

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOCAELİ İLİ HAYVANSAL ATIKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR
YÖNETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan AKSÖZ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

EKİM 2024

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOCAELİ İLİ HAYVANSAL ATIKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR
YÖNETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan AKSÖZ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nurtaç ÖZ

EKİM 2024

Serkan AKSÖZ tarafından hazırlanan “Kocaeli İli Hayvansal Atıklarının Sürdürülebilir Yönetimi” adlı tez çalışması 04.10.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Prof. Dr. Ömer Hulusi DEDE Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof. Dr. Nurtaç ÖZ (Danışman) Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Doç. Dr. Meral YURTSEVER Sakarya Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “KOCAELİ İLİ HAYVANSAL ATIKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİMİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(04/10/2024).

Serkan AKSÖZ





Eşime ve çocuklarıma,



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Nurtaç ÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez savunma jürisinde yer alan ve çalışmamın niteliğine katkı sunan, Doç.Dr.Meral YURTSEVER ve Prof. Dr. Ömer Hulusi DEDE hocalarıma teşekkür ederim.

Bu süreçte maddi manevi desteğini üzerimden eksik etmeyen, tez çalışmam sırasında moral ve motivasyon kaynağım olan biricik eşim Zübeyde AKSÖZ'e ve canım kızlarım Ebrar AKSÖZ ve Elvin AKSÖZ'e özverileri ve sabırları nedeniyle müteşekkirim.

Eğitim hayatımda desteğini her daim hissettiğim ve değerli katkıları olan annem Sevgi AKSÖZ, babam Ahmet AKSÖZ, kardeşlerim Ertan AKSÖZ ve Volkan AKSÖZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Serkan AKSÖZ



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. BİYOGAZ VE KOMPOST	13
2.1. Biyogaz	13
2.2. Kompost	16
3. LİTERATÜR TARAMASI	19
4. MATERYAL VE YÖNTEM	61
4.1. Materyal	61
4.1.1. Kocaeli ili tarımsal nüfus dağılımı	63
4.1.2. Kocaeli ili arazi dağılımı	64
4.1.3. Kocaeli ili tarımsal arazi dağılımı	65
4.1.5. Kocaeli ili küçükbaş hayvancılık işletmeleri dağılımı	69
4.1.6. Kocaeli ili kanatlı hayvancılık işletmelerinin dağılımı	71
4.2. Yöntem	74
4.2.1. Toplam yaş atık potansiyeli (TYAP), teorik atık potansiyelinin (TAP) ve kullanılabilir atık potansiyelinin belirlenmesi	76
4.2.2. Teorik (TAP) ve Kullanılabilir Atık Potansiyeli	79
5. BULGULAR VE SONUÇLAR	83
5.1. Biyogaz ve Kompost Tesis Kurulumu ve Karşılaştırılması	83
5.1.1. Biyogaz tesis kurulumu ve maliyeti	83
5.1.2. Kompost tesisi	86
5.1.3. Finansal Analiz	89
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	95
KAYNAKLAR	99
ÖZGEÇMİŞ	105



KISALTMALAR

AD	: Anaerobik Sindirim
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AW	: Tarımsal Atık
AWM	: Tarımsal Atık Yönetimi
BHS	: Büyükbaş hayvan sayısı (adet)
BM	: Birleşmiş Milletler
BM-SKH	: Birleşmiş Milletler - Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
CCS	: Karbon Yakalama ve Depolama
CF	: Kontratlı Tarım
CLBCR	: Mahsul-Hayvancılık-Biyogaz-Mahsul Geri Dönüşüm Sistemi
CSTR	: Tamamen Karıştırılan Tank Reaktörü
CVM	: Koşullu Değerleme Yöntemi
EPBT	: Enerji Geri Ödeme Süresi
FA	: Gübrelerin Tarlaya Doğrudan Uygulanması
GBAM	: Günlük Büyükbaş Atık Miktarı (kg)
GKAM	: Günlük Kanatlı Atık Miktarı (kg)
GKBAM	: Günlük Küçükbaş Atık Miktarı (kg)
KBHS	: Küçükbaş Hayvan Sayısı (adet)
KHS	: Kanatlı Hayvan Sayısı (adet)
LCA	: Yaşam Döngüsü Analizi
MSW	: Belediye Katı Atıkları
NUE	: Nitrojen Kullanım Verimliliği
PUE	: Fosfor Kullanım Verimliliği
PF	: Piston Akışlı Reaktör
QGIS	: Quantum Gis - Coğrafi Bilgi Sistemi Programı
SDG	: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SSD	: Sıcak Buhar Kurutma Teknolojisi
TAP	: Hayvan cinsine bağlı olarak (bb-büyükbaş, kb-küçükbaş, k-kanatlı ve t-toplam) kuru madde cinsinden teorik atık potansiyeli (t/yıl)
TAYS	: Tarımsal Atık Yönetim Sistemi

TG	: Teragram (10^{12} gr)
TKMO	: Hayvan cinsine bağılı olarak (bb-büyükbaş, kb-küçükbaş, k-kanatlı ve t-toplam) atığın kuru madde oranı
TYAP	: Hayvan cinsine bağılı olarak (bb-büyükbaş, kb-küçükbaş, k-kanatlı ve t-toplam) toplam yaş atık potansiyeli (t/yıl),
UN	: Birleşmiş Milletler
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
WTE	: Atıktan Enerji Elde Etme Yöntemleri
3R	: Azalt, Yeniden kullan ve Geri dönüştür



SİMGELER

BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı [mg/l]
C/N	: Karbon Azot Oranı
H	: Yükseklik [m]
Ha	: Hektar [m ²]
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı [mg/l]
K	: Potasyum
KWh	: Kilowatt Saat
MWh	: Megawatt Saat
N	: Azot
P	: Fosfor
PM_{2.5}	: Çapı 2.5 mikrometreden küçük partikül madde
R	: Çap [m]
T	: Zaman [saat]
N₂O	: Nitröz Oksit
CH₄	: Metan
NH₄-N	: Amonyum Nitrat
pH	: Hidrojen Potansiyeli
NH₃	: Amonyak
N₂O	: Nitroz oksit
NO_x	: Azot Oksitler
N₂	: Nitrojen
CO₂	: Karbondioksit
H₂O	: Su
H₂S	: Hidrojen sülfür
CO	: Karbon Monoksit



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. (Kocaeli Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2018 Yılı Faaliyet Raporu, 2018)	64
Tablo 4.2. Kocaeli ili büyükbaş hayvancılık işletmeleri (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024)	66
Tablo 4.3. Kocaeli ili büyükbaş hayvancılık işletme büyüklükleri (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024)	67
Tablo 4.4. Kocaeli ili küçükbaş hayvancılık işletme büyüklükleri	70
Tablo 4.5. Kocaeli ili küçükbaş hayvancılık işletme sayıları	71
Tablo 4.6. Kocaeli ili kümes hayvancılık işletme büyüklükleri	72
Tablo 4.7. Hayvan cinsine göre atık özellikleri ve biyogaz verimleri (Salihoğlu, Teksoy, & Altan, 2019)	74
Tablo 4.8. Katı madde oranı ile alakalı ildeki işletmelerden örneklem usulü ile alınan numunelerin analiz durumu	75
Tablo 4.9. Kocaeli iline ait 12 ilçede bulunan hayvan cinslerine göre hayvan sayıları	76
Tablo 4.10. Hesaplamaların tüm ilçeler için yapılması sonucu çıkan atık miktarları	78
Tablo 4.11. Tüm ilçeler için yapılması sonucunda elde edilen özet	81
Tablo 5.1. Tesis Bilgileri ve Toplam Maliyetleri	85
Tablo 5.2. Tesis Toplam Maliyetleri	86
Tablo 5.3. Kompost Tesisinde Temel Parametreler	88
Tablo 5.4. Sabit Ürün Giderleri	89
Tablo 5.5. Tesis İnşaat Maliyeti	91
Tablo 5.6. Tek Katlı Sanayi Yapıları 2.Sınıf İnşaat Betonarme Karkasın Yaklaşık Maliyetleri	91
Tablo 5.7. İdari Bina İçin Yaklaşık Maliyet	92
Tablo 5.8. Kullanılacak Makinaların Yıllık Enerji Maliyeti	92
Tablo 5.9. Toplam Sabit Yatırım Tutarı	93
Tablo 5.10. İşletme Giderleri	93



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Sürdürülebilirliğin Boyutları (Can Ö. , 2017).	2
Şekil 1.2. Sürdürülebilir Kalkınma İçin Küresel Amaçlar (Küresel Amaçlar, 2015)..	2
Şekil 1.3. Katı Atık Yönetimi Sağlamanın Anahtarı (Wasteaid, 2016).....	4
Şekil 1.4. Entegre Katı Atık Yönetim Hiyerarşisi (Sıfır Atık Rehberi, 2018).....	5
Şekil 1.5. Tümüleşik katı atık yönetim teknolojileri (Tolay, 2018)	6
Şekil 1.6. Tarımsal Atık Üretimi (Koul, 2021).....	7
Şekil 1.7. Sürdürülebilir Tarımsal Atık Yönetimi (Koul, 2021).....	8
Şekil 1.8. Türkiye'de hayvansal kaynaklı atık miktarı potansiyelinin illere göre dağılımları (Avcioglu, (2012)).....	8
Şekil 1.9. Hayvancılıkta ve işletmelerde üretim aşamaları arasındaki bağlantı (Şengül, Saner, & Bayraktar, 2023)	11
Şekil 2.1. Metan oluşum süreci (Alvarez, 2003)	14
Şekil 2.2. Organik maddelerin anaerobik şarılarda sindirilmesi. (Öztürk M. , Hayvan Gübresinden Biogaz Üretimi , 2017)	14
Şekil 2.3. Kompostlaştırma İşlemi (Öztürk M. , Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi, 2017)	17
Şekil 4.1. Türkiye Tarım Havzaları (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2010)	61
Şekil 4.2. Güney Marmara Havzası (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2010)	62
Şekil 4.3. Batı Karadeniz Havzası (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2010)	63
Şekil 4.4. Kocaeli Yüzölçümü Dağılımı (Kocaeli İl Tarım Müdürlüğü, 2018).....	65
Şekil 4.5. Kocaeli İli Arazi Dağılımı (Kocaeli İl Tarım Müdürlüğü, 2018).....	65
Şekil 4.6. Kocaeli İli Büyükbaş Hayvancılık İşletme Büyüklükleri (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024).....	68
Şekil 4.7. Kocaeli ili büyükbaş hayvan sayıları dağılımı (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024)	69
Şekil 4.8. Kocaeli ili küçükbaş hayvan sayıları dağılımı.....	69
Şekil 4.9. Kocaeli ili küçükbaş hayvancılık işletme büyüklükleri.....	70
Şekil 4.10. Kocaeli ili kümes hayvanları sayıları	73
Şekil 4.11. Kocaeli ili kümes hayvanı ilçelerdeki işletme sayıları.....	73
Şekil 4.12. İlçe-Toplam Yaş Atık Potansiyeli (t) yoğunluk haritası.....	79
Şekil 4.13. Kullanılabilir atık yoğunluk haritası.....	82



KOCAELİ İLİ HAYVANSAL ATIKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİMİ

ÖZET

Fosil yakıtların tükenme sürecine girdiği günümüzde hayvan atıklarının enerji potansiyelinden yararlanılabilmektedir. Uygulanan teknolojiler ile hayvan atıklarının çevreye olan zararları minimum düzeye indirilirken enerji elde etmek ve hayvan atıklarının gübre özelliklerinden yararlanmak mümkündür. Kocaeli ilindeki hayvancılık sonucu zaman içinde artmaya devam eden hayvan atıklarından kaynaklanan çevre sorunlarına çözüm üretmek amacıyla sürdürülebilir kalkınmaya ulaşma, tarımsal faaliyetlerin sürekliliği, kırsal hayat kalitesinin yükseltilmesi, geleneksel enerji kaynaklarının sebep olduğu emisyonların azaltılması hayvansal gübrelerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle biyogaz ve kompost teknolojileri ile sürdürülebilir hayvansal atık yönetimi sağlanması için, Kocaeli ili sınırları içerisinde bulunan ve hayvancılık faaliyeti yapılan mahalle ve köylerdeki ahırlarda tespitlerde bulunulmuş bölgedeki 12 büyükbaş işletmesi, 10 küçükbaş işletmesi ve 2 adet kanatlı işletmesi ziyaret edilmiştir. Bu işletmeler kapasite, konum, gübrenin depolandığı yer, beton havuzu olup olmadığı gibi hususlar açısından incelenmiş ayrıca bu işletmelerde örneklem numuneler alınarak teorik ve kullanılabilir atık miktarlarının belirlenmesi için gerekli analizler yapılmıştır. Bu faaliyetler sonucu ortaya çıkan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvancılıktan çıkan gübre miktarları belirlenmiştir. 2024 yılına ait Kocaeli il geneli için büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı (tavuk) hayvan sayısı sırasıyla 131.348, 124.670 ve 10.473.924 adettir. İlçelerdeki hayvan sayıları üzerinden kullanılabilir atık miktarları, büyükbaş için 87.051,17 (ton/yıl), küçükbaş için 3.186,52 (ton/yıl) ve kanatlı (tavuk) için 159.253,52 (ton/yıl) olarak elde edilmiştir. Kocaeli ilinde yıllık olarak oluşması beklenen kullanılabilir 249.491,21 ton/yıl hayvansal atığın, 506,79 ton/gün 'lük kısmı kuzey ilçelerdeki (İzmit-Kandıra-Derince-Körfez) oluşacağı tespit edilmiştir. bu atığın 36.995.420 m³ biyogaz ve 839.796.074 MJ'luk enerji potansiyelli olduğu bu sayede ilk yatırım maliyeti 9.850.463,16 Euro olan ve kendini 3,5 yılda amorti eden 104,9 MW kurulu güç kapasiteli bir biyogaz tesisi veya 25,2 ton/gün kompost üretim kapasiteli ilk yatırım maliyeti 4.047.298,66 Euro olan kompost tesisi kurulabileceği belirlenmiştir. Kompost tesisin, 365 gün çalışması planlanırsa ve gübrenin her yıl fiyatında %25 artış meydana geldiği varsayılarak, 2. yılın sonunda kendini amorti edeceği belirlenmiştir. Meydana gelen ürün, ilgili kurumların her yıl yaklaşık ildeki 14.000 çiftçiye hibe olarak dağıttığı kompoze gübrelerin yerine kullanılabilecektir. Bu bilgiler doğrultusunda geniş tesis alanı ihtiyacına rağmen; işletme maliyeti, işletme sırasında ve sonrasında teknik bilgi konusunda avantajlı oluşu vb. durumlarına istinaden Kompost tesisi kurulması uygun bulunmuştur. Yine tesisin, atık kaynaklarına yakınlık ve ulaşım kolaylığı sebebiyle Kocaeli ili kuzey ilçeleri için Derince ilçesi Kaşıkçı mahallesi mevki 'ne kurulması uygun bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kocaeli, Hayvansal atık, Sürdürülebilirlik, Biyogaz üretimi, Kompost üretimi



SUSTAINABLE MANAGEMENT OF ANIMAL WASTE IN KOCAELI PROVINCE

SUMMARY

Our country has a great potential in terms of agricultural and animal waste. However, these wastes cannot be used properly, they are directly burned or released into the environment. A small amount can be evaluated as fertilizer in agricultural areas after being kept in open areas for long periods. Since animal wastes are not regularly controlled and dumped into cultivation-based areas, pastures, open areas and rivers, the biological structure in the soil is polluted and destroyed. At the same time, human and environmental health are threatened by these wastes due to the formation of unwanted odors and houseflies during the hot summer months. The existing animal wastes of our country should be evaluated due to their potential and these waste types should be controlled in order not to negatively affect environmental health. In this way, the negative effects of animal wastes can be eliminated and the production of useful fermented fertilizers for energy production and plant production can be provided. In our country, in general, in rural areas; barns and businesses are structured by covering timber, plastic, metal profiles with panels, tarpaulins, etc. While the number of large and small cattle kept in these areas decreases year by year, there is a transition to multi-animal livestock farming by establishing farm businesses with necessary permits and licenses from the relevant parties with plans and projects. At the same time, the establishment of chicken farms where multiple poultry animals are fed together is rapidly increasing. Thanks to this situation, animal waste will become more economical with the opportunity to benefit more in larger facilities, and a more sustainable waste management will be provided. These wastes accumulated in livestock businesses are mostly collected and spread unprocessed on agricultural fields or soil areas, shoveled with water and then purified in physicochemical or biological processes and discharged into receiving environments, stored in garbage dumps or burned in an uncontrolled manner. It is obvious that the direct application of unprocessed animal farm wastes to agricultural lands causes the harmful substances in the waste to decrease the productivity of agricultural soil and environmental pollution. Existing waste storage, uncontrolled burning or illegal discharges into water resources cause loss of value in these wastes with high organic content and energy production potential. When all incorrect waste practices are taken into consideration, it becomes clear that a sustainable waste management approach should be adopted for animal wastes. The aim of animal waste management is to increase the usage capacity of these wastes, which have a high potential, in regions where cattle, sheep and poultry farming are carried out, in a sustainable manner, taking into account environmental, economic and social benefits.

Economic, social and environmental dimensions are interconnected in animal husbandry. Changes to be applied separately in each of these dimensions in barn and farm management will also affect other dimensions. For this reason, it is important to examine all dimensions of sustainability and their interaction on a business basis with

a holistic approach. For example, the production process of animal husbandry enterprises that can produce feed within their own structure; The first stage is the field stage applied to grow feed plants, the second stage is the barn stage applied to raise animals and the third stage is the manure management, which includes the management practices of produced wastes. These three stages are interconnected and the management criteria adopted in each stage can affect the performance of the other stages in terms of profitability, animal welfare and emissions. The practices adopted to increase the efficiency realized in animal husbandry affect animal welfare, greenhouse gas emissions, product unit cost and the amount of fertilizer produced. In the last process, the practices adopted for manure management directly affect energy recovery through manure cost and waste disposal cost.

A suitable sustainable waste management system for animal waste must be environmentally appropriate, socially acceptable and economically affordable. In this context, it is aimed to reveal that animal waste generated in Kocaeli province can be managed sustainably, to determine the amounts of animal waste, to determine the most suitable and efficient method for the generated waste in terms of sustainability and to conduct research on the technologies applied. Therefore, in order to ensure sustainable animal waste management with biogas and compost technologies, barns in neighborhoods and villages within the borders of Kocaeli province where animal husbandry activities are carried out were identified, and 12 large cattle, 10 small cattle and 2 poultry farms were visited out of a total of 8,707 large cattle, 1,936 small cattle and 252 poultry farms in the region. These farms were examined in terms of capacity, location, where manure is stored, whether there is a concrete pool or not, and samples were taken from these farms and necessary analyses were made to determine theoretical and usable waste amounts. The amount of manure from cattle, sheep and poultry farming resulting from these activities has been determined. The number of cattle, sheep and poultry (chicken) animals for the province of Kocaeli in 2024 is 131,348, 124,670 and 10,473,924, respectively. Based on the number of animals in the districts, the total wet waste potential was obtained as 958,840.40 (tons/year) for cattle, 91,009.10 (tons/year) for sheep and 305,839.11 (tons/year) for poultry (chicken), the theoretical waste potential was obtained as 174,102.34 (tons/year) for cattle, 24,511.68 (tons/year) for sheep and 160,862.14 (tons/year) for poultry (chicken) and the usable waste amounts were obtained as 87,051.17 (tons/year) for cattle, 3,186.52 (tons/year) for sheep and 159,253.52 (tons/year) for poultry (chicken). All these waste data were mapped by applying the projection to the satellite image of Kocaeli province using the QGIS program. In order to determine the amount of usable waste expected to be generated annually in Kocaeli province, waste samples were taken from 12 large cattle farms, 10 small cattle farms and 2 chicken coops in each district by sampling method and the dry matter ratio was determined; It was carried out in İzaydaş (İzmit Waste and Residues Treatment, Incineration and Evaluation Inc.) laboratory using TSE 9546 EN 12880 ‘Determination of Dry Residue and Water Content of Mud Characterization’ method, and as a result, it was determined that 506.79 tons/day of the 249,491.21 tons/year usable animal waste would be generated in the northern districts (İzmit-Kandıra-Derince-Körfez). Concrete pools need to be built in order to collect waste in the enterprises. Fertilizers (cattle urine, washing water etc.) and solid fertilizers will be collected together within the enterprises. It is obvious that environmental problems caused by fertilizers will be eliminated thanks to concrete pools. In order to evaluate the animal wastes to be collected through these pools with waste transformation technologies, it was determined that this waste has a potential of 36,995,420 m³ of biogas and 839,796,074 MJ of energy, thus a biogas facility with an

initial investment cost of 9,850,463.16 Euros and a capacity of 104.9 MW installed power that pays for itself in 3.5 years or a compost facility with a 25.2 ton/day compost production capacity and an initial investment cost of 4,047,298.66 Euros can be established. If the compost facility is planned to operate for 365 days and assuming that the price of fertilizer increases by 25% each year, it was determined that it will pay for itself at the end of the 2nd year. The resulting product can be used instead of the compound fertilizers that the relevant institutions distribute as grants to approximately 14,000 farmers in the province every year. In line with this information, despite the need for a large facility area; It was found appropriate to establish a compost facility based on the operating cost, advantageous technical knowledge during and after operation, etc. Again, due to the proximity to waste sources and ease of access, it was found appropriate to establish the facility in the Kaşıkçı neighborhood of Derince district, northern districts of Kocaeli province.

Keywords: Kocaeli, Waste Management, Agricultural Waste, Animal Waste, Sustainability, Biogas Production, Compost Production

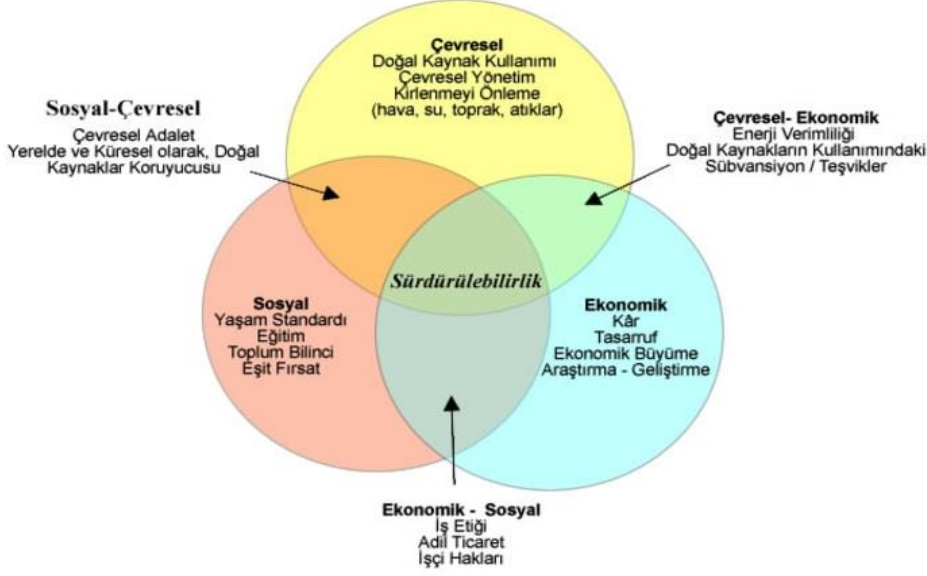




1. GİRİŞ

Yüzlerce yıldır dünya ekonomisi hızla gelişmekte, bu durum kaynakların tükenmesine, çevre kirliliğine ve ekolojik hasarlara sebep vermekte olup durum giderek daha ciddi hale gelmektedir. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için 2015 yılında Birleşmiş Milletler (BM) tarafından Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler) başlatılmıştır. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutu Toplum, Ekonomi ve Çevre'yi dengelemek için tasarlanmıştır. Sürdürülebilirliği sağlamak için toplumun, ekonominin ve çevrenin üç yönünü de bütüncül ve uyumlu bir şekilde ele almak gerekmektedir. Ancak, şu ana kadar genel kabul görmüş ve evrensel bir operasyonel tanımı yoktur. İkincisi, sürdürülebilirliğin karmaşıklığı ve sistematik doğası terimi bulanık bir kavram haline getirmektedir. Sürdürülebilirliğin tanımındaki karışıklık ve belirsizlik çok çeşitli standartlarla nicel olarak değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle değerlendirmesi için doğasına dönmek mümkündür.

Sürdürülebilirliğin klasik tanımı Brundtland Raporu'nda “gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden mevcut ihtiyaçları karşılayan kalkınma” olarak tanımlanmıştır (Brundtland Komisyonu, 1987). Tanım, hızlı kentleşme ve sanayileşmenin neden olduğu çevre sorununun insanların artan endişesini uyandırması üzerine önerilmiştir. 1992'deki Rio Zirvesi'nden bu yana ülkeler, bölgeler ve şehirler sürdürülebilir hareketi gerçekleştirmeye başlamıştır. Ancak, bu kavramın gevşek bir şekilde tanımlanmış olması nedeniyle özellikle çevre açısından içeriğini ve kullanılabilirliğini kaybedebilmektedir. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından 2016 yılında sürdürülebilirliği “yaşam kalitesini iyileştirme arayışında çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin dengelendiği, gelecek hakkında düşünmek için bir paradigma” olarak tanımlanmıştır.



Şekil 1.1. Sürdürülebilirliğin Boyutları (Can Ö. , 2017).

Birleşmiş milletler (UN), yoksulluğun sona erdirilmesi, gezegenin korunması ve 2030 yılına kadar barış ve refah içinde yaşanabilmesi için evrensel bir eylem çağrısı yaparak, Küresel Hedefler olarak da bilinen ‘Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri’ni 2015 yılında kabul etmiştir. Her bir hedefin diğer alanlardaki eylemlerin sonuçları etkileyebileceğini aynı zamanda kalkınmanın sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği dengelemesi gerektiğini kabul etmiştir (UNDP, 2015).

Sürdürülebilir Kalkınma İçin KÜRESEL AMAÇLAR



Şekil 1.2. Sürdürülebilir Kalkınma İçin Küresel Amaçlar (Küresel Amaçlar, 2015)

Bu hedefler kapsamında, atık yönetimi etkili geri dönüşüm sistemleri ve altyapısının olmamasından havayı, suyu ve toprağı kirleten atıkların düzensiz şekilde bertaraf

edilmesine kadar her şeyi içermektedir (SKH 12, 13, 14). Açık ve sıhhi olmayan depolama alanları, çöplükler hava kirliliğine ve yeraltı sularının kirlenmesine yol açmaktadır (SKH 11, 13). Üretilen küresel atığın yaklaşık %44'ü organik atıktır ve bu gelişmekte olan ülkelerin çoğunda daha da yüksektir. Şu anda dünya çapında takip edilen başlıca bertaraf seçeneği yaklaşık %33 oranla açık dökümdür. Geri dönüşüm sadece %13,5, kompostlama ve yakma ise sırasıyla %5,5 ve %11,1 oranında gerçekleştirilebilmektedir. Katı atığın her bir bileşeni hem zorluklar hem de fırsatlar sunmaktadır. Piyasaya dayalı bir sürdürülebilirlik yaklaşımı kullanan atık yönetimi, şehirlerin temiz ve yeşil olmasına yardımcı olurken, aynı zamanda ilgili kişilere doğrudan ekonomik faydalar da sağlayacaktır (SKH 8). BM-SKH'lerinin ana hedefleri; gelişmiş yaşam standartları, solunabilir hava, temiz su ve toprak, sağlık ve eğitim gibi ek sosyo-çevresel faydalar sağlayabilir. Düşük gelirli ülkelerdeki belediyeler, ortalama olarak bütçelerinin yaklaşık %20'sini atık yönetimine harcamakta iken, bu ülkelerdeki atıkların %90'ından fazlası hala açık bir şekilde çöpe atılmakta veya yakılmaktadır. Depolama alanı azaltma ve yönlendirme, atıktan enerji, geri dönüşüm ve diğer gelişmiş katı atık yönetimi türleri yoluyla küresel sera gazı emisyonlarında %10 ila %15'lik bir azalma elde edilebileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca, atık önleminin dahil edilmesi, bu katkıyı potansiyel olarak %15-20'ye çıkarabilir (Sharma , 2021).



Şekil 1.3. Katı Atık Yönetimi Sağlamanın Anahtarı (Wasteaid, 2016)

Atık; belirli bir üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda insan, çevre sağlığını olumsuz olarak etkileyebilen, alıcı ortama doğrudan veya dolaylı olarak zarar veren her türlü maddeye denmektedir. Atık Yönetimi ise kaynağında bulunan atıkların azaltılma, niteliklerine göre ayrılma, toplanma, geçici depolanma, ara depolama, geri dönüşüm, ulaşım, bertaraf ve bertaraf kontrolünü içinde bulunduran bütünsel bir yönetim biçimidir. Atık sorununu düzeltebilmek adına; yaşam tarzı, üretim ve tüketim modellerinde değişiklikler getirebilecek, atık önlenmesi ve azaltılması anlayışının yaygınlaşması gerekmektedir. Son dönemde atık yönetim anlayışı bütünsel bir şekilde,

Entegre Katı Atık Yönetimi (Integrated Solid Waste Management) şeklinde belirtilmiştir. Bu yönetim şekli geri dönüşüm prosesini, ayrıştırılan atık maddelerin tekrar kullanımı ile işlenmeye hazırlanması işlemlerini kapsamaktadır. Bu şekilde, hammadde kullanımı azalmasıyla birlikte, bertarafa gidecek atıklarda da azalma sağlanabilecektir (Yokuş, Sivas İlindeki Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi, 2011).

Entegre katı atık yönetim sistemi Şekil 1.4'te görüldüğü gibi uygulama metotlarını tamamen veya kısmen içermektedir.

- Kaynağında katı atığın en aza indirilme süreci
- Atığın geri dönüşüm süreci, yeniden kullanılması, kompostlanması
- Enerjinin geri kazanılabilmesi için yakma vb. termal yöntemler
- Atık depolama

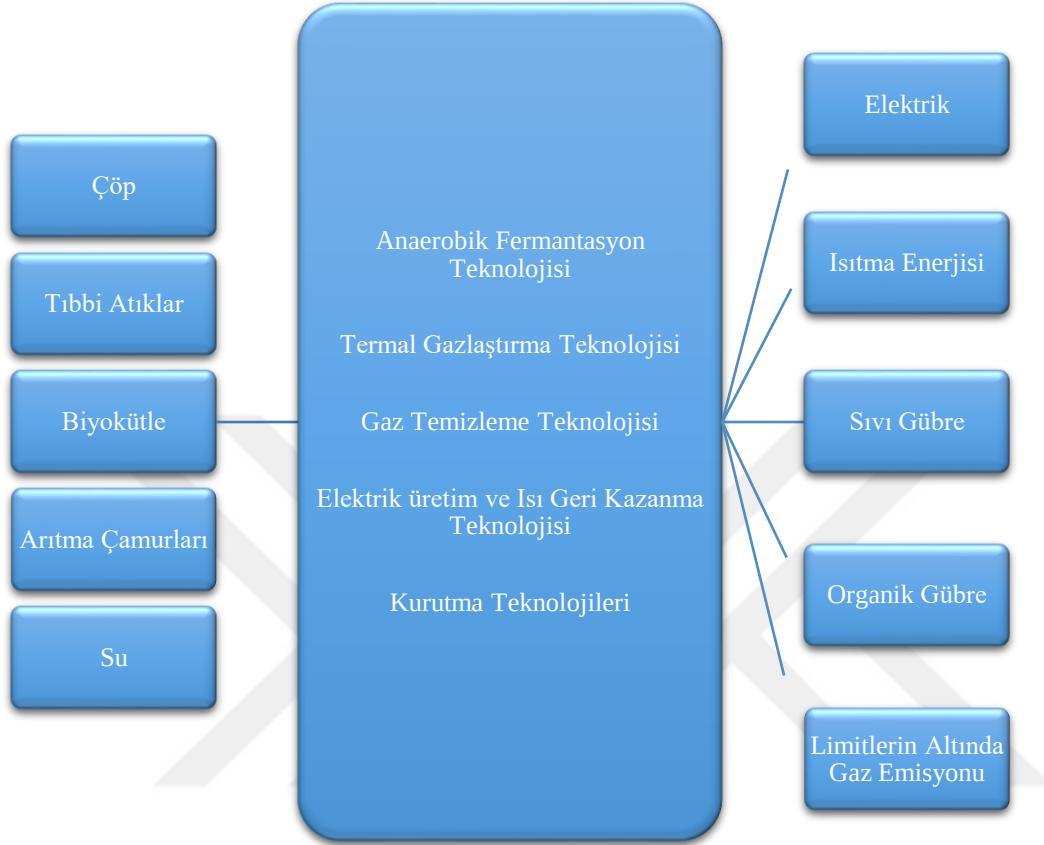


Şekil 1.4. Entegre Katı Atık Yönetim Hiyerarşisi (Sıfır Atık Rehberi, 2018)

Aynı zamanda, atık yönetimi küresel sürdürülebilir kalkınma için hayati önem taşımaktadır. 7 milyardan fazla insan ve diğer canlılar her gün atık üretmektedir. Bu atığın şaşırtıcı olarak yaklaşık yarısı toplanmamaktadır. Bunlar işlenmemekte veya güvenli bir şekilde bertaraf edilmemekle beraber bu durum küresel bir atık krizine neden olmaktadır. Atık yönetimi öncelikli olarak ele alınmadıkça Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin karşılanamayacağı ortadadır.

