilir enerji tesislerinde değerlendirilmesi enerjide dışa bağımlılığımızı azaltıcı etkisi olacağından enerji politikalarımızı desteklemektedir.
- Ülkemizin enerji politikasının, ulusal çıkarlar doğrultusunda ve kamu yararı gözetilerek öz kaynakların değerlendirilerek enerji üretiminin yapılması, üretimi çeşitlendiren bir strateji kullanılmasına da katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ADSYB (2012). Aydın İli Biyogaz Potansiyeli Fizibilite Raporu. Aydın: Aydın İli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği- Güney Ege Kalkınma Ajansı, Aydın.
- Acaroğlu, M. (2008). Türkiye’de Biyokütle – Biyoetanol ve Biyomotorin Kaynakları ve Biyoyakıt Enerjisinin Geleceği, VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık, 351-362, İstanbul.
- Akbulut A. ve Dikici A. (2004). Elazığ İlinin Biyogaz Potansiyeli ve Maliyet Analizi. Doğu Anadolu Araştırmaları. Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Elazığ.
- Aktaş, A. (2008). Yukarı Akışlı Havasız Çamur Yataklı Reaktörlerde Çamur Granüllerinin Oluşmasına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Aktaş T., Özer B., Soyak G. ve Ertürk M. (2015). Tekirdağ İlinde Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogazdan Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 11(1): 69-74.
- Akyol E., Yaka İ., Koçer A., Güngör A. ve Hacıhafizoğlu O. (2016). Sabit Yataklı Gazlaştırıcı Açısından Trakya Bölgesi Biyokütle Potansiyeli. Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi. 3(2): 155-162.
- Altıkat S. ve Çelik A. (2012). Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2(1): 61-66.
- Anonim (2011). Statistical Review of World Energy. https://www.bp.com/content/dam/bpcountry/de_de/PDFs/brochures/statistical_revie_w_of_world_energy_full_report_2011.pdf (erişim tarihi, 06.11.2018).
- Anonim (2014). Trakya Enerji ve Enerji Verimliliği. Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Trakya Kalkınma Ajansı/ T.C. Kalkınma Bakanlığı, Ankara.
- Anonim (2014a). 2014 Yılı Tarım Raporu, Tekirdağ Valiliği İl Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Müdürlüğü, Tekirdağ.
- Anonim (2014b). Özel İhtisas Komisyon Raporu.10. Kalkınma Planı (2014-2018)/ Hayvancılık http://www.setbir.org.tr/wp-content/uploads/10._Kalk%C4%B1nma_Plan%C4%B1_Hayvanc%C4%B11%C4%B1k_Raporu-1.pdf (erişim tarihi, 11.02.2019).
- Anonim (2016). Biyogaz Enerji Üretim Tesisi Fizibilite Raporu. Balıkesir Biyogaz İşletmeleri A.Ş., Balıkesir.
- Anonim (2017). Kırşehir Biyogaz Tesisi Fizibilite Raporu. Körpınar Biyogaz Enerji Üretim San. ve Tic. A.Ş., Ankara.

- Anonim. (2017a). Tekirdağ İli Tarımsal Atık Potansiyelinin Belirlenmesi ve Bertaraf Yöntemlerinin Belirlenmesi Projesi Nihai Raporu. Trakya Kalkınma Ajansı Doğrudan Faaliyet Desteği Programı. Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi.
- Anonim (2018). TÜİK Verileri <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr> (erişim tarihi, 17.09.2018).
- Anonim (2018a). Biyogaz. <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> (erişim tarihi, 19.09.2018).
- Anonim (2018b). Kocaeli Büyükşehir Belediyesi biyometanizasyon tesisi. <http://www.biyogazder.org/makaleler/mak05.pdf> (erişim tarihi, 23.09.2018).
- Anonim (2018c). Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri. <http://www.enerjiatlası.com/biyogaz/> (erişim tarihi, 23.09.2018).
- Anonim (2018d). <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FBiyogaz+%2C3%9Cretiminin+Mikrobiyolojisi.pdf> (erişim tarihi, 23.09.2018).
- Anonim (2018e). Türkiye'deki canlı hayvan sayılarının yıllara göre değişimi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr> (erişim tarihi, 13.09.2018).
- Anonim (2018f). Tekirdağ İli'nin 2017 yılı küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayıları. Tekirdağ Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği, Tekirdağ.
- Anonim (2018g). Tekirdağ İli'nin hayvan sayıları. Tarım İl, Gıda ve Hayvancılık Müdürlüğü, Tekirdağ.
- Anonim (2019). Biyogaz Üretimi. Ankara Üniversitesi. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/18583/mod_resource/content/0/End%20Mik%2013.%20hafta.pdf (erişim tarihi, 01.02.2019).
- Anonim (2019a). Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'deki Hidrojen Potansiyeli http://www.emo.org.tr/ekler/51c5ffd6b62cc21_ek.pdf (erişim tarihi, 02.02.2019).
- Anonim (2019b). Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli. file:///C:/Users/verda.ucgul/Downloads/Dalga_Enerjisi_ve_Turkiyenin_Dalga_Enerjisi_Tekni.pdf (erişim tarihi, 02.02.2019).
- Anonim (2019c). Tarım ve Hayvancılık. <http://www.tekirdag.gov.tr/tarim-ve-hayvancilik>. (erişim tarihi, 09.02.2019).
- Anonim(2019d). <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tr/tcmb+tr/main+page+site+area/bugun> (erişim Tarihi, 13.01.2019).
- Anonim (2019e). Türkiye'de Hane Başına Düşen Ortalama Elektrik Tüketimi Ne Kadar? <https://gazelektrik.com/faydali-bilgiler/elektrik-tuketimi> (erişim tarihi, 13.02.2019).

- Anonim (2019f). Yenilebilir Enerji Kaynağı Biyogaz- Gübre Yönetimi http://www.geka.gov.tr/Files/Biyogazder_20112015113501.pdf (erişim tarihi, 17.02.2019).
- Anonim (2019g). <https://www.enerjiatlası.com/biyogaz/odayeri-cop-gazi-santrali.html> (erişim tarihi, 03.03.2019).
- Anonim (2019h). <https://www.enerjiatlası.com/biyogaz/modern-biyokutle-enerji-santrali.html> (erişim tarihi, 03.03.2019).
- Anonim (2019ı) <http://www.biyotekltd.com/Detay/Double-Membrane-Gas-Holders-36-7> (erişim tarihi, 05.03.2019).
- Anonim (2019i). Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.15437&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=enerji%20kaynaklar%C4%B1n%C4%B1n> (erişim tarihi, 06.03.2019).
- Anonim (2019j). Yenilenebilir Enerji Nedir. http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Yenilenebilir_Enerji_Nedir.aspx (erişim tarihi, 20.04.2019).
- Anonim (2019k). Kompost Gübre Tesisi. <http://www.mtmakina.com.tr/tesis/kompost-gubre-uretim-tesisi.html> (erişim tarihi, 20.04.2019).
- Anonim (2019l). Yenilenemez Enerji Kaynakları Nedir. <https://www.enerjiportali.com/yenilenemez-enerji-kaynaklari-nedir/> (erişim tarihi, 01.05.2019).
- Anonim (2019m). Jeotermal Nedir? Jeotermal Enerji Nedir. <https://www.enerjiportali.com/jeotermal-nedir-jeotermal-enerji-nedir/> (erişim tarihi, 01.05.2019).
- Anonim (2019n). OTEC-Okyanus Termal Enerji Dönüşümü <http://www.alternaturk.org/otec.php> (erişim tarihi, 01.05.2019).
- Anonim (2019o). İç Karlılık Oranı ve İç Verim Oranı. <http://www.fizibilite.info/ic-karlilik-orani/> (erişim tarihi, 15.05.2019).
- Arslan H. ve Gülen J. (2005). Biyogaz. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi. 2005(4): 121-129.
- Aybek A, Üçok S, İspir MA, Bilgili ME. (2015). Türkiye’de Kullanılabilir Hayvansal Gübre Ve Tahıl Sap Atıklarının Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(3): 109-120.
- Bakır G. (2013). Türkiye’nin Nükleer Enerji Politikaları ve Mersin Akkuyu Nükleer Güç Santrali. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Kentleşme ve Çevre Sorunları Bilim Dalı, Ankara.

- Baran M., Lüle F. ve Gökdoğan O. (2017). Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 4(3): 245–249.
- Berkes F. ve Kışlalıoğlu M. (1993). *Çevre ve Ekoloji*. Remzi Kitapevi, İstanbul.
- Bostancı B. ve Demir H. (2008). Taşınmaz Geliştirmede Risk Analizi. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2008(2): 99.
- Buğutekin, A. (2007). Atıklardan Biyogaz Üretiminin İncelenmesi. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Çanka Kılıç F. (2011). Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri. *Mühendis ve Makine*, 52(617): 94-106.
- Çevik A. (2016). Çanakkale İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Çoban V. (2009). Hayvansal Ve Bitkisel Atıklardan Biyogaz Üretim Prosesinin Simülasyon ve Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- DBZF (2011). Türkiye’de Hayvansal Atıkların Biyogaz Yoluyla Kaynak Verimliliği Esasında ve İklim Dostu Kullanımı Projesi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Deublein, D., and Steinhauser, A., (2008). *Biyogas from Waste and Renewable Resources*. WILEY-VCH Verlag GmbH &Co. KGaA, Germany.
- Doğanay, H. (1998). *Ekonomik Coğrafya II, Enerji Kaynakları*, Şafak Yayınevi, Erzurum.
- Doruk İ. ve Bozdeveci A. (2017). Denizli İlinin Kırsal Kesimlerinde Hayvansal Kaynaklı Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3): 181-186.
- Ertürk, M. (2011). Dünyada ve Türkiye’ de Doğalgaz Sektör ve İnovasyon Etkileri, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
- Girgis, M.A., Siegel, J.M., (1983). *Open-Cycle Ocean Thermal Energy Conversion*. Florida Solar Energy Center, Publication Number: FSEC-FS-28-83, 2s.
- Güç, A. (2010). Büyükbaş Hayvan Atığından Biyogaz Üretimi ve Uşak İli İçin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir.
- Gül, N. (2006). Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Gündoğmuş H. (1981). *Doğalgaz, Kültür Bakanlığı Yayınları*, Ankara.

- Görmüş C. (2018). Türkiye'deki Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Gümüştü M. ve Uyanık S. (2010). Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi 07(2010): 59-65.
- Gürel A. ve Senel Z. (2011). Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi. II. Uluslararası Trakya Bölgesi Kalkınma- Girişimcilik Sempozyumu, 2011, 123-133, Kırklareli.
- İkılıç C. Ve Deviren H. (2011). 6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011. <http://web.firat.edu.tr/iats/cd/subjects/Automotive/ATE-28.pdf> Elazığ (erişim tarihi, 01.05.2019).
- Karabulut Y. (2000) Türkiye Enerji Kaynakları, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Karagöz M., Çiftçi B. Deniz E. ve Binark A. (2018). Karabük İli'nde Hayvansal Atıktan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi ve Örnek Biyogaz Tesisi Kurulumu. 14th International Combustion Symposium (INCOS2018). http://incos2018.com/wp-content/uploads/2018/07/INCOS2018_paper_111.pdf (erişim tarihi, 01.02.2019).
- Karaman S. (2006) Hayvansal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunları ve Çözüm Olanakları. KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2): 133-139.
- Karaosmanoğlu F (2010). "Türkiye Biyoyakıt Potansiyeli ve Son Gelişmeler". Türkiye 10. Enerji Kongresi, İstanbul. <http://docplayer.biz.tr/137493-Turkiye-biyoyakit-potansiyeli-ve-son-gelismeler-filiz-karaosmanoglu-itu-kimya-muhendisligi-bolumu.html> (erişim tarihi, 01.05.2019).
- Kızıllal G. (2016). Türkiye'deki Hidroelektrik Enerjisi İle Diğer Enerji Türlerinin Karşılaştırılması ve Muğla İlinin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Küpçü S. ve Özkeser İ. (2010). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Analiz ve Yorumlama, Yazılım Kullanımı, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:2033, 311.
- Mutlu E. (2013). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Ekonomisi ve Ankara İline Ait SWOT Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Onat N. (2018). Türkiye'de Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretimi: Mevcut Durum ve Gelecek Beklentileri. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 1 (1): 8-15.
- Öçal F. (2013). Biyogaz Enerjisi Üretimi ve Eskişehir İli İçin Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.

- Özbaşer F. ve Erdem E. (2013). Biyogaz Üretimi ve Kullanımı. Lalahan Hay. Arast. Enst. Dergisi, 53 (2): 115-124.
- Özkaya M., Variyenli H. ve Yılmaz A. (2009). Güneş Enerjisi Destekli İçten Isıtmalı Fermentasyon Tankında Biyogaz Üretimi. Politeknik Dergisi, 12 (4): 255-261.
- Öztürk Prof. Dr. M. (2017). Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Seyhan A. ve Badem A. (2018). Erzincan İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 6(1): 25-35.
- Şenol H., Elibol E., Açikel Ü. ve Şenol M. (2017). Türkiye’de Biyogaz Üretimi İçin Başlıca Biyokütle Kaynakları. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 6(2): 81-92.
- Şenol H., Elibol E.A., Açikel Ü., ve Şenol M. (2017a) Biyogaz Üretimi İçin Ankara’nın Başlıca Organik Atık Kaynakları. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 6(2): 15-28.
- Takma Ç. ve Atıl H. (2006). Bootstrap Metodu ve Uygulanışı Üzerine Bir Çalışma 2. Güven Aralıkları, Hipotez Testi ve Regresyon Analizinde Bootstrap Metodu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(2): 63-72.
- Taşova M. (2017). Kümes Hayvanları Atıklarının Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Tokat İli Örneği. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2): 296-303.
- Tınmaz Köse E. (2017). Trakya Bölgesinde Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi ve Sayısal Haritaların Oluşturulması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(6): 762-772.
- Toklu E. ve ark. (2010). Energy production, consumption, policies and recent developments in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, (14): 1172-1186.
- Torunoğlu Gedik Ö. (2015). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türe S. (2001). Biyokütle Enerjisi, Temiz Enerji Vakfı, Ankara.
- Üçgül İ. ve Akgül G. (2010) Biyokütle Teknolojisi. Yekarum Dergisi, 1(1): 3-11.
- Üçgül İ. ve Elibüyük U. (2016). Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1): 97-94.
- World Energy Council, (2010). Survey of Energy Resources, London.

- Wina H.J. (2015). Global Potential of Renewable Energy Sources: A Literature Assessment. https://www.researchgate.net/profile/Wina_CrijnsGraus/publication/237576106_Global_Potential_of_Renewable_Energy_Sources_a_Literature_Assessment/links/0deec52f89ed07b2b9000000.pdf (erişim tarihi, 02.02.2019).
- Yarman T. (2011). Geçmişte ve Bugün Nükleer Enerji Tartışması, Okan Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Yenilmez F. (2015). Tavukçuluk Atıklarından Biyogaz Üretimi. Ulusal Kümes Hayvanları Kongresi, 2014, 9-11, Elazığ.
- Yılmaz M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2): 33-54.
- Yılmaz A., Ünvar S., Koca T. ve Koçer A. (2018). Türkiye'de Biyogaz Üretimi ve Biyogaz Üretimi İstatistik Bilgileri. Enerji ve Çevre Dünyası Dergisi, 143(6): 29-34.
- Yokuş İ. (2011). Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yomralıoğlu T. (2009). Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 208, İstanbul.

EKLER

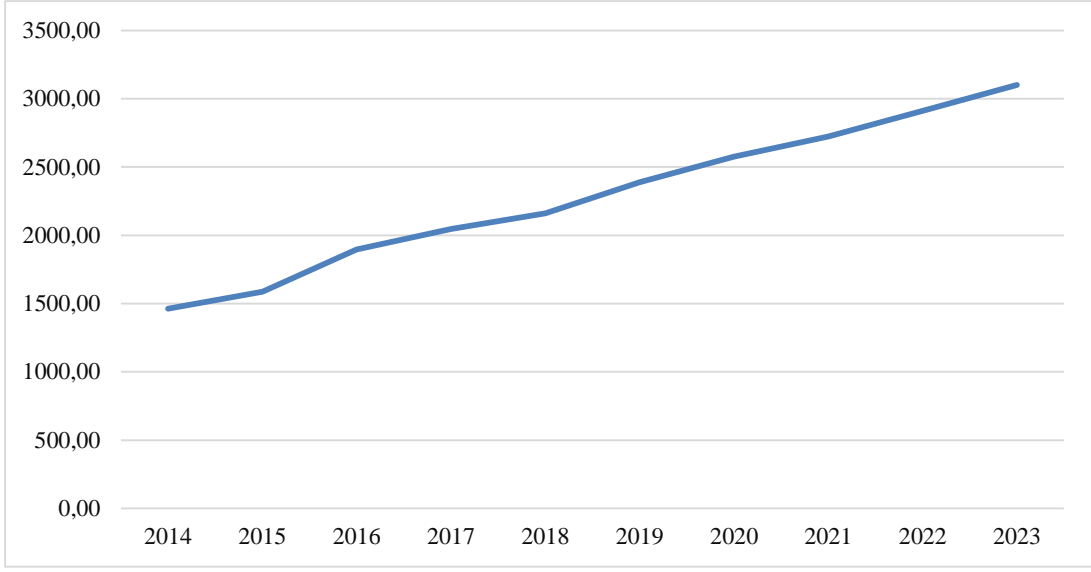
Ek 1 - Tekirdağ İli'nin son 5 yıldaki hayvan sayısı değişimi

İlçe adı	2018				2017				2016				2015				2014			
	Koyun-keçi toplam	Sığır-manda toplam	Toplam	Değişim oranı (%)	Koyun-keçi toplam	Sığır-manda toplam	Toplam	Değişim oranı (%)	Koyun-keçi toplam	Sığır-manda toplam	Toplam	Değişim oranı (%)	Koyun-keçi toplam	Sığır-manda toplam	Toplam	Değişim oranı (%)	Koyun-keçi toplam	Sığır-Manda Toplam	Toplam	Değişim oranı (%)
Çerkezköy	15092	3866	18958	10,62	13506	3632	17138	1,93	13384	3430	16814	-3,89	13645	3850	17495	12,07	12117	3494	15611	10,77
Çorlu	17625	4837	22462	33,05	12402	4481	16883	-12,12	14611	4601	19212	25,58	12118	3181	15299	-4,53	12550	3475	16025	-4,75
Ergene	33794	8512	42306	73,49	21975	2410	24385	-20,10	21397	9122	30519	4,15	20730	8574	29304	-7,21	22720	8862	31582	-7,77
Hayrabolu	62101	22443	84544	62,73	32030	19924	51954	-0,14	32030	19999	52029	4,80	28540	21104	49644	-7,08	28034	25390	53424	-7,61
Kapaklı	15359	5651	21010	32,57	10452	5396	15848	1,69	10590	4994	15584	7,40	9520	4990	14510	0,21	9500	4980	14480	0,21
Malkara	82843	59575	142418	5,26	80117	55188	135305	1,38	80960	52501	133461	4,77	75013	52373	127386	-15,52	93650	57142	150792	-18,37
Marmara Ereğlisi	13646	4217	17863	22,03	11027	3611	14638	19,63	8696	3540	12236	21,27	7105	2985	10090	-4,07	7474	3044	10518	-4,24
Muratlı	19948	8020	27968	0,77	15564	12189	27753	17,41	16511	7126	23637	-4,51	17129	7624	24753	10,74	15010	7342	22352	9,70
Saray	29016	13894	42910	36,52	19905	11527	31432	-8,35	22557	11740	34297	1,85	22192	11482	33674	-1,54	21695	12504	34199	-1,56
Süleymanpaşa	78258	20305	98563	23,21	59320	20673	79993	47,38	37403	16872	54275	-5,43	41496	15895	57391	-6,84	41372	20231	61603	-7,34
Şarköy	45967	9112	55079	28,41	34578	8316	42894	-15,93	44260	6763	51023	7,34	40540	6995	47535	-10,97	45115	8280	53395	-12,33
Toplam	413649	160432	574081	25,28	310876	147347	458223	3,42	302399	140688	443087	3,75	288028	139053	427081	-7,95	309237	154744	463981	3,85

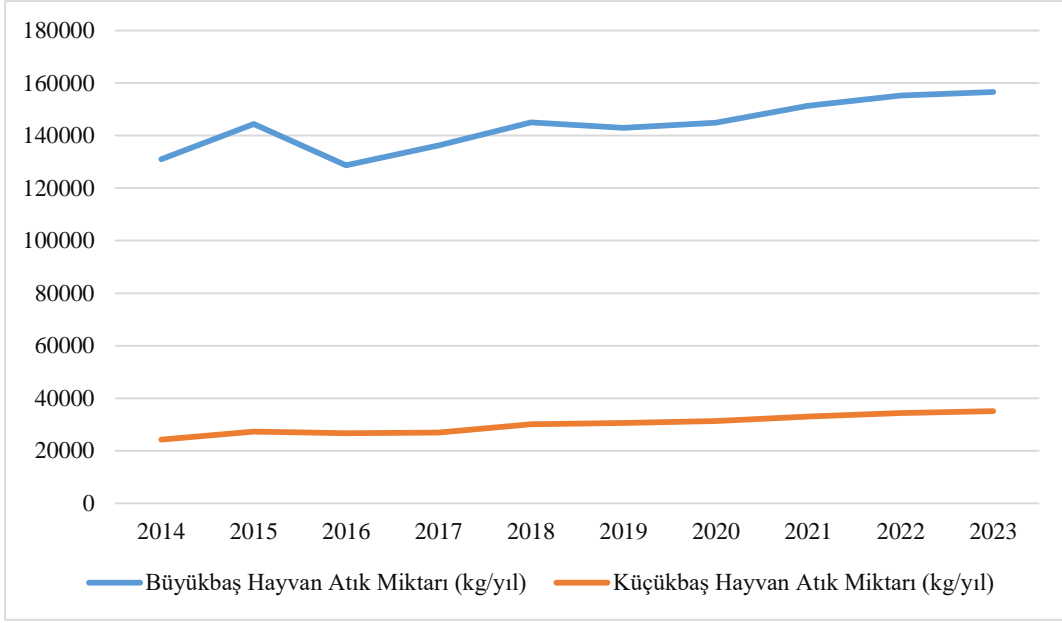
Ek 2- Çerkezköy İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim (ton/yıl)
2014	131025	24234	1462,65
2015	144375	27290	1587,48
2016	128625	26768	1896,29
2017	136200	27012	2046,79
2018	144975	30184	2161,59
2019	142957	30584	2388,11
2020	144930	31368	2576,02
2021	151347	33015	2723,99
2022	155284	34390	2909,95
2023	156601	35162	3101,71

Ek-3 Çerkezköy İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



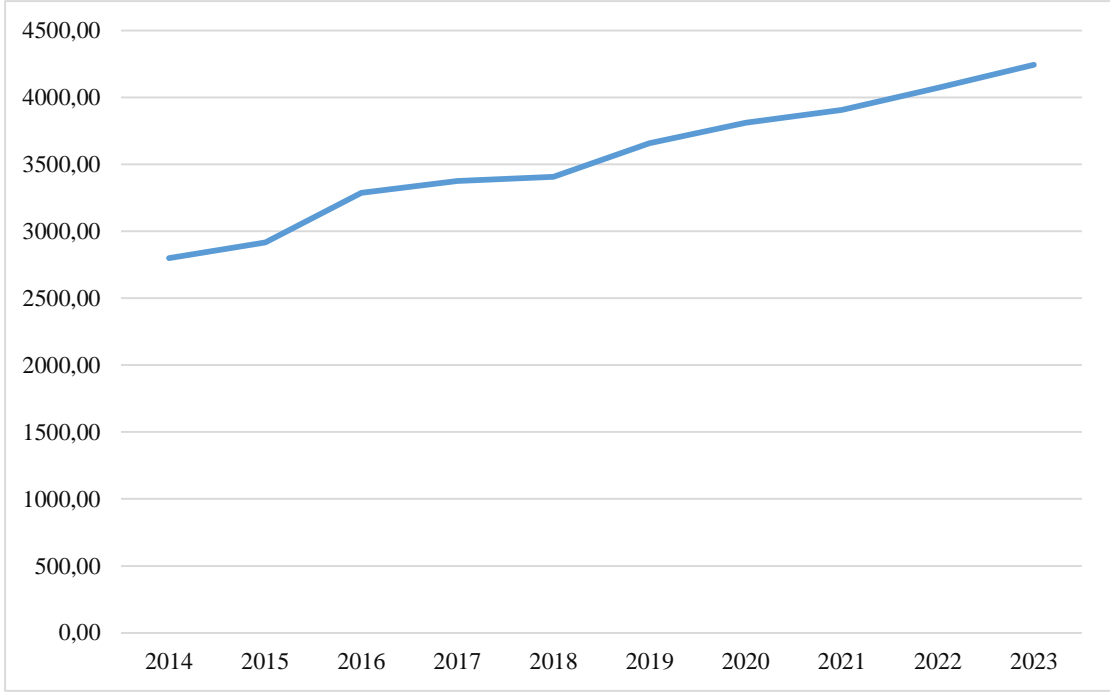
Ek 4- Çerkezköy İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



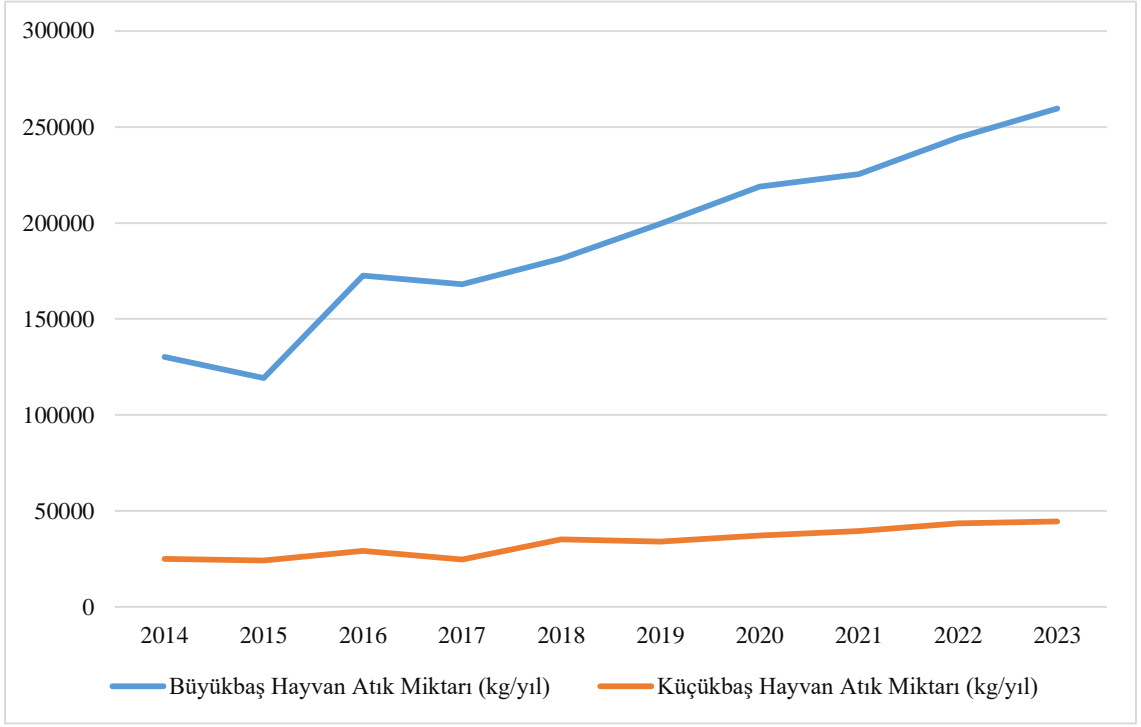
Ek 5- Çorlu İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim (ton/yıl)
2014	130312	25100	2799,28
2015	119287	24236	2917,59
2016	172537	29222	3286,02
2017	168037	24804	3375,26
2018	181387	35250	3406,69
2019	199582	33982	3658,72
2020	218998	37155	3809,74
2021	225448	39596	3906,55
2022	244421	43604	4071,08
2023	259547	44615	4243,54

Ek 6- Çorlu İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



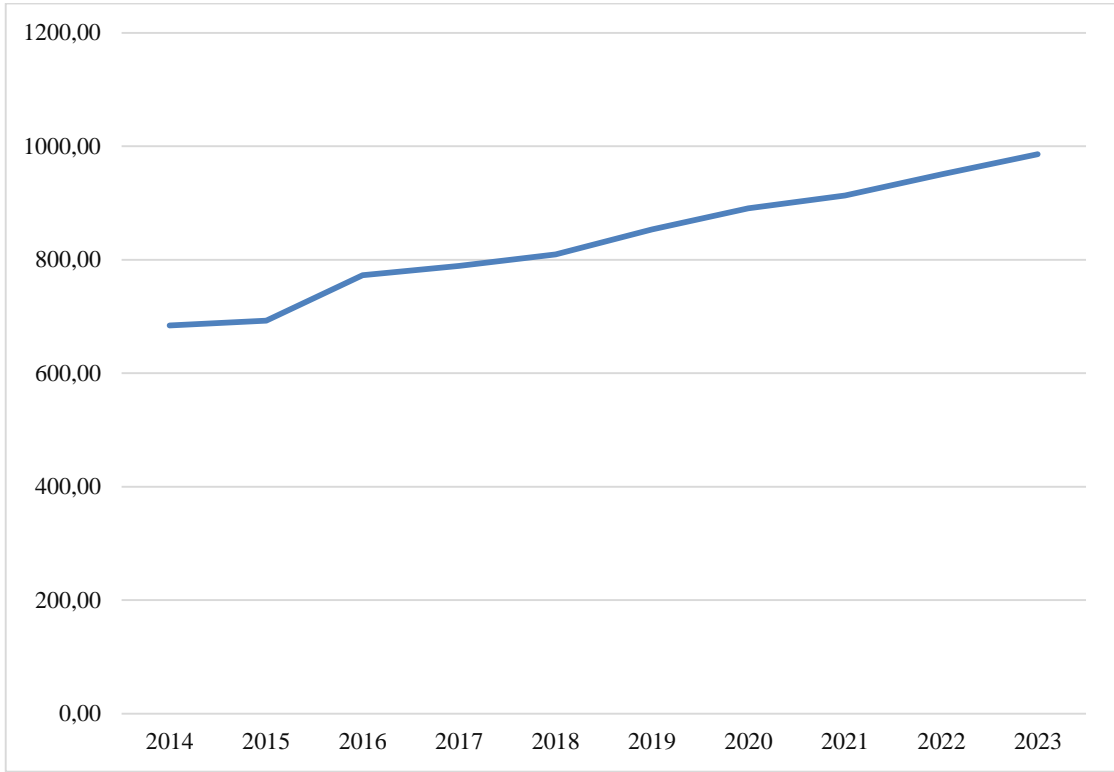
Ek 7- Çorlu İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



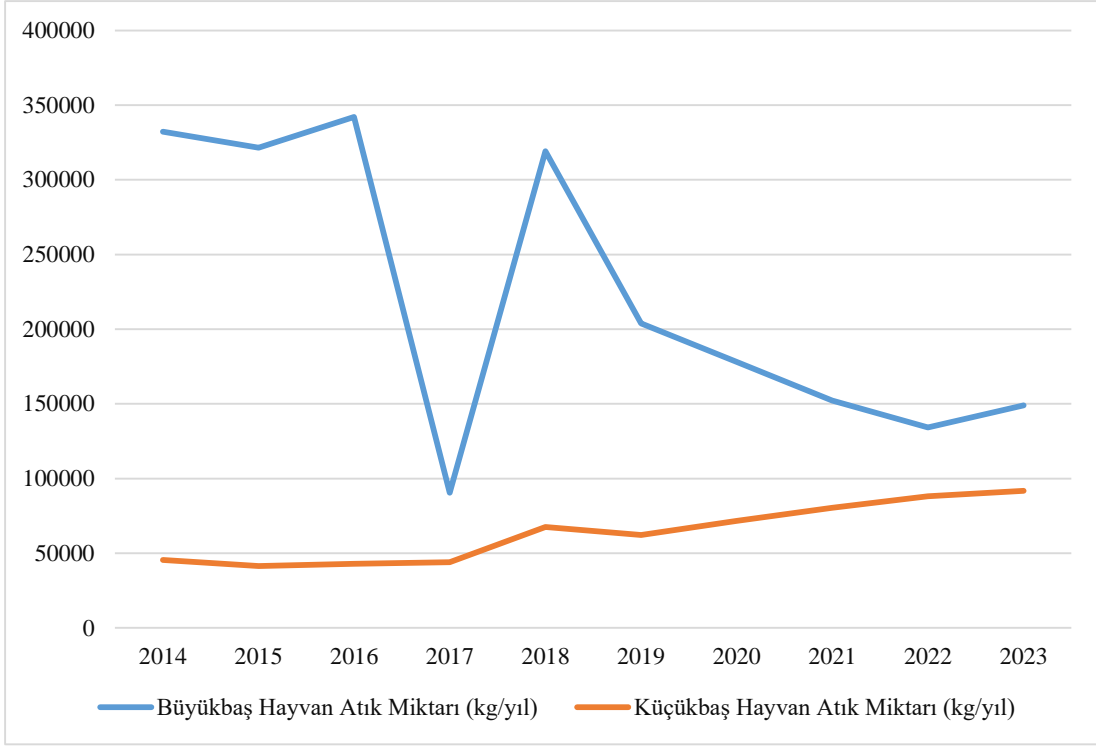
Ek 8- Ergene İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
2014	332325	45440	684,44
2015	321525	41460	692,73
2016	342075	42794	772,95
2017	90375	43950	789,02
2018	319200	67588	809,46
2019	203880	62282	853,61
2020	178140	71546	891,03
2021	152264	80383	913,44
2022	134214	88197	950,44
2023	148943	91795	986,14

Ek 9- Ergene İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



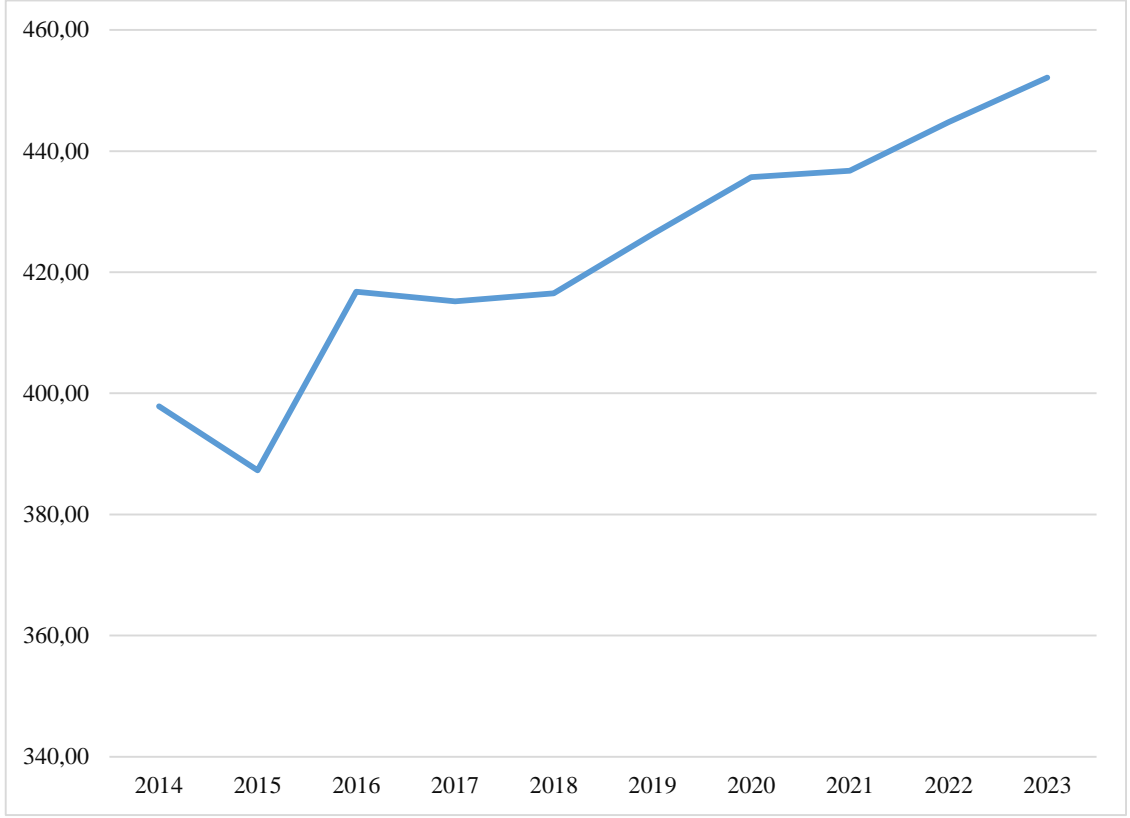
Ek 10- Ergene İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



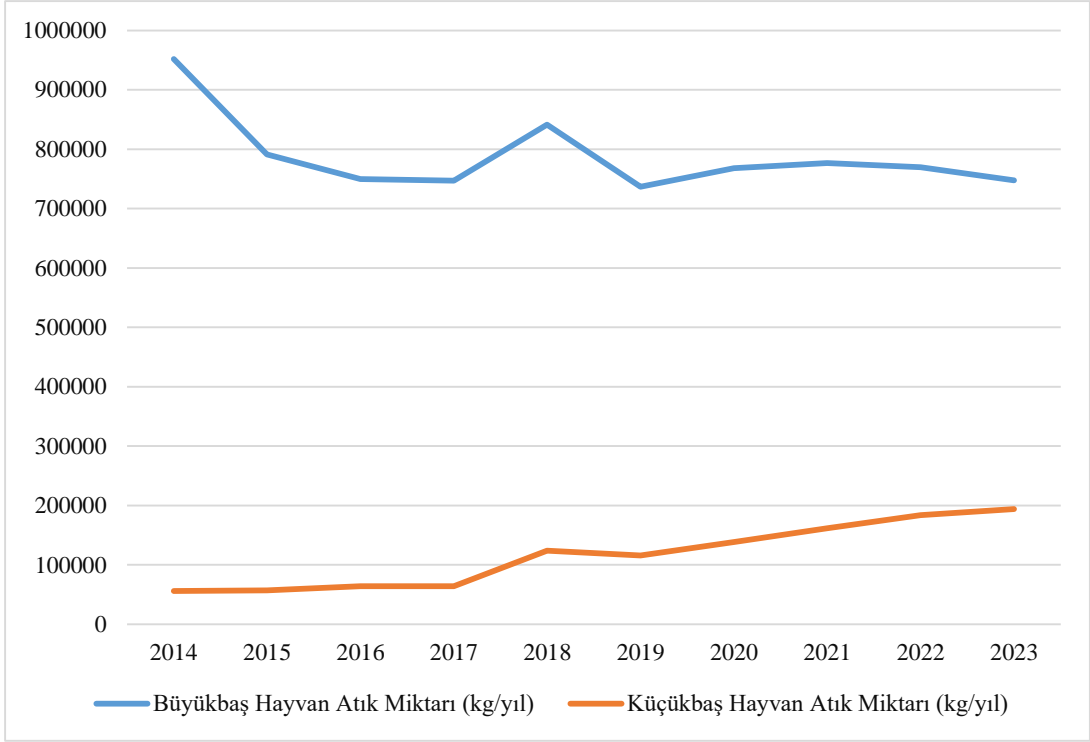
Ek 11- Hayrabolu İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
2014	952125	56068	397,84
2015	791400	57080	387,31
2016	749962	64060	416,77
2017	747150	64060	415,17
2018	841612	124202	416,50
2019	736867	116068	426,27
2020	768174	138529	435,70
2021	776595	161668	436,77
2022	769715	183769	444,80
2023	747373	194267	452,14