Küresel bu tür krizlere sebep vermemek adına atık dönüşümü kapsamında, dünyada fiziksel, kimyasal ve biyolojik dönüşüm prosesleriyle uygulama yapılmaktadır. Bulunan teknolojiler içerisinde kompostlama, anaerobik fermentasyon, yakma,

gazlaştırma ile piroliz gibi yöntemler bulunmaktadır. Bu proseslerde atıktan enerji üretimi (waste to energy) sağlanmaktadır (Onurbaş Avcıoğlu & Dayıoğlu, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri, 2016).



Şekil 1.5. Tümleşik katı atık yönetim teknolojileri (Tolay, 2018)

Atıktan enerjiye teknolojilerinde tarımsal atıklar kullanılabilmektedir. Bunları, Bitkisel atıklar ve Hayvansal atıklar diye iki gruba ayırmak mümkündür.

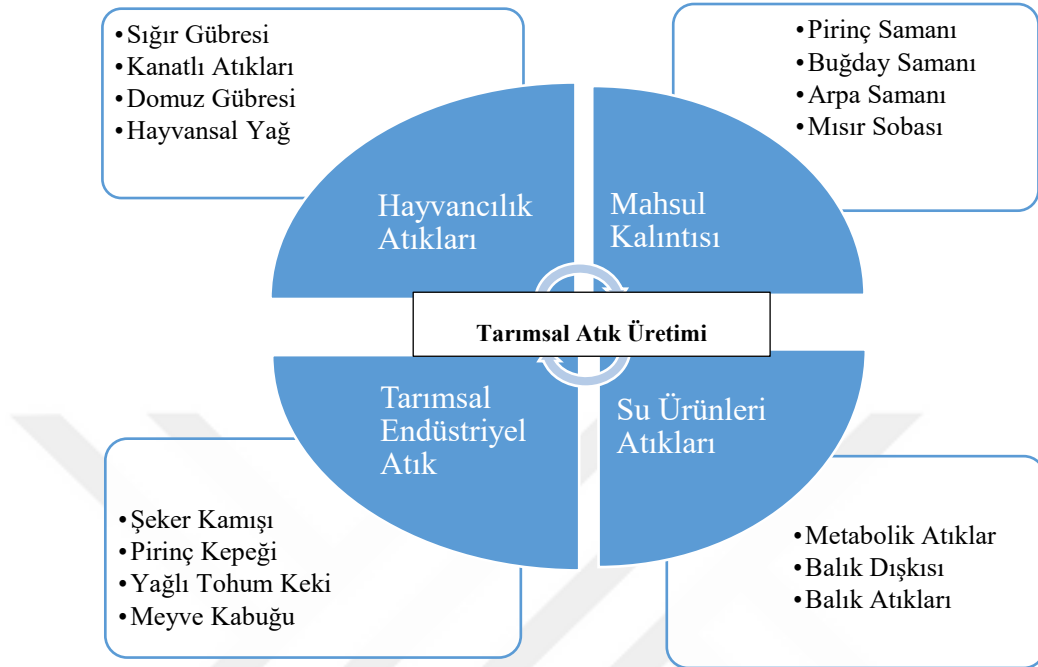
A) Bitkisel atıklar üç grupta değerlendirilmektedir:

1) Tek yıllık bitkisel atıklar: Hububat benzeri tek yıllık bitkisel ürünlerin hasadından sonra tarlada kalan atıklardır.

2) Çok yıllık bitkisel atıklar: Çok yıllık bitkilerin budanması, işlenmesi veya hasat sonrası oluşan atıklardır.

3) Tarım endüstrisi atıkları: Pamuk atığı, tohum yağı endüstrisi, zeytinyağı endüstrisi, pirinç endüstrisi, mısır endüstrisi, şarap ve çekirdek fabrikalarının vb tarıma dayalı sanayi atıklarıdır.

B) Hayvansal atıklar; çoğunlukla işletmelerde tesisin hemen yan kısmında çevresel ve sosyal hiçbir önlem almadan yığın halinde açıkta bekletilebilmektedir. Genel itibari ile bu durum, çevre ve sağlık için önemli sakıncalar oluşturmaktadır.



Şekil 1.6. Tarımsal Atık Üretimi (Koul, 2021)

Dünyadaki tüm ülkelerde, yıl içerisinde büyük miktarda tarımsal atık üretilmektedir. Sürdürülebilir tarım ve çevre elde etmek amacıyla, katma değerli ürünlerin üretimi, stratejik olarak ele alınması, yeniden kullanılması veya değerlendirilmesi kritik önem taşımaktadır.



Şekil 1.7. Sürdürülebilir Tarımsal Atık Yönetimi (Koul, 2021)

Tarım ve hayvancılığın gelişimi doğrultusunda, atıkların potansiyeli gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemiz tarımsal ve hayvansal atıklar açısından büyük potansiyele sahiptir. Ancak bu atıklar doğru şekilde kullanılamamakta, atıklar doğrudan yakılmakta veya çevreye bırakılabilmektedir. Az miktardaki kısmı ise uzun sürelerde açık alanda tutulma sonrasında tarımsal alanlarda gübre şeklinde değerlendirilebilmektedir.



Şekil 1.8. Türkiye'de hayvansal kaynaklı atık miktarı potansiyelinin illere göre dağılımları (Avcioglu, (2012))

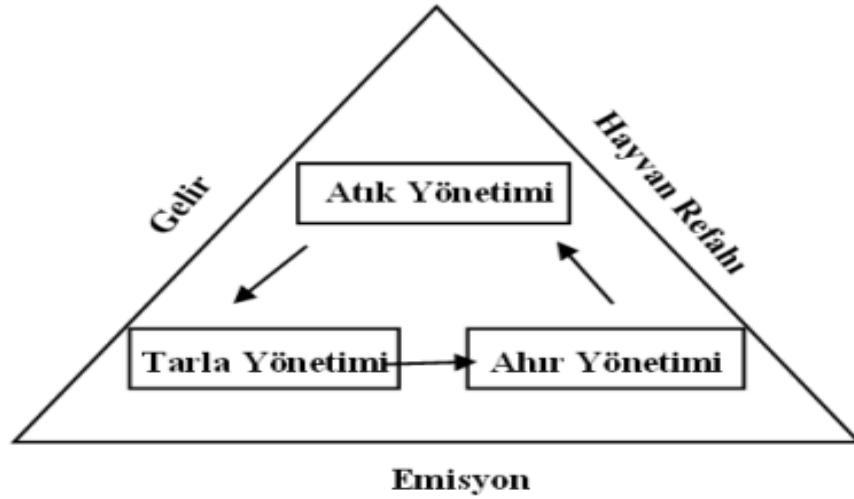
Hayvansal atıkların düzenli kontrol altına alınamadığı yetiştirmeye dayalı alanlar, meralar, açık alanlar ve nehirlerle dökülmesi sebebiyle, toprakta biyolojik yapı kirletilmekte ve yok edilmektedir. Aynı zamanda bu atıklar sebebiyle insan ve çevre sağlığı, sıcak yaz ayları sürecinde istenilmeyen koku ve karasinek oluşumuna sebep olması nedeniyle, tehdit edilmektedir (Onurbaş Avcıoğlu, Çolak, & Türker, Türkiye'nin Tavuk Atıklarından Biyogaz Potansiyeli, 2013). Ülkemizin mevcut hayvan atıkları potansiyelleri sebebiyle değerlendirilmeli ve çevre sağlığının olumsuz etkilenmemesi için bu atık türleri kontrol edilmelidir. Bu sayede hayvan atıklarındaki olumsuz etkilerinin giderilmesi ile beraber, enerji üretimi ve bitkisel üretim için faydalı fermente gübrelerin üretimi sağlanabilecektir (Onurbaş-Avcıoğlu & Türker, Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey., 2012). Ülkemizde kırsal kesimin genelinde; ahır ve işletmeler, yapı itibarıyla kereste, plastik, metal profillerin panel, muşamba vb. malzemeler ile kapatılmasıyla oluşturulmuştur. Bu alanlarda bakılan büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları yıldan yıla azalma gösterirken, plan ve projeli ilgili taraflardan gerekli izinleri ve ruhsatları alınmış çiftlik işletmeleri kurularak çok hayvanlı besi hayvancılığına geçiş olmaktadır. Aynı zamanda çoklu sayıda kümes hayvanlarının beraber beslendiği tavuk çiftlikleri kurulumunda hızlıca artmaktadır. Bu durum sayesinde hayvan atıklarından, daha büyük tesislerde daha fazla faydalanılması olanağıyla beraber daha ekonomik hale geleceğinden, daha sürdürülebilir bir atık yönetimi sağlanacaktır. Hayvancılık işletmeleri bünyesinde biriken bu atıklar, çoğunlukla toplanıp işlenmemiş olarak tarım alanlarına veya toprak alanlara serilmekte, su ile kürenerek sonrasında fizikokimyasal veya biyolojik proseslerde arıtılarak alıcı ortamlara deşarj edilmekte, çöp döküm alanlarında depolanmakta veya kontrolsüz bir şekilde yakılmaktadır. İşlenmeyen hayvansal çiftlik atıklarının tarım arazilerine direkt uygulanması, atık bünyesinde bulunan zararlı maddelerin tarım toprağında verimlilik düşüklüğüne ve çevre kirliliğine sebep olduğu ortadadır. Mevcut atık depolama, kontrolsüz bir şekilde yakma veya su kaynaklarına yapılan kaçak deşarjlar, organik içeriği yüksek ve enerji üretim potansiyeli olan bu atıklarda değer kaybına sebep olmaktadır. Bütün yanlış atık uygulamaları göz önüne alındığında, hayvansal atıklar için sürdürülebilir atık yönetimi yaklaşımına geçilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Hayvansal atık yönetiminin amacı, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığının yapıldığı bölgelerde, oldukça fazla potansiyele sahip bu atıkların kullanım kapasitesilerini, çevresel, ekonomik ve sosyal yararlarında dikkate

olarak, sürdürülebilir bir şekilde arttırmaktır (Sümer, S.K., Kavdır, Y. ve Çiçek, G., 2016).

Hayvancılıkta işletmeler ölçeğinde önemli ekonomik sürdürülebilirlik göstergelerinden bir tanesinde verimlilik düzeyidir. Büyükbaş hayvancılık işletmelerinde verimliliğe etki eden en önemli hususlar barınak koşulları, yem bitkisi arazisi, hayvaların ırkı, hayvan bakım, beslenme şekli ve işletme ölçeği olarak gösterilebilir. Hayvancılığın yapıldığı işletmeler bünyesinde sosyal sürdürülebilirliğin ölçümü için; tarımsal eğitim düzeyleri, çiftçilerde yalnız yaşama hali, yüksek yaş profili, iş ve yaşam dengeleri, hane halkı savunmasızlığı, istihdam, tarım dışı gelir, hayvanların refahı, işgücü şartları gibi göstergeler kullanılmaktadır. Hayvancılık işletmelerinde, çevresel sürdürülebilirlik kaygıları, sera gazı emisyonları, su tüketimleri, enerji tüketimleri, atık bertarafı gibi başlıklarda toplanmıştır. Hayvansal üretimden kaynaklanan sera gazları metan, azot oksit ve karbondioksittir. Hayvancılıkta sera gazı emisyonları için ana kaynak noktaları barınma tesisi ve gübre depolama alanlarıdır. Gübre tesisten günlük olarak veya kısa sürede çıkarıldığında, çok az sera gazı emisyonu ortaya çıkmaktadır. Tesis içinde depolanan ve uzun süre kalan gübreden, daha fazla sera gazı emisyonu açığa çıkacaktır.

Hayvancılıkta ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlar birbirine bağlıdır. Ahır, çiftlik yönetiminde bu boyutlarda ayrı ayrı her birinde uygulanacak değişiklikler diğer boyutları da etkileyecektir. Bu sebeble işletmeler bazında sürdürülebilirliğin tüm boyutlarını ve bunların etkileşimini dikkate alan bütüncül bir yaklaşımla inceleme yapılması önemlidir. Örnek olarak kendi bünyesinde yem üretebilen hayvancılık işletmelerinin üretim süreci; ilk aşama olarak yem bitkileri yetiştirmek için uygulanan tarla aşaması, ikinci aşamada hayvan yetiştirmek için uygulanan ahır aşaması ve üçüncü aşamada ise üretilmiş atıkların yönetimi uygulamalarını içeren gübre yönetimidir. Bu üç aşama birbirine bağlı olup her bir aşamada benimsenmiş yönetim kriteri, kârlılık, hayvan refahı ve emisyonlar gibi durumlar açısından diğer aşamaların performansını etkileyebilmektedir.

Hayvancılıkta gerçekleşen verimi artırmak için benimsenen uygulamalar, hayvan refahı, sera gazı emisyonları, ürün birim maliyeti ve üretilen gübre miktarlarını etkilemektedir. Son süreçte ise gübre yönetimi için benimsenen uygulamalar, doğrudan gübre maliyeti ve atık bertarafı maliyeti yoluyla enerji geri kazanımını etkilemektedir (Şengül, Saner, & Bayraktar, 2023).



Şekil 1.9. Hayvancılıkta ve işletmelerde üretim aşamaları arasındaki bağlantı (Şengül, Saner, & Bayraktar, 2023)

Bir atık yönetim sistemi, çevresel olarak uygun, sosyal olarak kabul edilebilir ve ekonomik olarak karşılanabilir olduğunda sürdürülebilir olduğundan, çevresel, sosyal ve ekonomik kriterlerin tanımlanması esastır. Sürdürülebilir atık yönetimi için uygun bir göstergenin belirlenmesi adına, bilimsel literatürde temsil edilen ve geniş çapta kabul görmüş olanlar kabul edilmelidir.

Bu doğrultuda, (i) Kocaeli ilinde oluşan hayvansal atıkların sürdürülebilir bir şekilde yönetilebileceğini ortaya koymak, (ii) Hayvansal atık miktarlarını belirlemek, (iii) Oluşan atıkların sürdürülebilirlik açısından en uygun, verimli vb. yöntem belirlenerek bertarafı, geri dönüşümü ve sonucunda enerji, ürün vb. elde etme amacıyla ilgili araştırmalar yapılması amaçlanmıştır.

Kocaeli Tarım ve Orman İl Müdürlüğü verileri kullanılmış, kurban bayramı öncesi dönemde yoğun bir şekilde bakımı yapılan büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığı durumu incelenmiştir. Kocaeli İlinde hayvancılık mevcut istatistiklerî ve analizi yapılan değerler kullanılarak, belirli olan bilimsel ölçütler kapsamında elde edilebilen hayvansal atık miktarı belirlenmiştir. Çıkan kullanılabilir atıklar ile atıktan enerjiye dönüşüm teknolojilerinden Biyogaz ve Kompostlaştırma karşılaştırılmıştır.



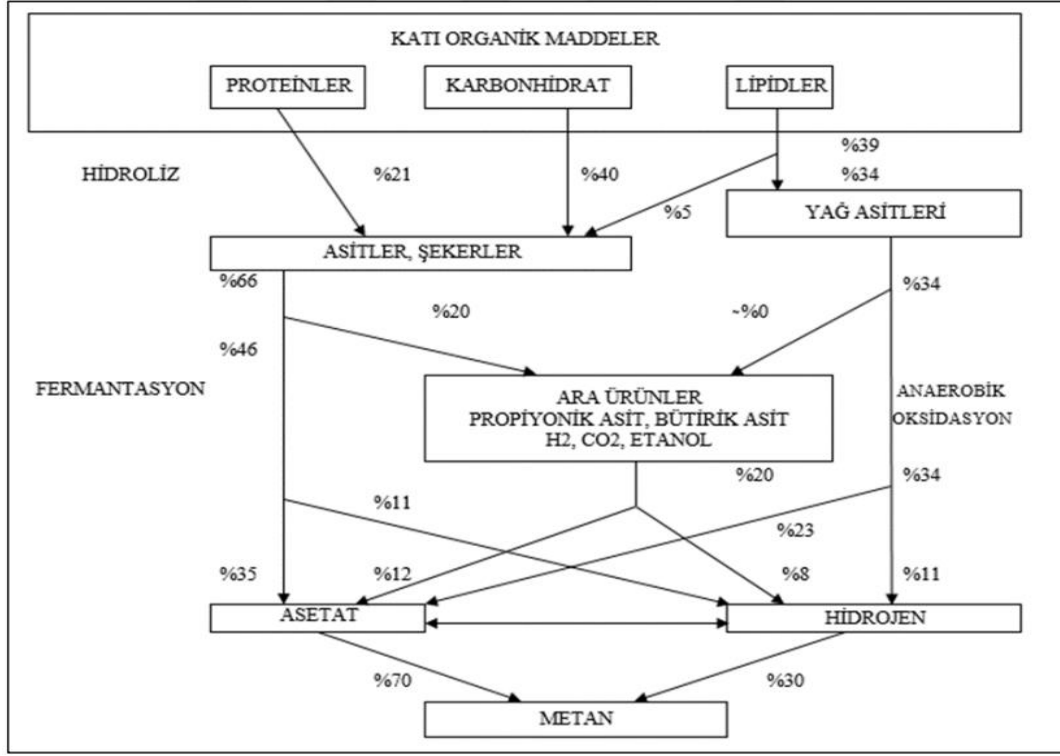
2. BİYOĞAZ VE KOMPOST

2.1. Biyogaz

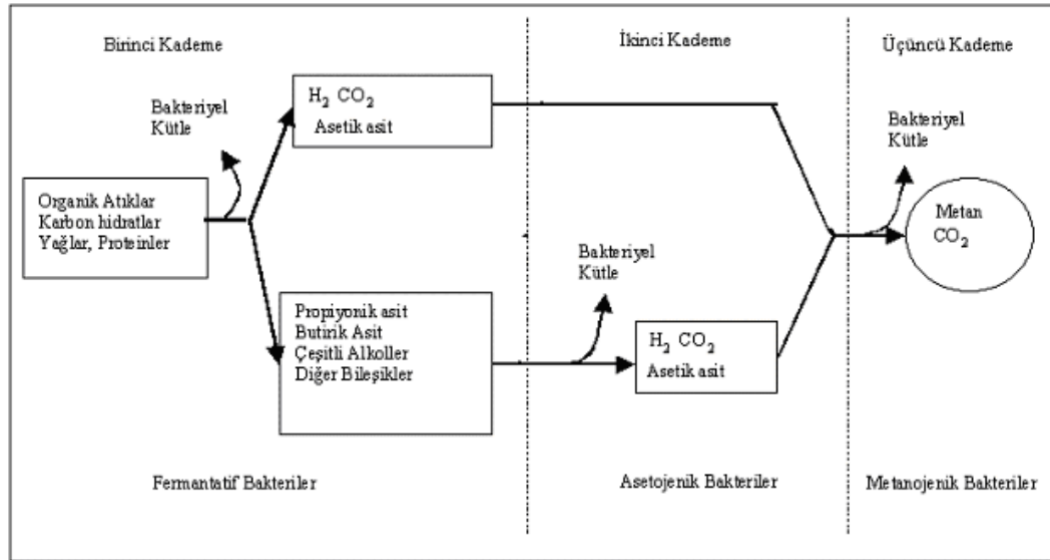
Anaerobik fermentasyon katı atık yönetimi uygulamalarından biridir. Bu proses vasıtasıyla atıklardan biyogaz üretilmektedir. Gaz biyoyakıt ürünlerinden olan biyogaz dünya çapında yaygın bir şekilde üretilmekte ve kullanılmakta olan biokütle enerji kaynağıdır. Biyogaz teknolojisinde en önemli özellik, her türlü organik atığın kullanılarak enerjiye dönüştürülebilmesidir. İnsan ve çevre sağlığına zararlı atıkların oksijensiz ortamlarda fermentasyon uygulamasıyla elde edilebilen biyogaz doğal gaz benzeyen gaz karışımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyogazdan; ısı enerjisi elde edilebildiği, araçlarda yakıt olarak kullanılabildiği ve elektrik enerjisi üretimi sürecinde de yararlanılabildiği bilinmektedir. Biyogaz teknolojisi vasıtasıyla atık bertarafı ve enerji kazanımı sağlanmaktadır. Aynı zamanda tesislerden çıkan çamurun tarımsal üretim alanlarında bitkilerdeki su ve organik madde gereksinimi için kullanıldığı bilinmektedir (Onurbaş Avcıoğlu & Dayıoğlu, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri, 2016). Anaerobik fermentasyondan sonra fermente gübre olarak çeşitli atıklar kalmaktadır. Besleme işleminde kullanılmakta olan malzemelerin katı maddesindeki yaklaşık % 70'i oluşturan elementler fermentasyon işleminden sonra değişmeden kalmaktadır. Azot ve potasyum gibi bitkisel besin maddelerince zengin olan fermente gübre oluşmaktadır. Ham gübrelerde azot organik olarak aynı zamanda amonyum formunda görülmektedir. Anaerobik fermentasyonda organik formdaki azot, amonyum formuna dönüşmektedir. Fermente gübre ise amonyum formdaki azot açısından zenginleşmektedir. Azot yönünden bakıldığında fermente gübrelerin kompost gübrelerle kıyasla yaklaşık üç kat daha fazla zengin olduğu gösterilmektedir (Onurbaş-Avcıoğlu & Türker, Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey., 2012).

Ayrıca biyogazın, biyokütle olarak bahsedilen organik madde içerikli atıkların oksijensiz ortamda çeşitli bakterilerin faaliyetleri sonrasında çürütülmesi ile ortaya çıkan gaz karışımı olduğu belirtilmektedir. Bahsedilen bakteri grupları, çürüyebilir biyokütle içerisinde bol miktarda bulunmaktadır. Bunlar uygun ortam koşulları ile

aktif hale gelmekte ve çürütme işlemlerini gerçekleştirmektedirler. Anaerobik ortamda çürüme süresinde gerçekleşmekte olan tepkimeler ve bunlarda bulunan bakteri türleri üç aşamada belirtilebilmektedir. Bunlar fermentasyon, hidroliz, asetik asit ve metan gazının oluşumudur. Biyogaz oluşum döneminde bakterilerce gerçekleşen mikrobiyolojik süreçler Şekil 2.2’de gösterilmiştir (Öztürk İ. , 1999).



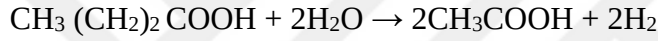
Şekil 2.1. Metan oluşum süreci (Alvarez, 2003)



Şekil 2.2. Organik maddelerin anaerobik şartlarda sindirilmesi. (Öztürk M. , Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi , 2017)

Fermentasyon ve Hidroliz aşamasında, ilk olarak hidrolitik ve fermentatif bakterilerce; organik maddelerde üç temel öge olan proteinler, karbonhidratlar ve yağlar parçalanarak amino asitler, şeker, yağ asitleri ve büyük bir kısımda çözünebilir uçucu organik maddelere dönüştürülmektedirler. Hidroliz aşaması hücre dışı enzimler vasıtasıyla gerçekleşen ve yavaş devam eden bir süreçtir. Selüloz, yağ gibi yavaş parçalanmakta olan maddelerin anaerobik arıtımında bu aşama hızı belirleyen bir adımdır.

Asetik asit oluşumu sürecinde, birinci aşama sonucunda aminoasit oluşumunu, uçucu yağ asitleri ve şekerli organik asitlere dönüştüren, asetojen olarak adlandırılan bakteri grupları gerçekleştirmektedir. Bu bakteriler dirençli şekilde büyümektedir ve aynı zamanda çevre koşulları değişimlerine daha da dayanıklıdır. Asetojenik bakterilerce uçucu yağ asitlerinin, hidrojen ve asetik aside dönüştürüldüğü tepkime aşağıda gösterilmiştir.

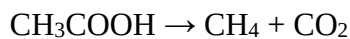
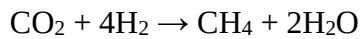


Diğer kısımda, asetojenik bakteri grubunca, ortaya çıkan hidrojen ve karbondioksit kullanılarak asetik asit oluşumu sağlanmaktadır. Fakat bu süreçte oluşan asetik asit miktarları, birinci yoldakine oranla daha az olmaktadır.



Bu dönüşümün gerçekleştiği sırada asetik asit oluşumuyla ortamdaki pH düşüş gösterir. Anaerobik arıtımın en önemli etkenlerinden pH'ın 6,5'den küçük olması sırasında ayrışma işlemi durmaktadır. Bu sebeble ortamdaki pH 7,0-7,5 olmalıdır. Bu aralıkta tutabilmek için baz eklenmektedir. Bununla beraber zamanla sistemde tampon oluşacaktır. Bu şekilde asetik asit oluşumuyla pH daha az etkilenir. Böylelikle ortam pH'ının düşmesi, organik madde beslemesinin yavaşlatılmasıyla kontrol altında tutulabilmektedir (Alvarez, 2003).

Metan Oluşumu aşaması, anaerobik ayrışmada son aşamadır. Bu aşamada bakteri grupları (metanojenler) aktiftir. Metan bakterilerinde, bir kısım H_2 ve CO_2 kullanıp H_2O ve CH_4 oluşturmakta, başka bir kısım bakteriler ise ikinci aşamada ortaya çıkan asetik asidi kullanıp, CO_2 ve CH_4 oluşumuna sebep olmaktadırlar (Öztürk İ. , 1999).



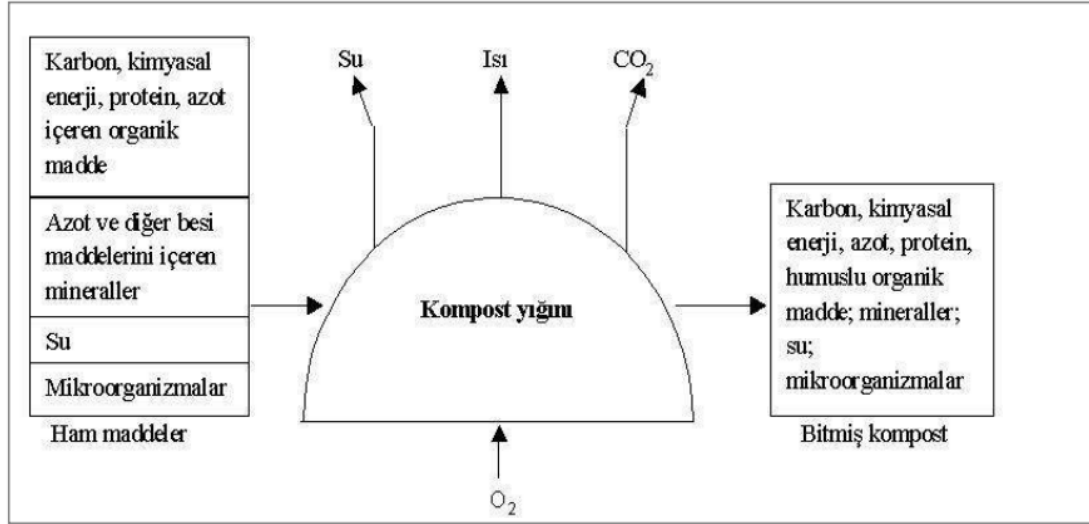
Bu bölümde birinci yol ile oluşacak metan miktarı, ikinci yolda oluşan metan miktarından daha az olacaktır. Üretilen metanın; %30'u birinci yol, %70'i ise ikinci yolla oluşmaktadır.

Metan gazının oluştuğu basamak, anaerobik ayrışmanın hızını kontrol edecek olan basamağı oluşturmaktadır. Bu basamak asetik asit oluşum sürecine göre daha yavaş devam etmektedir. Bundan dolayı reaktör içinde tutulma zamanı, metan gazı oluşması basamağına göre belirlenmektedir. Aynı zamanda asetik asit oluşum basamağındaki ürünler, metanojenik bakterilerce hammadde olarak kullandığından dolayı iki basamağında dengeli bir şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir (Can Z. , 2017).

2.2. Kompost

Organik maddelerin aerobik veya anaerobik şartlarda mikroorganizmalar yardımıyla kararlı hale geldiği duruma kompostlama işlemi denmektedir. Bu işlemde organik maddeler kullanılırken, mikroorganizmalarca oksijen tüketilmektedir. Aktif kompostlama işlemi sırasında fazlaca miktarda ısı ve karbondioksit üretilmektedir. Aynı zamanda oluşan su buharı havaya karışmaktadır. Karbondioksit ve su kaybı oransal olarak birincil maddenin yaklaşık yarısı kadardır. Böylece ham maddeler ekonomik açıdan değerli toprak şartlandırıcılarına dönüştürülürken, bunların hacmi ve ağırlığı azalacaktır. Kompostlaştırma, mikroorganizmalarda büyüme için ideal şartlar sağlanarak bu durum muhafaza edildiği durumda çok hızlı gerçekleşmektedir. Kompostlaştırma işlemi için en uygun şartlar;

- Geçerli Karbon/Azot (C:N) oranı, mikrobiyal aktiviteler ve büyüme için gerekli maddelerin sağlaması amacıyla organik maddelerde karıştırma işlemi yapılması,
- Aerobik mikroorganizmalar adına gerekli oksijen,
- Havalandırma işlemi engelleyecek ve biyolojik aktivite sağlayan gerekli nem oranı,
- Kuvvetli mikrobiyal aktivite sağlayacak termofilik sıcaklık, olarak belirtilmiştir.



Şekil 10.3. Kompostlaştırma İşlemi (Öztürk M. , Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi, 2017)

Kompostlaması sonlanmış maddede ki karbon, kimyasal enerji, protein ve su, ham maddedeki orandan daha azdır. Yalnız humus miktarı daha çoktur. Bitmiş kompostun hacimsel oranı, baştaki ham maddenin %50'si veya daha azına eşit olacaktır. Bu işlem farklı koşullar ve birçok maddeyle gerçekleştirilebilir. Kompostlaştırma hızı ve son ürünün kalitesi ham madde seçimine ve uygunca karıştırılmasına bağlıdır (Öztürk M. , Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi, 2017).

Ayrıca kompost son ürünü, kimyasal gübrelerdeki bitki büyütmesi için kullanılan bileşikleri içermediği gibi toprak bünyesinde humus miktarlarını arttırmakta ve bitkinin olduğu alanları ıslah etmektedir. Humus dengesi sağlanarak ağır topraklarda havalanmayı kolaylaştıracaktır. Kum oranı çok olan topraklarda su tutma kapasitesi artacaktır. Aynı zamanda toprakta mikroorganizma faaliyetleri için gerekli olan kimyasal gübrelerin toprakta tutunabilmesi ve bitkilerce daha iyi şekilde emilmesini sağlayacak yani bitkiler için gerekli elementleri karşılayan yararlarıda bulunmaktadır.

Kompost;

- Toprak erozyonunu azaltmakta ve toprak yüzeylerinden su geçişini kolaylaştırmaktadır.
- Toprak rengini koyulaştırır ve kolay ısınmasını sağlar.
- Besin elementlerinin bünyesinde depolanmasıyla, bunların yıkanmasına engel olmakta ve toprağın pH'ını dengelemektedir.

- Solucan, böcek ve mikroorganizmalar için besindir. Aynı zamanda toprağın flora ve faunasını korumasına yardımcı olmaktadır.
- Toprak ıslahını sağlayarak, kumlu topraklarda su ve besin depolanmasını, killi ve ağır topraklarda daha da gözenekli olmasını sağlayacaktır.
- Toprak üzerine malç halinde serilmesiyle, zararlı otlar azalacak, hastalık sebebi olan patojenleri azaltacaktır.
- Saksı bitkilerinde daha iyi yetiştirme ürünü torf yerine tercih edilebilir.
- Toprakta su tutma kapasitesine olumlu katkı vermektedir.
- Tüm tarla ve sera bitkilerinin ihtiyacına karşılık vermekte ve gübre amaçlı kullanılabilir (Koç & Sarıoğlu Cebeci, 2023)

3. LİTERATÜR TARAMASI

Lijo vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada; hayvansal atık işleme sistemlerini sürdürülebilir süreçlere dönüştürmek için döngüsel ekonominin prensiplerini takip eden yeni yöntemler geliştirmek gerekliliğinden bahsedilmiş, bunlarında besin maddesi geri kazanımını mümkün kılan teknikleri içermesi gerektiği belirtilmiştir. Aynı zamanda, bu büyük ölçekli yenilikçi sistemlerin uygulanmadan önce, potansiyel çevresel ve sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmenin mühim olduğu iletilmiştir. Çalışmada, Kıbrıs'ta hayvan atıklarının yönetimine yönelik üç farklı yaklaşımın sürdürülebilirliği değerlendirilerek, İlk olarak, LCA'nın, uygulama öncesinde çevresel açıdan en uygun yapılandırmayı belirlemede değerli bir araç olduğu; ayrıca bu metodolojinin, çeşitli seçeneklerin sürdürülebilirliğini değerlendirmek ve karşılaştırmak amacıyla Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile birlikte kullanıldığı aktarılmıştır.