Ek 12- Hayrabolu İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



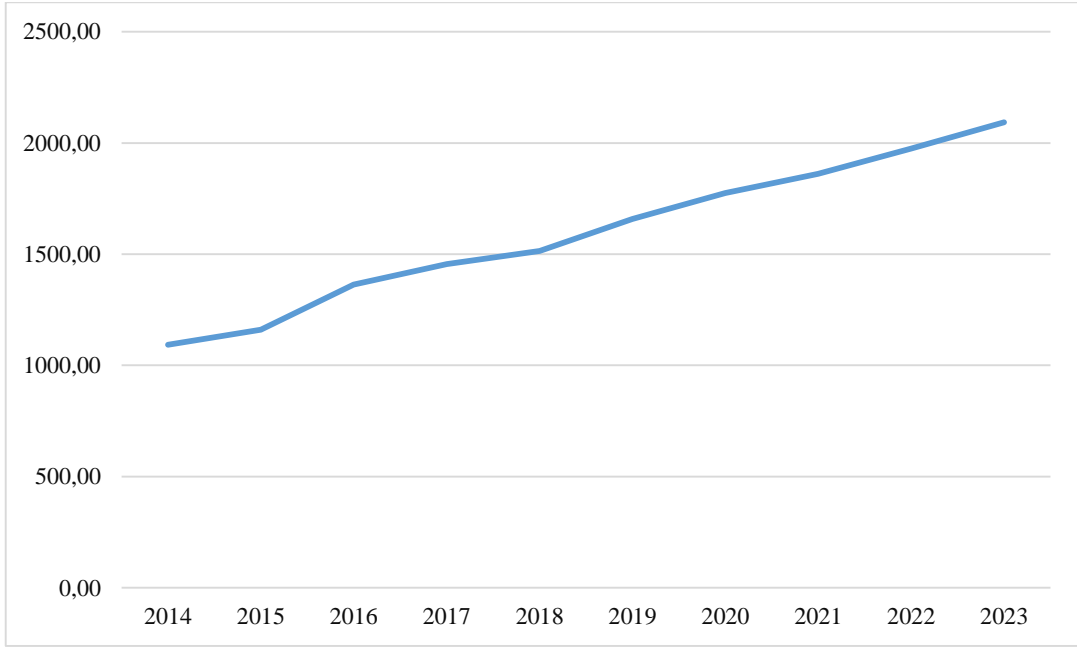
Ek 13- Hayrabolu İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



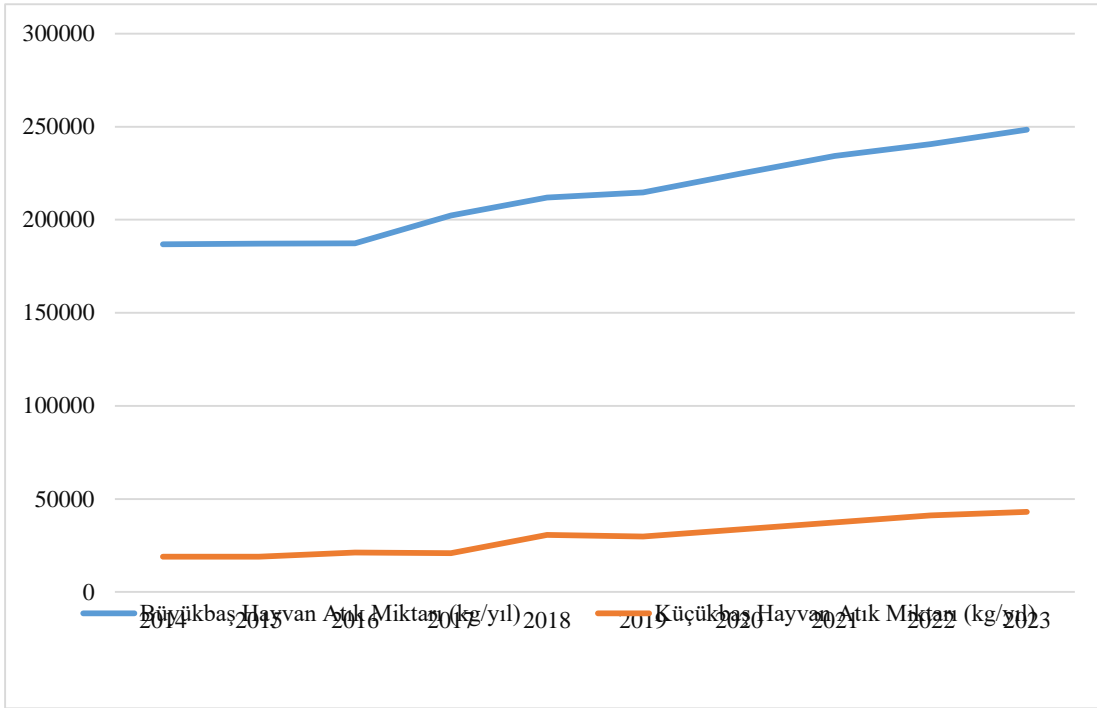
Ek 14- Kapaklı İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
2014	186750	19000	1093,00
2015	187125	19040	1160,68
2016	187275	21180	1363,95
2017	202350	20904	1455,01
2018	211912	30718	1514,79
2019	214747	29758	1658,86
2020	224646	33612	1774,82
2021	234328	37350	1861,16
2022	240604	41204	1974,63
2023	248337	43098	2093,45

Ek 15- Kapaklı İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



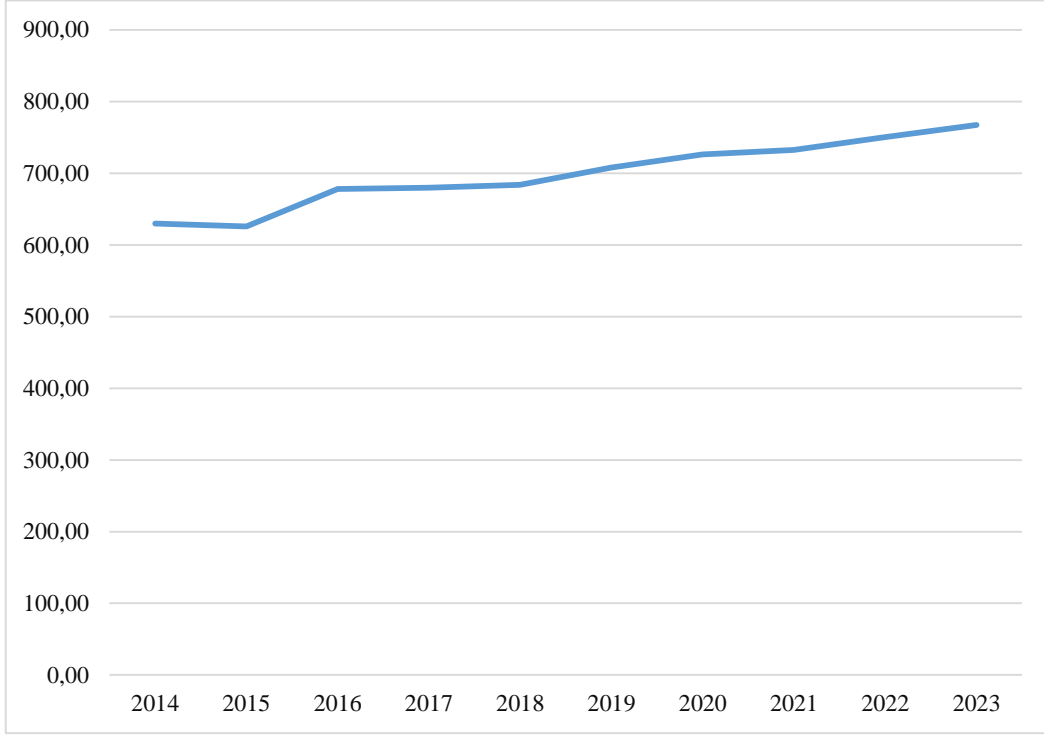
Ek 16- Kapaklı İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



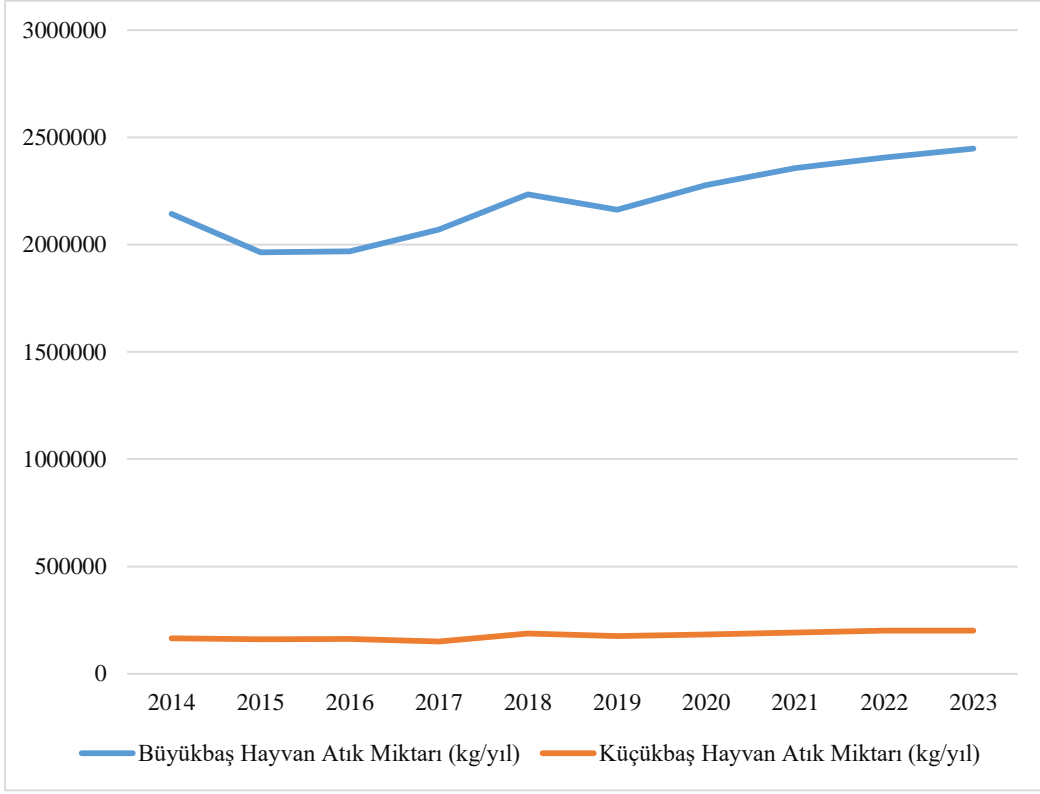
Ek 17- Malkara İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
2014	2142825	165686	629,81
2015	1963987,5	160234	625,64
2016	1968787,5	161920	678,21
2017	2069550	150026	679,83
2018	2234062,5	187300	683,74
2019	2162253,75	174939,20	708,07
2020	2278270,50	183320,96	726,21
2021	2356085,78	191815,77	732,49
2022	2405228,37	201360,53	750,40
2023	2448029,31	201246,58	767,50

Ek 18- Malkara İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



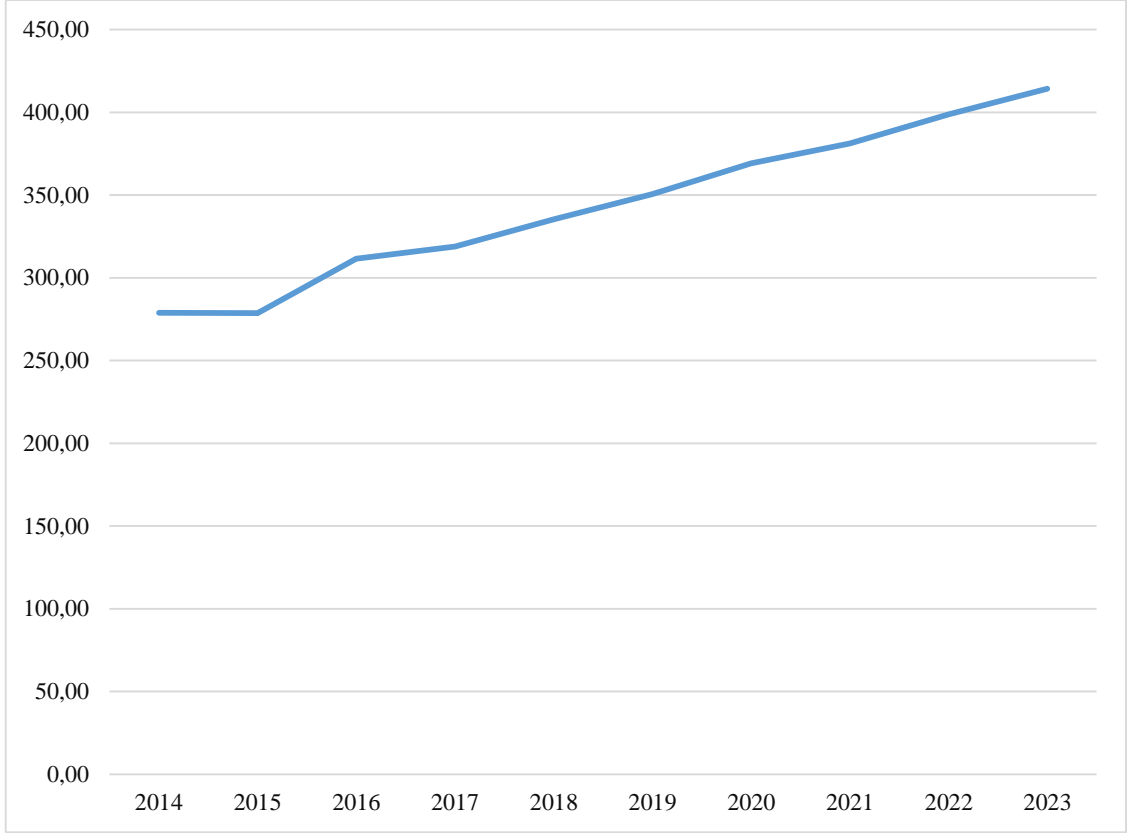
Ek 19- Malkara İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



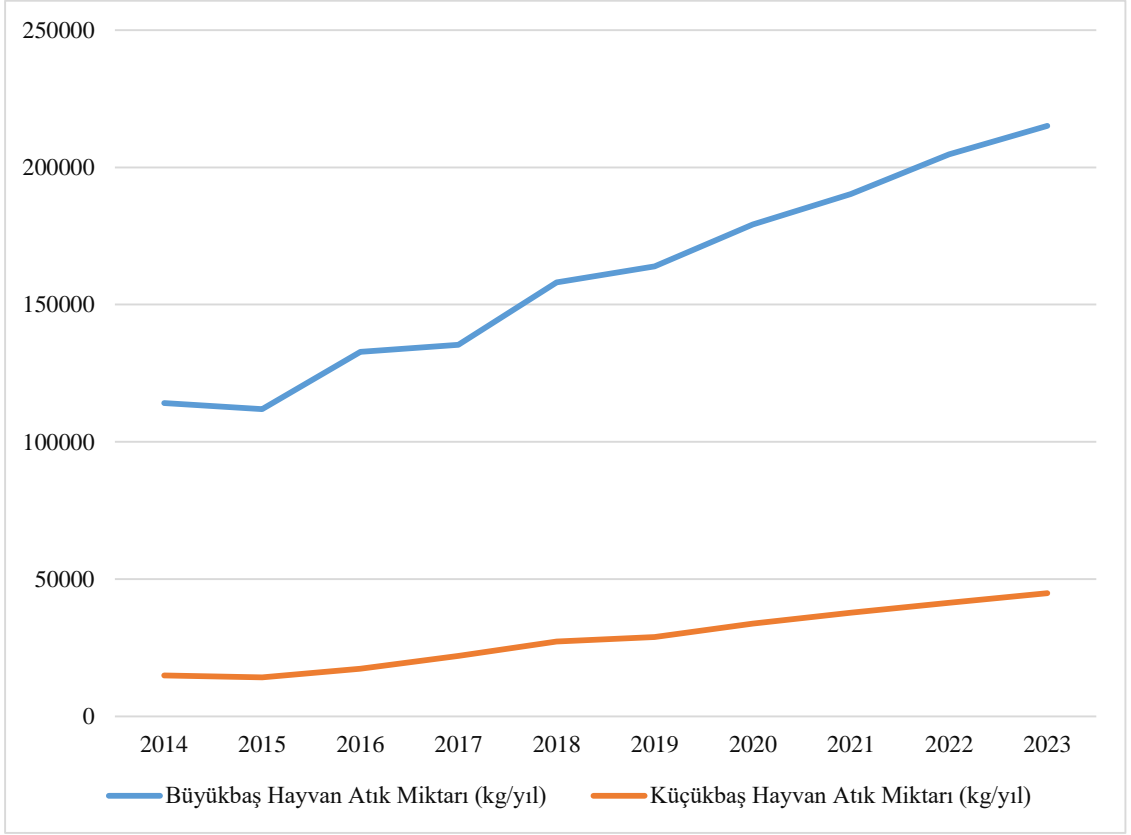
Ek 20- Marmara Ereğlisi İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
2014	114150	14948	278,89
2015	111937,5	14210	278,61
2016	132750	17392	311,60
2017	135412,5	22054	318,79
2018	158137,5	27292	335,31
2019	163912,50	28938,80	350,55
2020	179231,25	33784,64	369,25
2021	190327,50	37793,31	381,22
2022	204681,38	41363,93	398,66
2023	215108,85	44934,05	414,21