Bu alternatifler, hayvan atıklarının

- Anaerobik Lagünlerde yönetimi (Alternatif 1),
- Geleneksel Biyogaz tesisi (Alternatif 2) ve
- Canlı Atık yaklaşımına göre tasarlanmış bir tesiste yönetimi (Alternatif 3),

gibi göstergeleri içermektedir.

Metodolojinin uygulanması sürecinde her seçilen göstergenin ayrı ayrı analiz edildiği, her bir alternatifin avantajlarının ve dezavantajlarının aydınlatıldığı gösterilmiştir. Alternatif 1, çevresel ve sosyal açıdan en kötü alternatif olarak tanımlanmıştır. Bu durumun temel nedeni ise kontrolsüz kirletici emisyonları olmasıdır. Buna rağmen, bu seçeneğin sermaye ve işletme maliyetleri açısından, en düşük olanı olduğu aktarılmıştır. Alternatif 3'ün yüksek teknolojik gelişimi, alternatif 2 ile karşılaştırıldığında, iklim değişikliği ve işletme maliyetleri gibi bazı çevresel ve ekonomik göstergelerde yaklaşık %50 daha yüksek etkilere yol açmıştır. Enerji ve besin maddesi geri kazanımından elde edilen gelirler gibi ve diğer göstergelerde ise etkileri azalttığı, belirtilmiştir. Bunlara örnek olarak karasal asitleşmeyi 10 kat, deniz ötrafikasyonunu 2 kat daha düşük etkilemiştir.

Sonuçlara göre, Alternatif 3'ün sermaye ve işletme maliyetleri daha yüksek olsa da, ürünlerin geri kazanımından elde edilen çevresel, sosyal ve ekonomik avantajlar, onu hayvan atık yönetimi için en sürdürülebilir seçenek haline getirdiği, Alternatif 2'nin ikinci tercih edilen seçenek olduğu belirtilmiştir. Sonuçlar üzerinde kriter ağırlıklarının etkisini analiz etmek için bir hassasiyet analizi gerektiği, ekonomik kriterlerin en ağırlıklı boyut olduğu durumlarda bile Alternatif 3 her durumda en sürdürülebilir seçenek olmasa da, Alternatif 1, Alternatif 2'nin yerine seçilebilir olduğu aktarılmıştır (Lijó , Frison, & Fatone, 2018).

Khalil vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, Endonezya hayvan atıklarının sürdürülebilir biyoenerji üretimi için büyük potansiyele sahip olduğu, bunun biyogaz üretimi için gereken organik hammadde kaynağı olarak kullanılabileceği, bu kaynağın sığır gübreleri, kümes hayvanları organları (Mide vb.) ve kan içerinden oluştuğu belirtilmiştir. Genel olarak, çiftliklerden elde edilebilecek hayvan atığı miktarı hayvanın türü ve boyutu, hayvanın yaşı, yem ve besleme yöntemleri, yetiştirme türü gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, sığırlardan, koyunlardan ve tavuklardan elde edilebilecek günlük hayvan gübresi miktarı sırasıyla 10-20 kg, 2 kg ve 0,1 kg olarak tahmin edilmektedir. Ayrıca, hayvanlardan elde edilebilecek kan ve iç organ içeriği miktarı da hayvanın yaşına ve boyutuna bağlıdır. Genellikle büyük geviş getirenler için kanın toplam ağırlığı (kg), hayvanın vücut ağırlığının yaklaşık olarak %8,4'ü iken küçük geviş getirenler için bu oran %3'tür. Bu arada büyük ve küçük geviş getirenler için mide ağırlığı (kg) genellikle sırasıyla %12 ve %25'tir. Genellikle büyük geviş getirenler, küçük geviş getirenler ve kümes hayvanları için ortalama canlı vücut ağırlığı sırasıyla 250 kg, 40 kg ve 1,5 kg olduğu belirtilmiştir.

Son zamanlarda Endonezya'da yerel hayvan yetiştiricilerinin sayısında artış görülmektedir. Buda, anaerobik fermentasyon işlemi kullanılarak biyogaz üretimi için büyük miktarda hammadde sağlama potansiyeline sahiptir. Hayvan atıklarının bu uygulama için kullanılmasının uygun atık yönetimi sağlanmasına yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır. Şu anda, benzer teknolojik uygulamaların değerlendirilmesi Tayland, Malezya ve Myanmar gibi bölgedeki birçok gelişmekte olan ülkede yaygın bir şekilde çalışılmış, bununla birlikte bu ülkelerdeki biyogaz üretiminin çoğu küçük ölçekli operasyonlar olarak gerçekleştirildiği ve üretilen biyogazın şu anda pişirmede ve aydınlatmada kullanıldığı iletilmiştir.

Nüfusun hızla artmasından dolayı Endonezya’da, şu an için gelecekte sürdürülebilir enerji ve atık yönetiminin güvencesini sağlamanın, iki zorlukla karşı karşıya kalacağı, anaerobik fermantasyonun atıktan enerjiye dönüşümü ile hayvan atıklarından biyogaz şeklinde temiz alternatif enerji üretimi için en iyi yollardan biri olacağını belirtmişlerdir. Bu çalışma, çiftliklerden ve kesimhanelerden toplanan organik atıkların potansiyel olarak biyogaz üretiminde, bunun da daha sonra pişirme, aydınlatma ve elektrik üretimi için doğrudan kullanılabileceğini, ayrıca bu süreçten elde edilen organik yan ürünlerden (digestat) çeşitli tarımsal amaçlar için de yararlanılabileceğini göstermektedir. Biyogazın kalitesi ve miktarı çeşitli faktörlerden derin etkilendiği halde, bulgular, hayvan atıklarından üretilen biyogazın teorik miktarını tahmin etmenin mümkün olduğunu göstermektedir (Khalil, Berawi, Heryanto, & Rizalie, 2019).

Hettiarachchi, H. vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, Birleşmiş Milletler tarafından 2030 yılına kadar gerçekleşmesi gerekli 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi’ne (SKH) baktığımızda, kentsel katı atık yönetimi ile ilgili özel bir hedef görülmediği, bununla birlikte birçok hedefin MSW ile bir şekilde ilişkili olduğu, özellikle organik atıkların, bu hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynayabileceği aktarılmıştır. Örneğin, Hedef 2-Açlıkla Mücadele: Organik atık kompostlaması, Organik atıkların biyogaza dönüştürülmektedir. Hedef 7- Uygun ve Temiz Enerji : Organik atık çürümesi sırasında üretilen metan gazı, iklim değişikliği sorunlarını kötüleştirdiğine inanılan en önemli nedenlerden biridir. Organik atık, tüm antropojenik metan emisyonlarının %16’sından sorumludur. Petrol ve hayvancılık endüstrilerinden sonra üçüncü büyük üreticidir. Hedef 13- İklim Eylemi : Kentsel katı atıklardaki organik atıkların etkili bir şekilde yönetilmesi bu hedefe ulaşmada önemli bir katkı yapacaktır. Hedef 6- Temiz Su ve Sanitasyon ve Hedef 11- Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar’a ulaşmada da önemlidir, ancak organik atıkların diğer atık türleri arasındaki rolü bugüne kadar ayrı olarak ele alınmamıştır. Organik atıkları kullanılabılır ürünlere dönüştürmek için toplanan organik atıklarla ne yapılabileceğine karşın; kompost, biyogaz, biyokömür vb. gibi bir dizi ürün bulursa da geliştirmekte olan ülkeler için en uygun olanların kompost ve biyogaz olduğunu belirtmişlerdir. Her iki işlem de nispeten uygun maliyetli, yoğun enerji gerektirmeyen ve daha az karmaşık teknolojilerle gerçekleştirilebilir. Bu nedenle, bu iki seçeneği daha ayrıntılı olarak tartışmanın daha makul olduğu görünmektedir. Ayrıca, organik atık geri satın alma

yöntemini, sürdürülebilir atık yönetimi sağlamak amacıyla kentsel katı atık akışından organik atığı ayırmak için iki vaka çalışmasıyla beraber açıklayarak, gelişmekte olan ülkeler için uygulanabilir bir çözüm olarak tanımlamışlardır. Gelişmekte olan ülkelerin kentsel katı atıkları genellikle, tarımı desteklemek için besin maddeleri sağlayabilen veya biyogaz aracılığıyla enerji üretebilen büyük miktarda organik madde içerdiği halde şu ana kadar en üst potansiyeline ulaşmak için kullanılmamış olan benzersiz bir özelliktir.

Bu gibi projelerin başarılı ve sürdürülebilir olabilmesi için ürünlerin istikrarlı bir pazar bulması gerektiği, bundan dolayı çoğu kompost projesinin geçmişte başarısız olduğu iletilmiştir. Aynı zamanda bir ürünün, kalite ve talebe dayalı olarak istikrarlı bir pazar bulacağı, yıllar öncesinde karma atıkla yapılan kompostlarda düşük kalite ve plastikler gibi istenmeyen malzemelerin bulunması nedeniyle birçok kompost projesi başarısız olmuştur. Önerildiği gibi kaynaklara ayrılmış organik atıktan yapılan kompostun kalite sorunu olmayacağı halde, kompost talebinin genelde sorun olabileceği ortadadır. Eğer organik atıklardan üretmek istenilen ürün kompost ise, o zaman ona istikrarlı bir pazar sağlamak için diğer politika araçlarını kullanmanın önemli olduğu, örnek olarak bir belediye bir kompost tesisine sahipse, şehirdeki tüm yeşil alanlarda kendi kompostunu kullanmaya karar verebileceği ayrıca, kompostlarının mineral gübrelere göre öncelikli olmasını sağlamak için şehirdeki diğer devlet dairelerine ve okullara başvurabileceği bildirilmiştir. Öte yandan, kompost için istikrarsız bir pazarın belirgin işaretleri varsa, pazar rekabeti mümkün olan biyogaz üretimini düşünmenin çok daha iyi bir seçenek olduğu, odak noktada karma atık yönetimi olduğundan, biyogaz seçeneği kentsel ortamda bazı avantajlara sahiptir. Bir kompost tesisinin gereksinim duyduğu arazinin, bir biyogaz tesisi için gereksinim duyulan araziden çok daha büyük olduğu, bunun kentsel veya yarı kentsel bir bölgedeki arazi değeri göz önüne alındığında, kolayca bir sorun haline gelebileceği aktarılmıştır. Aynı zamanda, aynı miktarda gelen organik atık hacmi varsayıldığında, bir kompost tesisi kurmak aslında bir biyogaz tesisi kurmaya göre çok daha yüksek bir sermaye gerektirir ve yatırımın geri dönüş süresinin çok daha uzun olduğu ancak, iş yaratma ve gayri resmi iş sektörünü istihdam etme konusunu ele almaya çalışıldığında; biyogazın, daha fazla işgücü gerektiren kompostlama yöntemine kıyasla daha az potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir.

Dünya genelinde birçok şehrsel atık-kompost projesi örneği olduğu ve dünyanın bazı bölgelerinde gıda karşılığında atık programlarına sınırlı sayıda rastlanıldığı, ancak;

anlaşıldığı kadarıyla organik atık geri satın alma uygulaması hiçbir yerde tam anlamıyla gerçekleştirilmemekte olduğu belirtilmiştir. Önerilen konseptin ilk olarak, kentsel katı atık bileşimindeki yüksek miktardaki organik atık ve özellikle gayri resmi sektörün varlığı nedeniyle nispeten ucuz işgücü piyasası sebebiyle, gelişmekte olan ülkeler için daha iyi uygun olabileceğini savunmuştur (Hettiarachchi, N. Meegoda, & Ryu, 2018).

Bhupendra Koul (2022) tarafından yapılan çalışmada; Tarımın, biyoekonomi için önemli bir girdi olan biyokütleyi üreten en büyük biyolojik sektörlerden biri olduğu aktarılmıştır. Aynı zamanda hayvancılık, gıda işleme, sulama, hasat, transfer ve tarım ürünlerinin depolanması veya paketlenmesi gibi tarımsal süreçlerin tümü, tarımsal faaliyetler sonucu her yıl oluşan organik ve inorganik atık örneklerindendir. Tarımsal atıkları toprak, su, hava ve geleneksel olmayan enerji kaynaklarının kalitesini korumak veya iyileştirmek amacıyla stratejik bir şekilde yöneten bir sistem, Tarımsal Atık Yönetim Sistemi (TAYS) olarak bilinir. Üretim, toplama, geçiş, depolama, işleme ve kullanma, bir TAYS'ın altı temel görevidir. Bu görevler, belirli bir TAYS için gerektiği şekilde birleştirilebilir, çoğaltılabilir, silinebilir veya yeniden düzenlenebilir. Azalt, yeniden kullan ve geri dönüştür, TAYS adına 3R yönteminin üç bileşenidir. Tarımsal atık azaltmanın, yeniden kullanma ve geri dönüşümün, tarımsal atıkların entegre yönetimine pozitif katkıda bulunan stratejik yöntemler olduğu iletilmiştir.

Azaltma kavramında, gereksiz atıkların miktarını azaltmak amacıyla ham tarımsal ürünlerin özenli işlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Yeniden kullanım ise, orijinal amacı için artık kullanılamayan herhangi bir şeyin minimum işlemle veya hiç işlemle tabi tutulmadan yeniden kullanıldığı faaliyetler olarak ifade edilmiştir. Tarımsal atıkların geri dönüşümü, değerlendirilmesi ve tekrar kullanılmasının; çevre koruma, alternatif enerji üretimi ve ürün verimini sürdürme için kritik olduğu iletilerek, tarımsal atık geri dönüşüm tekniklerinin, bu atıkları biyokütle enerjisi, gübre, yem ve biyomalzemelere dönüştürülebileceği belirtilmiştir. Örnek olarak, biochar'ın, nispeten kararlı organik atıklardan yapılan karbonlu bir malzeme olduğu aktarılmıştır. Aynı zamanda, sığır ve domuz dışkısının anaerobik sindirimi yoluyla biyogaz üretilebileceği, ürün gazlarının en önemli iki bileşeninin CH₄ (%56 – 65) ve CO₂ (%35 – 44) olduğu ayrıca CH₄'ün 9000 kcal/m³'lük bir ısı değere sahip yanıcı bir gaz olduğu bilinmektedir. Bu geri dönüşüm yöntemi, işletmek için daha az zaman ve alan gerektirdiği için kompostlamadan daha avantajlıdır ve düşük ağır metal seviyelerine

sahip organik gübre sağlayarak biyogazın daha sonra yemek pişirmek ve/veya enerji üretmek için kullanılabileceğini belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, ekonomiyi geliştirmek, çevreyi ve kaynakları korumak ve çevre koruma için paylaşılan bir vizyon geliştirmek için tarımsal atık geri dönüşümü ve kullanım stratejileri geliştirilmesi gerektiği, çevre eğitiminin her ülkede temel düzeyden itibaren zorunlu hale getirilmesi ile beraber, köylerin özelliklerine uygun gerçekliğe dayalı tarımsal atık yönetimi programı altında belirli politikalar oluşturulması gerektiği aktarılmıştır (Koul, 2021).

Jensen M.B. vd. (2016)'ne göre, Almanya ve Danimarka sınır bölgesinde atık yönetim sistemlerinin yaşam döngüsü analizi (LCA) ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi sonucunda, iki bölge arasındaki LCA sonuçlarındaki genel farklılıkların önem arz ettiği ve bununda temel olarak iki bölgede kullanılan farklı arıtma seçeneklerinden kaynaklandığını belirtilmiştir. Danimarka bölgesinde sadece yakma ve enerji geri kazanımı kullanırken, Almanya bölgesinde aynı zamanda kombine biyogaz, kompostlama kullanılmaktadır. Danimarka bölgesinin 14 kategorinin 10'unda, Almanya bölgesinin ise 14 kategorinin 4'ünde daha iyi performans gösterdiği aktarılmış, her iki bölge de tüm etki kategorilerinde "en iyi" olamadığından LCA, Danimarka-Almanya sınır bölgesindeki atık yönetim sistemlerinin genel çevresel performansını sıralamak için kullanılamayacağını belirtmişlerdir.

Ancak sonuçlar, sistemlerde iyileştirilecek potansiyel alanları vurgulamak için kullanılabilir. Özellikle metan, amonyak ve nitroz oksit içeren kombine biyogaz ve kompostlama tesisiyle ilgili emisyonlar azaltılabilirse, bu emisyonlar aşağıdakiler üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğundan çevresel performans önemli ölçüde artacaktır. Bunlar “Küresel ısınma”, “Partikül madde”, “Fotokimyasal ozon oluşumu”, “Karasal asitlenme”, “Karasal ötrofikasyon” ve “Deniz ötrofikasyonu”dur. Ayrıca ısı kullanımının artırılması “Kaynak tükenmesi–Fosil yakıtlar” kategorisindeki tasarrufları da artıracaktır. İki sistem arasındaki en benzersiz fark olan kompostun karada kullanılmasının, biyolojik arıtma, kompost üretimi ve uygulamasının yalnızca Almanya bölgesinde olması nedeniyle iki bölge arasında büyük bir farklılığa yol açtığı, arazide uygulanmasıyla sızıntının artmasıyla beraber sonuçta sistemin karasal sistemlerde ve deniz sularında ötrofikasyon potansiyelini arttırdığını göstermişlerdir. Karada kompost kullanımı ayrıca "İnsan toksisitesi - Kanseri dışı" ve "Ekotoksisite" konularında belirsiz olsada potansiyel olarak büyük yüklere yol açmıştır. Bu çalışmada sonuçsal LCA kullanılarak evsel organik atıkların arıtılmasında; kompostlama, yakma

ve anaerobik çürütme yöntemleri karşılaştırılmıştır. Enerji sisteminin odak noktası, aynı zamanda farklı marjinallerin seçildiği ve karşılaştırıldığı, elektrik ve ısı üretimi olmuştur (Jensen, Moller, & Scheutz, 2016).

Thomsen M. vd. (2017)'ne göre; 2011 yılında Danimarka'da 9 milyon ton kullanılmış malzemenin atık olarak ortaya çıktığı, bu atıkların %61'inin geri dönüştürüldüğü, %29'unun birleştirilmiş ısı ve elektrik üretimi için yakıldığı ve %6'sının çöp sahalarına atıldığı belirtilmiştir. 2010 yılında, toplam belediye katı atıklarının (KKA) yaklaşık %54'ü toplanmış ve tamamlandıktan sonra Enerji (WTE) tesislerinde yakılmak üzere taşınmıştır. Danimarka'nın eski atık stratejileri yerine, atık yakma ve enerji üretimi, depolamaya tercih edilen bir alternatif olarak görülmektedir. Enerji geri kazanımı yanında, yanma kalıntılarının mineralleri ve sıralı kimyasal içerikleri de bir olmadığı sürece geri kazanılabilir. Ancak son yıllarda mineraller, besin türleri ve kimyasallar geri kazanılırken enerji üretiminde daha sürdürülebilir ve verimli bir yolun bulunabileceği ortaya çıkartılmıştır. Şu anda Danimarka'daki evsel atıkların yaklaşık %80'i yakılmaktadır. Kaynak planı hedefinde ise 2022 yılına kadar evsel atıkların %50'sinin ayrıştırılıp yeniden kullanılması hedeflenmektedir. Atık Yönetimi Kaynak Planına ek olarak, Danimarka hükümetince gübreden biyogaz üretiminin çalışmalarına yönelik yeni bir uzun vadeli plan kabul edilmiştir. 2020 hedefine göre, tüm gübrenin %50'sinin tarım sektöründe biyogübre olarak kullanılmadan önce uygun hammaddelerle birlikte sindirilmesi gerekmektedir. Biyoatık, Danimarka Enerji Ajansı'nın destek planına göre biyogaz tesislerinde, birlikte sindirim konusunda herhangi bir kısıtlama olmaksızın uygun bir alternatif hammaddeyi temsil etmektedir. Atık Yönetimi Kaynak Eylem Planı tarafından, evsel atıkların yakılmadan, birleştirilmiş biyogaz ve biyogübre üretimi için gübre ile birlikte sindirime yönelmesine işaret edilmektedir.

Farklı atık senaryoları yönetimi arasındaki karşılaştırmalar hakkında çeşitli makaleler yayınlanmıştır. Özellikle atık yönetimi çeşitleri üzerine farklı atık yönetimi olarak depolama, kompostlama, anaerobik sindirim ve/veya yakma gibi teknoloji sistemlerini karşılaştıran çok sayıda LCA çalışması gerçekleştirilmiştir. Danimarka'da biyogaz ve termal gazlaştırma teknolojilerinin, atık yakmaya alternatif olduğunu, gübre ve organik atıklara dayalı biyogazın önerilmesinin ortaya çıktığını ortaya koymaktadır. Danimarka'daki atık yönetimi bir vaka çalışması olarak ele alınarak, artan döngüsel biyokaynak yönetim sisteminin performansının bir değerlendirmesi sunulmaktadır.

Danimarka'daki bu örnek çalışmada, yeniden sağlanan belediye atıklarındaki organik kısım miktarının, atık yakmaya giden belediye katı atıklarında %22'lik bir azalmaya karşılık geldiği, bu şekilde atıkların yakılarak, biyogaz ve biyogübre üretimine yönlendirilmesi ve performansların değerlendirilmesiyle ilgili makro - mikro düzeydeki tüm bölgesel sistemler için önemli bir referans model ve kabul edilebilir örnek çalışma olarak ele alınmıştır. Ayrıca bu çalışmanın, Avrupa döngüsel ekonomi eylem planına ve ilgili mevzuata uygun olarak döngüsel ekonomide atıkların kaynak olarak kullanılmasıyla büyümenin arttırılması için çeşitli teknoloji geçişlerinden biri olduğundan bahsedilmiştir (Thomsen, ve diğerleri, 2017).

Samoraj vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada; günümüzde kompostlama ile başarılı bir şekilde rekabet eden bir yöntem olarak anaerobik çürütücü bitki sayısında çok yoğun bir artış gözlemlendiği, biyogazın, kompostlamaya göre:

- i) C:N oranıyla ilgili katı şartlar olmadığı;
- ii) Gaz alışverişini sağlayan yapı ve
- iii) Elektriğe dönüştürülen biyogaz,

gibi rekabet avantajları olduğu iletilmiştir.

Polonya'da değerlendirilmesi gereken biyo-temelli atık sorununu ulusal düzeyde çözmek amaçlanmış ve ülkenin en büyük iki enerji şirketi tarafından 400 biyogaz tesisi inşa etmek için bir program başlatılmıştır. Fermantasyon sürecinin yenilenebilir enerji elde etmeyi mümkün kılacağı, yalnız yönetilmesi gereken katı ve sıvı fazda, proses sürecinde hidroliz, asidojenez ve metanojenezden geçtiği için asidik, mikroorganizma konsantrasyonu ve patojenler içerebilen, çürüme ürünü açığa çıkacaktır. Bu nedenle, çürütücü maddenin tarım arazilerine doğrudan uygulanması, çevreye ikincil kirlilik teşkil edeceği ve çürütücü maddenin tarlalara uygulanmasında uzun yıllar boyunca uygulama yapılması durumunda ekilebilir toprakların bozulmasına yol açabileceği aktarılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda; digestat (hem sıvı hem de katı), hijyenik ve kokusuz hale getirilmelidir. Bu küçük miktarlarda mineral asitlerle (örneğin sülfürik veya fosforikasit) koşullanarak yapılabilir. Elde edilen yan ürün, nötralizasyon gerektirecek olup bu da çeşitli biyo-katıların yanmasından elde edilen külle yapılabilecektir. Daha sonra kompozisyon, mineral veya alternatif bileşenlerin eklenmesi ile düzeltilebilecektir. Genel olarak biyoyararlı besin maddeleri içeren organik-mineral gübre üretmek için digestat işleme yöntemi geliştirmeye odaklanması gerektiği bildirilmiştir. Bu şekilde elde edilen organik-mineral

gübrenin, ticari bir formda ve mineral gübrelerin fiyatları dramatik bir şekilde arttığı için maliyet etkin ve çevre dostu bir alternatif olabileceği incelenmiştir. Ürünlerin piyasaya sunulabilmesi için makro ve mikro besin maddesi bileşiminin standartlaştırılması gerektiği iletilerek, yeni gübrenin etkinliğinin yetiştirilen bitkiler üzerinde saha çalışmalarında doğrulanması gerektiği bildirilmiştir (Samoraj, Mironiuk, Izydorczyk, & Witek-Krowiak, 2022).

Bernal, M. P. vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada; hayvan gübrelerinin kompostlanmasında, çiftçiler tarafından toplanan atıkların işlem koşullarının (oksijenlenme, sıcaklık, amonyak kaybı, vb.) kontrolüne pek dikkat edilmeden ve ilkel yöntemlerle biriktirilmiş olduğunu iletmışlerdir. Hayvan gübrelerinin kompostlanması, ham gübrelerin doğrudan kullanımından önemli ölçüde daha yüksek maliyetlidir. Bu sebeble hayvan gübreleri, kısmen sterilize edilmesi gereken gübreler olup aynı zamanda bunlardan üretim maliyetlerini dengeleyebilecek yüksek kaliteli kompost üretilebileceğinden, kompostlamanın makul bir seçenek olduğunu söylemişlerdir. Kontrollü kompostlamanın, nihai ürünün güvenli depolanmasına ve taşınmasına olanak tanıyacağı, gübrenin aksine daha yoğun ve homojen bir ürün olduğundan ürüne değer ekleyeceği belirtilmiştir. Kolay yayılımla beraber toprakta homojen bir dağılıma izin vereceğinden, patojenlerin ve yabancı ot tohumlarının olmamasını sağlayacağını iletmışlerdir.

Hayvan gübrelerinin kompostlanmasının doğrudan uygulamaya kıyasla, Avantajlarının aşağıdaki şekilde özetlendiği:

- Patojenlerin ve yabancı otların yok edilmesi,
- Mikrobiyal stabilizasyon,
- Hacim ve nem azalması,
- Kokuların giderilmesi ve kontrolü,
- Depolama, taşıma ve kullanım kolaylığı,
- İyi kalitede gübre veya substrat üretim,

Dezavantajlarında aşağıdaki nedenlerden kaynaklandığı:

- Kurulum ve yönetim maliyeti,
- Bir hacim artırıcı maddeye ihtiyaç duyulması,
- Depolama ve işlem için büyük alan gereksinimi, şeklinde belirtilmiştir.

Hayvan gübresi kompostlamayı etkileyen kontrol edilebilir faktörler arasında uygun hacim artırıcı maddenin seçiminin, çürüme hızını kontrol etmede ve kompost içinde N tutulmasını desteklemede esas bir rol oynadığı belirtilmiştir. Başlangıçta N immobilizasyonunu artırmak için ayrışabilir organik-C içeren bir hacim artırıcı maddenin eklenmesinin, çevresel bir bakış açısından hayvan gübreleri kompostlamasında önemli bir endişe olan amonyak buharlaşmasını ve azot kayıplarını azalttığını aktarmışlardır. Kompostun tarımsal değeri, organik madde yüksek bir seviyede stabilite ve olgunluğa ulaştığında artmaktadır. Bu tek bir parametre ile tespit edilemediği gibi, farklı yazarlar tarafından hayvan gübreleri kompostu için kimyasal ve stabilite parametrelerine dayalı birçok indeks kullanıldığı, ancak farklı ülkelerin resmi kurumları tarafından kullanılan kriterleri standardize etmenin gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak hayvan gübrelerinin kompostlanması, tarımda maksimum fayda sağlamak adına stabil ve sanitasyonlu son ürünler üretmek için etkili bir yöntem olarak gösterilmekte ancak kompostun pazarlanabilirliğini garanti etmek için yüksek kalitede olması gerektiğini iletmişlerdir (Bernal, Alburquerque, & Moral, 2009).

Aziz N.İ.H. vd. (2019)'ne göre; 2006'dan 2018'e kadar biyogaz üretiminin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine (LCA) ilişkin 48 çalışmanın kapsamlı bir incelemesini sunulmaktadır. Çalışmanın kapsamında, incelenen çalışmalarda kullanılan hammadde türü ve etki kategorileri tartışılmıştır. Atıkların biyogaz üretimine yönelik verimliliğini ve potansiyelini değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yapılmasına rağmen, özellikle gelişmekte olan ülkelerde LCA metodolojisine dayalı olarak biyogaz üretiminin çevresel performansına ilişkin kapsamlı analizlerin yapılmasına çok az önem verilmiştir. Tarımsal, endüstriyel ve belediye organik atıklarından elde edilen biyokütle kaynakları, anaerobik sindirim için hammadde olarak kullanılabilir. Birçok lke, petrol, mineral ve fosil yakıtlara alternatif olarak yereldeki mevcut biyokütle ve organik malzemeleri kullanmaktadır. Bununla birlikte, Avrupa lkelerinde yapılan çeşitli araştırmalar, en verimli ürün olduğu için mısırı, biyogaz üretmek amacıyla anaerobik sindirim için hammadde olarak kullanmaktadır. Almanya'daki tarımsal biyogaz tesislerinde %75'inden fazlasında hammadde olarak yaygın şekilde kullanıldığı ve biyogaz enerjisinin yaklaşık %60'ını sağladığıı aktarmışlardır.

İncelenen LCA çalışmalarının çoğunda üretilen biyoenerji, ısı, elektrik ve ulaşım yakıtı olarak değerlendirilmektedir. Kombine ısı ve güç ünitesinde üretilen biyogaz eş zamanlı olarak ısı ve elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Genellikle ısı, öz tüketim için (çürütücüleri ısıtmak için) kullanılırken, üretilen elektrikle ulusal şebeke beslenebilmektedir. Digestate genellikle tarımsal üretim için organik gübre, bitki yetiştirme ortamı ve toprak iyileştirici olarak kullanılmaktadır . Fermentasyon ürünü, nitrojen (N), fosfor (P) ve potasyum (K) içeriği nedeniyle, yapay mineral gübrelerin yerini alabilecektir. İncelenen tüm çalışmalarda, çürütülmüş ürün, tarlada kimyasal gübrelerin yerine organik gübre olarak yeniden kullanılabilirdiği, sindirilen ürünün yayılmasının, tarım alanındaki bitki besin maddesi ihtiyacına bağlı olduğu belirtilmiştir. Çürütülmüş ürünün depolanması sırasında ve arazi uygulamasından dolayı amonyak, nitröz oksit aynı zamanda nitrojen emisyonları meydana gelebilmektedir. Biyogaz yan ürünlerinin kapalı çürütme ürünü deposundan geri kazanılmasının, sürdürülebilir çürütme ürünü yönetimi için gerekli olduğu belirlenmiştir. Tarım sektörüyle birlikte, ev tipi biyogaz sindiriminin yaşam döngüsü üretim süreci incelenmiştir. Kapsamlı biyogaz-çürütme ürünü kullanımı yoluyla yaşam döngüsü enerji üretimi ve emisyonların azaltılması üzerine yaptıkları çalışmada, üst gübreleme, temel gübreler ve tohum uygulama yerine çürütme ürününün kullanılması yoluyla enerji ve çevresel performans arasında bir dengenin gözlemlenebileceğini bildirilmişlerdir (Hamna A., Hanafiah, & Gheewala, 2019).

Kamilaris A. vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada; dünya genelindeki çoğu ülkenin gübre yönetimi ile ilgili ulusal politikalarının olduğu, ancak bu politikalar tutarsızlıklar içermekte, iyi düzenlenmemekte ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde düzgün bir şekilde takip edilemediği belirtilmiştir. Metan emisyonlarını azaltma, yenilenebilir enerji hedeflerini karşılama veya çiftlik seviyesinde enerji maliyetlerini azaltma konuları; her ülkede depolama, işleme, sindirme, deşarj ve uygulama arasında farklılık gösteren gübre yönetimi ile ilgili politikaların kritik iticileridir. Genel gözlem, dünya genelinde çiftçilerin özellikle gelişmekte olan ülkelerde gübreyi optimal olarak kullanmadığı yönündedir. Bu çalışmada, politika geliştirme ve uygulama konusunda yardımcı olan bir jeo-informatik simülasyon ve optimizasyon aracıyla soruna etkili bir çözüm bulma çabalarına katkıda bulunmayı amaçlamışlardır.

Çalışmada, hayvan çiftçiliği kaynaklı hayvan gübresinin çevresel etkisini ele alınmış ve gübrelerin hayvan çiftliklerinden tarım arazilerine gübre olarak taşınması temelinde

daha sürdürülebilir bir yaklaşımı değerlendirilmiştir. Sorunu çözmek için merkezi bir yaklaşım, en kısa yolları bulmak için Dijkstra'nın algoritmasının uyarlanmış bir sürümüne ve en iyi rotaları bulmak için köken-nihai nokta maliyet matrislerine dayalı olarak kullanılmıştır. İlgili çalışmanın birçok kısıtlama ve kısıtlamayı ele alan gerçekçi bir simülasyona dayanan farklı olası senaryolar dikkate alınmıştır. Bulgular, en verimli senaryoların herhangi bir politika uygulamamak veya gübrenin depolanabileceği yakınlarda tarım arazileri bulunmayan sadece seçilen inek çiftliklerine (toplam inek çiftliklerinin %17'si) gübre kompostlama uygulamak olduğu gösterilmiştir. Makale ayrıca gelecekteki politika üzerindeki etkileri tartışmakta ve bu önerilen çözüm üzerinde gelecekteki çalışmaları önermektedir (Kamilaris & X. Prenafeta-Boldu, 2021).

Bai Z. vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada; kötü besin yönetiminin çevresel bir maliyeti olduğu gösterilmiştir. Buna karşın, Çin hükümetinin, son zamanlarda hava ve su kirliliğini kontrol etmek ve kimyasal gübrelerin kullanımını düzenlemek için bir dizi yasa çıkardığı, bu yasaların arasında "On Noktalı Hava Planı", "On Noktalı Su Planı" ve "Sıfır Artış Eylem Planı" olduğu, bu düzenlemelerin çoğu tarlalardaki, seralardaki ve meyve bahçelerindeki gübre uygulamalarına vurgu yaptığı belirtilmiştir. Ancak hayvan barınaklarının ve gübre depolama sistemlerinin göz ardı edildiği belirtilmiştir. Çin'e ait verilere göre, hayvanların 2010 yılında 23 Tg azot (N) dışkıladığı, toplam miktarın sadece 1/3'ünün tarım arazisine geri dönüştürüldüğü, bu oranın Avrupa Birliği bünyesinde %81 ve Amerika Birleşik Devletleri'nde %74 olduğunu aktarmışlardır. Çin'deki düşük geri dönüş oranı, hayvan barınaklarından, gübre depolama ve işleme sistemlerinden yüksek amonyak-N kayıplarına ve gübrenin sıvı fraksiyonunun çoğunun doğrudan deşarj edilmesine bağlıdır. Katı fraksiyonun genellikle ticari ürünlere uygulandığı, hayvan gübrelerinin çevre dostu depolanması ve kullanımı için başarılı düzenlemelere sahip olmadığı ve gübre uygulama sınırlarının bulunmadığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, toplam dışkılama miktarının %74'ü hava ve su kaynaklarına kaybedildiği, bu kayıpların gübrenin ticari ürünlere fazla uygulanması sırasında ve sonrasında meydana geldiği iletilmiştir. Çin'deki nehirler, göller ve kıyı sularından büyük bir kısmı ciddi ötrofikasyon sorunuyla karşı karşıyadır. Çin'deki nehirlerin yaklaşık %46'sı doğrudan insan için zararlı olarak sınıflandırılmıştır. Ötrofikasyona büyük katkı sağlayan besin maddelerinin su yollarına endüstrileşmiş hayvan üretim sistemlerinden gelmekte olduğu, gübrenin doğrudan yüzey sularına

deşarjı, kuzey nehirlerine salınan azotun üçte ikisinden fazlasını ve merkez ve güney nehirlerine salınan azotun ve fosforun %20 ila %95'ini oluşturduğunu belirtmişlerdir. 2010 yılında 5.5 Tg gübre N'sinin yüzey su sistemlerine girdiği, bunun %97'sinin hayvan gübresi sızıntısı, barınaklardan ve gübre depolamada doğrudandeşarjlardan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Sadece %3'ü gübre uygulamasından kaynaklanmıştır. Gübrenin doğrudandeşarjının, özellikle;

- gübre depolama kapasitesi için düzenlemelerin uygulanmaması
- gübreleri tekrar ürün üretimine döndürme yükümlülüğü
- uygun izleme, kontrol ve
- gübre değerinin takdir edilmemesi sonucunda meydana geldiğini iletmişlerdir.

Buna karşın AB'de yüzey sulara gübredeşarjı yasak olup ihlaller için sıkı denetimler ve ciddi mali cezalar bulunmaktadır.

Sonuç olarak, Çin'de gübre yönetimi iyileştirilmeli ve gübre N kayıplarını azaltmak için bir sistem kurulması gereklidir. Hayvan barınakları ve gübre depolama odaklı geliştirilmiş gübre yönetimi, NH₃ emisyonları ve NO₃ sızıntısı gibi N kayıplarını büyük ölçüde azaltacaktır. Uygun gübre yönetimi ile hayvan barınakları ve gübre depolama sistemlerinde N kaybı yollarının, azaltma seçeneklerinin ve mekanizmalarının anlaşılmasını, küçük ve büyük ölçekli hayvancılık üretim sistemleri arasındaki farkların, daha iyi araştırılması gerektiği iletmişlerdir. Politika yapıcılar, bilim insanları ve çiftlik yöneticileri, hayvan barınakları ve gübre depolama sistemleri için standartlar ve düzenlemeler geliştirmek için birlikte çalışmalı, maliyet-etkin teknolojilerin geliştirilmesi ve benimsenmesini, gübrelerin, su yollarına doğrudandeşarj yerine tarım üretiminde gübre ve toprak düzenleyici olarak kullanılmasının, teşvik edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Ayrıca, sentetik gübre N üretimi için kullanılan hükümet teşviklerinin; gübre depolama, işleme, taşıma ve tarım arazisine uygulama altyapısı geliştirmek için yeniden yönlendirilmesi önerilmiştir. Gübre yönetimindeki iyileştirmelerin, bu nedenle gübre N kayıplarının, sera gazı emisyonlarının ve diğer besin maddelerinin kayıplarının önemli ölçüde azalmasına katkı sağlayacaktır. İyileştirilmiş gübre yönetimi aynı zamanda toprak karbonunun tutulmasına ve sentetik gübrelerin aşırı kullanımının azaltılmasına katkıda bulunacağı, böylece Çin'de genellikle üre tabanlı gübrelerden kaynaklanan amonyak emisyonlarını ve nitrat sızıntısını azaltacağını belirtmişlerdir. Gübre yönetimini iyileştirmek için gereken araştırmalar ve yatırımlar,

Çin'deki mevcut yanlış yönetimlerin dışsallık maliyetleri göz önüne alındığında iyi düşünülmesi gerektiği, devlet konseyi'nin 2017 Haziran'ından beri bilimsel olarak kanıtlanmış düzenlemeler ve üreticilerin kayıpları en aza indirmek için sorumluluğu aracılığıyla kanatlı ve hayvan işletmeleri için bir atık geri dönüşüm sistemi kurma hedefleri belirlediğini aktarmışlardır (Bai, Li, Lu, Wang, & L. Velthof, 2017).

Atinkut vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada; keşif niteliğinde olmasına rağmen, Etiyopya'nın Amhara bölgesinde çiftçilerin çevre dostu atık yönetimi için ödemeye istekli oldukları miktarı analiz etmek için Koşullu Değerleme Yöntemi (CVM)'yi kullanarak mevcut tarımsal atık (AW) durumu değerlendirilmiştir. Sonuçlar, kırsal Etiyopya'da artan AW üretimi ve yanlış kullanımı ve bertarafını ele almak için acil tarım-çevre politikası tasarımının gerekliliğini göstermekte, çiftçilerin yanlış bertaraf edilen AW'nin olumsuz etkilerini orta düzeyde anladığı bulunmuş ve bununda, sürdürülebilir tarımsal atık yönetim araçlarını uygulamalarına yardımcı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, çiftçilerin büyük miktarlarda ekin biyokütlesini yakarak ve gübre, sıvı gübre, meyve ve sebzeleri, eski tarım araçlarını, evsel atıkları, külü ve diğer AW formlarını yol kenarında bertaraf ettikleri bulunmuştur. Şaşırtıcı bir şekilde çiftçilerin ekin kalıntılarını ve samanın açıkta yaktığını, doğrudan ekin biyokütlesinin ve kurutulmuş dışkı keki kullanımının yakıt odunu amaçlı kullandığını bu durumda onlarda ciddi solunum ve diğer sağlık sorunlarına sebep olduğu doğrulanmıştır.

Bu nedenle sürdürülebilir ve çevre dostu AWM için aşağıdakiler önerilmiştir. İlk olarak, hükümet AW'nin mevcut üretim potansiyelini ve formlarını değerlendirmeli ve anlamalıdır. Kırsal sürdürülebilir AWM politikaları oluşturmalı ve buna göre farkındalık yaratılmalıdır. İkinci olarak, yerel olarak uygulanabilir AW geri dönüşüm teknolojisi, kamusal-özel işbirliği yoluyla kırsal bölgelere sağlanmalı ve hükümet, atık malzemeyi kaynağa dönüştürmek için özel sektörü teşvik etmeli ve tanınmalıdır. Bu nedenle yerel atık geri dönüşüm pazarındaki boşluk, pazarı özel ve gayri resmi mikro işletmelere açarak ele alınmalıdır. Üçüncü olarak, AWM, üretim sezonu sırasında ve dışındaki dönemlerde ekin biyokütle yakma ile başa çıkma, aynı şekilde gübre ve ürünlerin yol kenarına atılması da ele alınmalıdır. Hükümet tarafından farkındalık yaratma ve sürekli eğitim verilmelidir. Dahası, tüm tarafların yasalara, normlara ve politikalara uygun olarak çalıştığından emin olmak için uygun takip ve denetimin en önemli husus olduğunu iletmişlerdir.

Bu nedenle; araştırmacılar, çevre girişimcileri, geri dönüşümcüler, aktivistler, lobici gruplar, hükümet ve sivil toplum örgütleri tarafından uygun politika tasarımına ve pazar değer zincirine odaklanılması gerektiği, tarımsal atıkların bütünsel gelişimini sürdürmek, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve geleneksel atıkları döngüsel tarımın içine sokmanın, sürdürülebilir kalkınma hedefleri kadar öncelikli olduğunu belirtmişlerdir (B. Atinkut, Yan, Arega, & Haseeb, 2020).

Tan vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada; Çin'deki 141 yoğun süt çiftliğinden elde edilen deneysel verilerin kapsamlı analizi, sürüler, gübre yönetim sistemi, bütün çiftliklerdeki N, P kayıpları ve NUE (Nitrojen Kullanım Verimliliği) ile PUE (Fosfor Kullanım Verimliliği)'nin çiftlikler arasında büyük varyasyonlar gösterdiğini belirtmektedir. Bu verimlilik değerleri, önceki çalışmaların önerdiği değerlerden önemli ölçüde daha yüksektir, çünkü bu çalışmalar genel istatistik verilerine ve model hesaplamalarına dayanmaktadır. Göreceli olarak yüksek NUE ve PUE, mevcut yoğun süt çiftliklerinin, aşırı gübre uygulamaları nedeniyle tahminlerin aşırı derecede yüksek olabileceği göz önüne alındığında bile, 2010'dan önceki ortalama süt çiftliklerinden çok daha iyi performans gösterdiğini iletmektedir. Çiftlik düzeyinde NUE, gübre yönetiminin iyileştirilmesi ile 60 ± 19 'a kadar artırılabilir. Ancak gübre yönetimi önlemlerinin etkisi çiftlikler arasında büyük farklılık göstermektedir. Bu da endüstriyel hayvancılık çiftliklerinin bu yönetim seçeneklerindeki öncelik sırasını bireysel olarak değerlendirmeleri gerektiğini göstermektedir. Çiftlikler arasındaki büyük farklılıklar aynı zamanda gübre işleme konusunda iyileştirmeler yapmayı amaçlayan mevcut genel politikaların N ve P kayıplarını etkili bir şekilde azaltmayacaktır. Bunun yerine, çiftlik özgü yaklaşımlar, gübre toplama, düşük emisyonlu gübre depolama ve tarım arazilerinde gübre N ve P kullanımını iyileştirmeye odaklanmalıdır. Gübre yönetimini iyileştirmeyi amaçlayan politikalar, gübrenin nihai hedefini dikkate almalı ve gübre uygulamaları için uygun sınırları içermesi gerektiğini belirtmişlerdir (Tan, Hou, Zhang, & Shi, 2022).

Chowdhury vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada; Bangladeş'teki hayvan ve kümes hayvanı çiftliklerinin sayısı her yıl arttığından, çiftlik atıkları miktarında artmakta olduğunu belirtmişlerdir. Bangladeş'te uygulanan çeşitli politikalar, Ulusal Tarım Politikası (1999), Yenilenebilir Enerji Politikası (2008), Dhaka Belediye Kanunu (1983), Ulusal 3R Stratejisi (2010), Şehir Yönetimi Politika Bildirisi (1998) gibi detaylı bir şekilde tartışılmış ve analiz edilmiştir. Mevcut çevre politikası, çiftlik ve

kesimhanelerde üretilen hayvan atıkları ile ilgilenmemekte, ayrıca Bangladeş'te hayvan atıklarının enerji üretimi için kullanılmasından kaynaklanan kaynak potansiyeli ve sera gazı azaltımı ile ilgili henüz literatürde mevcut bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada Bangladeş'te çiftlik atıklarından biyogaz üretimini değerlendirmek ve biyogaz üretmek için uygun teknolojiler ve karbon azaltma analizi yapılarak bunun yanı sıra mevcut boşluğu kapatmak için yönetim planları ve bazı politikalar da önerilmiştir. Bu çalışmanın, enerji planlamasından sorumlu otoritelere bu konuda ışık tutmak ve Bangladeş'te çiftlik atıklarından biyogaz üretmede, başlıca bir kaynak olarak değerlendirmesi adına gerekli bilgiyi sağlayabileceği varsayılmıştır. Hayvan sayısı arttıkça, hayvan gübresi miktarı da aynı oranda artmakta, artan hayvan gübresi miktarı, ciddi hava kirliliğine neden olduğu için atılması zorluklar doğurmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma için bu atıklardan kurtulmanın maliyet etkin bir yolunu bulmanın gerekli olduğu, anaerobik sindirimin, bu atıklardan kurtulmanın en iyi çözüm yolu olduğu ve aynı zamanda kullanışlı bir ürün olan biyogaz üretebileceği iletilmiştir.

Bu derlemede, Bangladeş'teki hayvan çiftliklerinden ve kanatlı çiftliklerden gelen atık biyokütlelerin biyogaz üretimi potansiyelini tanıtmış, ancak bu girişimlerin hala sivil toplum kuruluşu sektörüyle sınırlı olduğu belirtilmiştir. Ülkedeki biyogaz üretimi ile ilgili projeler, yıllar önce sivil toplum kuruluşları aracılığıyla kurulmuş olsa da hükümet girişimlerinin ve politika uygulamalarının eksikliği nedeniyle sonuç sürekli bir eğilimde olmadığı, bu nedenle bu derleme sürecin mekanizmalarını, sivil toplum kuruluşları tarafından yürütülen başarılı projeleri ve ülkedeki ilgili programlar için gelecekteki planları belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bangladeş'teki mevcut durum göz önüne alındığında, kanatlı çiftliklerinin ve hayvancılığın yükselen bir trend göstermesi, Bangladeş'teki hayvan sayısı ile birlikte hayvan atığı üretimini de yüksek bir hızda arttırdığı, bu nedenle bu çalışmada Bangladeş'teki hayvan atıklarının biyogaza dönüşümünün senaryosundan toplanan anket verileri analiz edilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Eğer bu büyük miktardaki atık büyüklüğü, büyük ölçekte biyogaz üretimi amacıyla kullanılabilirse, bu hem ülke ekonomisi hem de çevresi için çok faydalı olacaktır. Ayrıca, çeşitli amaçlar için fosil yakıtların hakimiyeti önemli ölçüde azaltılabilir. Bu çalışmada, 2016 yılında hayvan biyo-atıklardan 16.988,97 milyon m³ biyogaz elde edilebileceği ve bu biyogazın 16,68 x 10¹⁰ kWh/y elektrik üretebileceği gösterilmiştir.

2016 yılında biyogaz kullanılsaydı, 1,65 milyon litre dizel yakıtın yerine kullanılabileceğini, ayrıca güç üretimi için dizel yerine biyogaz kullanılması durumunda 4,42 megaton CO₂ emisyonu önlenebileceğini belirtmişlerdir.

•Bu derlemede, Bangladeş'teki biyogaz programları ile ilgili tüm bilgileri, programlarla ilgili avantajlar ve dezavantajlarını toplamak amaçlanmıştır. Gelecekte biyogaz tesislerinin uygun teknik-ekonomik analizi ve yaşam döngüsü değerlendirmesiyle, ekonomik ve çevresel perspektifi daha şeffaf hale getireceği iletilmiştir. Bu derleme aracılığıyla güncel bilgilerin kaydedilmesi, bu kaynağın potansiyelini değerlendirmek için hükümet kurumları tarafından kaydedilmesi önerilmiş, bu nedenle hükümetin, hayvan atıklarını bir enerji kaynağı olarak göz önüne alarak atık yönetimi politikasını yeniden tasarlayabileceği aktarılmıştır. Farklı sivil toplum kuruluşlarının ve özel sektörlerin de iş birliği içinde olacak şekilde, atık işleme tesislerinin her ilçede başlatılması, yerel halkın bu projelere katılmasını teşvik etmek için tavsiye edilmiştir. Bu proje, diğer gelişmekte olan ve yoksul ülkelerin hayvan atıklarını kaynaklara dönüştürmek için bir adım atmaları için yol gösterici olacağını belirtmişlerdir (Chowdhury, Chowdhury, Hossain, & Ahmed, 2020).

Su vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada; sürekli artan gübre üretiminin uygun yönetim olmadan çevresel sorunlarına yol açma olasılığını arttıracaklarını, bu sorunlar arasında su ve hava kirliliği, sera gazı emisyonları, ağır metal kirliliği ve patojen yayılması bulunduğunu belirtmişlerdir. Gübrenin bertarafı için şu anda yaygın olarak kullanılan üç temel teknik, kompostlama, anaerobik sindirim ve termokimyasal dönüşümü içermekte ve bu yöntemlerin üçünün ana avantajları ve dezavantajları gösterilmiştir. Kompostlama, hayvan gübresini organik gübre haline getirmek için yüksek azot, fosfor ve potasyum içeriğine sahip olmaları nedeniyle uzun yıllardır yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve hala mevcut gübre geri dönüşüm süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, gübrenin direk olarak büyük ölçüde kullanılması, patojen yayılması, toprak ve su kütlelerinin ötrofikasyonu ve büyük miktarlarda sera ve zehirli gazların salınımı dahil olmak üzere birçok soruna yol açabilir. Gübredeki yüksek ağır metal içeriği, doğal dolaşım yoluyla vücuda girebileceğinden insan sağlığına ciddi bir risk oluşturur. Bu nedenle, hayvan gübresinin düşünmeden gübre olarak kullanılması büyük çevresel ve sosyal zarara neden olacağı belirtilmiştir. Anaerobik sindirim, gübreden CO ve CH₄ dahil olmak üzere yanabilir gazlar üretmek için kullanır, ancak verimsizlik, H₂S ve NH₃ gibi toksik

gazların salınımı nedeniyle optimal bir seçenek değildir. Bu nedenle, hayvan gübresinin biyoenerji için hammadde olarak kullanılmasının, büyük ekonomik ve çevresel faydaları nedeniyle küresel olarak artan bir ilgi görmekte olduğu; doğrudan yakma, gazlaştırma, karbonlaştırma ve piroliz gibi birçok termokimyasal dönüşüm yolunun, gübrenin işlenmesinde ısınma, elektrik, biyoyakıt, biyogaz ve biokömür üretmek için kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca bu yöntemlerin patojenleri ve atığı azaltma, antibiyotikleri parçalama ve ağır metalleri stabilize etme konusunda büyük performans sergilediği aktarılmıştır. Bununla birlikte, yakma toksik gazlar ve kül üretir, gazlaştırma yüksek işletme maliyeti ve enerji girdisi gerektirir ve karbonlaştırmanın ürün çeşitliliği açısından dezavantajı vardır. Yüksek verimliliği, katı koşulları, çeşitli ürünleri, hammadde esnekliği ve çevre dostu olması nedeniyle piroliz, en etkili dönüşüm yöntemi olarak önerilmiştir. Sıcaklık, ısıtma hızı, kalış süresi, inert gaz türü ve inert gaz debisi gibi işletme koşulları, piroliz süreci ürün dağılımı ve özellikleri üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bu nedenle piroliz çeşitli koşullara dayalı olan yavaş, hızlı ve flaş piroliz olarak kategorize edilmiştir. Piroliz sırasında biyokömür, biyogaz ve biyo-yag da dahil olmak üzere değerli ürünler üretilebilir. Biyokömür katalizör, adsorban, süperkondansatör, fotokatalitik destek ve toprak düzenleyici olarak kullanılır. Biyo-yag, önemli bir enerji kaynağı aynı zamanda fosil yakıtların yerine kullanma potansiyeline sahiptir ve önemli karbon nötr özellikler taşıyarak büyük çevresel faydalar sunar. Biyogaz genellikle enerji girdisini azaltmak için pirolizde yeniden kullanılabilir. Hayvan gübresinin piroliz yoluyla bu değerli ürünleri üretmek için dönüştürülmesinin, döngüsel ekonomi ilkesiyle büyük ölçüde uyumlu olan son derece uygun bir seçenek olduğunu belirtmişlerdir.

Piroliz teknolojisi, hayvan gübresinin bertaraf edilmesi ve değerli ürünlerin üretilmesi için optimal bir yöntemdir. Biyokömür'ün, hayvan gübresinin geleneksel pirolizinin ana ürünü olduğu belirtilmiş; plastikler, lignoselülozik biyokütle gibi yüksek uçucu madde içeren yardımcı hammadde varlığının ise, biyo-yag verimini arttırdığı iletilmiştir. Katalizatörlerin varlığı, hayvan gübresi pirolizinin enerji verimliliğini arttıracaktır. Hayvan gübresi pirolizinin ekonomik analizi, geniş uygulamaları nedeniyle biyo-yagın üstün ekonomik faydalar sunduğunu göstermektedir. Ancak, hayvan gübresi pirolizi hala yüksek sermaye maliyeti, büyük enerji tüketimi ve düşük ürün kalitesi gibi bazı sorunlarla karşı karşıyadır. Bu nedenle, hayvan gübresi işleminin döngüsel ekonomisini gerçekleştirmek için gelişmiş piroliz sürecinin

optimizasyonu, dönüşüm mekanizmasının çalışılması, reaktörün tasarımı ve en iyi yardımcı hammadde ve katalizator seçimi konularında daha fazla optimizasyon çalışması gerektiğini belirtmişlerdir (Su, Chyuan Ong, & Wahidah Mohd, 2022).

Aubry vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada; Reunion adası'nda atık yönetimi tarımsal bölgeler içinde ve arasındaki dengesizliği hafifletmek ve çevresel riskleri azaltmak için hayvan atıklarının daha iyi yönetimi, artık tarım gelişiminden sorumlu olanlar ve ada politika yapıcılar için yüksek bir önceliktir. Çiftlik veya bölge ölçeğinde (çiftçi grupları) hayvan atığının arıtılmasını içeren çözümler aranmaktadır. Reunion Adası'ndaki atık yönetiminin, diğer yerlerdeki diğer yazarlar tarafından belirtilenlere çok benzemekte olduğu; örneğin dünya genelinde çoğu çiftçi, sıvı veya katı gübreleri yönetme şekilleri arasında veya tankın taşmasının riskini en aza indirmek için bir minimum olarak 3-4 aylık üretim süresine sahip sıvı gübre depolama kapasitesi benimsendiğini aktarmışlardır. Aynı zamanda çiftçiler, gübreleme değerine veya bitki gereksinimlerine göre atık uygulama oranlarını hesaplamazlar ancak görünüşte "sosyal olarak doğru" görünmek için bunun tam tersini yaptıklarını iddia edebilmektedirler. Bu durum, organik malzemelerin besin içeriği konusundaki teknik referansların eksikliği ve özellikle tropik bölgelerde toprak ve bitki beslenmesinde organik madde rolünün yetersiz anlaşılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle çiftçiler, bitki ihtiyaçlarına göre atık uygulamalarını nasıl karar verecekleri konusunda teknik temellere sahip değildirler. Çoğu zaman çiftçiler, ahır gübrelerini kimyasal gübrelerin değerli bir alternatifi olarak değil, toprak düzenleyecisi gibi görmektedirler.

Bununla beraber Reunion Adası'nda bazı uygulamalar değişmiştir. Örneğin, yapısal kararlar (örneğin, depolama tesislerinin boyutlandırılması veya kaplanması) ve stoklar tarafından yönlendirme kuralları aracılığıyla, geçmişte sık sık eleştirilen vadilere atık boşaltma bugün nadir hale gelmiştir. Bu, özellikle domuz gübrelerinde son çare olarak yapılmaktadır. Bu durum tercih edilmediğinden sorun büyük ölçüde, tarım arazilerine büyük miktarlarda uygulanarak "çözülmüş" gibi görünmektedir. Bu nedenle, çevresel risklerin ortadan kalkmadığı, ancak yasadışı yayılmadan yetişen bölgelerde yüksek mineral element seviyelerine kaydırıldığını muhtemel olarak değerlendirmişlerdir (Aubry, Paillat, & Guerrin, 2006).

Wang vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada; çeşitli çalışmalarda gübre yönetimi uygulamaları ve besin madde kullanım verimliliği (NUE) farklılık göstermektedir. Azot için ortalama NUE değeri %53 iken fosfor için %88'dir. Bu değerler, diğer

Çalışmalarda rapor edilen değerlerden daha yüksektir. İlk çalışmada farklı büyüklükteki çiftlik sistemlerini içeren ülke çapında bir çalışma yapılmış, sonraki çalışmada ise daha çok Henan'daki endüstriyel süt çiftliklerine odaklanılmıştır. Endüstriyel süt iftliklerinin geleneksel küçük çiftliklere göre daha iyi besin yönetimi uygulamaları, barınak ve gübre depolamadan kaynaklanan daha düşük besin kayıpları olduğu bilinmektedir. İkinci çalışmada gübrenin doğrudan çevreye deşarj edilme oranının, 2010 yılında ülke genelinde rapor edilen doğrudan deşarj oranından 2015 yılında Hebei eyaletinde rapor edilen doğrudan deşarjdan daha düşük olduğu bulunmuştur. Hebei'de gübrenin doğrudan deşarjı son zamanlarda azalmış ve bu yakın zamandaki bir çalışma tarafından gösterilmiştir.

alışmalar arasındaki gübre kullanım değerlerindeki farklılıklara rağmen, ikinci çalışmada, Çin süt iftliklerinin genellikle uygun gübre yönetimi uygulamalarının eksikliği nedeniyle bu çiftliklerden önemli besin kayıpları yaşandığını önceki çalışmaların bulgularını teyit etmektedir. Bu besin kayıpları, amonyak (NH_3) ve nitroz oksit (N_2O) emisyonları da dahil olmak üzere çeşitli çevresel sorunlara katkıda bulunmaktadır. Bunlar arasında besiyeri, asitleşme, küresel ısınma ve biyolojik çeşitlilik kaybı bulunmaktadır. Kötü gübre yönetimi ve aşırı gübreleme, bu çiftliklerdeki besin kayıplarının ana nedenleridir. Bu kayıpları azaltmak için sinerjik stratejiler ve teknolojik yenilikler için büyük potansiyel bulunduğunu aktarmışlardır. Örneğin, katı zeminler yerine ızgaralı zeminler kullanılmasının, temizleme sıklığının artırılmasının, yatak malzemelerine saman eklenmesinin ve katı gübrenin sıkıştırılması ve kaplanması, NH_3 emisyonlarını önemli lde azaltabileceği bildirilmiştir.

Geçmiş yıllarda, Çin'de sığır gübresinin doğrudan deşarjının, nehir kirliliğinin başlıca nedeni olarak belirlendiği, bu sorunla başa çıkmak içinse Çin hükümeti tarafından "Sığır Gübresinin Geri Kazanılması Planı" gibi çeşitli yasalar ve politikalar başlatılmış, mevcut yasalara rağmen, gübrenin su kaynaklarına doğrudan deşarjının, bazı incelenen çiftliklerde hala meydana gelmekte olduğu bildirilmiştir. Bu durumda, çoğu arazisiz süt iftliği, hayvan gübresini yakınlardaki tarım çiftçilerine ihraç etmeyi başarıyor; ancak karma çiftlikler için, tarım alanı sınırlı olduğundan, gbrelikler bir çöp alanı olarak kullanılmaktadır. Bunun da fazla gübreleme nedeniyle ekin alt sisteminin düşük besin kullanım verimliliğine, toprak ve su kaynaklarının daha fazla kirliliğine yol açtığı belirtilmiştir. Bu nedenle, süt çiftçiliği ve tarım arazisinin "yeniden eşleştirilmesi"nin kirlilik sorununu çözmeyeceği; gübrenin dolaylı bir

şekilde deşarj edilmesi ve arazi kaynaklarının israfı olacağı buna örnek olarakta Hollanda'da, yetersiz araziye sahip uzmanlaşmış süt çiftçilerinin, gübre fazlalarını tarım çiftçileriyle değıştirmek zorunda olduğu bir yasa bulunduğı bildirilmiştir. Son zamanlarda, Çin'de toprak kapasitesine, gübre işleme ve denetimine dikkat eden bazı ulusal politikalar tanıtılmış ancak bölgeler arasındaki tarımsal koşullardaki büyük farklar, sistematik nicel araçların eksikliği ve zayıf uygulamalar sorun olarak görölmektedir. Aynı zamanda bu politikaların henüz iyi uygulanmadığını ve pratikte yerel duruma göre rafine edilmesi gerektiğini aktarmışlardır (Wang, j. De Boer, Hou, & E. van Middelaar, 2022).

Siddiki vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada; hayvancılık nüfusundaki artışla uyumlu olarak süt ürünleri, et ve yumurtaların katlanarak arttığı buna karşın, Bangladeş'te 2008-2009'dan 2018-2019'a kadar net olarak 76,33 yüz bin metrik tonluk bir büyüme elde ettiği ve bu süre içinde dört katından fazla arttığı belirtilmiştir. Benzer şekilde et üretiminin, yaklaşık yedi kat artmış ve net olarak 6,434 milyon metrik tonluk bir büyüme gösterdiği, yumurta üretiminde benzer bir trendi takip ederek bu dönemde 12.413,9 milyon artışla üç buçuk katından fazla arttığı iletilmiştir. Et, yumurta ve süt ürünlerinin sürekli büyümesinin, Bangladeş'in geniş halkının beslenme ihtiyacını önemli ölçüde karşıladığını göstermekte olduğu bununla beraber, birçok hayvanın üretiminin, gübre üretimi ve imhası üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, bunun da özellikle besin maddelerinin artan birikimi ile toprak kirliliğinin artmasına katkıda bulunabileceğı belirtilmiştir. Hayvan gübresinin, özellikle AD süreci aracılığıyla biyogaz üretimi için verimli ve maliyet etkin bir substrat olabileceğı, ayrıca merkezi yönetim ile biyogaz üretmeye ve çevresel etkiyi azaltmaya yardımcı olacağı aktarılmıştır. Elektrik üretiminin yanı sıra bu süreç aynı zamanda çevre dostu sindirme maddeleri üretmekte ve bunlar besin maddeleri bakımından zengin oldukları için toprak düzenleyici olarak kullanılabilir, bunun sonucunda kimyasal gübrelerin olumsuz etkilerini azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Biyoenerji üretimi için potansiyel hammadde olarak kullanılan organik malzeme, hayvan, kümes hayvanı atıkları ve kesilen sığırların kanı ve rumen içeriğı de AD süreci için potansiyel atık olarak düşünölebilecektir. Çiftliklerdeki hayvan atığı miktarının, hayvan türüne, besleme sürecine, vücut büyüklüğüne, yetiştirme türüne göre değışmekte olduğu bildirilmiş, sığır ve mandanın günde yaklaşık 10-20 kg atık

ürettiği, koyun ve keçinin günde yaklaşık 2 kg/gün atık ürettiği ve tavukların ise günde 0,08-0,1 kg/gün gübre ürettiğini, aktarmışlardır.

Bu çalışmada, gübre miktarı büyük geviş getirenler için vücut ağırlığının %9'u, küçük geviş getirenler için %4'ü ve kümes hayvanları için %3'ü temel alınarak hesaplanma yapıldığı, ortalama olarak büyük geviş getirenlerin canlı kütlesinin 250 kg, küçük geviş getirenlerin canlı kütlesinin 40 kg ve kümes hayvanlarının canlı kütlesinin 1,5 kg olduğu belirtilmiştir. Büyük geviş getirenler, küçük geviş getirenler ve kümes hayvanları için belirlenen ortalama gübre miktarı sırasıyla günde 22,5, 1,6 ve 0,045 kg olarak hesaplanmıştır. Yine kesilen hayvanlardan elde edilen kan miktarı ve rumen miktarı, vücut ağırlığına ve hayvan yaşına bağlıdır. Bu çalışmada, kesilen sığırlardan elde edilen kan için vücut ağırlığının %8.4'ü ve kesilen koyun ve keçilerden elde edilen kan için %3'ü dikkate alınmıştır. Kesilen sığırlardan, koyunlardan ve keçilerden elde edilen rumen ağırlığı sırasıyla vücut ağırlığının %12'si ve %25'i olarak tahmin edilmiştir (Siddiki, Uddin, Mofijur, & Fattah, 2021).