Ek 21- Marmara Ereğlisi İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



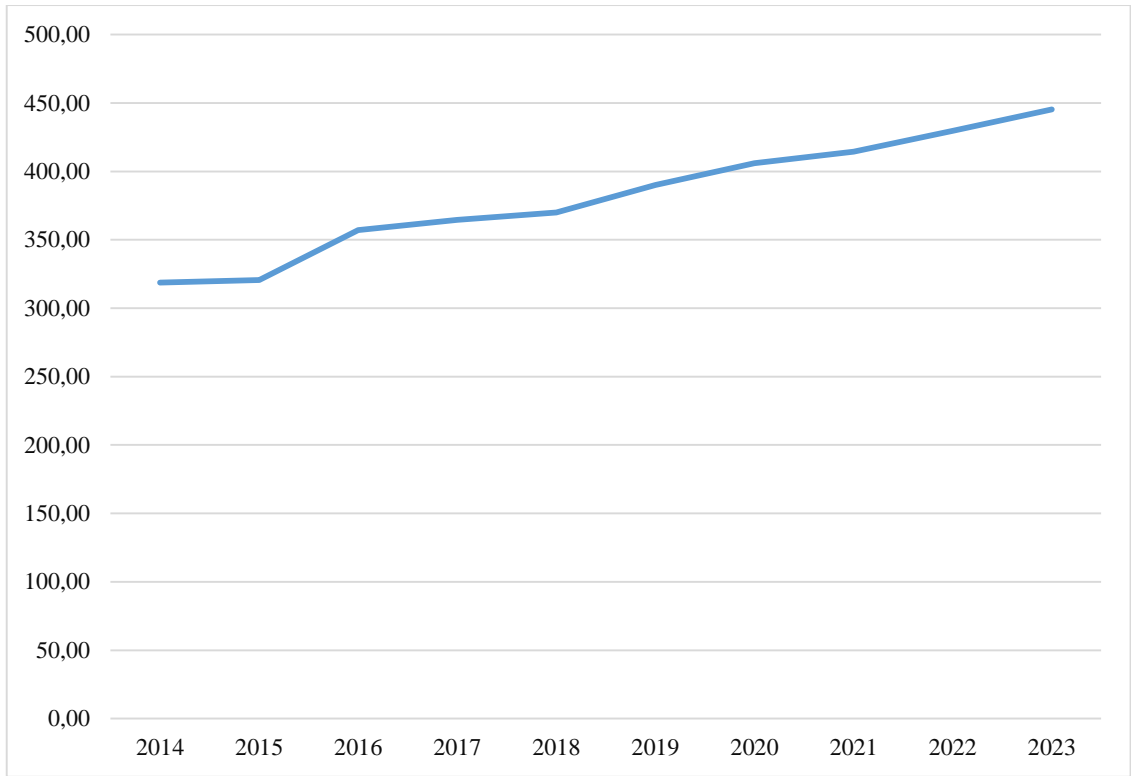
Ek 22- Marmara Ereğlisi İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



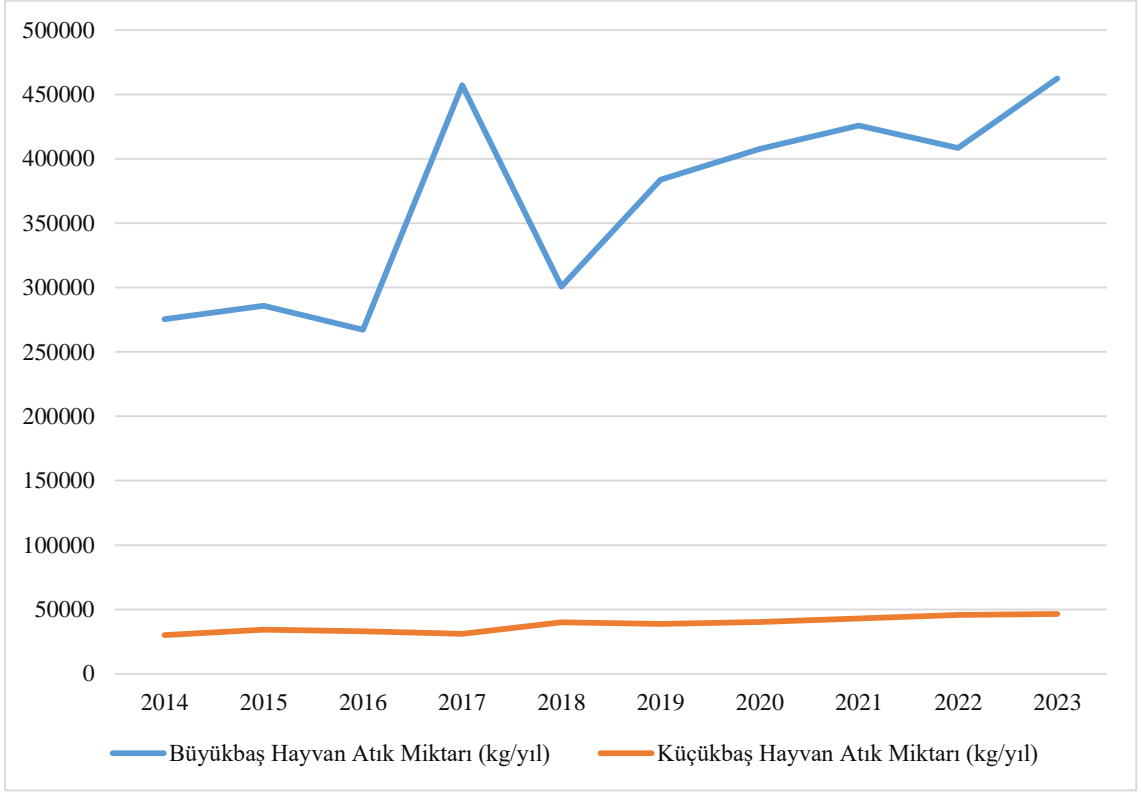
Ek 23- Muratlı İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
2014	275325	30020	318,63
2015	285900	34258	320,61
2016	267225	33022	357,19
2017	457087,5	31128	364,53
2018	300750	39896	369,84
2019	383868,75	38651,40	390,06
2020	407805,00	40089,32	405,91
2021	425729,63	43054,76	414,40
2022	408349,95	45777,94	429,69
2023	462418,90	46344,06	445,19

Ek 24- Muratlı İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



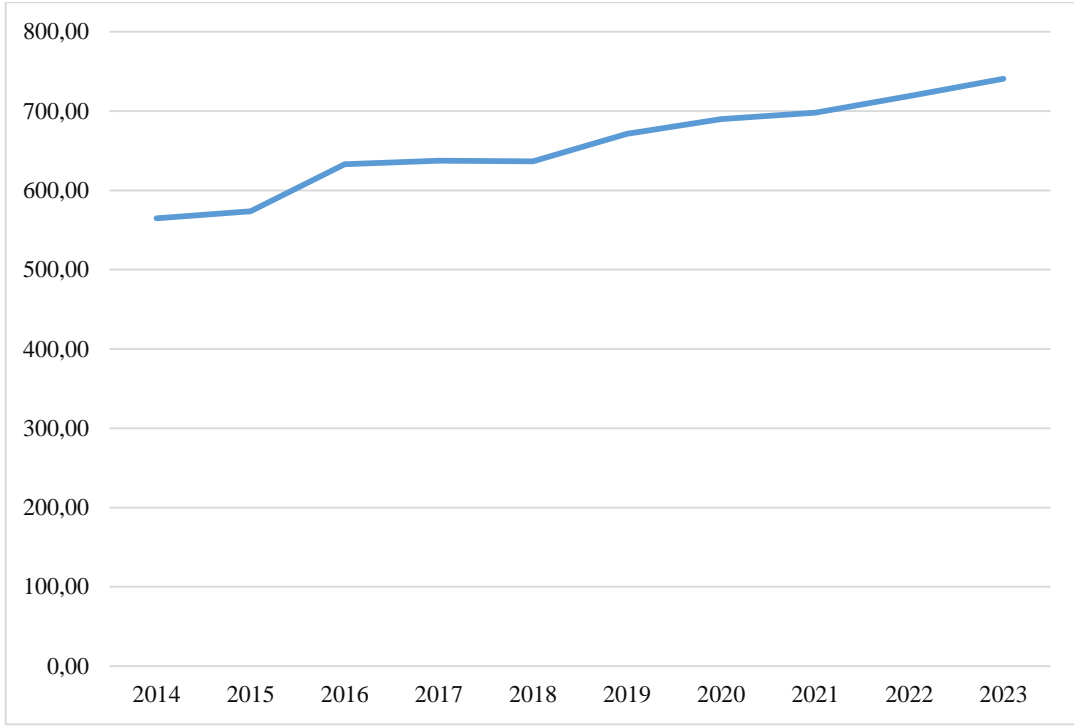
Ek 25- Muratlı İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



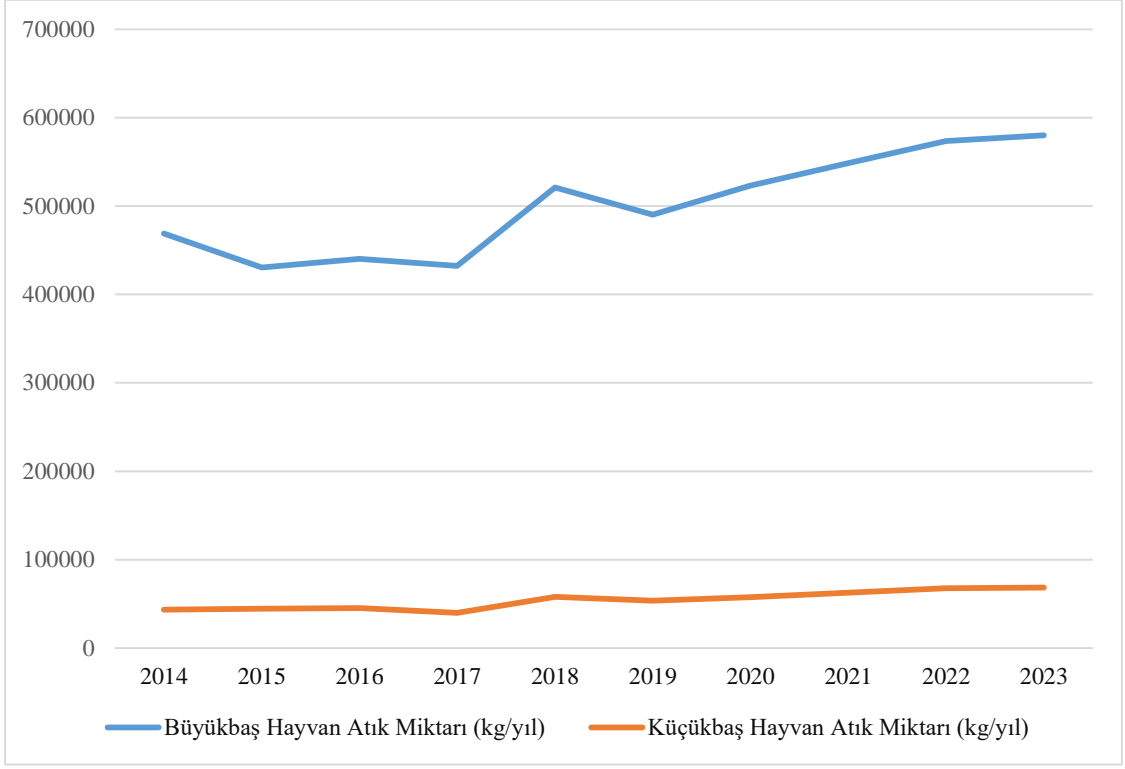
Ek 26- Saray İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
2014	468900	43390	564,56
2015	430575	44384	573,47
2016	440250	45114	632,89
2017	432262,5	39810	637,37
2018	521025	58032	636,41
2019	490383,75	53559,00	671,22
2020	523017,00	57560,20	689,98
2021	548484,23	62407,46	697,99
2022	573365,13	67690,67	719,04
2023	580089,24	68299,60	740,53

Ek 27- Saray İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



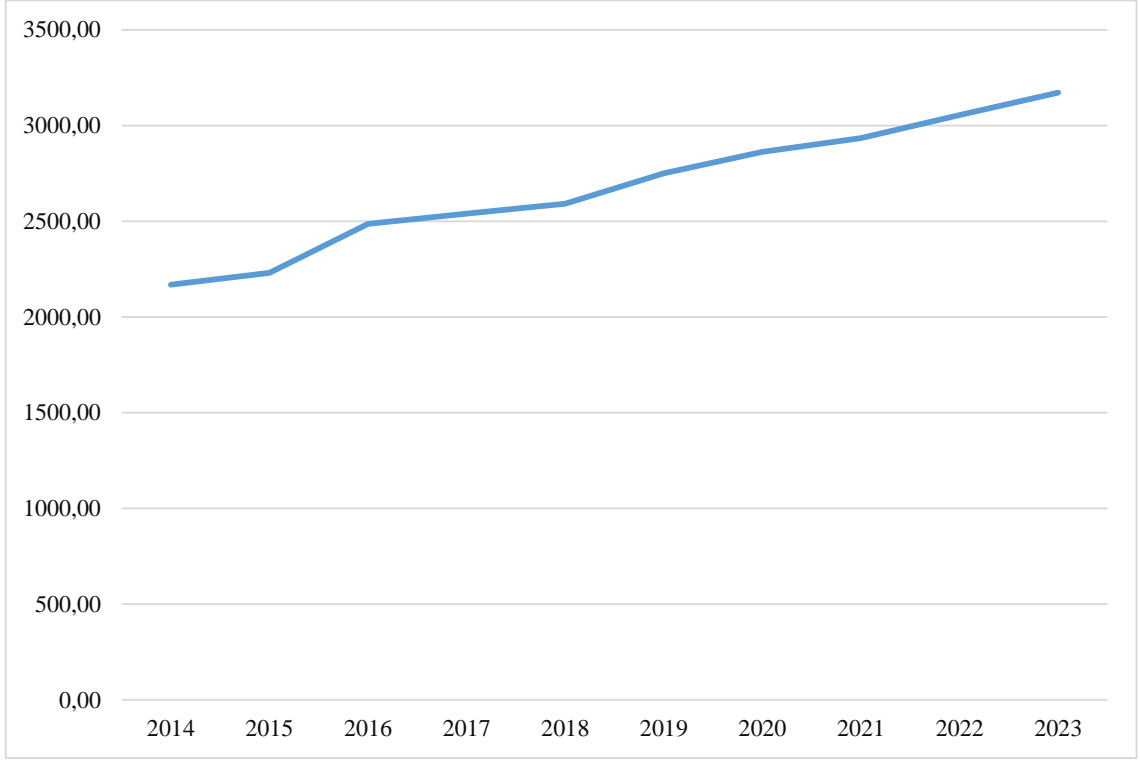
Ek 28- Saray İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



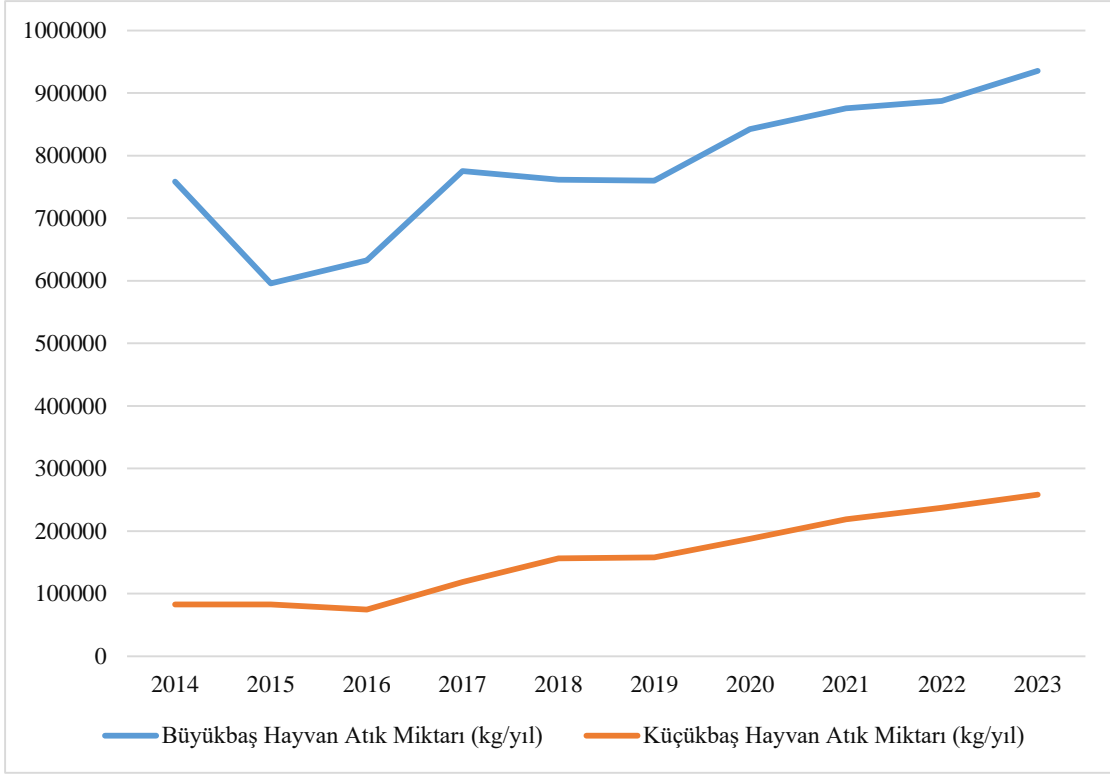
Ek 29- Süleymanpaşa İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (ton/yıl)
2014	758662,5	82744	2168,36
2015	596062,5	82992	2230,20
2016	632700	74806	2486,56
2017	775237,5	118640	2540,56
2018	761437,5	156516	2591,48
2019	760237,50	158097,20	2750,41
2020	842261,25	187786,36	2863,45
2021	875611,50	218794,49	2935,58
2022	887428,58	237440,61	3054,90
2023	935602,11	258490,88	3172,77

Ek 30- Süleymanpaşa İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



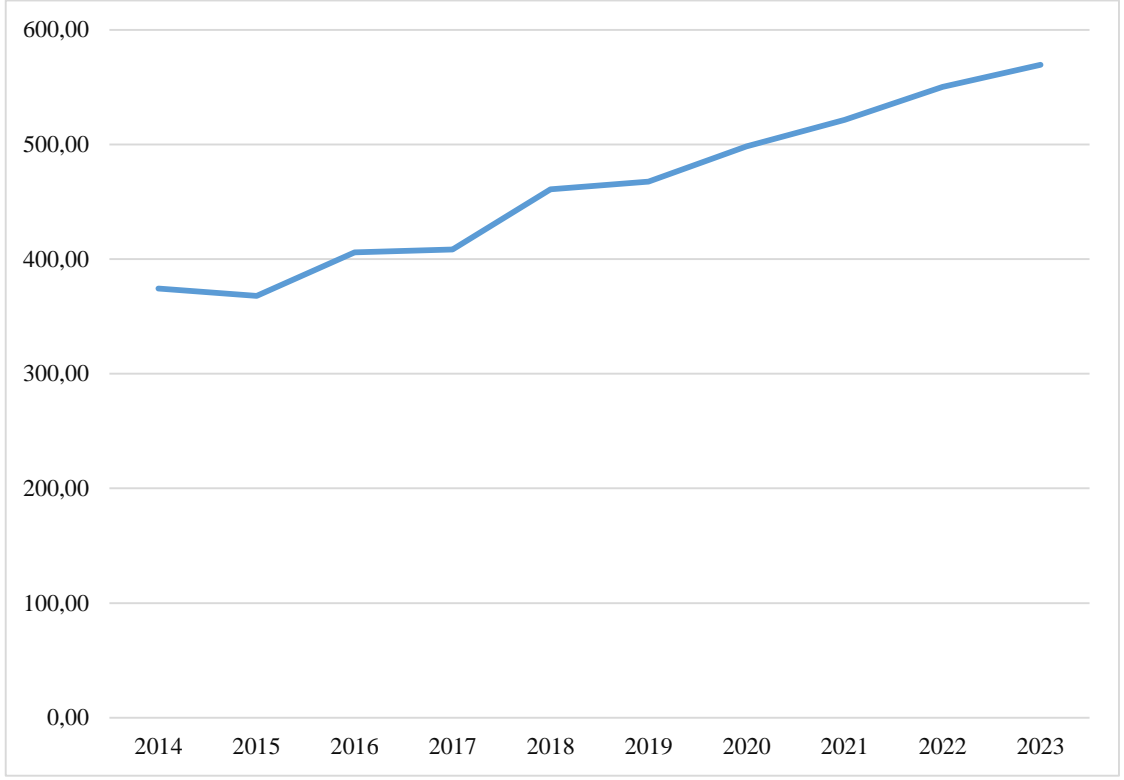
Ek 31- Süleymanpaşa İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