Yue vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada; sürdürülebilir tarımın, gübre besin maddelerinin optimal kullanımını hedeflemesi gerektiğini belirtmişlerdir. Besin maddelerinin, nitrat sızıntısı ve gaz emisyonlar (NH_3 , N_2O , NO_x , N_2) yoluyla kaybedildiğini, bunun yanı sıra mümkün olduğunca atmosfere yayılan CH_4 emisyonlarının azaltılması gerektiğini aktarmışlardır. Gübre karışımı, gübre özellikleri ve düşük emisyonlu işleme açısından ideal değildir. Özellikle yüksek kuru madde ve karbon içeriği, depolama sırasında ve gübre uygulaması sırasında ve sonrasında birçok sorun oluşturduğunu belirtmişlerdir. Gübre karışımının, en yaygın olarak uygulanan gübre işleme teknolojisi olduğu, besin maddelerinin eşit bir şekilde dağıtılmasını sağlamak için uygulamadan önce homojenleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bunun dışında, karıştırma işleminin, işlenmemiş gübre ile karşılaştırıldığında herhangi bir ek fayda sunmadığı, gübrenin su ile seyreltilmesi, gübre uygulamasından sonra NH_3 kayıplarını azalttığı, seyreltilmiş gübrenin daha hızlı bir şekilde toprağa sızdığı ve bu nedenle NH_3 kayıplarına daha az duyarlı olduğu, ancak anlamlı bir etkinin yalnızca su ile gübre oranının en az 2:1 olduğunda elde edildiğini aktarmışlardır. Ayrıca gübre havalandırma, gübreye oksijen girmesini sağlamak amacıyla uygulanmakta ve aerobik mikropların gelişmesine izin vermektedir. Organik madde CO_2 ve H_2O 'ya oksitlenmekte, kokulu bileşikler parçalanmakta, gübre kuru madde içeriği azalmaktadır. Bu nedenle daha az karıştırma gerekir ve gübre işleme özellikleri

iyileştirilir demişlerdir. Gübre havalandırma, NH_3 emisyonlarını, enerji tüketimini ve muhtemelen N_2O emisyonları artacaktır. Bu artışların boyutu şu ana kadar tam olarak nicelendirilmemiştir. Gübre havalandırmasının kapsamlı bir değerlendirmesine izin vermek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Gübre ayırma sırasında ise, katıların mekanik olarak gübreden ayrılacağı, bunun iki fraksiyona yol açacağı bunların, düşük kuru madde içeriğine sahip bir sıvı gübre fraksiyonu ve yığılmış olarak depolanabilen bir katı fraksiyon, olduğu iletilmiştir.

Hayvan gübrelerinin anaerobik sindiriminin, genellikle enerji üretimi nedeniyle uygulandığı, tarımsal biyogaz tesisi içinde üretilen CH_4 ün birleşik ısı ve güç birleştirme sisteminde elektrik ve ısıya dönüştürüldüğü, anaerobik sindirimin gübre depolarından kaynaklanan CH_4 emisyonlarını azaltmakla birlikte aynı zamanda fosil yakıtların tüketimini de azaltacağı belirtilmiştir. Her iki süreç de antropojenik sera gazı emisyonlarını azaltacaktır. Anaerobik sindirimin gübredeki karbon ve kuru madde içeriğini yaklaşık %50 azalttığını, sindirilen gübrede $\text{NH}_4\text{-N}$ içeriği ve pH'ın işlenmemiş gübreden daha yüksek olduğunu aktarmışlardır. Bu nedenle, gübre depolama sırasında NH_3 emisyonları için potansiyeller artacağı, daha düşük kuru madde içeriği nedeniyle, biyogaz gübresi toprağa daha hızlı sızabilecektir. Bununda gübre uygulaması sonrası NH_3 emisyonlarını azaltacağı, ancak artan $\text{NH}_4\text{-N}$ içeriği, pH ve daha yüksek NH_3 kaybı potansiyeline yol açacağını iletmışlerdir.

Artan sosyo-ekonomik gelişme ve nüfus, artan gıda, su ve enerji talebini karşılamada, tarım için benzeri görülmemiş zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Eş zamanlı olarak kaynak güvenliğini korumak ve çevre kirliliğini düzenlemek için gelecekteki tarımsal üretimi yeniden düşünmek gerekmekte, dairesel tarım ile yüksek verimli ve çevre dostu üretim için yeni bir yol açılmıştır. Buna istinaden sürdürülebilir döngüsel tarım yönetimi ilkeleri doğrultusunda tarımsal kaynakları ve atıkları yönetmek için entegre bir enerji-su-gıda bağlantısı optimizasyonu yaklaşımının eksikliğinden bahsetmişlerdir.

Mahsul-hayvancılık-biyogaz-mahsul geri dönüşüm (CLBCR) sisteminin; üç alt sistem içerdiği, mahsul üretim alt sistemi, hayvancılık alt sistemi ve biyogaz üretim alt sistemi olduğu belirtilmiştir. Tarımsal atıkların döngüsel kullanımı her bir alt sistemi birbirine bağlayarak, geleneksel tarım sistemlerini yüksek verimli geri dönüşümün yeni bir aşamasına doğru genişleteceğini belirterek, spesifik olarak, mahsul üretimi sürecinde üretilen saman, kepek ve kabuk gibi birincil atıklar, hayvancılık için yem olarak

kullanılırken, samanının bir kısmı biyogaz üretimi için taşınır; hayvancılıktan üretilen gübre gibi ikincil atıklar daha sonra biyogaz üretimi için kullanılır; digestate gibi üçüncül atıklarında, organik gübre olarak tarım arazilerine geri döndürülebileceğini aktarmışlardır. Tarımsal atıkların üçüncül geri dönüşümünü sağlamak bir yandan, CLBCR sisteminden gelen tarımsal ürünler ve yan ürünler, yerel tarımsal kalkınmaya fayda sağlarken, anaerobik fermentasyon teknolojisiyle üretilen biyogazın, Çin'in yenilenebilir enerji gereksinimlerini karşılayabileceğini belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, optimal su ve arazi kaynakları tahsis çözümlerinin, mevcut stratejilere göre daha verimli olduğunu gösterdiği, buna istinaden birim alan başına su tüketimi %13,63 azalmış ve birim alan başına pirinç üretimi %22,06 arttığı belirtilmiştir. Sulama alanı ve biyogaz sızıntısının, sera gazı emisyonlarının en büyük kaynaklarından ikisidir. Bu nedenle tarım yönetimini ve biyogaz üretim teknolojisini iyileştirmek için tarımda mühendislik önlemleri almak gerekmektedir. Hayvan yetiştiriciliği, toplam sera gazı emisyonunun %10'unu oluştururken, toplam biyogazın %76'sını ürettiğini göstermekte, buda gübre geri dönüşümünün önemini vurgulamaktadır. Genel olarak, geri dönüşüm sisteminde $4,26 \times 10^8$ kg CO₂ azaltılmış, bunun kaynakları arasında kimyasal gübre azaltma, tarımsal atıkların geri dönüşümü ve yenilenemeyen enerji yerine kullanım bulunduğu belirtilmiştir (Yue, Guo, Wu, Wang, & Zhang, 2022).

Günel E. ve Erdem H. (2021) tarafından düzenlenen derlemede; tarım alanlarında ve tarım endüstrisinde oluşan atıkların güvenli ve ekonomik bir şekilde bertarafını sağlayan tarımsal atık yönetim sistemlerinin, dünya genelinde giderek daha fazla ihtiyaç duyulan bir konu olduğu ortadadır. Tarımsal artıkların toprağa eklenmesinin faydaları olması halinde bile, tarım işletmelerinden veya orman endüstrisinden kaynaklanan atıkların tamamının toprağa direk uygulanmasının genellikle mümkün olmadığı belirtilmiştir. Bugün birçok modern büyük ölçekli hayvancılık işletmesinde, üretilen besin maddeleri ile zenginleştirilmiş sıvı gübrenin tamamını toprağa uygulamanın kontrolsüz çevresel salınımı beraberinde getirdiğinden, katı ve sıvı atıkların çevre dostu ve sürdürülebilir ürünlere dönüştürülmesi için araştırmalara ve çabalara büyük bir ihtiyaç olduğunu iletmışlerdir. Birçok süt çiftliğinin, yeraltı ve yüzey sularını kirletme potansiyeli taşıyan sıvı atıkları yönetmede önemli bir zorlukla karşı karşıya kaldığı, buna karşın bu atıkların giderek daha katı düzenlemelere tabi olduğu, bu atıkların özellikle azot ve fosfor gibi çeşitli besin maddelerini içerdiği, süt

çiftliklerinin bu besin yükünü hafifletmek için geleneksel yöntemler kullanıldığı, bununla katı ve sıvı bileşenlerin mekanik olarak ayrılmasının ardından kolloidlerin büyük havuzlarda çökmesiyle besin maddelerince zengin sıvının, sulama suyu olarak tarlalara uyguladığını aktarmışlardır. Bu uygulamanın dünya genelinde yaygın olduğu, bununla birlikte, bu atık suların özellikle yüksek kum içeriğine sahip bölgelerde uzun süreli sulama için kullanılması durumunda sızma nedeniyle yeraltı suyu ve akifer kirlenme riski bulundurduğunu belirtmişlerdir.

Tarımsal atıkları biyoçara dönüştürmek ve onun besin elementlerini adsorbe etmesine izin vermek, besin maddelerince zengin biyoçar üretmek için maliyet etkili ve güvenilir bir yöntemdir. Küçük ölçekli üreticiler bile böyle bir uygulamayı öğrenebilir ve kendi tarlalarında uygulayabilirler. Bu yaklaşımla tarımsal atıkların yakılmasından kaynaklanan hava kirliliği ve tarlalara sıvı atık uygulamasından kaynaklanan su kirliliği gibi sorunları çözmek mümkün olabilir, hem yüzey hem de yeraltı suları kirletilmesi sorununa çözüm getirilebileceğini iletmişlerdir. Biyoçar'ın toprakta karbon depolama etkisinin yanı sıra gübreleme yapılan tarım arazilerinde N_2O salımına etkisini inceleyen birçok araştırma bulunmaktadır. N_2O , karbondioksit ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek bir küresel ısınma etkisine sahiptir ve atmosferde çok daha uzun süre kalır. Geçtiğimiz yüzyıl boyunca, tarım yapılan arazilerde azotlu gübreler kullanılmasının atmosfere dikkat edilmesi gereken miktarda N_2O salımına neden olduğu bildirilmektedir. Biyochar eklemenin toprakta azot döngüsünü yavaşlattığı, bu nedenle azotun yıkanma ve gaz emisyonları şeklinde kaybını azalttığı belirtilmiştir. Bu azalış, toprakta nem ve yüksek nem içeriğinde denitrifikasyon bakterilerinde engellenme olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Arazi çalışmasında, denge kurulan gübreleme ve biyochar uygulaması yardımıyla yağmura dayalı mısır üretim sisteminde verimin sadece gübreleme uygulamasına karşın %23,7 oranında arttığı ve N_2O salınımının yarı oranda azaldığı bildirilmiştir.

Sonuç olarak, sıvı hayvan gübresiyle zenginleştirilmiş biyochar uygulamasının sera gazı emisyonlarını kayda değer ölçüde azaltılabileceğini aynı zamanda karasal karbon depolamayı arttırılabileceğini belirtmişlerdir. Biyochar uygulamasının topraktaki havalandırmayı iyileştirmesi, metanojenik bakterilerde aktivite azalmasına neden olarak topraklardan salınan CH_4 gazının miktarında azalma olacağını göstermektedir. Ülkemizde büyük ölçekli işletmelerin sayısı son yıllarda artmıştır. Ancak, hayvansal üretim yapan işletmelerin yer altı sularını kirlettiğine dair herhangi bir resmi rapor

bulunmamakla birlikte, bu tür bir sorunla karşılaşma olasılığı yüksektir. Türkiye'deki tarımsal kaynaklı yeraltı suyu nitrat kirliliği konusunda yapılan çalışmada, Mersin, İzmir, Ankara, Antalya ve Eskişehir gibi illerde yeraltı suları nitrat konsantrasyonunun 50 mg/L'yi aştığı belirtilmiştir. Bu, hayvansal ürün üretim işletmelerinde ortaya çıkmakta olan sıvı atıkların yer altı ve üstü sularını önemli ölçüde kirlitebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda, tavuk gübresinin doğrudan toprağa uygulanması, NH₃ kaybına ve fosforun yüzey sularına karışmasına neden olabilir. Asidik özellikte bir biyochar ile karıştırılmış tavuk gübresinde pH seviyesinin düştüğü belirtilmiştir. Bu, gübredeki fosforun toprakta tutulmasını sağlayabilir ve fosforda yüzey akışı ile kaybının azalmasına yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir (Günel & Erdem, 2021).

Hanifzadeh vd. (2017) tarafından düzenlenen araştırmada; süt sığırlarının gübresinin yönetilmesinde yaygın yöntemlerden birinin, gübreyi tarım arazisine herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan uygulama olduğu belirtilmiş, gübredeki besin maddelerinin büyük bir kısmının yağış dönemlerinde yerel nehir ve göllere sızdığı, gölleri ötrofikasyon sonucu besleyen bu çevresel sonuçlardan biri olarakta, içme suyu kalitesini tehlikeye sokabilen alg patlamaları gerçekleştiğini iletmışlerdir. Bu çalışmada, sıcak buhar kurutma (SSD) teknolojisi, alternatif bir gübre yönetimi yöntemi olarak araştırılmış, hızla kurutulmuş inek gübresi alternatif bir yakıt olarak kullanılabildiği aktarılmış, SSD teknolojisinin enerji geri ödeme süresi (EPBT) ve yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) SSD senaryosunda sunulmuş, sonuç olarak taze gübrelerin tarlaya doğrudan uygulanması (FA) ile anaerobik sindirim (AD) karşılaştırılmıştır. SSD senaryosunda süper ısınmış buhar üretimi için gereken ısı, enerji maliyetlerini azaltmak için kuru gübrenin yakılmasından sağlanmış, SSD süreci için elde edilen sonuçların, FA senaryosuyla karşılaştırıldığında ötrofikasyon ve küresel ısınma potansiyelinde, sırasıyla %95 ve %70 daha düşük olduğu, ancak SSD için asitleşme potansiyeli, FA'ya göre %35 daha yüksek bulunduğunu belirtmişlerdir. SSD ile AD'yi enerji geri ödeme süresi ve normalize edilmiş etkiler açısından karşılaştırıldığında, önerilen SSD senaryosunun AD'ye göre daha yüksek %70 daha düşük etki ile çevresel sürdürülebilirliğe sahip olduğunu ve gelecekteki yatırım için konvansiyonel AD yöntemine göre %87 daha düşük EPBT ile ekonomik olarak daha iyi bir seçenek olduğunu aktarmışlardır. Sonuç olarak SSD işleminin çevresel olarak etkili bir gübre yönetimi yöntemi olabileceğini doğrulamışlardır (Hanifzadeh, ve diğerleri, 2017).

Arşad vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada; yenilenebilir enerji teknolojileri, geleneksel enerjiye alternatifler olarak yerel elektrik açığını azaltmak için büyük potansiyellere sahiptir. Biyogaz, yerel elektrik açığını karşılamak için umut vadeden bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Son zamanlarda, tavuk atıklarına dayalı biyogaz tesisleri, büyük miktarda tavuk atığı bulunmasından dolayı büyük ilgi görmüştür. Bu makale, üretilen tavuk atığı miktarını ve elektrik üretimi için uygunluğunu rapor etmektedir. Tavuk endüstrisi, Pakistan'da gelecek vaat eden ve ilerici bir sektördür. Her yıl büyük miktarda atık üretilmekte olup şu anda tavuk atığının anlamlı bir kullanımı bulunmamaktadır. Tavuk atıkları, açık arazide israf edildiği için önemli bir çevresel soruna neden olmaktadır. Bu atığın kullanılması için en umut verici süreçlerden biri, anaerobik sindirim yoluyla biyogaz üretimidir. Böylece üretilen biyogaz, yerel olarak elektrik üretimi için kullanılabilir. Tavuk atıklarından üretilen biyogaz miktarına dayalı olarak, günlük 280 MWh elektrik üretme olasılığı bulunmaktadır. Ayrıca, bu tavuk atığının çevresel etkisini azaltacak ve sindirim kalıntısı gübre olarak kullanılabilir. Elektrik üretimi, mevcut enerji şebekesine yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak değerli bir katkı olabilir. Şu anda Pakistan'da yenilenebilir enerji kaynaklarını benimsememekteki başlıca engeller kurumsal, finansal, teknolojik bilgi ve ilgi eksikliğidir. Gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji dağılımını benimsemekte kaynakların, fonların ve teknolojik bilginin belirlenmesi önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmacılar, iş insanları, risk sermayesi ve hükümet politikaları, bu enerji dağılımını başlatmak için bir araya gelebileceklerdir. Başlangıç çiftlik düzeyinde bu teknolojiyi başlatmak için kamu-özel ortaklığının en iyi uygulamalardan biri olabileceğini aktarmışlardır (Arşad, ve diğerleri, 2018).

Huong vd. (2020) tarafından yapılan bu çalışma; Vietnam'da gübre işleme uygulamalarını inceleyen birçok çalışma bulunmakta, sadece küçük ölçekli entegre tarım ve hayvancılık işletmeleri için çözümler önermektedir. Ancak bu çalışmalar ,yoğun tarım sistemlerine çözüm önermemiştir. Biyogaz çürütme, kompost, solucan gübresi, sıvı çamur lagünleri, stabilize göletler gibi çeşitli gübre işleme yöntemleri hayvancılık işletmeleri tarafından benimsenmiş olsa da işletmeler, gübreyi işleme konusundaki bilgi eksikliği, finansal kısıtlamalar ve hükümetin zayıf denetimi nedeniyle gübreyi uygun olmayan şekillerde işlemişlerdir. Belirtilen araştırma boşluklarını doldurmak amacıyla bu makale aşağıdaki hedefleri belirlemiştir. İlk

olarak, Vietnam'daki kontratlı tarım CF ve NCF hayvan yetiştiricilerinin üretim özelliklerinin tanımlanması, İkinci olarak CF ve NCF üreticilerinin gübre yönetiminin analiz edilmesi, Üçüncü olarak CF ve diğer faktörlerin kirlilik seviyelerine etkisini değerlendirmesi ve kirlilik seviyelerini iyileştirmek için çözüm önerileri sunması olarak belirtilmiştir. Bu çalışma, Vietnam'daki çeşitli tarım sistemlerine ve hayvancılık üretim yapısındaki değişikliklere uyumlu çevre politikalarına katkıda bulunmaktadır. Vietnam ve diğer Asya'daki gelişmekte olan ülkeler benzer ekonomik ve çevresel sorunlarla karşı karşıya olduğundan, bu ülkelerin hükümetlerine sürdürülebilir hayvancılık üretimi için mevcut durum, ortak sorunlar ve potansiyel çözümler hakkında değerli bilgileri sunulmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler gibi Vietnam'da biyogaz tesisleri yaygın bir şekilde tanıtılmıştır. Ancak yalnızca biyogaz tesislerinin kurulması kirlilik seviyelerini düzgün bir şekilde azaltamadığı, sebebinin ise biyogaz tesislerinin atıklarının tarlalara taşınması için yöntemlerin eksikliği nedeniyle çoğunlukla çevreye deşarj edildiği ve sindirme artıklarının yüksek E. coli konsantrasyonları içermesinin insan ve hayvan sağlığı için tehlikeler oluşturduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak biyogaz tesisleri veya çamur lagünleri yapmaktansa daha yüksek BOİ ve KOİ azaltma etkisi sunan biyogaz tesisleri ve biyo-havuz kombinasyonunun etkili olduğu gösterilmektedir.

Bu makalede, domuz çiftliklerinden toplanan atıksu örnekleri analiz edilerek, CF'nin hayvan atıklarının kirlilik seviyelerini azaltmaya katkıda bulunduğunu gösterilmiştir. CF'nin gelişimini desteklemek için çevresel ve ekonomik yönlerin önemi doğrulanmakta ancak hükümetin, CF çiftliklerinde çevresel kirlilikle başa çıkmada sorumluluklarını artırmaya zorlamak için yönetim mekanizmalarını değiştirmesi gerektiği iletilmiştir. Ayrıca bu çalışma, gübre ayrımının besin maddesi konsantrasyonunu azaltabileceğini gösterirken, biyogaz tesisinin ve biyo-göletin kombinasyonunun atıksu içinde organik maddeleri (KOİ ve BOİ) azaltmaya büyük katkı sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte, bu kombinasyon büyük bir arazi alanı gerektireceği bu nedenle yeterli büyüklükte gübre işleme tesislerinin kurulumu için arazi sahibi olan çiftliklerin uygun olabileceği aktarılmıştır. Bulgular, hükümetin hayvancılık çiftliklerinde yeterli gübre işleme tesislerinin kurulumu için gereken minimum arazi alanı düzenlenmeleri yapması gerektiğini göstermektedir (Huong, ve diğerleri, 2020).

Kefalew & Lami (2021)'ye göre; kesimhaneler, et veya protein üretmek amacıyla hayvanların kesildiği bir yerdir. Et üretirken uygun süreçler izlenmezse, yan ürünlerin ve atıkların nasıl işlendiği son süreçte tehlikeye yol açabilmektedir. Son zamanlarda, dünya genelinde kentsel ortamlarda kesimhane atık bertarafı son derece zor hale gelmiştir. Özellikle düşük gelirli ülkeler, hızla kentleşme yaşamakta olup bu durum kentte kesimhane atıklarının sorun oluşturduğu belirlenmiştir. Bunun nedenleri ise uygun şekilde inşa edilmiş kesimhanelerin yokluğu ve eksikliği, keyfi ve tehlikeli atık deşarjının sınırlama ve yasaklanmasına ilişkin yasal düzenlemelerin eksikliği, atık işleyicilerin yetersiz yetenekleri, kötü ekipman verimliliği, politik taahhüt ve bilgi eksikliği olarak gösterilmiştir. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerde kesimhanelerde üretilen katı ve sıvı atıkların bertaraf edilmesi için yetersiz atık yönetimi programları ve iyi organize edilmiş bir politika bulunmadığı aktarılmış, katı atıkların daha fazla arıtılmadan, kompostlanmadan veya erozyona uğrayarak depolandığı belirtilmiştir. Kesimhane atıklarında dışkı, kan, kemik, deri, yağ, hayvan kırıntıları, mide içeriği ve idrar gibi kirletici maddeler bulunduğu ve bununla birlikte kesimhane atık suyu, kesimhane suyunun %70-75'ini oluşturduğu bunda atık içinde yüksek miktarda organik madde ve çözünmüş katı madde birikmesine neden olduğu gösterilmiştir. Kesimhane atıklarının; hava kalitesini, bitki üretimi ve verimliliğini, su kaynakları ve sucul organizmalarını olumsuz etkileyerek, sağlık ve çevresel tehlikelere neden olduğunu aktarmışlardır. Kesimhane atıklarının potansiyel faydalarına rağmen, birçok gelişmekte olan ülkede uygun olmayan bertarafın ciddi bir sorun olduğu ve işlenmemiş kesimhane atıklarının, kamu sağlığı ve çevresel sorunların başlıca kaynaklarından biri olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, uzun vadeli yönetim için kesimhane atığı miktarının nicelendirilmesine dair herhangi bir veri bulunmamaktadır. Çevresel yönetim açısından atık miktarının bilinmemesi, atık yönetimi planlamasında zorluklara neden olmakta, doğru yönetim için günlük, aylık ve yıllık olarak üretilen miktarı ve bunların biyoenerji ve biyogübre üretme yeteneklerini anlamının kritik bir öneme sahip olduğu bu nedenle, bu araştırma Etiyopya'daki kesimhane atıklarının biyogaz ve biyogübre potansiyelini incelemeyi amaçlamıştır (Kefalew & Lami, 2021).

Liv vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada; 2012 yılında Çin'de 846 milyon ton bitki atığı ve 3,21 milyar ton hayvan gübresi üretildiği, bu atıkların anaerobik fermentasyon için kullanılırsa, $4,23 \times 10^{11}$ m³ biyogaz üretilbileceği belirlenmiştir. Ancak, bu kaynakların verimli bir şekilde kullanılmadığı, bitki saplarının %72,5'unun

yakıldığı, kaybedildiği veya atıldığı ve sadece %0,5'inin biyogaz üretimi için kullanıldığı, ayrıca hayvan gübrelerinin kontrolsüz çürümesi ciddi çevresel sorunlara neden olduğu iletilmiştir. Çin'de enerji veya çevresel amaçlar için biyokütle kullanım teknolojilerine acil bir ihtiyaç olduğu aktarılmıştır. Biyokütlenin, anaerobik sindirim ve gazlaştırma, piroliz ve karbonlaştırma gibi teknolojilerle gaz, sıvı ve katı biyoyakıtlara dönüştürülebileceği bilinmektedir. Diğer biyoenerji teknolojileri ile karşılaştırıldığında, biyogaz teknolojisinin oldukça olgun bir aşamada ve endüstrileşme aşamasına geldiği belirtilerek, Çin'deki biyogaz tesisi endüstrisinin hızla büyüdüğü, 2010 yılına gelindiğinde 40 milyonun üzerinde hane halkı biyogaz projesi inşa edilmiş ve gübre ile ilgilenen 27.410 orta ve büyük ölçekli biyogaz tesisi bulunduğu gösterilmiştir. Fermantasyon malzemesi başlıca domuz gübresi, sığır gübresi ve tavuk gübresinden oluşmakta, tek gübreli anaerobik sindirimin, amonyak inhibisyonu ve besin maddesi dengesizliği nedeniyle düşük performansa sahip olduğu belirtilmiştir.

Son 20 yılda Çin hükümeti tarafından, sürdürülebilir bir biyogaz endüstrisinin gelişimine büyük bir ilgi gösterilmiştir. 2003 yılından 2014 yılının sonuna kadar, merkezi hükümet tarafından biyogaz endüstrisinin gelişimini desteklemek için 36,4 milyar Yuan yatırım yapıldığı 2014 yılının sonuna kadar yılda 13,67 milyar m³ biyogaz üreten 41,5 milyon hane halkı biyogaz çürütücüsü kullanmakta, büyük ölçekli biyogaz tesisleri, orta ölçekli biyogaz tesisleri ve küçük ölçekli biyogaz tesisleri sırasıyla 6,160, 10,285 ve 83,512 olarak toplam biyogaz tesislerinin sayısı 99.957'ye ulaşmıştır. Bu tesislerden yılda 2.1 milyar m³ biyogaz üretilmekte ve bu biyogaz, 1,71 milyon hane halkına biyogaz kullanımı için kaynak sağlamakta aynı zamanda yılda 0,433 milyar kW saat elektrik sağladığını aktarmışlardır. 2007 yılında, Çin'in kırsal bölgelerinde 0,9 milyar insan yaşamakta olduğu, kırsal enerji talebini karşılamak ve ev hijyenini iyileştirmek amacıyla, ev ölçeğinde biyogaz çürütücüleri ülke genelinde inşa edildiği, bu sebeble Çin'in dünyada en fazla ev biyogaz tesisine sahip ülke olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, bu ev biyogaz çürütücülerinin iyi çalışmadığı ve biyogaz kullanımının verimliliğini büyük ölçüde azalttığı, %60'ının normal şekilde çalıştırılabildiği, bunun nedeninin biyogaz çürütücülerinin bakımının yetersiz olması ve teknik destekteki eksiklik olduğunu aktarmışlardır.

Sonuç olarak, anaerobik metan fermantasyonunun, tarımsal kalıntıların enerji dönüşümü ve kaynak geri kazanımı için etkili bir teknoloji olduğu, biyogazın

ekonomik ve yenilenebilir avantajları nedeniyle fosil yakıtların yerine uygun bir alternatif olarak dünyanın ilgisini çektiği aktarılmıştır. Araştırmalarda, biyokütle malzemelerinin biyogaz veriminin, hammaddenin C/N oranını ayarlayarak, fermentasyon koşullarını kontrol ederek ve çeşitli ön arıtma yöntemleri kullanarak vb. iyileştirilebileceği gösterilmiştir. Biyogaz teknolojisinin faydaları Çin'de iyice bilinmekte, bu da organik atıklardan enerji üretme, çevre koruma, fosil yakıt bağımlılığı ve sera gazı emisyonlarının azaltılması vb. gibi avantajları içermekte, ancak gelişiminde zorluklarla dolu olduğu belirtilmiştir. Sorunların genellikle teknoloji ile ilgili olduğu, spesifik olarak yüksek verimli gaz üretimi için teknik destekte eksiklik olduğu iletilmiştir. Ayrıca, biyogaz teknolojisinin yaygınlaştırılması ve politikaları önerilmekte ve biyogaz teknolojisinin gelişimini hızlandırmak için gelecekte aşağıdaki alanlara büyük bir dikkat gösterilmesi gerektiğini,

- Farklı besleme malzemeleriyle biyogaz tesisleri teşvik edilmeli, Tek alt tabaka anaerobik sindirimde besin dengesizliği göz önüne alındığında, tek alt tabakaya alternatif malzemeler eklenerek optimum C/N oranı elde edilebilir ve ilgili toksisitenin azaltılabileceği,
- Saman malzemelerinin hidroliz hızını artırmak için, etkili, ekonomik ve çevre dostu olarak rapor edilen birleşik ön işleme yöntemleri açısından uygun çözülme yöntemlerini bulma çalışmalarının yapılması, ayrıca biyogaz bitkilerinin olgunlaşmaları sırasında lignin içeriği arttığı için biyogaz bitkilerinin hasat zamanı da göz önünde bulundurulması gerektiği,
- Daha uygun biyogaz işlem teknolojileri ve reaktörler, samanın kabuk oluşturma ve çıkarma sorunları gibi substrat malzemelerinin anaerobik sindirim özelliklerine göre araştırılmalı ve hızlı asitlenme sorununa dikkat edilmeli,
- Hükümetin, biyo-doğal gaz üretimi için süper büyük ölçekli biyogaz tesislerinin inşasına finansal destek sağlaması gerektiği,
- Biyogaz elektrik üretimi ve araç biyogazının gelişimi (sadece bu şekilde kullanımının verimli ve çeşitli olabileceği) vurgulanması gerektiği
- Biyogaz teknolojisinin ticarileştirilmesini teşvik etmek için biyogaz projelerinin inşası için finansal teşviklerin yanı sıra biyogaz ürünlerine ve sonrası hizmetlere de verilmesi gerektiği, aynı zamanda kalite kontrol, denetim

ve değerlendirmeler için standartların ve düzenlemelerin sıkı bir şekilde uygulanması gerektiğini, iletmişlerdir (Li, Liu, & Sun, 2016).

Budzianowski (2012) tarafından yazılan makalede; Polonya'da biyogaz enerjisinin genişlemesi için fırsatların ve zorlukların araştırılması amaçlanmıştır. Yatırım yapmaya teşvik eden temel faktörlerin iyi tasarlanmış ekonomik teşvikler, hammadde bulunabilirliği ve teknolojik güvenilirlik olduğu gösterilmiştir. Ayrıca Polonya'nın karbon yakalama ve depolama sorunlarını zmede tarımsal biyogaz enerjisinin önemli katkı sağlayabileceğini, ayrıca ülkedeki biyogaz enerji sisteminin optimizasyonu ele alınmıştır. Polonya'daki biyogaz enerjisi ile ilgili yapılan analizlerden aşağıdaki ana sonuçlar çıkarılabileceği belirtilmiştir:

- Biyogaz enerjisinin, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında Polonya için oldukça uygun bir seçenek olduğu,
- Biyogaz enerjisinin gelişiminde, (i) küçük ölçekli g santralleri ile dağıtılan biyogaz enerjisi sistemi, (ii) enerji bitkilerinin yetiştirilmesi ve (iii) en iyi mevcut g teknolojilerinin benimsenmesini destekleyen iyi tasarlanmış ekonomik teşviklere ihtiyaç duyulduğu,
- Polonya'da sürdürülebilir biyogaz üretimi için keşfedilmemiş hammadde kaynakları, enerji bitkileri, otlar ve organik atıkların olduğu,
- Tarımsal biyogaz enerjisinin, "negatif net" CO₂ emisyonu konseptinden yararlanarak Polonya'nın CCS (Karbon Yakalama ve Depolama) sorunlarının zmne katkı sağlayabileceği,
- Biyogaz enerjisinin, yüksek işsizlik derecesine sahip tarım ve orman köylerinin gelişimini teşvik edebileceği, belirtilmiştir (Budzianowski, 2012).

Zhang vd. (2022) tarafından yapılan araştırmada; katı atık yönetimi ve sera gazı emisyonlarına yönelik artan endişeler ve yıllık büyük miktardaki hayvan atığının pek çok zorluğu beraberinde getirdiği iletirmiştir. Bir hayvanat bahçesinde yılda üretilen atık miktarının yüzlerce ton düzeyinde olduğu hayvan atıklarının uygunsuz bertarafı, kimyasal ve biyolojik kirleticilerin (besin maddeleri, toksik gazlar ve patojenler gibi) ortama salınma olasılığı nedeniyle çevreye zararlı olduğu aktarılmıştır. Diğer yandan, hayvan atıklarının son zamanlarda organik madde içermesi nedeniyle alternatif bir kaynak olarak düşünüldüğü, bu nedenle hayvan atıklarını kullanışlı bir malzemeye dönüştürmek için uygun teknolojilerin cazip hale geldiği iletirmiştir. Katı atıkların

geleneksel olarak depolama, dökme ve yakma yoluyla bertaraf edildiği, ancak bu yöntemlerin çevresel olarak sürdürülemez ve aynı zamanda hayvan atıklarının kaynaklarını tam olarak kullanmada da başarısız olduğu belirtilmiştir. Anaerobik sindirim'in (AS) atık biyokütleleri metana dönüştürmek ve yenilenebilir olmayan enerji eksikliğini telafi etmek için maliyet etkin bir teknoloji olarak önemli olduğunu iletmışlerdir. Domuz gübresinin, metan üretimi için AS işleminde en sık kullanılan hayvan atıklarından biri olduğu, mezofilik ve termofilik koşullar her ikisi de hayvan gübresi AS için uygun olup, genellikle termofilik AS'in daha yüksek bir metan verimi gösterdiğini aktarmışlardır. Bununla birlikte, AS sürecinin, organik ve pH şoku gibi değişen nedenlerden dolayı istikrarsız olabileceği ve bunda metan veriminin azalmasına neden olduğu, bu nedenle karmaşık organik maddenin parçalanmasını ve metan üretimini artırmak için çeşitli ön işleme stratejileri araştırıldığı iletilmiştir. Bu stratejilerin fiziksel (örneğin, radikal oluşturmak için ultrasonik/mikrodalga), kimyasal (örneğin, hücre duvarlarını yok etmek veya sıvılaştırmak için alkali işlem) ve biyolojik (örneğin, parçalanma hızını artırmak için enzim) yöntemler olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, hayvan atığının AS'sini potansiyel olarak artırmak için farklı katkı maddeleri de araştırılmış, sıfır değerli demirin, domuz gübresinin yüksek katı AS'inde propiyat kullanımını ve doğrudan türler arası elektron transferini artırarak %22 metan üretimini ve %51 oranlarında sindirim süresini tasarruf ettiği kanıtlamışlardır. Samanın hayvan gübresi ile karıştırılarak C/N oranını optimize etmek ve yüksek bir metan üretim hızına ulaşmak için kullanıldığını belgelemişlerdir. Hayvan atıklarını metana dönüştürmek için AS'ın yaygın bir şekilde kullanıldığı, bu sayede atık yönetimi ve enerji geri kazanımını başarmak için sürdürülebilir bir gelişim yolunun sağlandığını aktarmışlardır (Zhang, Chen, Ma, & Kumar, 2022).

Bai vd. (2018) tarafından yapılan araştırmada; 2010 yılında Çin'de birim hayvansal ürün başına sera gazı emisyonları, Amerika Birleşik Devletleri ve AB'ye göre çok daha yüksek çıkmıştır. Hayvancılık üretiminden kaynaklanan NH₃ emisyonlarının 2010 yılında 7.6 Tg olarak gerçekleştiği ve bunun Çin'deki toplam NH₃ emisyonunun %62'sini oluşturduğu, bu emisyonların önemli ölçüde PM_{2.5} (çapı 2.5 µm'nin altındaki atmosferik partiküler madde) oluşumuna katkıda bulunduğu ve kısmen ülkedeki hava kalite sorunlarından sorumlu olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, hayvancılık çiftliklerinin su kalitesini olumsuz etkilediği, gübre azotu ve fosforunun önemli bir kısmının su yollarına ulaştığı, bunda büyük nehirlerin, göllerin ve kıyı sulardaki ciddi

ötrofikasyonlara neden olmaları nedeniyle sucul ekosistemler için sorun oluşturduğu iletilmiştir. Hayvancılık çiftlikleri konumlarının, su yollarından ve diğer hassas bölgelerden uzakta ve yakınında yeterli tarım arazisi bulunan stratejik bir şekilde planlanması gerektiğini ileterek, gübre besin maddelerinin uygun şekilde geri dönüşümü için toprak verimlilik seviyesi ve çevresel koşullara bağlı olarak, her büyükbaş hayvan ünitesi için yaklaşık olarak 0,3 ila 0,6 hektar tarım arazisi gerektirdiği belirtmişlerdir. Hayvancılık çiftlikleri konumundaki önemin, Çin hükümeti tarafından tekrar vurgulandığı; su koruma yasasının uygulanmasının ardından domuz çiftçilerinin, ötrofikasyona duyarlı göllerin yakınından sürüldüğü iletilmiştir. Aynı zamanda sistem düzeyinde NUE'ler artırılabilir ve göllerin, kıyı denizlerinin ve diğer hassas bölgelerin ötrofikasyonu azaltılabilir denmiştir. Yem üretimi için ek arazi gereksiniminin 31 milyon hektar olduğu, bunun da neredeyse 2010'daki tarım arazi alanı kadar büyük olduğu belirtilmiştir. Ancak, Çin'deki tarımsal arazi alanının üç katından fazlasını kaplayan mera alanı bulunmakta ve bu alanın bir kısmı daha iyi besin ve su yönetimi ile üretimi artırma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, entegre toprak-tarım yönetimi ile tarım verim boşluğunun kapatılmasının, Çin'in çoğu bölgesi için etkili olduğu gösterilmiş, bunun N girdisini artırmadan tahıl verimini artırabilir ve ayrıca artan yem talebini karşılamaya katkı sağlayabileceği belirtilmiştir (Bai, Ma, Ma, & Velthof, 2018).

El-Mashad vd (2004)'ne göre; yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenmesinin, yerel koşullardaki diğer yenilenebilir kaynaklarını arama ihtiyacına yol açtığı; güneş ışığı, rüzgar ve biyokütle gibi birçok yenilenebilir kaynak bulunurken, tarımsal atıkların önemli bir biyo-enerji kaynağını temsil ettiği aktarılmıştır. Anaerobik çürütme işleminin, enerji üretmek ve atıkların organik içeriğini azaltmak için kullanılan teknolojilerden biri olduğu belirtilmiştir. Anaerobik sindirim sürecini etkileyen faktörler arasında, sıcaklığın önemli bir faktör olduğu, psikrofilik (< 25°C), mezofilik (25-40°C), termofilik (> 45°C) koşullar altında gerçekleşebildiği, termofilik koşullarda sindirim daha yüksek metabolik ve özgül büyüme hızları sunduğu, genellikle mezofilik bakterilere göre daha yüksek ölüm oranları görüldüğünü iletilmişlerdir. Hayvan gübresinin fermentasyonunda termofilik sıcaklığın mezofilik sıcaklığa göre kinetik bir avantajının olduğu ortaya koyulmuştur. Termofilik sürecin önemli bir avantajı, patojenlerin ve yabancı tohumların yüksek düzeyde imhasını sağlamasıdır. Hem termofilik hem de mezofilik sindirimin termofilik ön işlem ile

kullanılması durumunda, genellikle hayvan atıklarında bulunan vegetatif patojen bakterilerin (hem E.coli hem de Enterokoklar) ve bağırsak parazitlerinin yeterli bir şekilde azalacağı sonucuna varmışlardır. Salmonella ve Mycobacterium paratuberculosis, termofilik koşullarda 24 saat içinde etkisiz hale getirilirken, mezofilik sıcaklıklarda haftalar veya hatta aylar gerekebileceğini iletmışlerdir. Sığır atıklarının termofilik (60 °C) anaerobik sindiriminin farklı yükleme hızlarında örneğin 10, 15 ve 20 gün, mezofilik (40 °C) sindirime göre daha kararlı olduğunu belirtmişlerdir (El-Mashad, Zeeman, P.A. Botb, & Letting, 2004).

Zaher vd. (2008)'ne göre; Amerika Birleşik Devletleri süt endüstrisinde yaklaşık 9 milyon süt sağılan inek bulunduğu ve bunların her yıl yaklaşık 35 milyon ton gübre ürettiği iletilmiştir. Bir süt çiftliğinde tipik gübre yönetimi stratejisinde, gübre suyla sürülme veya mekanik kazıma sistemleri aracılığıyla toplanmaktadır. Katı ve sıvı gübrenin tarlalara doğrudan uygulanmak üzere depolandığı, bu tür uygulamaların genellikle koku sorunları, hava ve su kalitesinin bozulması ayrıca sera gazı emisyonları gibi endişelere yol açtığı, bu sorunları ele almanın potansiyel bir çözümü olarak gübre işleme için anaerobik sindirme teknolojisinin kullanıldığını belirtmişlerdir. Bu işlem sisteminin diğer faydalarının; ısınma ve enerji üretimi için biyogaz üretimi, stabilize organik gübre üretme ve patojen azaltma olduğu iletilmiştir. Var olan çoğu ticari anaerobik sindirme (AS) teknolojisinde, çalkalama yöntemi yerine süt çiftliği gübresi seyreltik olduğu için kazıma gübre işleme sistemlerini kullanan süt çiftlikleri geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin çoğu, uygun seyreltme ile kazıma sistemi kullanılarak toplanan gübreyi işlemek için ya tamamen karıştırılan tank reaktörü (CSTR) ya da piston akışlı (PF) reaktör konfigürasyonları kullanmaktadır. CSTR'ler, genellikle %3 ila %10 arasında değişen toplam katı konsantrasyonlarını işlemek üzere tasarlandığı, PF'ler ise genellikle %10 ila %13 toplam katıları en iyi şekilde işlediği belirtilmiştir. Çalkalama gübre sistemleri, genellikle %1 ila %2 toplam katı üretmekte, bu da genellikle ne CSTR ne de PF konfigürasyonunda işlenmek için çok seyreltik olduğu anlamına gelmektedir. Seyreltik gübre işlemek için bir anaerobik sindirici kullanmanın ana zorluğu, bakteri biyokütlesini korumak için daha yüksek katı bekleme süresi gerekliliğidir, ancak bu süre genellikle CSTR veya PF sindiricilerinde sürdürülemez demişlerdir.

Bakteri retansiyonunu artırmak için sabit film veya bağlı büyüme sistemleri gibi farklı seçenekler, çeşitli atıksu tiplerinin arıtılmasında başarıyla uygulanmış, bu seçeneklerin

gübre atıksularına uygulanmasında test edildiği belirtilmiştir. Ancak, gübreyi işlemek için sabit film teknolojisinin benimsenmesi, tıkanma sorunlarını beraberinde getireceği bunda biyofilm kalınlığının artmasına veya atıksulardaki yüksek askıdaki katı konsantrasyonuna bağlı olarak meydana geleceğini aktarmışlardır. Bu çalışmada, çalkalama yöntemiyle elde edilen süt çiftliği gübresinin işlenmesi için AS uygulamayı amaçlayan yenilikçi bir teknolojiyi değerlendirmiş, sistemde kullanılmış otomobil lastiklerini ortam olarak kullanan sabit yatak sistemi olarak tasarlandığı gösterilmiştir. Bu çalışmanın amacı, sistemi pilot ölçekte test etmek, arıtma verimliliğini değerlendirmek ve hidrolik yüke ve tıkanma sorunlarına karşı dayanıklılığını değerlendirmektir. Arıtma mekanizmasının, işlem modeli kullanılarak şu yollarla keşfedildiği:

- Katıların ve biyokütlenin retansiyonunu tahmin etmek gerektiği,
- Besin maddesi kütleli dengelerinin hesaplaması gerektiği,
- Çöktürme ve pH dinamiklerinin değerlendirilmesi ve
- Tam ölçekli uygulama için farklı işletme senaryolarını değerlendirmek gerektiği, aktarılmıştır (Zaher, Frear, Pandey, & Chen, 2008).

Cai Y. vd. (2021)'ne göre; bazı gelişmiş ülkelerde hayvan gübresinin tarım arazilerine uygulanması kural olmasına rağmen, uluslararası ticaretin genişlemesi nedeniyle mahsul ve hayvancılık arasındaki kopukluk besin maddelerinin dışkıdan geri dönüşümünü zayıflatacağı bildirilmiştir. Bu nedenle güvenli ve sürdürülebilir dışkı uygulaması için bölgesel, ulusal ve küresel düzeylerde bitki büyümesi ile hayvancılık üretiminin daha iyi birbirine bağlanması gerekmektedir. Hayvan dışkısının tarlaya uygulanmasında bitki büyümesini desteklemesinin yanı sıra toprak-bitki sistemi içine kirleticileri getirebileceğini nihayetinde hayvan ve insan refahına zarar verebileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle hayvansal gübre deşarjı, hayvancılık üretimi ile artmaya devam etmekte, hem besin maddesi geri dönüşüm faydalarını hem de çevresel riskleri dikkate alarak kapsamlı bir şekilde nicelendirilmesi gerektiğini göstermişlerdir. Hayvansal gübre kullanımının bir biyogüvenlik tehdidi olarak taze dışkıyı doğrudan toprağa yayma işleminin, dışkıların patojen taşıması sebebiyle çoğu gelişmiş ülkede yasaklandığı ama gelişmekte olan ülkelere görülebildiği bilinmektedir. Anaerobik sindirimin, basit gübre depolamaya göre sera gazı emisyonlarını azaltabileceği, ancak kompostlama ile birlikte, gübreye hapsedilen bazı antibiyotiklerin konsantrasyonunu azaltabilecekken, mevcut kimyasalların dönüşümü aracılığıyla yeni kirleticilerin

oluşmasına da neden olabileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, ana bileşenlerin daha düşük konsantrasyonunun genel toksisitenin daha düşük olacağı anlamına gelmediğine dikkat edilmeli, ayrıca ağır metallerin anaerobik sindirim ve kompostlama yoluyla parçalanamayacağı unutulmamalı, bu nedenle gübre yönetiminde ağır metalleri bağlamak için pasivatörler eklemek gibi ek önlemler uygulanmasının önemini vurgulamışlardır. Karbonlu maddelerin termokimyasal dönüşüm yöntemi olarak kullanılan pirolizin, biyoyararlı ağır metal fraksiyonlarını kararlı fraksiyonlara dönüştürmek için de kullanılabileceği, bundan dolayı hayvan gübresini işlemek için pirolizin benimsenebileceği; ayrıca pirolizden sonra elde edilen biyokömür, toprak kalitesini ve verimliliğini artırmak aynı zamanda sera gazı emisyonlarını azaltmak için umut verici bir toprak düzenleyici olarak kullanılabileceğini aktarmışlardır. Bu nedenle, hayvan gübresinin yönetiminde biyolojik güvenlik dikkatlice düşünülmeli ve gelecekte gelişmiş tekniklerin kullanılarak iyileştirilmesi gerektiği, ancak herhangi bir işleme teknolojisinin maliyetinin dışkılardan elde edilebilen formların ve miktarların üzerinde etkisi dikkate alınarak, hayvan gübresinin kullanılabilirlik maliyet-etkililiği değerlendirilmesinin gerektiğini belirtmişlerdir (Cai, Tang, Tian, & X.Chang, 2021).

Iglinski B. vd. (2015)'ne göre; Polonya'da halihazırda faaliyet gösteren tarımsal biyogaz üretim tesisleri, bir proses hattının bileşenlerinin seçimi açısından farklılık göstermekte, bununda esas olarak kullanılan substratların tipi ve özellikleri, biyogazın kullanım yolları ve fermentasyon sonrası kütlenin kullanımı gibi yerel koşullara bağlı olduğu belirtilmiştir. Bulunan 60 biyogaz santralinin toplam gücü 66.015 MW'dir. Merkezi voyvodalık bölgeleri, en fazla büyük çiftlik barındırdıkları için en büyük potansiyele sahip olduğu ve bunlardan bazılarının, Wielkopolskie Voyvodalığı (387 milyon m³) ve Mazowieckie Voyvodalığı'nda (272 milyon m³) olduğu iletilmiştir. Şu anda Polonya'daki en fazla tarımsal biyogaz tesisinin ise, Pomorskie Voyvodalığı ve Zachodniopomorskie Voyvodalığı'nda bulunduğu, bu bölgelerin gübre kaynaklı biyogaz potansiyeli bakımından en büyük olmasa da, yatırımcılar arasındaki büyük ilgi ve yerel toplumun onaylayıcı tutumunun burada, biyogaz tesislerinin inşası için uygun koşullar oluşturduğu ve yapımına katkıda bulunduğunu göstermiştir. Halihazırda var olan doğal gaz dağıtım şebekesinin yakınında tarımsal biyogaz tesislerinin inşası ve ayrıca şebekeye doğrudan biyometan tedariki düşünüldüğü, rüzgar enerjisi, hidroelektrik santralleri veya güneş kolektörlerinden farklı olarak, tarımsal biyogazdan enerji üretiminin, sürekli ve istikrarlı bir güç beslemesini

kolaylaştıracığı, bunun da enerji operatörleri için önemli bir kolaylık ve kırsal alanlar için sabit bir elektrik ve ısı temini sağlaması ile sonuçlanacağını aktarmışlardır. Sayısız soruna rağmen, biyogaz santrallerinin daha da büyümesi için fırsatların oldukça fazla olduğu, büyük hayvan çiftlikleri ile tarım ve gıda tesislerinin sahipleri biyogaz santrallerini, bulamaç ve genel tarımsal atık kullanımı sorunlarının bir çözüm olarak görmekte olduğunu belirtmişlerdir. Genişletilmiş bürokrasi, yüksek maliyetler ve uzun bir yatırım süresi, olası yatırımcıların cesaretini kırsada basitleştirilmiş yasal düzenlemeler ve daha fazla mali destek, Polonya'da biyogaz teknolojisinin daha hızlı gelişmesini kolaylaştıracaktır. Biyogaz santrallerinin geliştirilmesi bir dereceye kadar Polonya'nın doğusu da dahil olmak üzere kırsal alanlarda işsizliği azaltacaktır. Bir tarımsal biyogaz santrali 6-10 kişiyi istihdam ettiği; ayrıca bir biyo-enerji santralinin inşası, yenilenmesi ve bakımının yerel şirketler için iş yaratacağı, bir biyogaz enerji santralinin inşası ve işletilmesi çoğunlukla ülkedeki inşaat malzemeleri kullanılarak gerçekleştirileceği için diğer sektörlerde iş sağlayacağı belirtilmiştir (Iglinski, Buczkowski, & Cichosz, 2015).

Duque-Avecedo Monica vd. (2020)'ne göre; halkın ilgisini çeken ve tarımsal rejimlerin sürdürülebilirliğini tehdit eden başlıca tarım atığı kategorileri arasında bitkisel artıklar (yaprak çöpü, tohum kabuğu, sap, gövde, saman, kabuk, yabancı ot), hayvansal atıklar (idrara, gübreler, yıkama suları, atık süt), kümes hayvanı atıkları (dökülen yem, tüyler, dışkıları, yatak malzemeleri), mezbaha kaynaklı atıklar (kan, saç, deri, et ve kemik parçaları vb.), tarımsal sanayi sebebiyle atıklar (küspe, melas, kabuklular (portakal, patates), posalar (portakal, elma, mango, guava, nar, ananas, papaya, domates vb.), yağlı tohum kekleri (hurma çekirdek küspesi, hardal, soya fasulyesi, yerfıstığı, hindistan cevizi vb.) ve su ürünleri atıkları, bulunduğu aktarılmıştır (Duque-Acevedo, Belmonte-Urena, Cortes-Garcia, & Cmacho-Ferre, 2020).

Sümer vd. (2016)'ne göre; işlenmemiş hayvansal ve çiftlik atıkları, tarımsal arazilere uygulandığında tarım toprağının verimini düşürebilir ve atık içinde bulunan zararlı maddeler nedeniyle çevresel kirliliğe yol açabilir. Mevcut depolama usulleri, kontrolsüz atık yakma veya atığın su kaynağına deşarj edilmesi gibi uygulamalar, yüksek organik içerikli bu atık malzemelerin değer kaybına neden olmaktadır. Yanlış olan bu uygulamaların göz önüne alınması durumunda, hayvan atıkları için sürdürülebilir bir atık yönetim yaklaşımına geçilmesi gerekliliği ortadadır. Hayvansal

atıklarda yönetim sistemi kurulmasının amacı, büyük miktarlardaki potansiyel hayvan atığının kullanım kapasitesini artırmaktır ve bu, büyükbaş hayvancılık, küçükbaş hayvancılık ve kümes hayvancılığı gibi alanlarda çevresel, ekonomik faydalar ve sosyal düşünceler göz önüne alınarak sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilir (Sümer, S.K., Kavdır, Y. ve Çiçek, G., 2016).

Onurbaş-Avcıoğlu A. vd. (2011)'ne göre; hayvansal atıkların, çoğu işletmede barınağın alanının içerisinde önlem alınmamış bir şekilde yığınlar şeklinde açıkta bekletilmekte, bunlar da çevre, sağlık sebepli sıkıntılar oluşturmaktadır. Bu atıklardan az orandaki küçük bir kısmı bitki üretimlerinde kullanılmaktadır. Kalan büyük parçalar ise tezek olarak yakacak malzemesi şeklinde kullanılmaktadır. Bu şekilde, gereken özellikte ısı üretilmesi ve sonrasında atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır. Yakın zamanda, (havalandırma, anaerobik fermentasyon, gazlaştırma, kompostlama, kurutma vb.) gibi bazı işlemlerin yardımıyla atıkların çevreye daha az zararlı ve organik gübre uygulanabilmesi gibi çevreye duyarlı ve daha ekonomik kullanımı olan yöntemlerinde kullanımının yaygınlaşmaya başladığı belirtilmiştir (Onurbaş-Avcıoğlu, Türker, Atasoy, & Koçtürk, 2011).

Dede vd. (2018)'ne göre; biyogaz üretimi sırasında kullanılmakta olan başlıca ham maddeler organik atıklar olması sebebiyle, bu atıkların değerlendirilmesindeki önem, su kaynaklarının korunması, koku ve patojen mikroorganizma üremesinin önlenmesi gibi temel çevre problemlilerine de çözüm oluşturması sebebiyledir. Bu özelliklerinden ötürü biyogaz üretiminin, literatürde bulunan çalışmalarda enerji üretimi proseslerinden ziyade organik içerikli atıklar için çevresel, ekonomik ve sosyal yani sürdürülebilir bir bertaraf yöntemi olarak görüldüğünü aktarmışlardır (Dede, Dede, & Özdemir, 2018).

Çayır vd. (2012)'ne göre; gübrelerin herhangi bir depolama önlemi alınmadan açık alanlarda biriktirildiği, bazı işletmelerde ise gübreler hayvanların hareket etmelerini engelleyecek şekilde barınaklarda saklanmakta ve hayvanların sağlığına zarar verdiği belirtilerek, hayvan refahı adına sağlıklı koşullar oluşmakta ve işletmenin verimli çalışması sağlanamadığını belirtmişlerdir. Bu sebeple işletmelerde oluşabilecek olumsuz durumların meydana gelmemesi ve çevresel kirliliğin en az hale getirilmesi için çeşitli önlemler alınmalı ve bu önlemlere uyulması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu önlemleri aşağıda sıralamışlardır:

- Hayvan barınaklarında ortaya çıkan gübrelerin çevreye yayılması engellenmeli ve belirli bir süre için gübre depolayabilen, planlama ilkelerine uygun tasarlanmış bir depo inşa edilmelidir,
- Çevreden uzaklaştırılacak sıvı atıklar, işletmelerdeki konut alanlarına, yüzey sularına veya yeraltı sularına karışmasına izin verilmemeli ve yer altı tanklarında biriktirilmeli,
- Gübre depolama tesislerinin kapasitesi, doğrudan deşarj veya yüzey akışı yoluyla su kirliliğini ve toprak kirliliğini önleyecek şekilde tasarlanmalı,
- Hava kirliliğini azaltmak için gübreler mutlaka kontrol edilen ortamlarda saklanmalıdır. Açık sistemlerdeyse yüzey akışlarını engelleyen toplama, uzaklaştırma kanalları yapılmalı,
- Hayvan barınakları, konutlardan ayrı olarak inşa edilmeli ve konutlarda alt veya yan duvar kısmına inşa edilmemeli,
- Gübre biriktirme işlemlerinde konut alanları, göller ve benzeri su kaynaklarından belirli uzaklıklar hesaplanırken önerilen değerlere uyulmalı,
- İşletmede gübre depolama alanı varsa, zeminin düzenli olarak kontrol edilmesi gerekli ve çatlaklar ve sızıntılar varsa yer altı sularının kirlenmesini önlemek için onarılmalı,
- Gübre depo inşaatı ilgili inşaat tekniklerine uyularak yapılması gerekmektedir. Gübre depolama alanı, zemininde sıkıştırılmış toprakla projelendirilmeli ve gübre deposunun tabanına uyacak eğim verilmelidir. Türk çevre mevzuatlarınca, gübre depolama alanları, üç aylık gübrenin depolanabileceği boyutlarda projelendirilmesi ve buna uyulması gerektiğini, aktarmışlardır (Çayır, Atılgan, & Öz, 2012).

Yokuş vd. (2011)'ne göre; biyokütlelerden katı, sıvı ve gaz yakıtlar elde etmek için fiziksel, biyokimyasal ve termokimyasal yöntemler kullanmak mümkündür. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan biyokütle enerjisi, biyogaz gibi bir alt kategoriyi içerdiği, biyogaz teknolojisinin çevresel ve sağlık sorunlarına neden olan organik atıkların işlenmesini ve bu atıklardan enerjiye dönüşümü sağlayarak yenilenebilir enerji üretimlerinin önemli bir rol oynadığını belirterek ayrıca bu teknolojinin organik atıklardan enerji üretimine ek olarak atıkların toprağa geri kazandırılmasına da imkan tanıdığını aktarmışlardır. Ülkemizde hayvan gübresinin, genellikle kırsal kesimde ısınma amacıyla kullanıldığını, bunun son dönemde gübre

girdi maliyetlerinin artması ve hayvansal gübrelerin potansiyel faydalarının anlaşılmasıyla birlikte çiftlik gübreleri olarak kullanımını arttırdığını belirtmiştir. Ancak, bu kullanım şeklinde enerji kaybı olmaktadır.        hayvan gübresi, biyogaz üretimi için kullanıldığında fermantasyona uğrar ve gübre kalitesi artar.

Fosil yakıt kaynaklarının azalması ve enerji ihtiyacının artması, mevcut enerji kaynaklarında daha da verimli bir şekilde kullanmanın önemini anlamaya ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi gerektirdiği, bu çalışma ile yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogazın ülkemizin büyük illerinden biri Sivas'taki büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığını incelemeyi amaçlanmıştır. Ayrıca, Sivas ilinin hayvan sayısı ve tarım alanları gibi istatistiksel verileri kullanarak biyogaz potansiyeli ve enerji değerini belirlemeyi ve biyogaz tesisleri kurulumu ve işletilmesi için en uygun çalışma koşullarını saptamayı hedefleyerek, bununla birlikte, işletme büyüklüklerini belirleyerek bunlara göre uygun biyogaz reaktör kapasiteleri bulunması planlanmıştır (Yokuş, Sivas İlindeki Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi, 2011).



4. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Kocaeli ili tüm ilçelerinde yetiştiriciliği ve bakımı yapılan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvancılığı atık potansiyellerinin hesaplanması ve bulunan hayvansal atıkların sürdürülebilir şekilde değerlendirilebilmesi için; biyogaz, kompost teknolojileri ile çalışmalar yapmak amaçlanmıştır.

4.1. Materyal

Araştırma kapsamında Kocaeli ili hayvancılık işletmelerindeki özellikler, hayvan sayıları, kapasiteler araştırılmıştır. Bu çerçevede Kocaeli Tarım ve Orman İl Müdürlüğünden ilgili veriler alınmıştır. Araştırmada temel materyali bu veriler oluşturmıştır.

Ülkemiz iklim, topografya ve toprak verileri dikkate alınmış ve 30 tarımsal havzaya ayrılmıştır. Kocaeli ili Kandıra ilçesinin Batı Karadeniz Havzasında, diğer ilçelerin ise Güney Marmara Havzasında bulunduğu görülmektedir. Kocaeli’inde yer aldığı Türkiye havzaları Şekil 4.1’te görülmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2010).



Şekil 4.1. Türkiye Tarım Havzaları (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2010)

Kocaeli, Marmara Bölgesi Çatalca-Kocaeli Bölümü, 29°22'-30°21' doğu boylamı, 40°31' - 41°13' kuzey enlemi arasında yer almaktadır. Doğu ve güneydoğuda Sakarya,

güneyinde Bursa illeri, batısında Yalova ili, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ve İstanbul ili, kuzeyinde de Karadeniz'le çevrilidir. İlin merkezi İzmit'in doğusundan geçen 30° doğu boylamı Türkiye saati için esas kabul edilmektedir. Kocaeli ilinde yüzölçümü 3.420 km² 'dir. Asya ile Avrupa'yı birleştiren önemli bir yol kavşağında bulunmakta olan ilde, doğal bir liman olan İzmit Körfezi işlek bir deniz yoludur. İlin kuzeybatı tarafındaki İstanbul il sınırı, Gebze ile İstanbul arasında akan Kemiklidere'nin doğusundan geçmektedir. Güneybatıda İstanbul-Kocaeli sınırı İzmit Körfezi'nin karşı kıyısında Yalova topraklarıyla bitmektedir. Bursa sınırı Samanlı Dağları'nın tepelerinden geçen hattadır. Güneydoğuda ki sınır Maşukiye'nin yanındaki Sapanca Gölü kıyısıyla Sakarya iline dayanmaktadır (Kocaeli İli Demografik Yapı, 2024).



Şekil 4.2. Güney Marmara Havzası (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2010)



Şekil 4.3. Batı Karadeniz Havzası (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2010)

4.1.1. Kocaeli ili tarımsal nüfus dağılımı

Kocaeli'nin 2.102.907 kişilik nüfusunun %50,54'ü (1.061.291 kişi) erkeklerden, %49,46'sı (1.041.616 kişi) kadınlardan oluşmaktadır. Yüzölçümü 342.001,3 ha'dır. İlde kilometrekareye 563 insan düşmektedir. Kocaeli nüfus yoğunluğunda ülkemizde 2. Sırada olup nüfus yoğunluğu 563/km²'dir (Tüik, 2023).

İlin merkezindeki verimli ovaların büyük bir bölümü sanayi kuruluşları ve yerleşim alanları oluşturulması sebebiyle, tarımsal arazi olmaktan çıkmıştır. Tarımsal üretim alanı 72.579 Ha'dır. Elde edilen ürünler toplamı ise 599.377,6 tondur.

14 limandan bitkisel kaynaklı ithalat ihracat yapılmaktadır. Bunlar;

- Yaş meyve ve sebze: (muz, ananas, elma, sarımsak, vb.)
- Bitkisel ürünler: (arpa, buğday, mısır, tütün, soya fasulyesi, torf)
- Orman ürünleri: odun, yonga) tomruk, kereste, palet

3.610 adet ithalat işlemi, yaş meyve sebze (limon, muz, portakal, çeşitli sebze), (fındık, maya, bitkisel yağ, baklagiller, un), ahşap kaplama, tomruk, kereste, ahşap ambalaj malzemesi) adet olmak üzere 3.041 adet ihracat işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kocaeli ili yüzölçümü ile Türkiye'nin en küçük illerinden biridir. Ülkemizde sanayi üretimi içinde, %14,7'lik üretim payı ile sanayileşme hızı bakımından ülkemizin önde

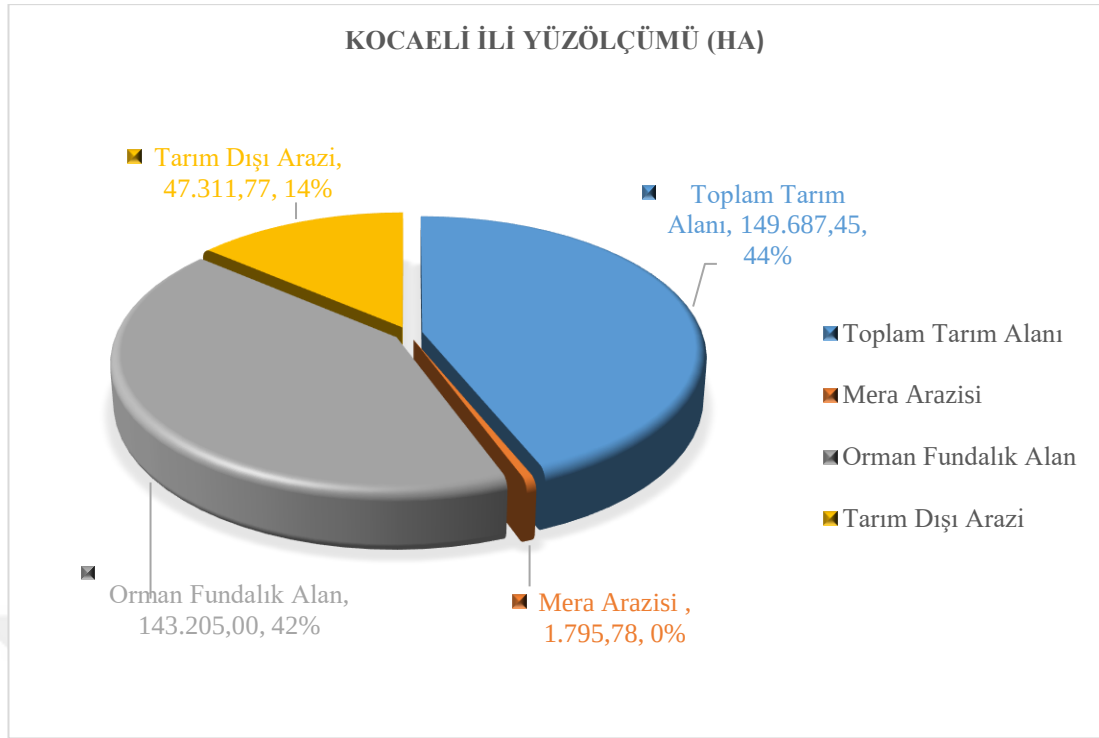
gelen illerinden biridir. Kocaeli’de tarım yapılmasına rağmen ilde ekonomiye yön veren sanayidir. Kocaeli bir sanayi şehri ve ülkemizin ikinci büyük sanayi kentidir. Aynı zamanda bir liman kenti olan ilde 35 liman ve iskele vardır. Kocaeli’nin Türkiye imalat sanayi üretimindeki payı %13 civarındadır (Kocaeli Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2018 Yılı Faaliyet Raporu, 2018).