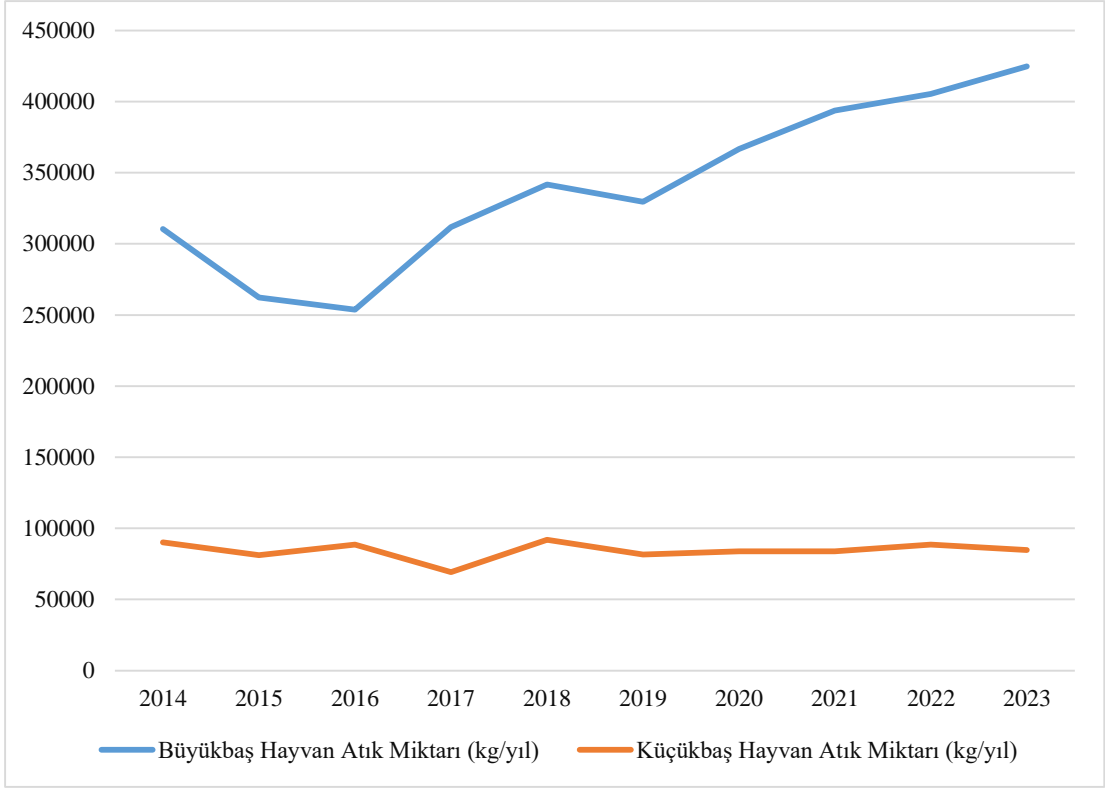
Ek 32- Şarköy İlçesine ait 2014-2018 yıllarına ait küçükbaş, büyükbaş hayvan atık miktarı ve yıllık et tüketim verileri kullanılarak 2019-2023 yıllarına ait tahminleri

Yıl	Büyükbaş (kg/yıl)	Küçükbaş (kg/yıl)	Yıllık et tüketim miktarı (Ton/yıl)
2014	310500	90230	374,51
2015	262312,5	81080	368,07
2016	253612,5	88520	406,04
2017	311850	69156	408,47
2018	341700	91934	460,92
2019	329576,25	81629,20	467,57
2020	366594,75	83817,56	498,38
2021	393773,93	83931,85	521,42
2022	405321,77	88524,30	550,36
2023	424825,70	84612,35	569,55

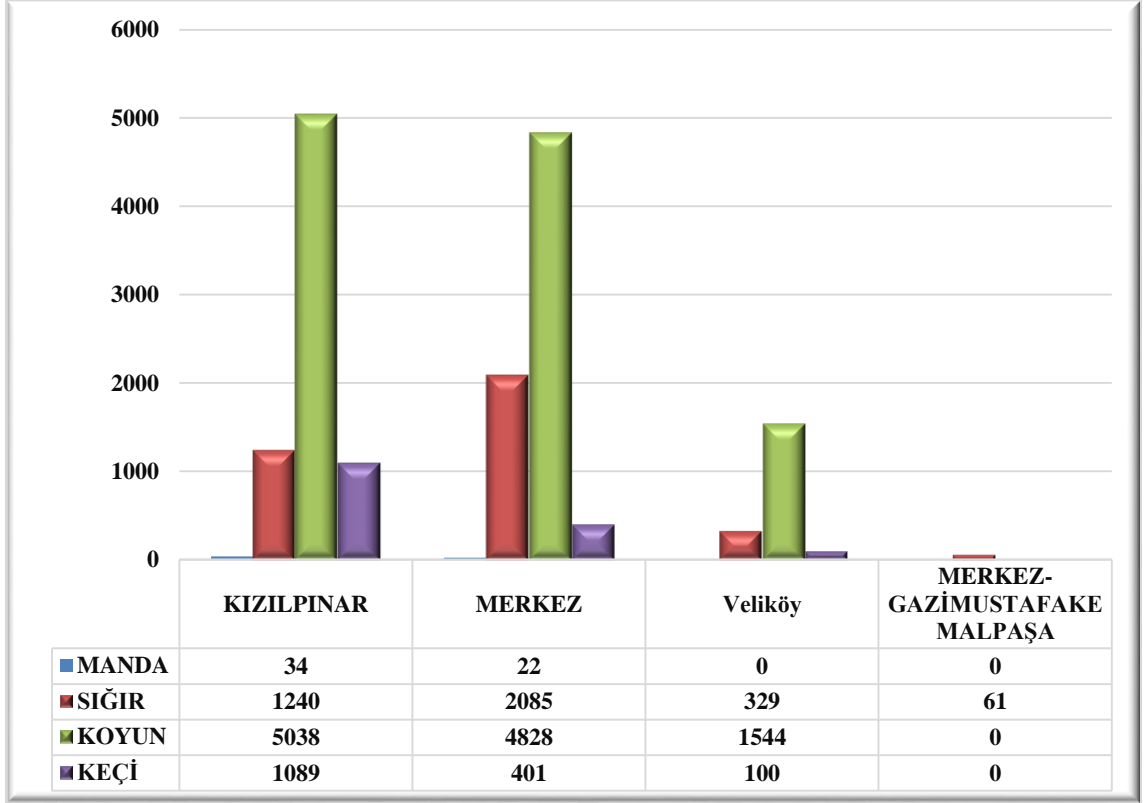
Ek 33- Şarköy İlçesi tüketim miktar tahmin grafiği (ton/yıl)



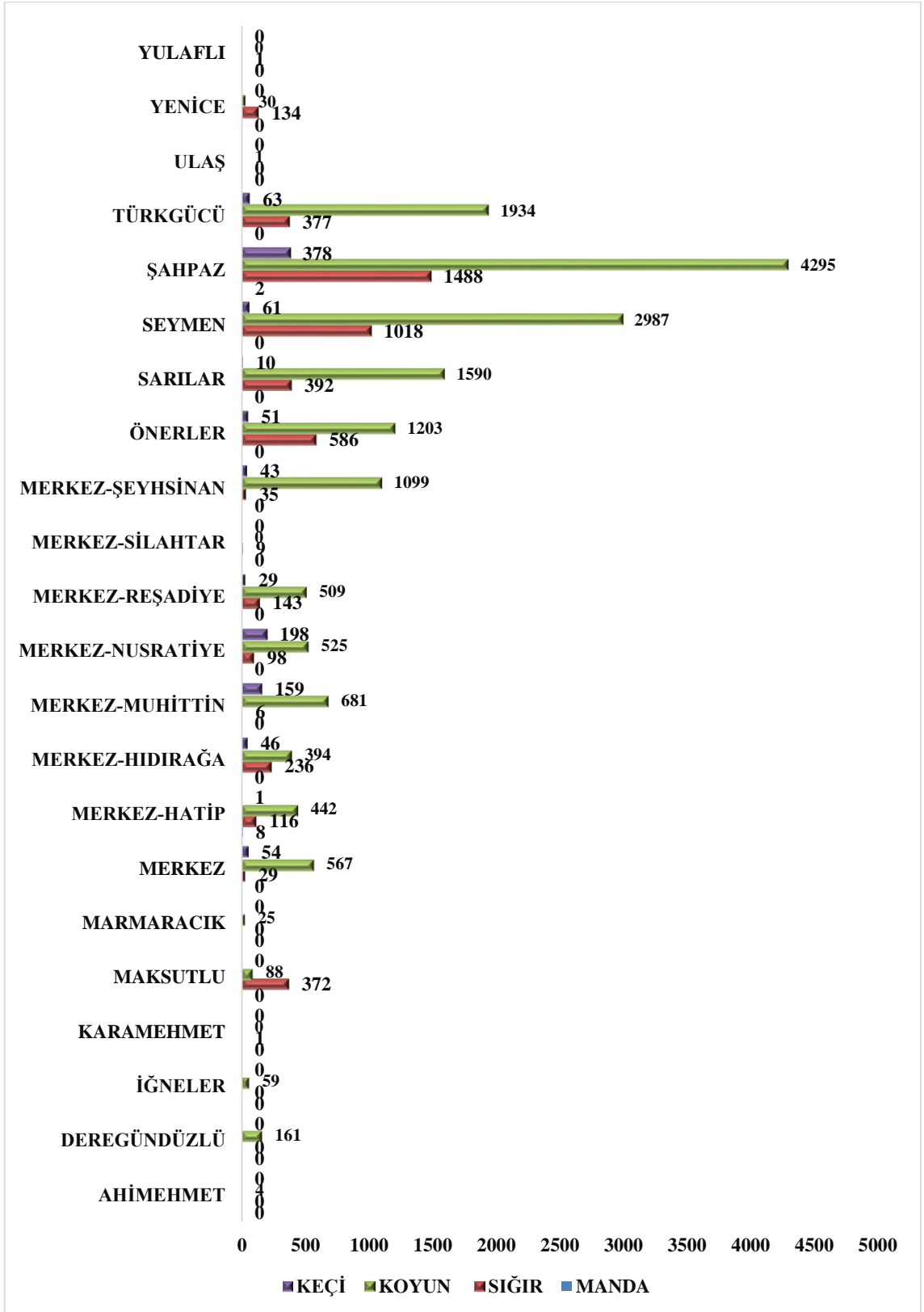
Ek 34- Şarköy İlçesi atık miktarı tahmin grafiği



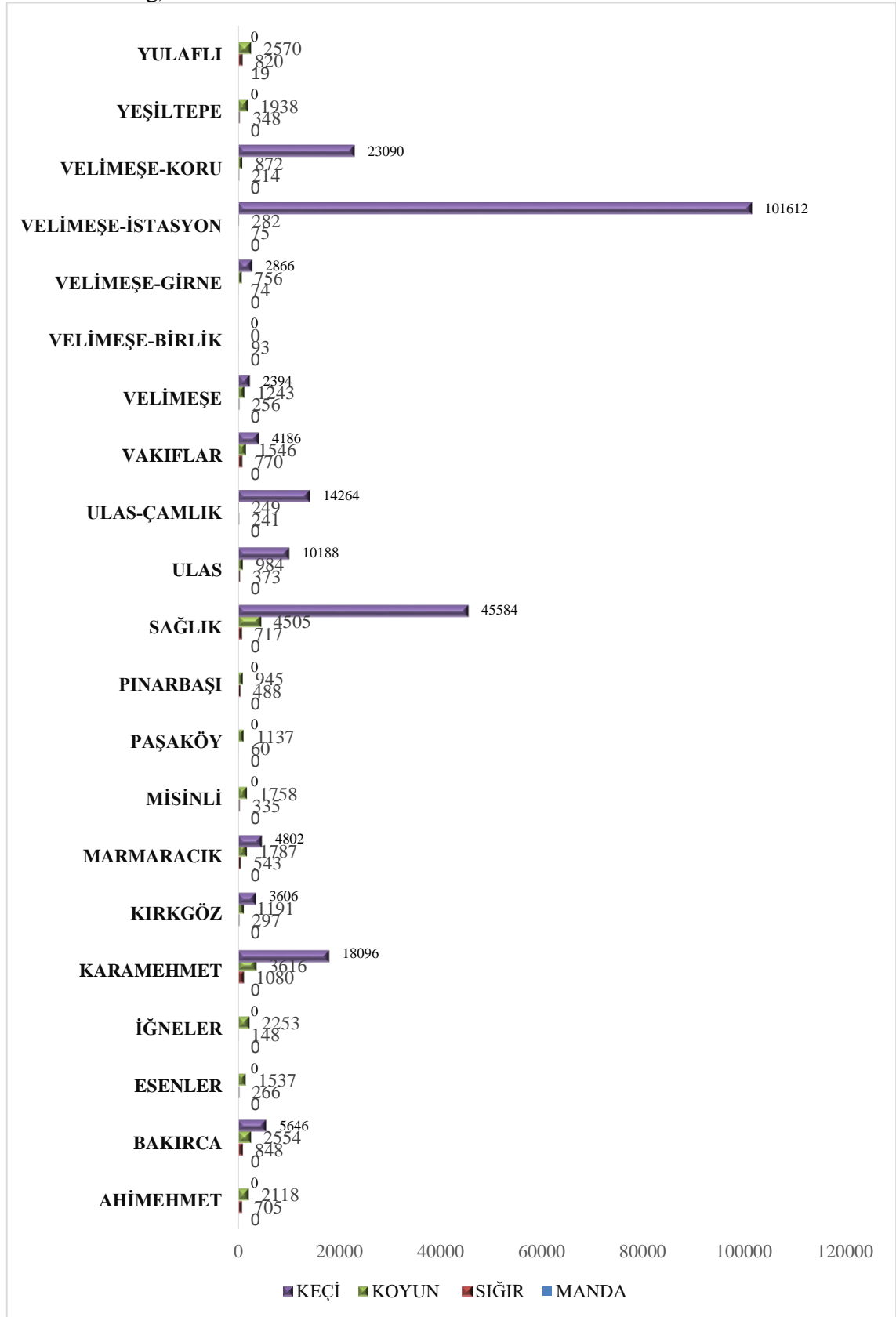
Ek 35- Çerkezköy İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları
(Anonim 2018g)



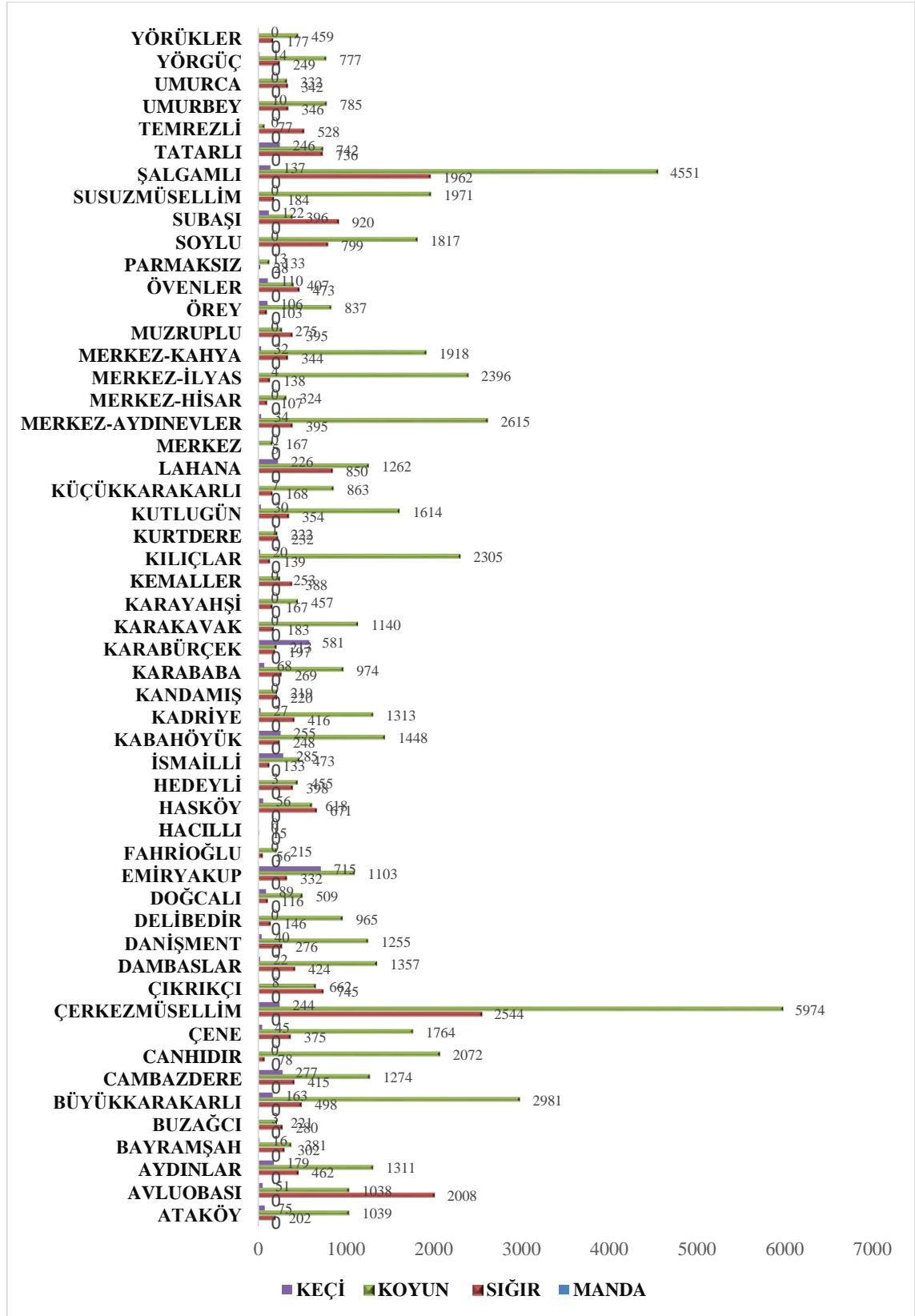
Ek 36- Çorlu İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları (Anonim 2018g)