4.1.2. Kocaeli ili arazi dağılımı

Kocaeli ilinde toplam alan 342.001 ha’dır. Toplam tarımsal alan 149.687,4 ha’dır. Bunun işlenen tarım alanı kısmı ise 72.579 ha’dır ve ildeki yüzölçümün %21,22’si işlenmektedir.

Tablo 4.1. (Kocaeli Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2018 Yılı Faaliyet Raporu, 2018)

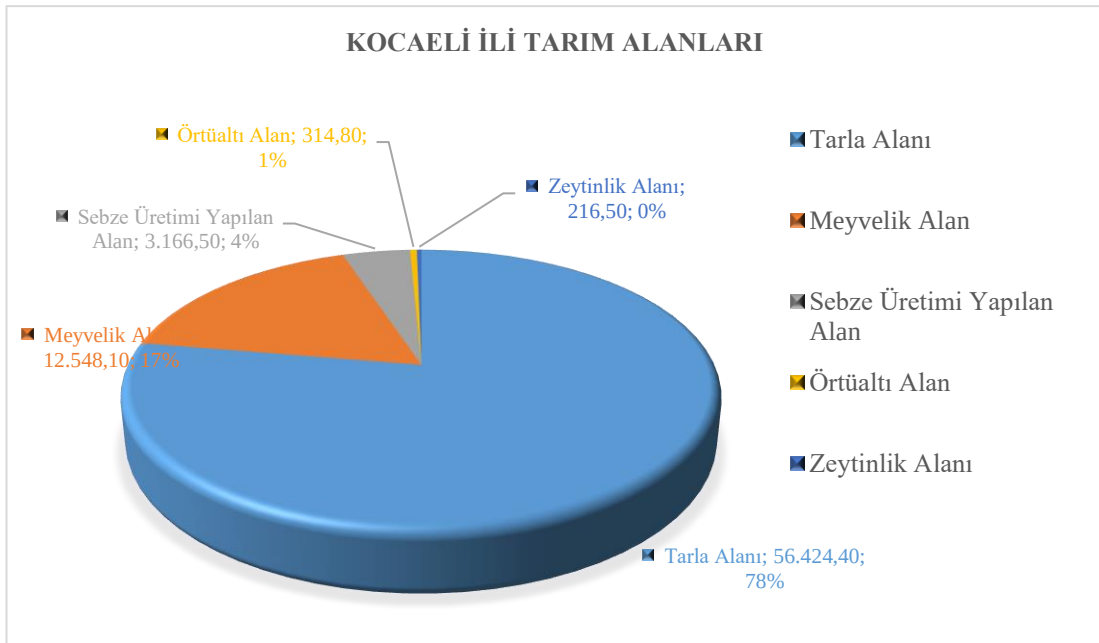
Arazinin Cinsi	Yüzölçümü(ha)	Toplam Araziye Oranı (%)
Toplam Tarım Alanı	149.687,45	43,76
[İşlenen Tarım Alanı]	72.579,00	21,22
[İşlenmeyen Tarım Alanı]	77.108,45	22,54
Mera Arazisi	1.795,78	0,43
Orman Fundalık Alan	143.205,00	43,00
Tarım Dışı Arazi	47.311,77	12,80
Toplam	342.001,00	



Şekil 4.4. Kocaeli Yüzölçümü Dağılımı (Kocaeli İl Tarım Müdürlüğü, 2018)

4.1.3. Kocaeli ili tarımsal arazi dağılımı

Tarım alanı toplamı 149.687,4 ha., işlenen tarım alanı 72.579 ha.'dır. İşlenen tarım alanı içinde Tarla 56.424,4 ha., Meyvelik 12.548,1 ha., Zeytinlik 216,5 ha, Açıkta Sebze üretimi yapılan 3.481,3 ha., Örtü altı alanlar ise 314,8 ha'dır.



Şekil 4.5. Kocaeli İli Arazi Dağılımı (Kocaeli İl Tarım Müdürlüğü, 2018)

4.1.4. Kocaeli İli Büyükbaş Hayvancılık İşletmeleri Dağılımı

Hayvansal atıkların sürdürülebilir yönetimi için hayvansal atık miktarının belirlenebilmesi gereklidir. Bu sebeble belirli gösterge değerleri bilinmelidir. Büyükbaş hayvan varlığı içeriğine göre Kocaeli İlindeki işletme büyüklükleri tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Kocaeli ili büyükbaş hayvancılık işletmeleri (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024)

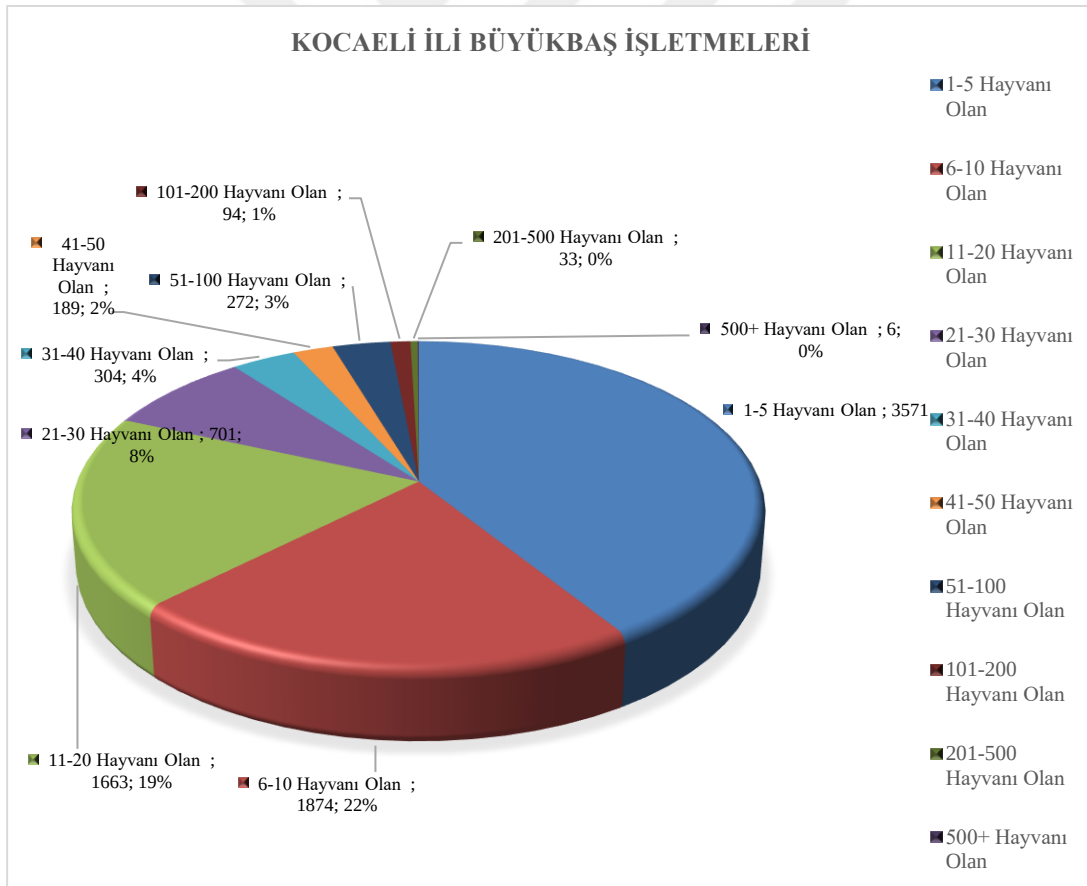
İşletme Büyüklüğü (Baş)	Büyükbaş İşletmeleri Sayısı (Adet)	Toplam İşletme Sayısına Oran (%)
1-5 HAYVAN OLAN	3.571	37,48
6-10 HAYVAN OLAN	1.874	19,67
11-20 HAYVAN OLAN	1.663	17,45
21-30 HAYVAN OLAN	701	7,36
31-40 HAYVAN OLAN	304	3,19
41-50 HAYVAN OLAN	189	1,98
51-100 HAYVAN OLAN	272	2,85
101-200 HAYVAN OLAN	94	0,99
201-500 HAYVAN OLAN	33	0,35
500+ HAYVAN OLAN	6	0,06
	8.707	100,00

Tablo 4.3. Kocaeli ili büyükbaş hayvancılık işletme büyüklükleri (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024)

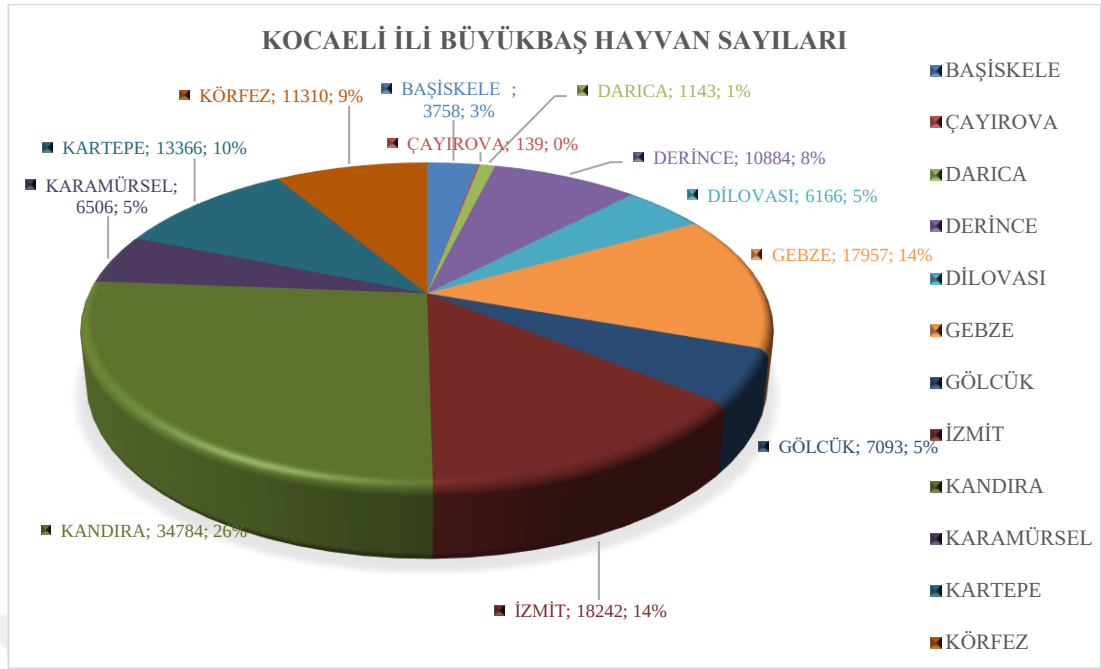
İşletme Büyüklüğü (Baş)	Toplam Büyükbaş Hayvan Sayısı	Toplam Hayvan Sayısına Oranı (%)	Büyükbaş İşletme Sayısı (Adet)	Toplam İşletme Sayısına Oran (%)
BAŞISKELE	3.758	2,861101806	627	7,201102561
ÇAYIROVA	139	0,105825745	21	0,241185253
DARICA	1.143	0,870207388	40	0,459400482
DERİNCE	10.884	8,286384262	450	5,168255427
DİLOVASI	6.166	4,69439961	156	1,791661881
GEBZE	17.957	13,67131589	451	5,179740439
GÖLCÜK	7.093	5,400158358	603	6,925462272
İZMİT	18.242	13,88829674	1.390	15,96416676
KANDIRA	34.784	26,48232177	3.128	35,92511772
KARAMÜRSEL	6.506	4,953253951	462	5,306075571
KARTEPE	13.366	10,17602095	857	9,842655335
KÖRFEZ	11.310	8,610713524	522	5,995176295
	131.348	100,00	8.707	100,00

Kocaeli genelindeki toplam büyükbaş işletmesi sayısı 8.707 adettir. Bu işletmeler genel itibari ile %38'i 1-5 baş hayvan barındıran işletmelerden oluşmaktadır. Aynı zamanda işletme sayıları da oldukça yüksektir. Bu nedenle, Kocaeli ilinde hayvansal büyükbaş atık potansiyeli açısından verimli olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca diğer gösterge değeri olarak büyükbaş hayvan sayıları da Tablo 4.3'te verilmiştir (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024).

Kocaeli ilinde işletmelerde toplam 131.348 büyükbaş hayvan'ın bulunduğu görülmektedir. Büyükbaş hayvan varlığında büyük kısmının, yaklaşık %26,48'inin Kandıra'da, %13,88'inin ise İzmit'te, %13,67'inin Gebze ilçesindeki işletmelerde bulunduğu belirlenmiştir. Kocaeli'de büyükbaş hayvan varlığı Kartepe (%10,17), Körfez (%8,61), Derince (%8,28), Gölcük (%5,40), Karamürsel (%4,95), Dilovası (%4,69), Başiskele (%2,86), Darıca (%0,87), Çayırova (%0,10) ilçelerinde yoğunluk kazanmaktadır (Şekil 4.7).



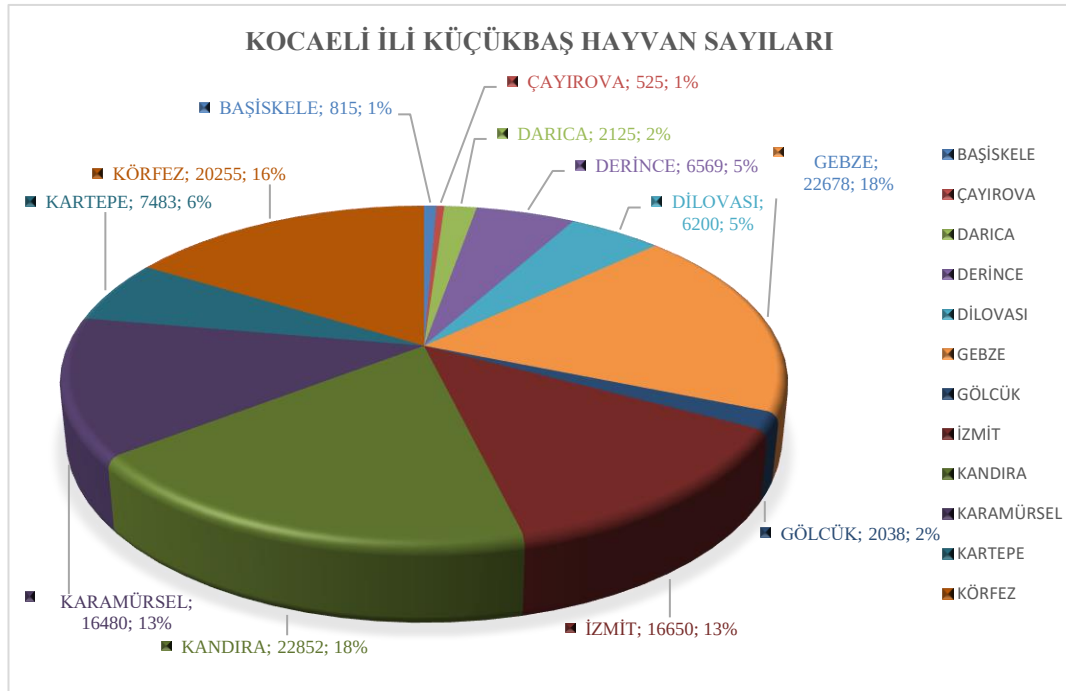
Şekil 4.6. Kocaeli İli Büyükbaş Hayvancılık İşletme Büyüklükleri (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024)



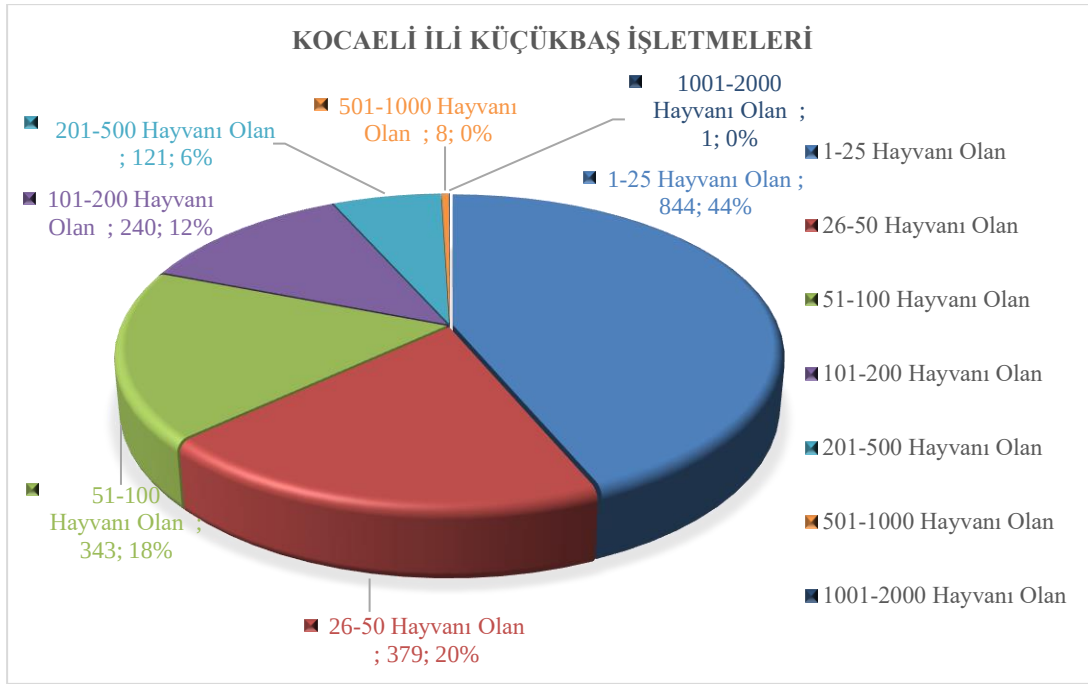
Şekil 4.7. Kocaeli ili büyükbaş hayvan sayıları dağılımı (Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024)

4.1.5. Kocaeli ili küçükbaş hayvancılık işletmeleri dağılımı

Kocaeli ilindeki küçükbaş hayvan sayıları Tablo 4.5'te ve hayvan dağılımı Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Ayrıca işletme büyüklükleri ise Tablo 4.4'te ve dağılımları Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Kocaeli ili küçükbaş hayvan sayıları dağılımı



Şekil 4.9. Kocaeli ili küçükbaş hayvancılık işletme büyüklükleri

Kocaeli işletmelerinde toplam 124.670 küçükbaş hayvan'ın bulunduğu görülmektedir. Küçükbaş hayvan varlığında büyük kısmının yaklaşık %18,32'sinin Kandıra'da, %18,19'inin Gebze'de, %16,24'inin Körfez'de, %13,35'inin İzmit'te ve Karamürsel (%13,21), Kartepe (%6,00), Derince (%5,26), Dilovası (%4,97), Gölcük (%1,63), Darıca (%1,70), Başiskele (%0,65), Çayırova (%0,42) ilçelerindeki işletmeler bünyesinde bulunduğu gösterilmektedir. Küçükbaş işletmeleri sayılarında ise en çok işletmenin bulunduğu ilçe (%28,56) ile Kandıra'dır. Sonrasında sırasıyla İzmit (%18,75), Gebze (%11,82) ve Karamürsel (%11,31) gelmektedir.

Tablo 4.4. Kocaeli ili küçükbaş hayvancılık işletme büyüklükleri

İşletme Büyüklüğü (Baş)	Küçükbaş İşletme Sayısı (Adet)	Toplam İşletme Sayısına Oran (%)
1-25 HAYVAN OLAN	844	43,6
26-50 HAYVAN OLAN	379	19,6
51-100 HAYVAN OLAN	343	17,7
101-200 HAYVAN OLAN	240	12,4
201-500 HAYVAN OLAN	121	6,3
501-1000 HAYVAN OLAN	8	0,4
1001-2000 HAYVAN OLAN	1	0,1
	1.936	100,00

Tablo 4.5. Kocaeli ili küçükbaş hayvancılık işletme sayıları

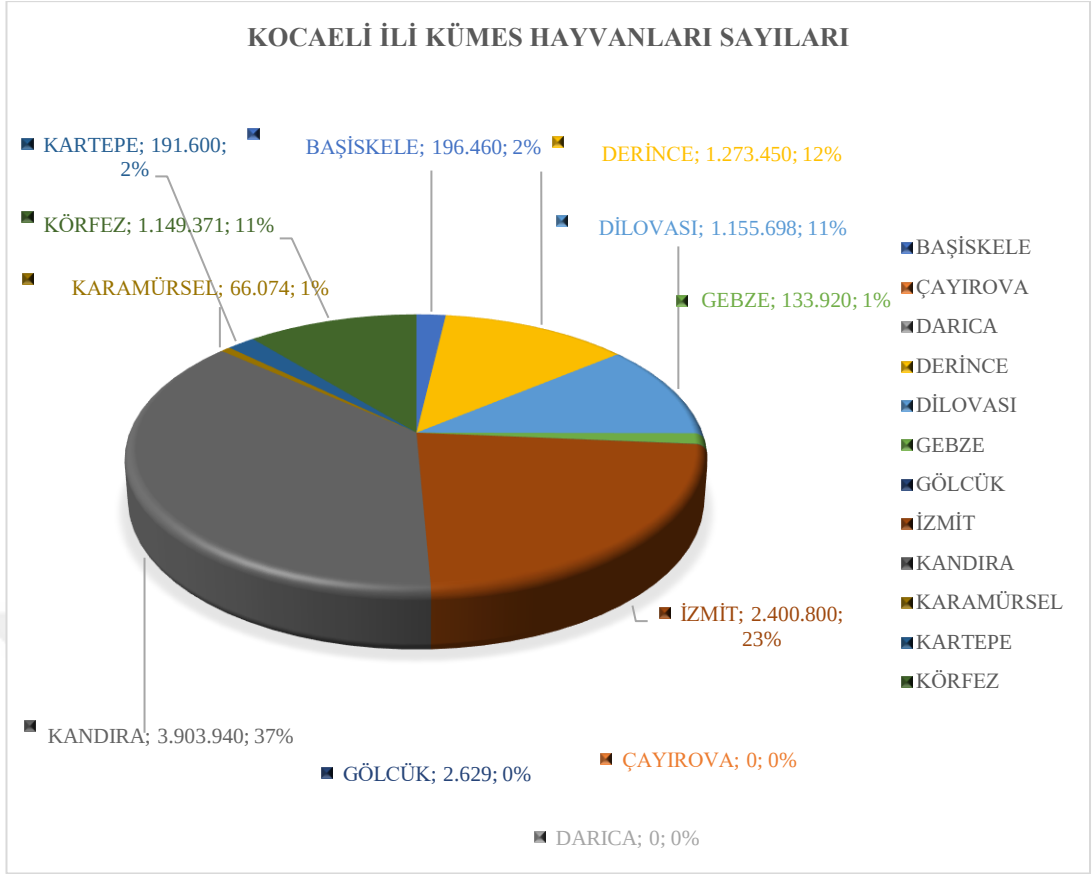
İşletme Büyüklüğü (Baş)	Toplam Küçükbaş Hayvan Sayısı	Toplam Hayvan Sayısına Oranı (%)	Küçükbaş İşletme Sayısı (Adet)	Toplam İşletme Sayısına Oran (%)
BAŞİSKELE	815	0,653725836	25	1,291322314
ÇAYIROVA	525	0,421111735	3	0,154958678
DARICA	2.125	1,70449988	25	1,291322314
DERİNCE	6.569	5,269110452	84	4,338842975
DİLOVASI	6.200	4,973129061	51	2,634297521
GEBZE	22.678	18,19042272	229	11,8285124
GÖLCÜK	2.038	1,634715649	49	2,530991736
İZMİT	16.650	13,35525788	363	18,75
KANDIRA	22.852	18,32999118	553	28,56404959
KARAMÜRSEL	16.480	13,21889789	219	11,31198347
KARTEPE	7.483	6,002245929	113	5,83677686
KÖRFEZ	20.255	16,24689179	222	11,46694215
	124.670	100,00	1.936	100,00

4.1.6. Kocaeli ili kanatlı hayvancılık işletmelerinin dağılımı

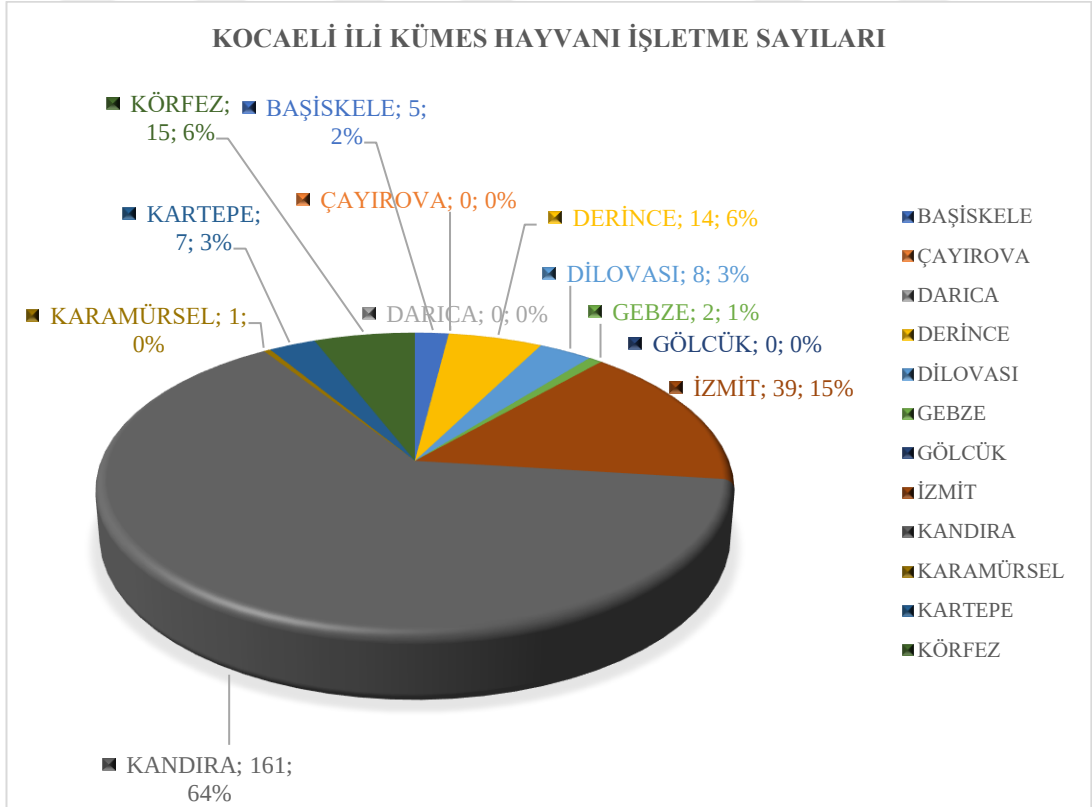
Kocaeli İlinde kanatlı hayvan sayıları ve kanatlı işletmeleri dağılımı Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Kocaeli ili kümes hayvancılık işletme büyüklükleri

İşletme Büyüklüğü (Baş)	Kanatlı Hayvan Sayısı (Adet)	Toplam Hayvan Sayısına Oranı (%)	Toplam İşletme Sayısı (Adet)	Toplam İşletme Sayısına Oran (%)
BAŞİSKELE	196.460	1,88	5	1,98
ÇAYIROVA	0	0,00	0	0,00
DARICA	0	0,00	0	0,00
DERİNCE	1.273.450	12,16	14	5,56
DİLOVASI	1.155.698	11,03	8	3,17
GEBZE	133.920	1,28	2	0,79
GÖLCÜK	2.629	0,03	0	0,00
İZMİT	2.400.800	22,92	39	15,48
KANDIRA	3.903.940	37,27	161	63,89
KARAMÜRSEL	66.074	0,63	1	0,40
KARTEPE	191.600	1,83	7	2,78
KÖRFEZ	1.149.371	10,97	15	5,95
	10.473.942	100,00	252	100,00



Şekil 4.10. Kocaeli ili kümes hayvanları sayıları



Şekil 4.11. Kocaeli ili kümes hayvanı ilçerlerdeki işletme sayıları

Kocaeli ili genelindeki toplam kanatlı hayvan sayısı 10.473.942 adettir. Bunun büyük bir kısmı Kandıra ve İzmit ilçelerinde yoğunluk göstermektedir (Şekil 4.11).

Tüm verilerin değerlendirilmesi olarak Kocaeli ilindeki hayvan sayılarına bakıldığında;

- Büyükbaş için Kandıra, Gebze, İzmit, Kartepe ve Körfez 'de,
- Küçükbaş için Gebze, Kandıra, Körfez, İzmit'te ve
- Kanatlı için Kandıra'da, İzmit'te yoğun olduğu görülmektedir.

4.2. Yöntem

Hayvansal atıkların sürdürülebilir yönetimi ile ilgili Toplam Yaş Atık, Teorik ve Kullanılabilir Atık Potansiyelinin Belirlenmesi adına çalışma gerçekleştirilmiştir. Teorik atık potansiyeli, belirlenebilmesi hesaplamasında ilgili hayvanların ve çıkan atıklarına ait canlı ağırlıkların, atık miktarlarının, atık nem oranları gibi özelliklerinin bilinmesi lazımdır.

Bundan dolayı Tablo 4.7'de verilen bazı literatür değerlerinden hazırlanan verilerden yararlanılmıştır.

Tablo 4.7. Hayvan cinsine göre atık özellikleri ve biyogaz verimleri (Salihoğlu, Teksoy, & Altan, 2019)

Canlı Ağırlık (kg)	Taze Atık Miktarı Ağırlığın Yüzdesi	Taze Atık Miktarı Kg/Gün	Toplam Katı (%)	Uçucu Katı (%)	Kullanılabilirlik Ahırda Kalma Süresi (%)
135-800	5-6	10-20	5-25	75-85	Süt-65 Et-25
30-75	4-5	2	30	20	13
1,5-2,0	3-4	0,08-1,00	10-35 50-90	70-75 60-80	99

Kocaeli'deki işletmelerde atık değerleri ile literatür değerlerinin karşılaştırılması sonucunda Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün, İl Sağlık Müdürlüğü'nün, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Müdürlüğü'nün ve Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nün ilgilileri ile yapılan görüşme sırasında ilde hayvancılık işletmelerinin katı madde oranı ve günlük hayvansal atık miktarına yönelik geçmişte yapılmış herhangi bir araştırma olmadığı görülmüştür. Her ilçedeki belirlenen

işletmelerden alınan örneklem usulü ile alınan numunelerin İzaydaş laboratuvarındaki analizi sonucu bulunan atık kuru madde değerleri dikkate alınmıştır (Tablo 4.8).

Kocaeli İl Tarım Müdürlüğü hayvancılıktan sorumlu birim ile görüşülmüş, büyükbaş hayvanlar canlı ağırlılığının 400-600 kg, küçükbaşların ise 40-95 kg arasında olduğu öğrenilmiştir. Ayrıca tavukçuluk işletmeleriyle yapılan görüşmelerde canlı ağırlıklarının 2,0-2,2 kg arasında gerçekteştiği görülmüştür.