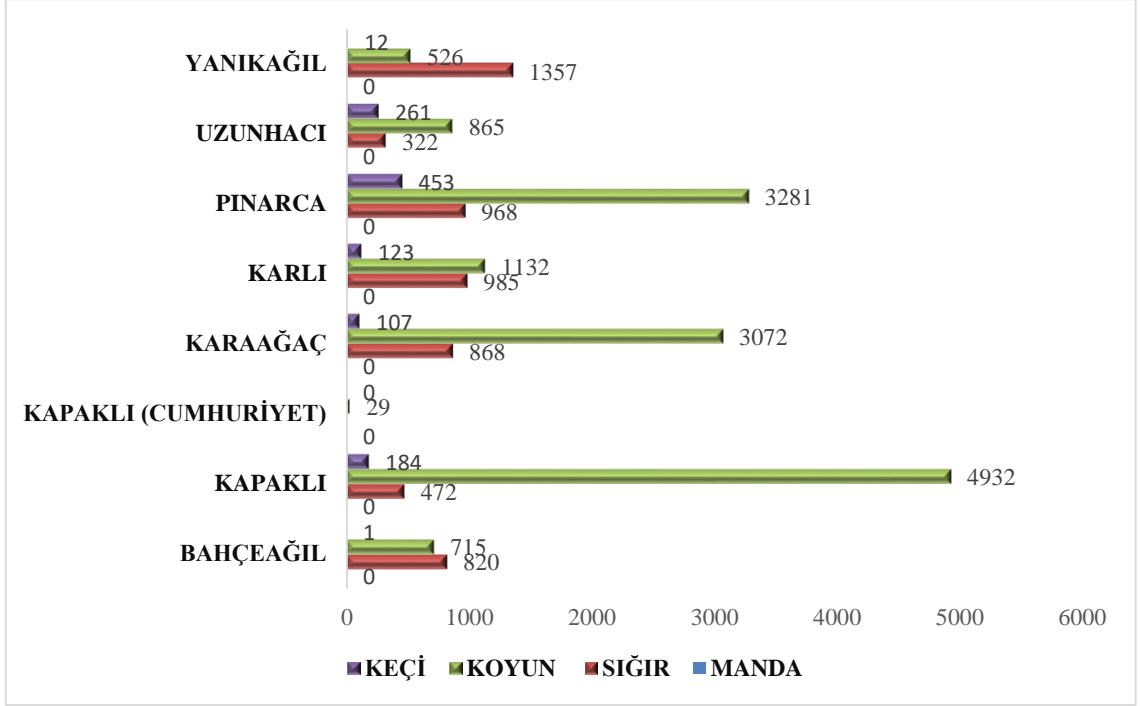
Ek 37- Ergene İlçesi mahalle bazında büyükbaş hayvan dağılımları (Anonim 2018g)



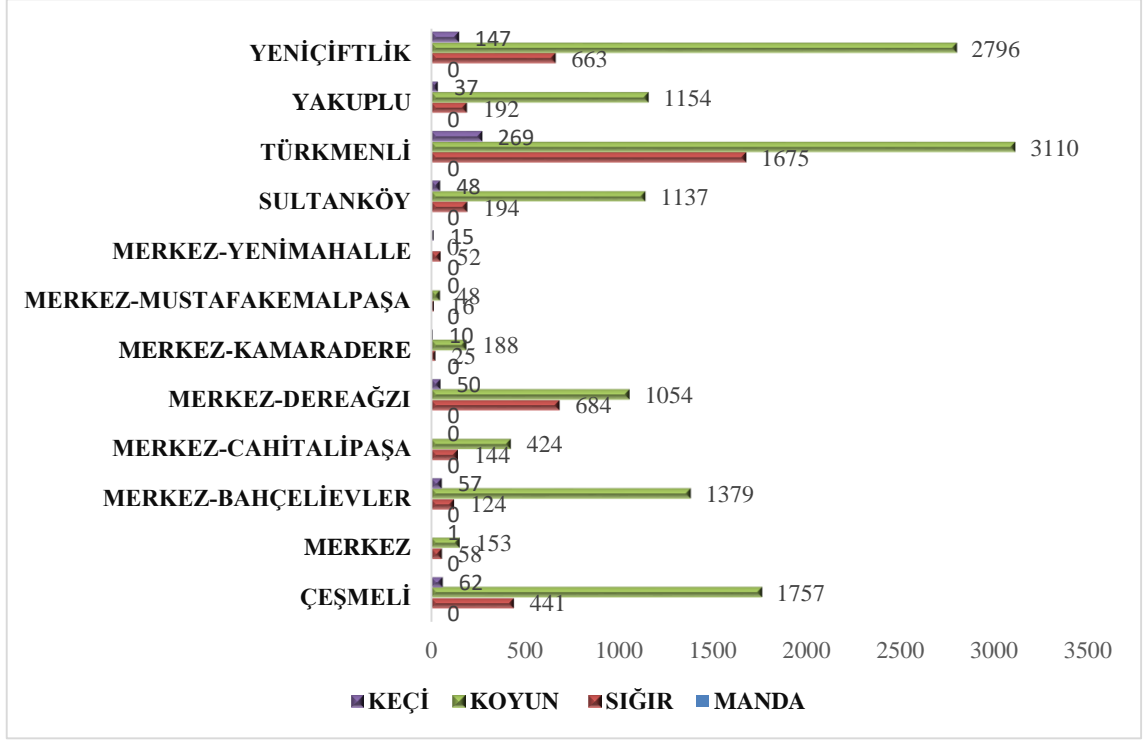
Ek 38- Hayrabolu İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları (Anonim 2018g)



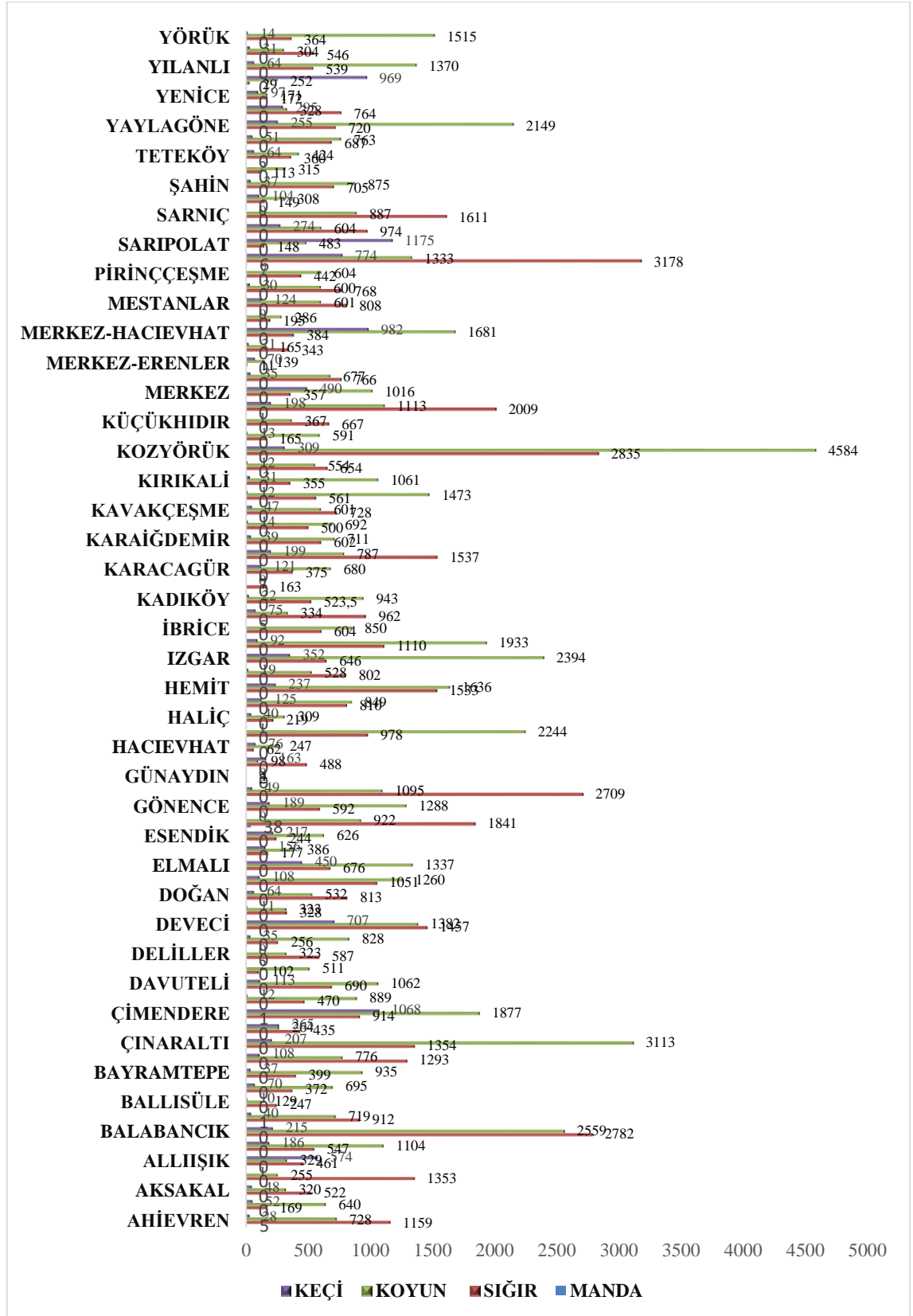
Ek 39- Kapaklı İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları
(Anonim 2018g)



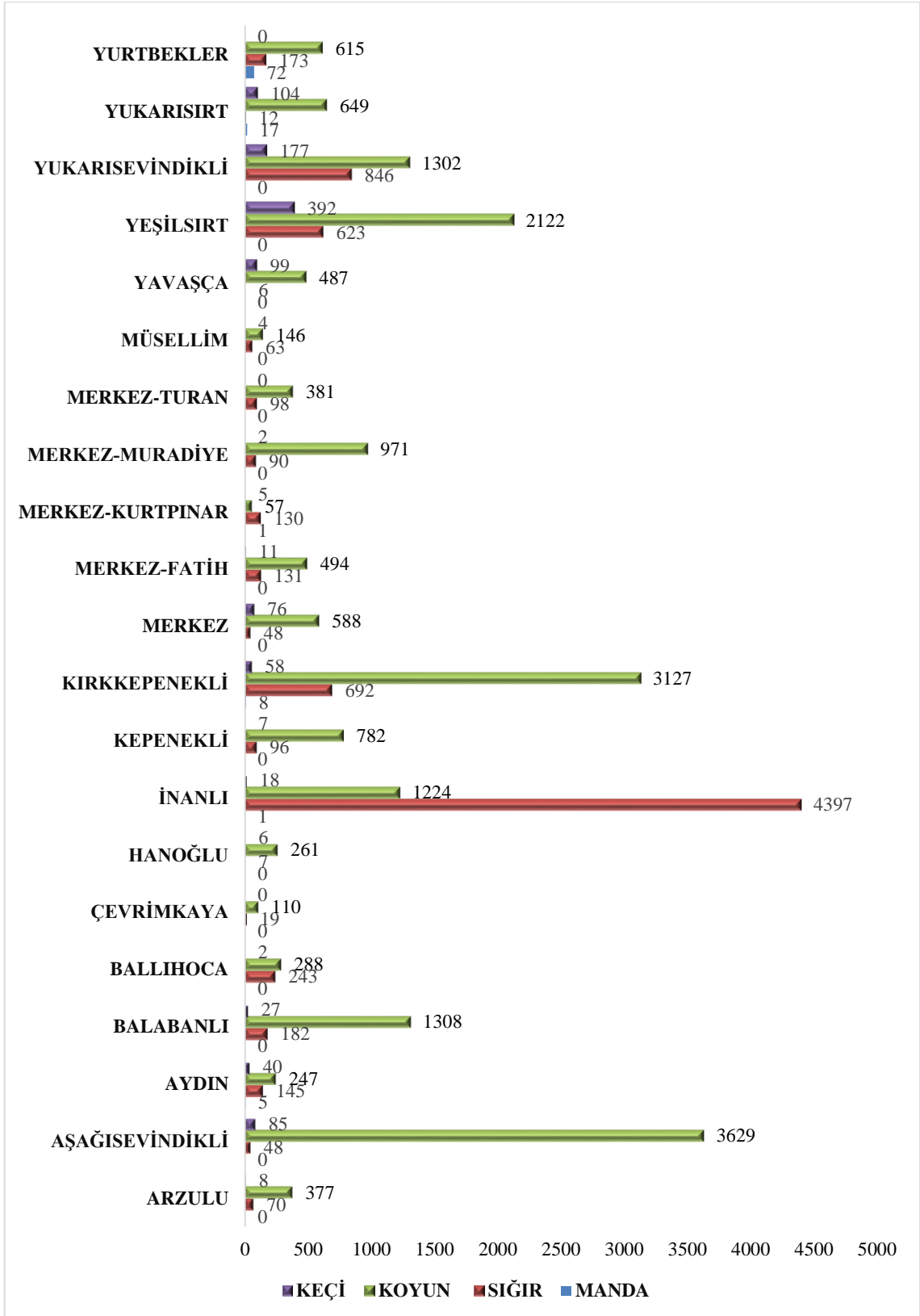
Ek 39- Marmara Ereğlisi İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları (Anonim 2018g)



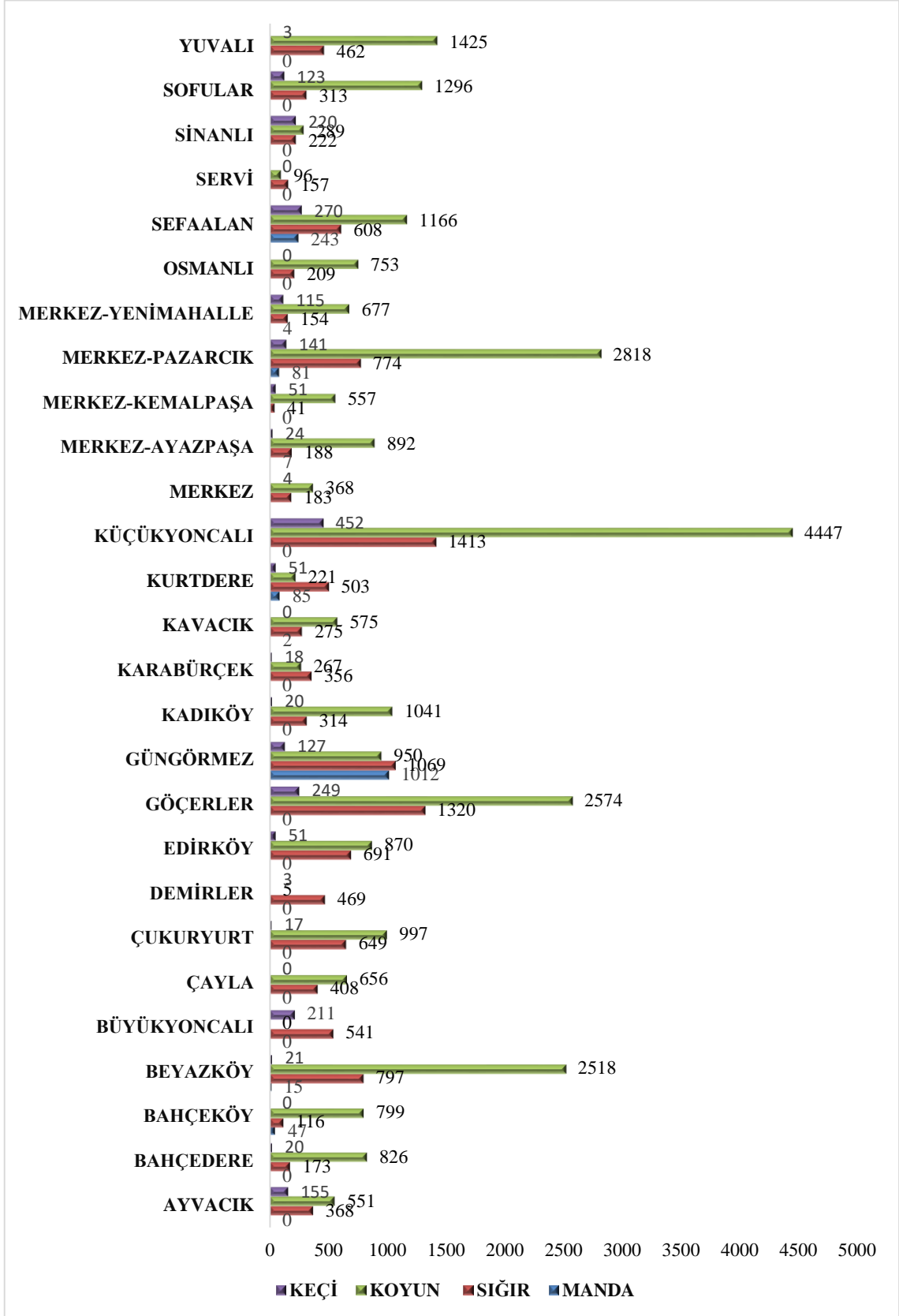
Ek 40- Malkara İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları
(Anonim 2018g)



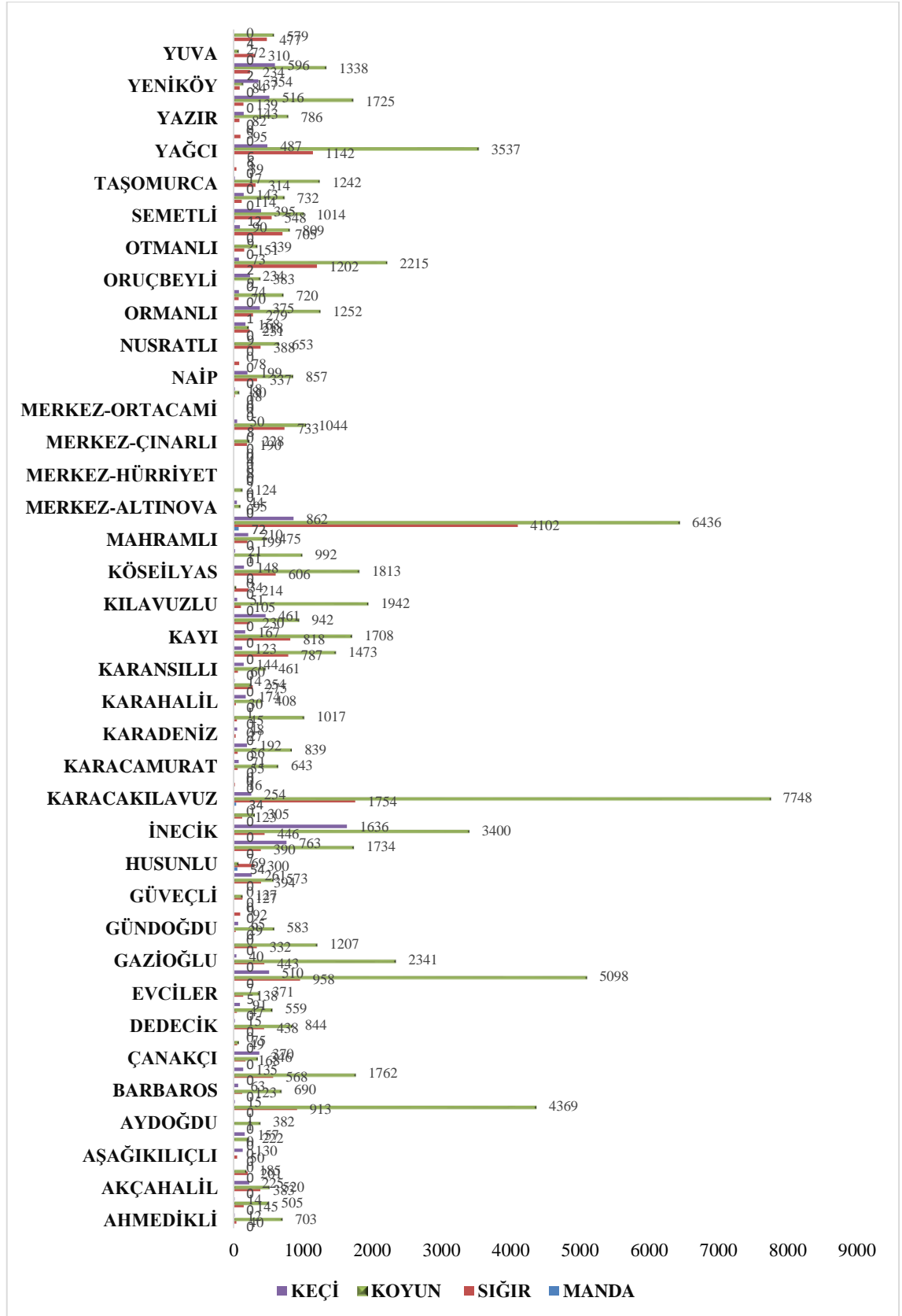
Ek 41- Muratlı İlçesi mahalle bazında büyükbaş hayvan dağılımları (Anonim 2018g)



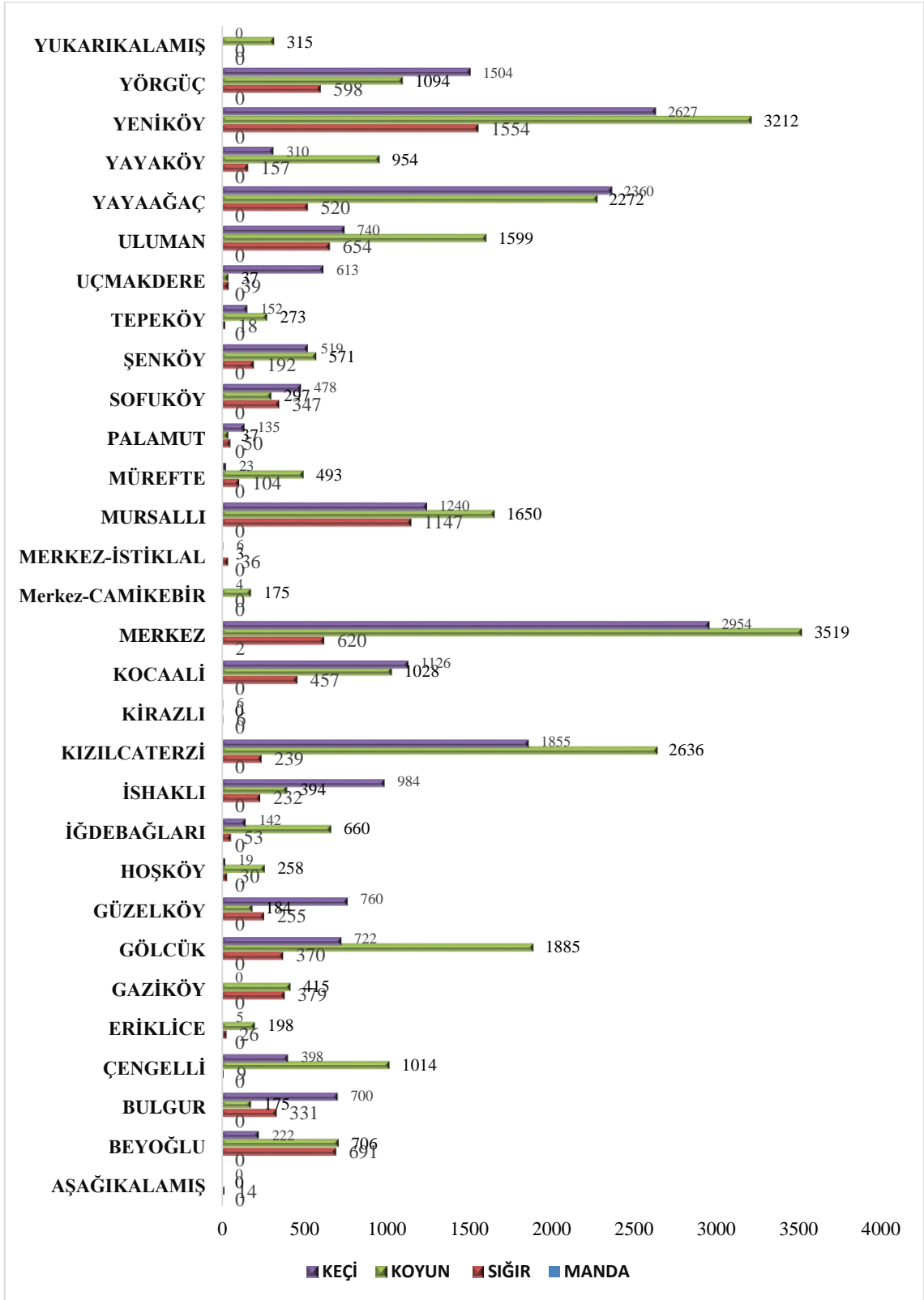
Ek 42- Saray İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları (Anonim 2018g)



Ek 43- Süleymanpaşa İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları
(Anonim 2018g)



Ek 44- Şarköy İlçesi mahalle bazında büyükbaş ve küçükbaş hayvan dağılımları (Anonim 2018g)



Ek 45- Tekirdağ İli yıllık toplam biyogaz üretim potansiyeli

İlçe	Küçükbaş hayvan sayısı		Büyükbaş hayvan sayısı		Hayvansal atık miktarı (ton/yıl)	Biyogaz (m ³ /yıl)	Metan (m ³ /yıl)	Enerji (Tep/yıl)	Elektrik potansiyeli (kWh/yıl)	Kurulu güç (MWe)
	Yavru	Yetişkin	Yavru	Yetişkin						
Çerkezköy	0	13000	365	438	24523,2	559039,806	335423,884	288,357	3352990,754	388,078
Çorlu	30	17762	516	4535	33147,7812	756618,186	453970,911	390,270	4538019,929	525,234
Ergene	73	34415	1157	8770	56573,4708	1311465,487	786879,292	676,464	7865865,013	910,401
Hayrabolu	2	63241	3017	19521	142791,0588	3194775,775	1916865,465	1647,891	19161522,166	2217,769
Kapaklı	4	15689	801	4991	36513,4068	814621,739	488773,043	420,188	4885911,753	565,499
Malkara	146	83691	8978	51014	376966,7442	8031361,040	4818816,624	4142,640	48170235,854	5575,259
Marmara Ereğlisi	2	13908	487	3781	27647,73	626651,011	375990,607	323,232	3758507,039	435,012
Muratlı	16	20270	1265	6958	51005,6496	1130020,826	678012,496	582,874	6777602,135	784,445
Saray	14	29966	2353	11916	87220,404	1909530,984	1145718,590	984,951	11452922,787	1325,570
Süleymanpaşa	665	85156	3173	21291	157115,8116	3593940,578	2156364,347	1853,783	21555619,830	2494,863
Şarköy	97	46561	1308	7822	59378,8248	1427185,461	856311,276	736,154	8559926,507	990,732
Toplam	1049	423659	23420	141037	1052884,082	23355210,892	14013126,54	12046,805	140079123,766	16212,862

Ek 46- Batı bölgesinde 10 km çap içinde kalan mahallere ait koordinat bilgileri ve toplam enerji potansiyeli

Nokta	İlçe adı	Mahalle	X koordinatı	Y koordinatı	Toplam enerji potansiyeli (Tj/yıl)
1	Malkara	Çınaraltı	4547441,98	489058,77	4,476
2	Malkara	Karacagür	4548561,31	492431,36	1,223
3	Hayrabolu	Şalgamlı	4546253,01	497178,22	6,469
4	Malkara	Hacısungur	4544556,85	500170,42	3,211
5	Malkara	Bağpınarı	4545116,66	504366,95	0,191
6	Malkara	Tekkeköy	4543711,96	486306,85	0,379
7	Malkara	Güneşli	4544931,98	489020,96	1,484
8	Malkara	Yörücek	4544482,34	491520,17	1,659
9	Malkara	Sarıyar	4540949,81	502624,84	3,000
10	Malkara	Şahin	4539387,68	487738,95	2,212
11	Malkara	Prinççeşme	4541151,61	490079,40	1,392
12	Malkara	Kiremitlik	4541597,67	491977,97	2,011
13	Malkara	Kozyörük	4539868,14	496112,49	9,073
14	Malkara	Evrenbey	4538721,27	493328,33	5,676
15	Malkara	Kırıkali	4537099,91	501806,17	1,206
16	Malkara	Karamurat	4536161,65	505120,39	1,577
17	Malkara	Kozyörük	4533020,76	503510,96	1,296
18	Malkara	Karaiğdemir	4536838,92	484220,31	1,885
19	Malkara	Sarnıç	4536415,92	489099,21	4,880
20	Malkara	Batkın	4536459,45	491731,37	1,208
21	Malkara	İbrice	4536442,82	494712,63	1,906
22	Malkara	Hasköy	4534054,17	485958,90	2,531
23	Hayrabolu	Yörgüç	4532912,77	493370,89	0,849
24	Malkara	Hacievat	4532971,18	499549,44	1,750
25	Malkara	Gazibey	4530031,83	488637,23	1,102
26	Malkara	İshakça	4531107,51	491388,91	2,897
27	Malkara	Çavuşköy	4529423,86	493561,35	3,942
28	Malkara	Kuyucu	4530562,50	496613,67	0,575

Ek 46'nın devamıdır					
29	Malkara	Küçükıdır	4526962,17	498049,16	2,021
30	Malkara	Kürtüllü	4528454,30	501633,59	6,116

Ek 47- Batı bölgesinde 20 km çap içinde kalan mahallere ait koordinat bilgileri ve toplam enerji potansiyeli

Nokta	İlçe adı	Mahalle	X koordinatı	Y koordinatı	Toplam enerji potansiyeli (TJ/yıl)
1	Malkara	Yenice	4526962,17	498049,16	0,546
2	Hayrabolu	Şalgamlı	4521907,95	493449,02	6,469
3	Malkara	Hacısungur	4522040,64	505403,80	3,211
4	Malkara	Bağpınarı	4524224,27	502723,93	0,191
5	Malkara	Tekkeköy	4532971,19	499549,44	0,379
6	Malkara	Güneşli	4536161,65	505120,39	1,484
7	Malkara	Yörücek	4530529,49	511498,90	1,659
8	Malkara	Sarıyar	4532912,77	493370,89	3,000
9	Malkara	Şahin	4530163,58	485634,26	2,212
10	Malkara	Prinççeşme	4534054,18	485958,90	1,392
11	Malkara	Kiremitlik	4540076,88	479506,19	2,011
12	Malkara	Kozyörük	4536491,33	478980,13	9,073
13	Malkara	Evrenbey	4533236,44	511057,11	5,676
14	Malkara	Kırıkali	4536442,83	494712,63	1,206
15	Malkara	Karamurat	4533020,77	503510,96	1,577
16	Malkara	Yürük	4528381,26	503456,92	1,296
17	Malkara	Karaiğdemir	4531079,20	479743,32	1,885
18	Malkara	Sarnıç	4536459,45	491731,37	4,880
19	Malkara	Batkın	4530562,51	496613,67	1,208
20	Malkara	İbrice	4540134,09	511947,96	1,906
21	Malkara	Hasköy	4533711,29	516838,45	4,608
22	Malkara	Hacievat	4536958,06	509443,33	1,750
23	Malkara	Gazibey	4535819,26	506707,71	1,102
24	Malkara	Çavuşköy	4528509,77	513097,35	3,942
25	Malkara	Kuyucu	4524482,24	499743,90	0,575
26	Malkara	Küçükheidir	4526368,35	511344,18	2,021
27	Malkara	Davuteli	4527148,66	478234,86	2,206
28	Malkara	Doluköy	4515879,00	495985,64	3,299

Ek 47'nin devamıdır					
29	Malkara	Demircili	4536932,06	516243,62	0,375
30	Malkara	Yılanlı	4531380,37	514405,90	1,798
31	Hayrabolu	Örey	4552437,36	511694,46	0,441
32	Hayrabolu	Tatarlı	4531107,51	491388,91	2,430
33	Hayrabolu	Susuzmüsellim	4529423,86	493561,35	0,830
34	Hayrabolu	Umurbey	4525658,10	492311,65	1,136
35	Hayrabolu	Soylu	4524103,97	511154,30	2,621
36	Hayrabolu	Delibedir	4541597,67	491977,97	0,571
37	Hayrabolu	Parmaksız	4536927,19	513062,02	0,104
38	Hayrabolu	Emiryakup	4544556,85	500170,42	1,244
39	Süleymanpaşa	Kazandere	4550772,85	514484,64	0,883
40	Hayrabolu	İsmailli	4544129,19	512673,27	0,503
41	Hayrabolu	Hacıllı	4548165,48	510309,17	0,044
42	Süleymanpaşa	Taşomurca	4541821,41	507845,20	1,109
43	Süleymanpaşa	Karansıllı	4530031,84	488637,23	0,265
44	Süleymanpaşa	Dedecik	4550991,35	505514,25	1,417
45	Süleymanpaşa	Evciler	4548114,99	504433,93	0,477
46	Süleymanpaşa	Mahramlı	4545116,66	504366,95	0,687
47	Süleymanpaşa	Develi	4554642,14	501539,02	0,687
48	Malkara	Kermeyan	4557230,48	500547,42	1,871
49	Malkara	İshakça	4560015,22	497772,99	2,897
50	Hayrabolu	Danişment	4554336,64	496466,33	1,002
51	Malkara	Vakfiğdemir	4551059,41	494737,36	2,145
52	Süleymanpaşa	Kınıklar	4521958,42	480442,34	0,636
53	Malkara	Kavakçeşme	4518946,22	494742,15	2,241
54	Malkara	Aksakal	4550860,23	499534,83	0,057
55	Malkara	Elmalı	4536415,92	489099,21	2,254
56	Malkara	Allışık	4537099,91	501806,17	0,134
57	Malkara	Sarıpolat	4553366,72	491013,80	0,678
58	Malkara	Danişment	4543711,96	486306,85	2,519
59	Malkara	Izgar	4541151,62	490079,40	2,305

Ek 47'nin devamıdır					
60	Malkara	Yaylaköy	4536838,93	484220,31	2,344
61	Malkara	Yaylagöne	4539699,97	482500,71	2,473
62	Hayrabolu	Karababa	4540985,85	502332,75	0,155
63	Hayrabolu	Cambazdere	4533316,33	508889,85	1,450
64	Malkara	Çınaraltı	4538721,28	493328,33	4,476
65	Malkara	Karacagür	4546297,02	478156,34	1,223
66	Hayrabolu	Yörgüç	4546212,34	475737,52	0,849
67	Süleymanpaşa	Otmanlı	4548561,31	492431,36	0,496
68	Süleymanpaşa	Selçuk	4547441,99	489058,77	2,210
69	Süleymanpaşa	Akçahalil	4539360,06	487879,38	1,238
70	Hayrabolu	Umurca	4520497,92	486425,75	1,057

Ek 48- Doğu bölgesinde 10 km çap içinde kalan mahallere ait koordinat bilgileri ve toplam enerji potansiyeli

Nokta	İlçe adı	Mahalle	X koordinatı	Y koordinatı	Toplam enerji potansiyeli (TJ/yıl)
1	Saray	Çayla	574297,26	4585355,94	1,648
2	Saray	Çukuryurt	572407,57	4587755,29	2,062
3	Saray	Kurtdere	568012,16	4586193,63	1,774
4	Saray	Karabürçek	566874,78	4593676,81	1,091
5	Saray	Sinanlı	566057,49	4583281,72	12,443
6	Saray	Demirler	563263,04	4589402,67	1,384
7	Saray	Göçerler	561890,34	4577306,26	4,304
8	Saray	Bahçedere	563492,40	4581267,05	0,633
9	Saray	Osmanlı	558799,92	4584576,09	0,726
10	Saray	Kadıköy	558614,32	4589947,99	1,080
11	Saray	Beyazköy	559074,75	4582439,13	2,764
12	Saray	Yuvalı	569350,85	4590132,32	1,570
13	Kapaklı	Karlı	572296,73	4582222,38	3,088
14	Kapaklı	Uzunhacı	569310,32	4579056,04	1,114
15	Ergene	Bakırca	564488,69	4575070,38	2,873

Ek 49- Doğu bölgesinde 20 km çap içinde kalan mahallere ait koordinat bilgileri ve toplam enerji potansiyeli

Nokta	İlçe adı	Mahalle	X koordinatı	Y koordinatı	Toplam enerji potansiyeli (TJ/yıl)
1	Saray	Kavacık	4594431,54	576075,07	0,901
2	Saray	Çayla	4585355,94	574297,26	1,648
3	Saray	Çukuryurt	4587755,29	572407,57	2,062
4	Saray	Edirköy	4593808,79	571438,62	2,172
5	Saray	Kurtdere	4586193,63	568012,16	1,774
6	Saray	Karabürçek	4593676,81	566874,78	1,091
7	Saray	Sinanlı	4583281,72	566057,49	12,443
8	Saray	Demirler	4589402,67	563263,04	1,384
9	Saray	Göçerler	4577306,26	561890,34	4,304
10	Saray	Bahçedere	4581267,06	563492,42	0,633
11	Saray	Osmanlı	4584576,01	558799,92	0,726
12	Saray	Kadıköy	4589947,94	558614,32	1,080
13	Saray	Sofular	4587169,06	554713,47	1,130
14	Saray	Küçük Yoncalı	4588855,47	584619,96	4,880
15	Saray	Büyükyoncalı	4582161,99	579655,97	1,626
16	Saray	Beyazköy	4582439,13	559074,75	2,764
17	Saray	Ayaspaşa	4587705,85	576839,01	1,302
18	Saray	Kemalpaşa	4590662,27	575075,58	0,209
19	Saray	Yeni	4591937,67	576119,52	0,581
20	Saray	Pazarcık	4592934,45	582194,57	2,952
21	Saray	Yuvalı	4590132,32	569350,85	1,570
22	Kapaklı	Yanıktaş	4574500,96	575549,18	4,080
23	Kapaklı	Bahçetaş	4578671,43	574504,89	2,523
24	Kapaklı	Karlı	4582222,38	572296,73	3,088
25	Kapaklı	Uzunhacı	4579056,04	569310,35	1,114
26	Kapaklı	İnönü	4577383,11	580296,69	0,000
27	Kapaklı	Bahçelievler	4576789,17	583162,93	0,000
28	Kapaklı	Cumhuriyet	4578987,99	583283,33	2,141

Ek 49'un devamıdır					
29	Kapaklı	Atatürk	4581083,63	582708,69	0,000
30	Kapaklı	İsmet Paşa	4575953,09	581322,84	0,000
31	Kapaklı	Karaağaç	4575286,86	579320,62	0,466
32	Kapaklı	Kazım Karabekir	4574232,92	580416,29	0,000
33	Kapaklı	Mimar Sinan	4571449,29	578590,42	0,000
34	Kapaklı	Fatih	4572334,32	577504,58	0,000
35	Ergene	Karamehmet	4573210,63	568506,23	6,349
36	Ergene	Yulaflı	4565621,45	569285,33	3,356
37	Ergene	Bakırca	4575070,38	564488,69	2,873
38	Ergene	Ahimehmet	4574465,61	556851,89	2,403
39	Ergene	Vakıflar	4569300,16	554209,63	3,105
40	Ergene	İğneler	4578671,66	551894,71	0,764
41	Ergene	Pınarbaşı	4582441,35	552766,87	1,577
42	Ergene	Paşaköy	4584950,79	551036,84	0,342
43	Ergene	Ulaş	4569191,39	561807,93	2,726
44	Ergene	Misinli	4573990,92	551202,65	1,244
45	Ergene	Marmaracık	4566001,25	564747,95	2,564
46	Çerkezköy	Yıldırım Beyazıt	4572301,85	581255,95	0,000
47	Çerkezköy	Gazi Osman Paşa	4574248,73	582444,47	0,000

Ek 50- Doğu bölgesinde 20 km çap içinde kalan mahallere ait koordinat bilgileri ve toplam enerji potansiyeli

Yük mesafe değerine göre sıralama	İlk sıralama numaraları	İlçe adı	Mahalle adı	X koordinatı	Y koordinatı	Toplam atık miktarı (kg/gün)	Mesafe (kuş uçuşu km)	Kuş uçuşu mesafe x toplam atık miktarı (kg/gün)
1	5	Saray	Kurtdere	4586193	568012	27754,5	2.800.361.405	17086717,14
2	18	Saray	Kemalpaşa	4590662	575075	2753,5	111.372.177	30666328,92
3	10	Saray	Bahçedere	4581267	563492	8179,5	3.920.684.124	32069235,79
4	11	Saray	Osmanlı	4584576	558799	9343,5	7.085.851.396	66206652,51
5	42	Ergene	Paşaköy	4584950	551036	4524	1.485.713.098	67213660,56
6	7	Saray	Sinanlı	4583281	566057	15422,5	110.790.839	775722630,62
7	25	Kapaklı	Uzunhacı	4579056	569310	14327	632.794.951	90660532,63
8	19	Saray	Yeni	4591937	576119	7509	1.272.713.687	95568070,78
9	8	Saray	Demirler	4589402	563263	17603,5	5.668.323.385	99782330,71
10	12	Saray	Kadıköy	4589947	558614	13897	9.158.111.596	127270276,8
11	6	Saray	Karabürçek	4593676	566874	13920	9.353.751.386	130204219,3
12	21	Saray	Yuvalı	4590132	569350	20181	6.720.868.471	135633846,6
13	2	Saray	Çayla	4585355	574297	16612	8.471.872.579	140734747,3
14	40	Ergene	İğneler	4578671	551894	10056	1.510.628.214	151908773,2
15	1	Saray	Kavacık	4594431	576075	11537,5	1.431.853.292	165200073,6
16	13	Saray	Sofular	4587169	554713	14575,5	1.151.316.625	167810154,6
17	17	Saray	Ayaspaşa	4587705	576839	16751	1.145.184.479	191829852
18	3	Saray	Çukuryurt	4587755	572407	26365,5	7.348.470.929	193746110,3
19	16	Saray	Beyazköy	4582439	559074	35528	7.077.920.599	251464363
20	24	Kapaklı	Karlı	4582222	572296	39447,5	6.765.708.019	266890267,1
21	41	Ergene	Pınarbaşı	4582441	552766	20190	1.325.782.079	267675401,7
22	15	Saray	Büyükyoncalı	4582161	579655	20709,5	1.394.981.451	288893683,7
23	44	Ergene	Misinli	4573990	551202	16078,5	1.798.195.276	289122827,4
24	4	Saray	Edirköy	4593808	571438	27754,5	1.094.763.102	303846025,2
25	23	Kapaklı	Bahçeagılı	4578671	574504	32182	1.033.801.238	332697914,5
26	37	Ergene	Bakırca	4575070	564488	36908	9.408.839.514	347261448,8
27	38	Ergene	Ahimehmet	4574465	556851	30881,5	1.340.772.393	414050626,6
28	9	Saray	Göçerler	4577306	561890	55146	8.118.301.854	447691874,1
29	28	Kapaklı	Cumhuriyet	4578987	583283	27990	1.821.607.381	509867905,9
30	45	Ergene	Marmaracık	4566001	564747	33590,5	1.840.902.227	618368262,6
31	31	Kapaklı	Karaağaç	4575286	579320	38908	1.622.312.439	631209323,8
32	20	Saray	Pazarcık	4592934	582194	37980,5	1.842.112.442	699643516,1
33	22	Kapaklı	Yanıkagıl	4574500	575549	51963,5	1.381.906.343	718086902,4
34	39	Ergene	Vakıflar	4569300	554209	40339	1.906.605.764	769105699,2

Ek 50'nin devamıdır								
35	36	Ergene	Yulaflı	4565621	569285	43052,5	1.906.024.462	820591181,5
36	35	Ergene	Karamehmet	4573210	568506	83961,5	1.146.920.228	962971427,5
37	43	Ergene	Ulaş	4569191	561807	74397	1.572.130.659	1,17E+09
38	14	Saray	Küçük Yoncalı	4588855	584619	62785,5	192.651.387	1,21E+09
39	26	Kapaklı	İnönü	4577383	580296	0	1.602.034.519	0
40	27	Kapaklı	Bahçelievler	4576789	583162	0	1.887.182.545	0
41	29	Kapaklı	Atatürk	4581083	582708	0	1.714.501.502	0
42	30	Kapaklı	İsmet Paşa	4575953	581322	0	1.758.760.029	0
43	32	Kapaklı	Kazım Karabekir	4574232	580416	0	1.772.336.325	0
44	33	Kapaklı	Mimar Sinan	4571449	578590	0	1.812.663.069	0
45	34	Kapaklı	Fatih	4572334	577504	0	1.673.489.065	0
46	46	Çerkezköy	Yıldırım Beyazıt	4572301	581255	0	195.476.496	0
47	47	Çerkezköy	Gazi Osman Paşa	4574248	582444	0	194.127.786	0

Ek 51- Doğu bölgesinde 10 km çap içinde kalan mahallere ait koordinat bilgileri, toplam atık miktarları, kuş uçuşu mesafeleri ve yük mesafe değerleri

Yük mesafe değerine göre sıralama	İlk sıralama numaraları	İlçe adı	Mahalle adı	X koordinatı	Y koordinatı	Toplam atık miktarı (kg/gün)	Mesafe (kuş uçuşu km)	Kuş uçuşu mesafe x toplam atık miktarı (kg/gün)
1	2	Saray	Çukuryurt	4587755	572407	12432,39	7348470,929	8047347,984
2	8	Saray	Bahçedere	4581267	563492	3463,71	3920684,124	13580112,81
3	9	Saray	Osmanlı	4584576	558799	4114,53	7085851,396	29154948,14
4	3	Saray	Kurtdere	4586193	568012	11095,72	2800361,405	31072026,05
5	14	Kapaklı	Uzunhacı	4579056	569310	6330,26	632794,951	40057565,66
6	6	Saray	Demirler	4589402	563263	8795,83	5668323,385	49857608,88
7	10	Saray	Kadıköy	4589947	558614	6163,36	9158111,596	56444738,68
8	12	Saray	Yuvalı	4590132	569350	9033,78	6720868,471	60714847,17
9	4	Saray	Karabürçek	4593676	566874	6749,1	9353751,386	63129403,48
10	1	Saray	Çayla	4585355	574297	7820,56	8471872,579	66254787,82
11	5	Saray	Sinanlı	4583281	566057	7263,55	110790,839	91359056,5
12	11	Saray	Beyazköy	4582439	559074	15885,14	7077920,599	112433759,6
13	13	Kapaklı	Karlı	4582222	572296	18795,05	6765708,019	127161820,5
14	15	Ergene	Bakırca	4575070	564488	16564,04	9408839,514	155848394,1
15	7	Saray	Göçerler	4577306	561890	25483,98	8118301,854	206886642,1

Ek 52- Batı bölgesinde 20 km çap içinde kalan mahallere ait koordinat bilgileri, toplam atık miktarları, kuş uçuşu mesafeleri ve yük mesafe değerleri

Yük mesafe değerine göre sıralama	İlk sıralama numaraları	İlçe adı	Mahalle adı	X koordinatı	Y koordinatı	Toplam atık miktarı (kg/gün)	Mesafe (kuş uçuşu km)	Kuş uçuşu mesafe x toplam atık miktarı (kg/gün)
1	12	Malkara	Kozyörük	4536491	478980	54428,43	17575,935	9861329,13
2	5	Malkara	Tekkeköy	4532971	499549	2201,17	37888,178	956630556,9
3	37	Hayrabolu	Parmaksız	4536927	513062	562,96	16637,261	92482640,7
4	43	Süleymanpaşa	Karansılı	4530031	488637	1282,3	94382,992	12102731,08
5	14	Malkara	Kırıkali	4536442	494712	6940,17	2166,391	15035121,88
6	36	Hayrabolu	Delibedir	4541597	491977	2988,4	78123,108	23346309,59
7	33	Hayrabolu	Susuzmüsellim	4529423	493561	3962,46	65178,098	25826560,44
8	19	Malkara	Batkın	4530562	496613	7173,9	46741,131	33531619,76
9	25	Malkara	Kuyucu	4524482	499743	3250,79	11228,216	36500572,07
10	29	Malkara	Demircili	4536932	516243	2045,88	19804,839	40518323,25
11	67	Süleymanpaşa	Otmanlı	4548561	492431	2921,73	13936,595	40718967,27
12	45	Süleymanpaşa	Evciler	4548114	504433	2779,53	15120,408	42027626,45
13	62	Hayrabolu	Karababa	4540985	502332	5314,67	8,820,866	43485090,15
14	46	Süleymanpaşa	Mahramlı	4545116	504366	3909,35	12622,804	49346959,62
15	40	Hayrabolu	İsmaili	4544129	512673	2690,83	18447,587	49639321,54
16	31	Hayrabolu	Örey	4552437	511694	2176,43	22944,112	49936254,51
17	57	Malkara	Sarıpolat	4553366	491013	3206,08	18946,27	60743258,85
18	38	Hayrabolu	Emiryakup	4544556	500170	6697,68	10013,457	67066930,98
19	23	Malkara	Gazibey	4535819	506707	6740,2	10212,711	68835716,67
20	34	Hayrabolu	Umurbey	4525658	492311	6694,2	10457,482	70004475,75
21	15	Malkara	Karamurat	4533020	503510	9558,56	73411,325	70170655,22
22	16	Malkara	Yürük	4528381	503456	7222,54	97575,786	70474502,06
23	69	Süleymanpaşa	Akçalil	4539360	487879	7374,95	9566,977	70555977,06
24	8	Malkara	Sarıyar	4532912	493370	18490,78	39066,879	72237705,66

Ek 52'nin devamıdır

25	6	Malkara	Güneşli	4536161	505120	9256,4	86586,579	80148001,18
26	42	Süleymanpaşa	Taşmurca	4541821	507845	6214,84	13108,583	81467746,86
27	52	Süleymanpaşa	Kınıklar	4521958	480442	4021,34	20844,459	83822658,59
28	10	Malkara	Prinççeşme	4534054	485958	8446,36	10618,878	89690866,39
29	32	Hayrabolu	Tatarlı	4531107	491388	14056,88	65791,727	92482640,7
30	55	Malkara	Elmalı	4536415	489099	13139,62	7505,341	98617329,13
31	63	Hayrabolu	Cambazdere	4533316	508889	8184,51	12525,871	102518116,7
32	50	Hayrabolu	Danişment	4554336	496466	5511,7	19101,053	105279273,9
33	39	Süleymanpaşa	Kazandere	4550772	514484	4677,28	23757,675	111121295,8
34	59	Malkara	Izgar	4541151	490079	12826,46	87389,748	112090110,3
35	66	Hayrabolu	Yörgüç	4546212	475737	4874,41	23495,821	114528264,9
36	70	Hayrabolu	Umurca	4520497	486425	6498,82	17858,78	116060999,7
37	22	Malkara	Hacievat	4536958	509443	9138,86	13046,277	119228102,3
38	58	Malkara	Danişment	4543711	486306	9046,76	13265,919	120013583,4
39	64	Malkara	Çınaraltı	4538721	493328	26250,7	47205,598	123917999,6
40	47	Süleymanpaşa	Develi	4554642	501539	6236,84	20047,754	125034632,9
41	4	Malkara	Bağpınarı	4524224	502723	10591,65	12642,431	133904205,7
42	18	Malkara	Sarnıç	4536459	491731	30436,87	4934,225	150182363,8
43	44	Süleymanpaşa	Dedecik	4550991	505514	8435,84	18146,778	153083314,1
44	65	Malkara	Karacağür	4546297	478156	7239,51	21430,676	155147592,4
45	54	Malkara	Aksakal	4550860	499534	9883,18	15914,746	157288303,6
46	9	Malkara	Şahin	4530163	485634	13455,87	12001,43	161489676,8
47	7	Malkara	Yörtücek	4530529	511498	10324,6	15708,488	162183858,4
48	60	Malkara	Yaylaköy	4536838	484220	14486,98	12395,091	179567440,7
49	20	Malkara	İbrice	4540134	511947	11547,3	16194,761	187005768,4
50	30	Malkara	Yılanlı	4531380	514405	10479,09	18304,542	191814943,9
51	68	Süleymanpaşa	Selçuk	4547441	489058	13452,49	14301,526	192391135,1

Ek 52'nin devamıdır

52	17	Malkara	Karaiğdemir	4531079	479743	11482,5	17275,363	198364353,4
53	61	Malkara	Yaylagöne	4539699	482500	14125,04	14704,945	207707940,9
54	51	Malkara	Vakfiğdemir	4551059	494737	13092,89	15923,129	208479782,6
55	26	Malkara	Küçükhdır	4526368	511344	12601,93	17281,249	217777094,2
56	11	Malkara	Kiremitlik	4540076	479506	12409,66	17680,648	219410827,6
57	53	Malkara	Kavakçeşme	4518946	494742	13818,48	16384,776	226412698,4
58	48	Malkara	Kermeyan	4557230	500547	10904,85	22362,23	243856761,5
59	27	Malkara	Davuteli	4527148	478234	13243	19986,203	264677282,2
60	35	Hayrabolu	Soylu	4524103	511154	15453,67	18393,99	284254653,5
61	3	Malkara	Hacısungur	4522040	505403	18921,2	15911,495	301064588,6
62	21	Malkara	Hasköy	4533711	516838	15440,74	20384,05	314744820,2
63	28	Malkara	Doluköy	4515879	495985	20061,93	19363,146	388462073,9
64	24	Malkara	Çavuşköy	4528509	513097	24473,59	17897,89	438025625,5
65	49	Malkara	İshakça	4560015	497772	18143,84	24812,064	450186119,7
66	2	Hayrabolu	Şalgamlı	4521907	493449	38006,38	13675,212	519745310,5
67	13	Malkara	Evrenbey	4533236	511057	35470,97	14682,715	520810139,9
68	41	Hayrabolu	Hacılı	4548165	510309	281,25	18909,514	95663055,9
69	56	Malkara	Allışık	4537099	501,806	8878,53	496012,7	95518099,5
70	1	Malkara	Yenice	4526962	498049	1186084,8	84147,474	95500229,3

Ek 53- Batı bölgesinde 10 km çap içinde kalan mahallere ait koordinat bilgileri, toplam atık miktarları, kuş uçuşu mesafeleri ve yük mesafe değerleri

Yük mesafe değerine göre sıralama	İlk sıralama numaraları	İlçe adı	Mahalle adı	X koordinatı	Y koordinatı	Toplam atık miktarı (kg/gün)	Mesafe (kuş uçuşu km)	Kuş uçuşu mesafe x toplam atık miktarı (kg/gün)
1	19	Malkara	Sarnıç	4536415	489099	30436,87	3788,818	4722685,558
2	28	Malkara	Kuyucu	4530562	496613	3250,79	4674,113	15194560,03
3	23	Hayrabolu	Yörgüç	4532912	493370	4874,41	3906,688	19042798,35
4	21	Malkara	İbrice	4536442	494712	11547,3	2166,391	25015966,89
5	6	Malkara	Tekkeköy	4543711	486306	2201,17	13265,92	29200542,43
6	20	Malkara	Batkın	4536459	491731	7173,9	4934,225	35397636,47
7	15	Malkara	Kırıkali	4537099	501806	6940,17	5613,512	38958730,07
8	25	Malkara	Gazibey	4530031	488637	6479,61	9438,299	61156497,95
9	11	Malkara	Prinççeşme	4541151	490079	8446,36	8738,975	73812526,92
10	16	Malkara	Karamurat	4536161	505120	9558,56	8658,658	82764301,26
11	12	Malkara	Kiremitlik	4541597	491977	12409,66	7812,311	96948120,81
12	2	Malkara	Karacagür	4548561	492431	7239,51	13936,59	100894117,8
13	29	Malkara	Küçükhdır	4526962	498049	12601,93	8414,747	106042057,1
14	8	Malkara	Yörücek	4544482	491520	10324,6	10507,95	108490418,3
15	7	Malkara	Güneşli	4544931	489020	9217,86	12252,65	112943236,8
16	26	Malkara	İshakça	4531107	491388	18143,84	6579,173	119371456,2
17	10	Malkara	Şahin	4539387	487738	13455,87	9705,907	130601424,4
18	5	Malkara	Bağpınarı	4545116	504366	10591,65	12622,8	133696324,2
19	18	Malkara	Karağdemir	4536838	484220	11482,5	12395,09	142326636,6
20	9	Malkara	Sarıyar	4540949	502624	18490,78	8367,71	154725478,5
21	27	Malkara	Çavuşköy	4529423	493561	24473,59	6517,81	159514203,6
22	22	Malkara	Hasköy	4534054	485958	15440,74	10618,88	163963334,3
23	14	Malkara	Evrenbey	4538721	493328	35470,97	4720,56	167442835,7
24	4	Malkara	Hacısungur	4544556	500170	18921,2	10013,46	189466623,4
25	24	Malkara	Hacievat	4532971	499549	1246,48	7505,341	228439089,3
26	13	Malkara	Kozyörük	4539868	496112	54428,43	4650,149	253100334,4
27	30	Malkara	Kürtüllü	4528454	501633	38009,61	8498,049	323007546,6
28	1	Malkara	Çınaraltı	4547441	489058	26250,7	14301,53	375425067,7
29	17	Malkara	Kozyörük	4533020	503510	54428,43	7341,132	39956631,5
30	3	Hayrabolu	Şalgamlı	4546253	497178	37371,2	11038,17	412509685,9

Ek 54- İç verim oranı karlılık analizi

Yıllar	4 MW'lık Batı-1 tesisi		2.5 MW'lık Batı-2 tesisi		2.8 MW'lık Doğu-1 tesisi		1.2 MW'lık Doğu-2 tesisi	
	Nakit akışı	Bugünkü değer	Nakit akışı	Bugünkü değer	Nakit akışı	Bugünkü değer	Nakit akışı	Bugünkü değer
0	-24075928	-24075928	-17261469	-17261469	-20006967	-20006967	-17261469	-17261469
1	11096821	7604106	5711041	4306790	6937717	5167422	5711041	4306790
2	11096821	5210721	5711041	3247821	6937717	3848852	5711041	3247821
3	11096821	3570651	5711041	2449235	6937717	2866741	5711041	2449235
4	11096821	2446792	5711041	1847009	6937717	2135236	5711041	1847009
5	11096821	1676666	5711041	1392860	6937717	1590388	5711041	1392860
6	11096821	1148937	5711041	1050378	6937717	1184569	5711041	1050378
7	11096821	787310	5711041	792108	6937717	882303	5711041	792108
8	11096821	539505	5711041	597341	6937717	657166	5711041	597341
9	11096821	369696	5711041	450465	6937717	489477	5711041	450465
10	11096821	253335	5711041	339703	6937717	364577	5711041	339703
11	11096821	173598	5711041	256176	6937717	271548	5711041	256176
12	11096821	118958	5711041	193186	6937717	202257	5711041	193186
13	11096821	81516	5711041	145685	6937717	150647	5711041	145685
14	11096821	55859	5711041	109863	6937717	112207	5711041	109863
15	11096821	38277	5711041	82850	6937717	83575	5711041	82850
Net bugünkü değer		0		0		0		0
İç verim oranı (%)		46		33		34		33
10 yıllık tahvil oranı(%)		20,64		20,64		20,64		20,64
Faiz oranı(%)		10		10		10		10

ÖZGEÇMİŞ

Verda ÜÇGÜL, 1992 yılında Tekirdağ İli'nde doğdu. Lise eğitimini 2010 yılında Tekirdağ Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı. Lisans eğitimini 2014 yılında tamamladı ve 2015 yılında Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. 2014-2018 yıllarında Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Atık Yönetimi Müdürlüğünde Endüstri Mühendisi olarak, 2018 yılı Nisan ayından itibaren İnsan Kaynakları ve Eğitim Dairesi Başkanlığı Kurumsal Mükemmellik ve Yönetim Sistemleri Şube Müdürlüğünde Kalite Mühendisi olarak görev yapmaktadır.