Tablo 4.8. Katı madde oranı ile alakalı ildeki işletmelerden örneklem usulü ile alınan numunelerin analiz durumu

İşletmeci	İlçe	İşletme Türleri	KM (%)
ENGİN BİLGİÇ	KARAMÜRSEL	80 BAş BESİ SIğIRCILIğI	16,30
ENGİN BİLGİÇ	KARAMÜRSEL	100 BAş KOYUN-KEÇİ	28,43
MUHARREM KURT	GÖLCÜK	70 BAş BESİ-SÜT SIğIRCILIğI	17,43
HAşİM AğACAN	GÖLCÜK	75 BAş KOYUN-KEÇİ	33,62
AHMET GÜRSEL	BAşISKELE	15 BAş BESİ SIğIRCILIğI	17,00
AYHAN MANDIRA	BAşISKELE	50 BAş KOYUN-KEÇİ	24,35
MERT AKBULUT	KARTEPE	200 BAş BESİ SIğIRCILIğI	14,70
SİNAN KURTULUş	KARTEPE	100 BAş KOYUN-KEÇİ	32,34
İSHAK KESKİN	İZMİT	50 BAş BESİ-SÜT SIğIRCILIğI	14,14
YUNUS KILIÇ	İZMİT	150 BAş KOYUN-KEÇİ	26,60
SEMİH GÜLSÜN	KANDIRA	25 BAş BESİ SIğIRCILIğI	19,46
ADNAN İLASLAN	KANDIRA	120 BAş KOYUN-KEÇİ	27,24
İRFAN TUTAR	KANDIRA	13.000 ADET BROİLER TAVUğU	44,94
KÜRşAT	DERİNCE	130 BAş BESİ SIğIRCILIğI	
ÇALIşKAN			27,68
şAMİL ÇALIşKAN	DERİNCE	50 BAş KOYUN-KEÇİ	33,92
TEKİN KONDAKÇI	KÖRFEZ	50 BAş BESİ SIğIRCILIğI	16,55
VEYSEL ÇIRAK	KÖRFEZ	200 BAş KOYUN-KEÇİ	25,30
CENGİZ SARI	KÖRFEZ	250.000 ADET BROİLER TAVUğU	65,73
CİHANGİR	DİLOVASI	40 BAş BESİ SIğIRCILIğI	
YILDIRIM			14,33
CİHANGİR	DİLOVASI	80 BAş KOYUN-KEÇİ	19,69
YILDIRIM			
EYÜP TUTKUN	GEBZE	30 BAş BESİ SIğIRCILIğI	18,93
EYÜP TUTKUN	GEBZE	700 BAş KOYUN-KEÇİ	23,29
ENGİN	ÇAYIROVA	10 BAş BESİ SIğIRCILIğI	29,75
YALÇINKAYA			
MEHMET BARIş	DARICA	60 BAş BESİ-SÜT SIğIRCILIğI	20,74

4.2.1. Toplam yaş atık potansiyeli (TYAP), teorik atık potansiyelinin (TAP) ve kullanılabilir atık potansiyelinin belirlenmesi

Toplam Yaş Atık Potansiyeli (TYAP) artık olarak elde edilmiş biyokütle toplam yıllık üretim miktarını göstermektedir. TYAP'nin değeri hayvan türlerine, hayvan sayılarına, hayvan başı günlük atık miktarlarına bağlı olarak değişebilmektedir.

Daha önce tek tek verilen Kocaeli iline ait 12 ilçede bulunan hayvan cinslerine göre hayvan sayıları, Tablo 4.9'da toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Kocaeli iline ait 12 ilçede bulunan hayvan cinslerine göre hayvan sayıları

İlçeler	Büyükbaş Hsyvan Sayısı (Adet)	Küçükbaş Hsyvan Sayısı (Adet)	Kanatlı Hayvan Sayısı (Adet)
BAŞİSKELE	3.758	815	196.460
ÇAYIROVA	139	525	0
DARICA	1.143	2.125	0
DERİNCE	10.884	6.569	1.273.450
DİLOVASI	6.166	6.200	1.155.698
GEBZE	17.957	22.678	133.920
GÖLCÜK	7.093	2.038	2.629
İZMİT	18.242	16.650	2.400.800
KANDIRA	34.784	22.852	3.903.940
KARAMÜRSEL	6.506	16.480	66.074
KARTEPE	13.366	7.483	191.600
KÖRFEZ	11.310	20.255	1.149.371
TOPLAM	131.348	124.670	10.473.942

Hayvan atığının yaş atık potansiyelleri Tablo 4.10'daki verilerle aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir (Avcıoğlu ve Türker 2012, Yokuş ve Avcıoğlu 2012, Avcıoğlu vd. 2013).

$$TYAP(bb) = BHS * GBAM * 365/1000$$

$$TYAP(kb) = KBHS * GKBAM * 365/1000$$

$$TYAP(k) = KHS * GKAM * 365/1000$$

$$TYAP(t) = TYAP(bb) + TYAP(kb) + TYAP(k)$$

Burada;

TYAP : Hayvan cinslerine bağılı olarak (bb-büyükbaş, kb-küçükbaş, k-kanatlı ve t-toplam) toplamdaki yaş atık potansiyeli (t/yıl),

BHS : Büyükbaş hayvan sayısı (adet),

GBAM: Günlük büyükbaş atık miktarı (kg),

KBHS : Küçükbaş hayvan sayısı (adet),

GKBAM: Günlük küçükbaş atık miktarı (kg),

KHS : Kanatlı hayvan sayısı (adet),

GKAM: Günlük kanatlı atık miktarı (kg) olmaktadır.

Tablo 4.7'deki verilere göre, büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı cinslerine göre canlı ağırlıkları sırasıyla 400 kg, 50 kg ve 2 kg; ağırlıklarına göre atık yüzdeleri ise %5, %4 ve %4 kabul edilebilir.

Bu kabuller doğrultusunda;

$$GBAM = 400 \text{ kg} * \%5 = 20 \text{ kg/gün/hayvan}$$

$$GKBAM = 50 \text{ kg} * \%4 = 2 \text{ kg/gün/hayvan}$$

$$GKAM = 2 \text{ kg} * \%4 = 0,08 \text{ kg/gün/hayvan}$$

Olarak bulunur.

Gölcük ilçesi için Toplam yaş atık miktarı hesaplamaları;

$$\begin{aligned} TYAP(bb) &= BHS * GBAM * \frac{365}{1000} \\ &= 7093 \text{ hayvan} * \frac{20 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}}{\text{hayvan}} * 365 \frac{\text{gün}}{\text{yıl}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\ &= 51.779,0 \text{ ton/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TYAP(kb) &= BHS * GKBAM * \frac{365}{1000} \\
&= 2038 \text{ hayvan} * \frac{2 \frac{kg}{gün}}{\text{hayvan}} * 365 \frac{gün}{yıl} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\
&= 1.488,0 \text{ ton/yıl}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TYAP(k) &= BHS * GKAM * \frac{365}{1000} \\
&= 2629 \text{ hayvan} * \frac{0,08 \frac{kg}{gün}}{\text{hayvan}} * 365 \frac{gün}{yıl} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\
&= 77,00 \text{ ton/yıl}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TYAP(t) &= TYAP(bb) + TYAP(kb) + TYAP(k) \\
&= 51.779,0 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} + 1.488,0 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} + 77,0 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} = 53343,0 \text{ ton/yıl}
\end{aligned}$$

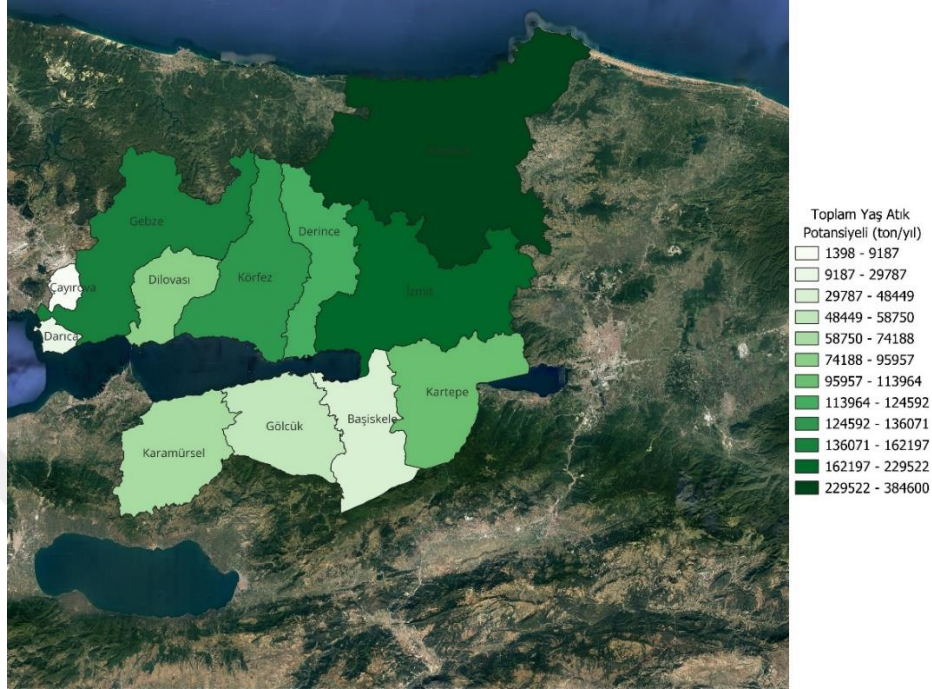
Şeklinde yapılır.

Bu hesaplamaların tüm ilçeler için yapılması sonucunda elde edilen özet Tablo 4.10'da, aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.10. Hesaplamaların tüm ilçeler için yapılması sonucu çıkan atık miktarları

İlçeler	Toplam Yaş Atık Potansiyeli (bb) (t/yıl)	Toplam Yaş Atık Potansiyeli (kb) (t/yıl)	Toplam Yaş Atık Potansiyeli (k) (t/yıl)	Toplam Yaş Atık Potansiyeli (T) (t/yıl)
BAŞİSKELE	27.433,40	594,95	5.736,63	33.764,98
ÇAYIROVA	1.014,70	383,25	0,00	1.397,95
DARICA	1.143	2.125	0,00	9.895,15
DERİNCE	79.453,20	4.795,37	37.184,74	121.433,31
DİLOVASI	45.011,80	4.526,00	33.746,38	83.284,18
GEBZE	131.086,10	16.554,94	3.910,46	151.551,50
GÖLCÜK	51.778,90	1.487,74	76,77	53.343,41
İZMİT	133.166,60	12.154,50	70.103,36	215.424,46
KANDIRA	253.923,20	16.681,96	113.995,05	384.600,21
KARAMÜRSEL	47.493,80	12.030,40	1.929,36	61.453,56
KARTEPE	97.571,80	5.462,59	5.594,72	108.629,11
KÖRFEZ	82.563,00	14.786,15	33.561,63	130.910,78
TOPLAM	958.840,40	91.009,10	305.839,11	1.355.688,61

Bu tablodaki Toplam Yaş Atık Potansiyeli (t) verileri, QGIS programı kullanılarak Kocaeli ilinin uydu görüntüsüne projeksiyonu uygulanarak Şekil 4.12’de verilen İlçe-TYAP (t) yoğunluk haritası elde edilmiştir.



Şekil 4.12. İlçe-Toplam Yaş Atık Potansiyeli (t) yoğunluk haritası

4.2.2. Teorik (TAP) ve Kullanılabilir Atık Potansiyeli

Teorik Atık Potansiyeli (TAP) artık olarak elde edilmiş biyokütledeki kuru madde cinsinden toplamdaki yıllık üretimini göstermektedir. TAP’nin değeri; yaş atık miktarları, atık kuru madde oranları ve hayvan türlerine bağlı şekilde değişebilmektedir. Hayvansal artıkların yaş atık potansiyelleri Tablo 4.11’deki analiz sonuçları ile aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilir:

$$TAP(bb) = TYAP(bb) * TKMO(bb)$$

$$TAP(kb) = TYAP(kb) * TKMO(kb)$$

$$TAP(k) = TYAP(k) * TKMO(k)$$

$$TAP(t) = TAP(bb) + TAP(kb) + TAP(k)$$

Burada,

TAP : Hayvan cinsine bağlı olarak (bb-büyükbaş, kb-küçükbaş, k-kanatlı ve t-toplam)

kuru madde cinsinden teorik atık potansiyeli (t/yıl),

TYAP: Hayvan cinsine bağı olarak (bb-büyükbaş, kb-küçükbaş, k-kanatlı ve t-toplam) toplam yaş atık potansiyeli (t/yıl),

TKMO: Hayvan cinsine bağı olarak (bb-büyükbaş, kb-küçükbaş, k-kanatlı ve t-toplam) atığın kuru madde oranıdır.

Tablo 4.7'deki verilere göre büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlar için atıktaki katı madde oranları (TKMO) sırasıyla ilçelerden alınan atık analiz sonuçlarına göre kabul edilmiştir.

Bu durumda Gölcük ilçesi için (TKMO) Büyükbaş için %17,43, Küçükbaş için %33,62 ve Kanatlılar için %55,33'tür. Buna göre Teorik Atık Potansiyelleri;

$$TAP(bb) = TYAP(bb) * TKMO(bb) = 51.779,0 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} * \%17,43 = 9.797 \text{ ton/yıl}$$

$$TAP(kb) = TYAP(kb) * TKMO(kb) = 1.488,0 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} * \%33,62 = 500 \text{ ton/yıl}$$

$$TAP(k) = TYAP(k) * TKMO(k) = 77,0 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} * \%55,33 = 42 \text{ ton/yıl}$$

$$TAP(t) = TAP(bb) + TAP(kb) + TAP(k) = 9.797 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} + 500 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} + 42 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \\ = 10.339 \text{ ton/yıl}$$

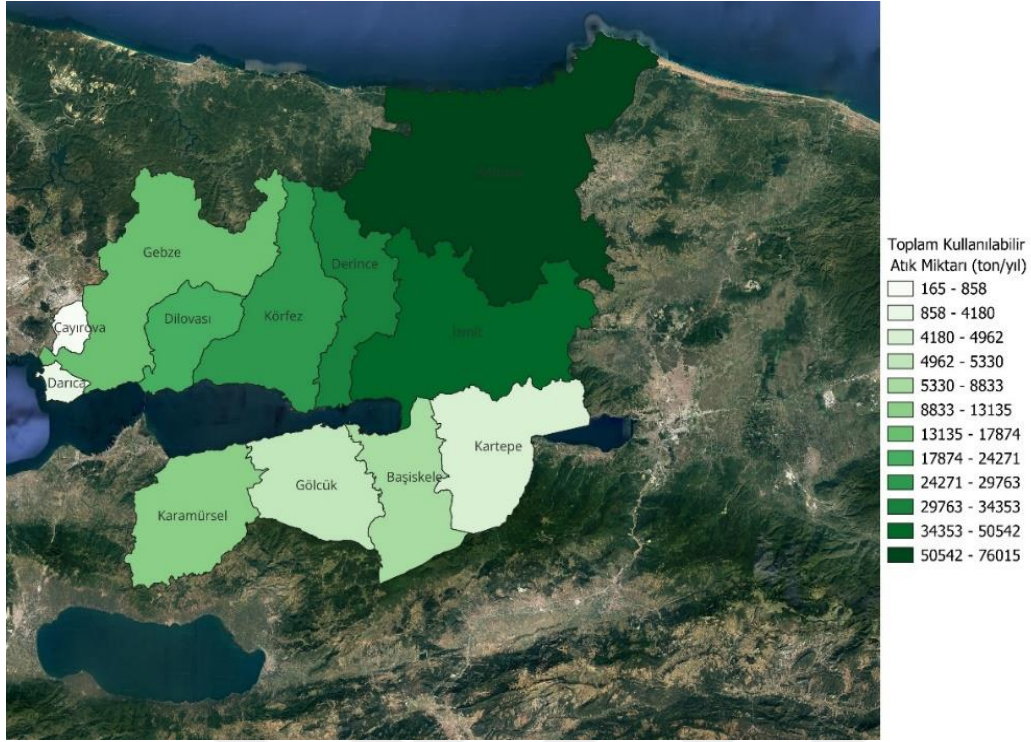
Teorik olarak hesaplanmış katı biyokütlelerin kullanılabilir atık potansiyelinin hesaplanması için büyükbaş hayvanların barınaklar içerisinde kalma süresi 0,5, küçükbaş hayvanlar için 0,13, kanatlı hayvanlar için ise 0,99 kabul edilmiştir (Yokuş, Sivas İli Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi İçin Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi, 2019).

Bu kabuller ile ilgili hesaplamaların tüm ilçeler için yapılması sonucunda elde edilen kullanılabilir atık miktarları Tablo 4.11'te verilmiştir.

Tablo 4.11. Tüm ilçeler için yapılması sonucunda elde edilen özet

İlçeler	Teorik atık miktarı (T/YIL) BB	Teorik atık miktarı (T/YIL) KB	Teorik atık miktarı (T/YIL) KANATLI	Teorik atık miktarı (T/YIL) TOPLAM	Toplam kullanılabilir atık miktarı (TON/YIL)
BAŞİSKELE	4.663,61	144,88	3.174,57	7.983,06	5.493,46
ÇAYIROVA	301,96	105,24	0,00	407,20	164,66
DARICA	1.730,55	426,18	0,00	2.156,73	920,68
DERİNCE	21.992,59	1.626,46	20.576,32	44.195,37	31.578,29
DİLOVASI	6.450,22	891,17	18.673,35	26.014,74	21.827,58
GEBZE	24.814,58	3.855,66	2.163,60	30.833,84	15.050,49
GÖLCÜK	9.796,57	500,18	42,48	10.339,22	5.005,36
İZMİT	18.829,81	3.233,23	38.778,77	60.841,81	48.226,21
KANDIRA	49.413,42	4.544,18	51.229,35	105.186,95	76.014,51
KARAMÜRSEL	15.904,24	1.553,13	3.095,99	20.553,36	11.219,06
KARTEPE	6.540,62	3.890,50	1.067,41	11.498,53	4.832,81
KÖRFEZ	13.664,18	3.740,86	22.060,30	39.465,34	29.158,10
TOPLAM	174.102,34	24.511,68	160.862,14	359.476,16	249.491,21

Toplam Yaş Atık Potansiyelinde olduğu gibi, Teorik Atık Potansiyeli verileri (t) de QGIS programı kullanılarak Kocaeli ilinin uydu görüntüsüne projeksiyonu uygulanmış olup, oluşan TAP (t) sonrasında yapılan hesaplamalar doğrultusunda bulunan Kullanılabilir Atık yoğunluk haritası Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13. Kullanılabilir atık yoğunluk haritası

5. BULGULAR VE SONUÇLAR

5.1. Biyogaz ve Kompost Tesis Kurulumu ve Karşılaştırılması

5.1.1. Biyogaz tesis kurulumu ve maliyeti

Biyogaz tesisinde 650 m³ hacimli silindirik yapılı ön depo, 13.288 m³ hacminde iki adet reaktör, 1.700 m³ hacminli son depo ve katı gübre depo alanı bulunmaktadır. Vidanjör ve kamyonlar ile getirilecek büyükbaş, küçükbaş ve tavuk hayvansal atıkları ön depoda toplanacak sonrasında iki adet karıştırıcı vasıtası ile harmanlanacaktır. Burada karıştırılan atıklar loblu pompa yardımı ile fermentörlere gönderilir. Gelen hayvansal atıkların içerisinde yabancı cisimler olabilmektedir. Yabancı cisimler pompalara ve karıştırıcılara zarar verebilmektedir. Bunu engelleyebilmek adına hammadde, fermentörlere gönderilirken kıyıcı şekilde elekten geçirilerek yabancı cisimler uzaklaştırılacaktır. 13.288 m³'lük 2 adet toplamda 25.576 m³ etkin hacimdeki reaktörlerde hammaddenin fermente süresi minimum 30 gün olarak belirlenmiştir. Reaktörlerde çalışma sıcaklığı mezofilik şartlarda olup 35 - 40°C aralığındadır. Bu şartlarda gaz motorlarında ceket ısı reaktörler içlerine yönlendirilmekte ve otomasyon sisteminin yardımıyla kabul edilebilecek aralıklarda tutulmaktadır. Hammaddelerin ısıtılabilmesi için gerekli olan ısı, kojenerasyondaki ceket suyu ısısı ile sağlanmaktadır. Bu ısı reaktörlerde iç duvarları sarmış olan sıcak su borularıyla iletilmektedir. Reaktör üstleri çift membranla kapanarak elde edilecek biyogaz bu kısımda 0-5 mbar aralığında depolanacaktır. Bu aralık üstü basınçlarda membran mukavemeti adına riskli durumlar oluşmaktadır. Bundan dolayı reaktörler içinde gaz basıncı 5 mbar'ın üzerinde olduğunda membranlarda altta birikmiş olan biyogazın havaya tahliye edilmesi yerine yakılması için flaira gönderilmesi sağlanacaktır. Flair'ın yetersiz veya arızalı durumlarında ise relief valfler devrede olacak ve 5 milibarın üzerindeki fazla gazı tahliye edecektir.

Biyogaz genel itibarı ile %55-70 Metan (CH₄)'dan, %25 - 30 Karbondioksit (CO₂)'ten, 1000-2000 ppm Hidrojen sülfür (H₂S)'den ve geri kalan kısımda nemden oluşan bir gaz karışımıdır. İçinde bulunan hidrojen sülfür gazı gaz motorlarında korozyon etki göstermektedir. Bu gaz arındırılma işlemi yapılmadan motorlara gönderildiği

durumlarda motor ömrünü kısaltmaktadır. Bu durum bakım maliyetlerinde artışa sebep olmaktadır. Bu sebeble reaktörlerdeki biyogaz, ilk olarak gaz şartlandırma ünitesine gönderilecek ve hidrojen sülfür oranı kabul edilebilen seviyeye indikten sonra içinde barındırdığı nem oranından mümkün olabilen halde arındırılma sonrasında kojenerasyon ünitesine gönderilecektir.

Gaz şartlandırma adına bulunan ünitelerin ilki, desülfürizasyon kolonu denilen H_2S giderme için olan kısımdır. Burda ilgili kolona aşağıdan gönderilen H_2S miktarı yüksek biyogaz, alkali solüsyon ve üstten gerçekleşen yıkama ile hidrojen sülfürden arındırılmaktadır. Hidrojen sülfür'ün 200 ppm'in altına inen biyogaz içindeki neminde alınması adına nem alma kolonuna gönderilir. Bunlar sonucunda istenilen değerlere gelmiş biyogaz blower yardımıyla ve gereken debi ile kojenerasyon ünitesine gönderilecek sonrasında ısı ve elektrik enerjileri elde edilebilecektir.

Bu süreç sonunda reaktör içinde minimum 30 gün bekleyen gübre fermente olmuş olarak çıkacaktır. Fermantörler içerisinden çıkan substrat seperatör pompası yardımıyla hijyenizasyon ünitesine gönderilerek, bu kısımda hijyenize edilecek ürün aynı pompa yardımıyla seperatörlere gönderilecektir. Elde edilecek gübreye seperatörlerde fiziksel ayırım işlemleri uygulanacaktır. Sıkma işleminden sonra gübre katı, sıvı olacak şekilde ayrılacaktır. Katı gübreler %25-32 kuru madde oranı olacak şekilde çıkacaktır. Katı gübre alanındaki sıvı gübrelerde %5-7 oranında askıda kuru madde içerecek şekilde sıvı gübre deposuna gönderilerek depolanacaktır.

Ön Depo'da, Tesise gelen hayvan atıkları, parçalanma ve karıştırılması için ön depoda toplanacaktır. Ön depo çapı 12 m, yüksekliği 8 m olacak şekilde silindirik betonarme bir yapı olacaktır. Bu yapıda duvarlardaki kalınlık 30 cm'den büyük olmak zorundadır. Kullanılabilir hacmi $650 m^3$ olacaktır. Açık alanların etrafı çit ile çevrilecektir. Ön depo içindeki gübrelerin fermantörlere gönderilmesi için boru ve karıştırılması adına 2 adet karıştırıcı olacaktır. Hacmin yüksek olduğu ve arıza durumlarında yedekli çalışabilmek için 2 adet karıştırıcı bulundurulmaktadır.

Fermantörler, ön depo içerisinde katı madde oranı ayarlanmış olarak gelen gübre pompa ile buraya gönderilmektedir. 2 adet fermantörün her biri 20,6 m çapında, 8 m yüksekliğe sahip silindirik betonarme yapıda olacaktır. Fermantör duvarlarındaki kalınlık en az 30 cm olması gerekmektedir. İki fermentörün toplam etkin hacmi $21.319,85 m^3$ 'dür. Fermantörlerde üst kısım membran vasıtasıyla kaplanmıştır. Substratın ısıtılabilmesi adına duvar içi çeperlerini sarmakta olan ısıtma boruları

vardır. Fermantör içlerinde dört sıcaklık sensörü, iki basınç sensörü aynı zamanda sekiz adette karıştırıcı bulunmaktadır.

Son Depo, seperatörlerde fiziksel ayrışmadan sonra sıvı substratın depolandığı bölümdür. 1.700 m³ haciminde silindirik olan bir yapıdır. Depolama hacmi en az iki günlük olacak şekildedir. Sıvı substrat içinde askıda katı madde oranları az olmasından dolayı içerisinde 1 adet karıştırıcı bulunması yeterlidir.

Tablo 5.1. Tesis Bilgileri ve Toplam Maliyetleri

Ekonomik Değişken	Miktarı (Adet)	Toplam Fiyat (Vergiler Hariç) (Euro)
Ön Depolama Tankı ve Parçaları	Ön depolama tankı nakliyesi, montaj, seviye belirleme cihazları, elektrik bağlantı, GPRS sistemleri ve vidanjör hortum giderlei	€130.000,00
Ön Dengeleme Tankı	R=12 mt h=6 mt Beton Havuz'da gereken, 2 adet 15 kW'lık Dalgıç Karıştırıcı, 2 adet Numune Alım Alanı Seviye Kontrol Ünitesi	€ 250.000,00
Fermantasyon Tankı	R=23 mt, h=8 mt, Betonarme Havuz 8x2 metre Zemin Kaplaması (Epoksi) 23 metre, Zemin Yalıtımı 8x23 metre Dış Cephe Yalıtımı ve Kaplaması 23 metre Kaçak Keçesi 23 metre Sızdırmaz Membran Çatı 23metre Desülfürizasyon Hattı Seviye Kontrol Ünitesi Basınç Ünitesi 2x4 adet 18.5 kW'lık Dalgıç Karıştırıcı 2x22 kW'lık Saplama Karıştırıcı 2x5 adet Gözlem Penceresi 2x5 adet Çalışma Platformu Tank Duvarı Isıtma Hattı Dozlama Hattı Rögar Numune Alma Noktası	€ 20.000,00
Pompa Kontrol Ünitesi	2 adet 5,5 kW'lık Ön Dengeleme Havuzu Pompası 2 adet 5 yönlü Ön Dengeleme Havuzu Dağıtıcısı 2 adet 5,5 kW'lık Merkezi Pompa 2 adet 5 yönlü Merkezi Dağıtıcısı Pompa Ünitesi Odası Pompa Ünitesi Odası Ekipmanları	€ 20.000,00
Gaz Boru Hattı	8 metre DN250 Standartlarında Gaz Çıkışı 8 metre DN250 Tanklar Arası Gaz Geçiş Borusu 300 metre DN250 Standartlarında Gaz Borusu 1 adet Kondens Hattı 2 adet Sirkülasyon Pompası 1 adet Gaz Analizatörü (H ₂ S, O ₂ , CH ₄)	€ 8.967,00
Hammadde Boru Hattı	300 metre DN250 Standartlarında Ön Dengeleme Havuzu Hammadde Borusu 300 metre DN250 Standartlarında Tesis Geneli Hammadde Borusu	€ 5.701,00
Isıtma Boru Hattı	300 metre DN100 Standartlarında Isıtma Hattı Borusu 2 adet Isı Dağıtıcı 1 adet 4000 kWh'lık Isı ayrıştırıcısı	€ 7.310,00

Tablo 5.1. (Devamı).Tesis Bilgileri ve Toplam Maliyetleri

Otomasyon Elektronik Altyapısı	Sistem Otomasyon Yazılımı Ana Salt Panosu Pompa ve Kontrol Ünite Odası 2 adet Ön Dengeleme Havuzu Elektronik Pompa 2 adet Ön Dengeleme Havuzu Dağıtıcısı 2 adet Öğütücü 2 adet 15 kW'lık Dalgıç Karıştırıcı 32 adet 18,5 kW'lık Dalgıç Karıştırıcı 8 adet 22 kW'lık Saplama Karıştırıcı 2 adet Merkezi Pompa 4 adet Havuz Duvar Isıtma 4 adet Membran Çatı 2 adet Gas Flare 4 adet Kojeneratör Motoru 1 adet Acil Durum Jeneratörü Bağlantısı 1 adet Desülfürizasyon Ünitesi 1 takım Hammadde Hattı Debimetreleri 1 takım Gaz Hattı Debimetreleri 1 takım Basınç Ölçümleri 1 takım Sıcaklık Ölçümleri 1 takım Kablo ve Kablolama Aksesuarları 1 takım Topraklama	€ 274.076,00
Kojenerasyon Ünitesi	3 ayrı Kojeneratör Motoru Sabitleme Temeli	€ 215.750,00
Gaz Ateşlemesi	Gas Flare Kulesi Sabitleme Temeli 2 adet 900 Nm ³ 'lük Yakma Bacası	€ 31.970,00
Desülfürizasyon Ünitesi	2 adet 1800 Nm ³ , 2000 ppm'lik Kule	€ 41.195,00
TOPLAM		9.360.000,00 €

Tablo 5.2. Tesis Toplam Maliyetleri

Ekonomik Değişken	Toplam Fiyat (Vergiler Hariç) (€)
Arazi - Arsa (7000 m ² - 19.31 €/m ²)	€ 135.200,00
Makine ve Teçhizat	€ 9.360.000,00
Ön Depolama Tank ve Parça Giderleri	€ 276.315,79
İdari Bina + Laboratuvar	€ 78.947,37
TESİS TOPLAM MALİYET €	9.850.463,16 €

5.1.2. Kompost tesisi

05.03.2015 tarihli 29286 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Kompost Tebliği Madde 10 ‘da “ (1) Düzenli depolama tesisi sınırları içerisinde kurulanlar hariç olmak üzere, tesis sınırlarının yerleşim alanlarına en yakın mesafesi 250 metre olacak şekilde, hakim rüzgar yönü de dikkate alınarak yer seçimi yapılmalıdır. Alıcı ortamların, toprağın, yüzeysel suların ve yeraltı sularının kirlenmesini önleyecek şekilde tasarımı yapılır.” denmektedir. Yer seçimi bu maddeye uygun yapılacaktır.

Atıkların, çevresel riskler oluşturmaması için gerekli şekillerde tesise kabul edilmesi ve atıkların işlendiğine dair takip edilebilmesi için ihtiyaç duyulan kontrol sistemleri kurulacaktır. Bunun için yapılacak olan tesisin atık kabulünü gerçekleştirecek büro

personeli bulunacaktır. Gelen ürün kantar yardımı ile ölçülecek ve daha sonrasında ham gübre havuzuna aktarılacaktır. Tesiste araçlar için park, tartımın gerçekleşeceği kantar, tekerlek yıkama ünitesi ve ayrıca idari bina bulunacaktır. Üretim öncesi, atıkların bir süreliğine biriktirilebilecek büyüklükte, boşaltma, ön şartlandırma hattına yükleme işlemlerinin gerçekleştirileceği ham gübre havuzu yapılacaktır. Tesislerin tümünde, kokuya sebep olacak tüm emisyon kaynakları için, '19/7/2013 tarihli ve 28712 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik' hükümlerine uyulacaktır. Sızıntı suyu için arıtma tesisi bulunamayan tesislerde 'Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' hükümlerine uygun olarak, atıksu altyapı tesisi bulunabilen yerler için kanalizasyon sistemine bağlantı oluşturma hususlarının oluşturulması şartıyla bağlantı için izin alınacaktır. Tesisin tam konumu belirlendikten sonra yakınındaki "İSU Atıksu Arıtma Tesisi" ile anlaşma yapılarak çıkan atık suyun tesise gönderimi gerçekleştirilecektir.

Tesiste işlenecek atık olarak Kocaeli ilinin kuzey bölgesindeki İzmit, Kandıra, Derince ve Körfez ilçelerindeki besi çiftliklerinden gelen hayvan gübreleri işlenecektir. Atık Yönetimi Yönetmeliği doğrultusunda tesise gelecek atık kodu "02 01 06" Bu atık kodu kapsamında "Ayrı toplanmış ve saha dışında işlem görecektir hayvan dışkı, idrar ve tezek (ve bunlarla temas etmiş saman dahil), akan sızıntılar" yer alacaktır.

Bir büyükbaş hayvandan (Besi Sığırdığı) çıkan gübre miktarı günlük 20 kg/gün, Küçükbaşlar için 2 kg/gün, kanatlılar için 0,08 kg/gün alınmıştır ve hesaplamalarda büyükbaş hayvanların barınakta içerisinde kalma süresi ve atığın kullanılabilirlik oranı 0,5, küçükbaş hayvanlar için 0,13, kanatlı hayvanlar için ise 0,99 kabul edilmiştir. Kullanılabilirlik (toplanabilirlik) katsayısı hayvanların ahırlarda kalma süreleri, gübrelerin tesislere aktarılana kadar geçen süre ve iklimsel faktörlere bağlıdır. Bu oran bu faktörlere bağlı olarak zaman zaman değişim gösterebilir.

Kompostlama işlemi seperatör yardımı ile sıvı ve katının ayrılması ile başlayacaktır. İkinci olarak kompost tamburunda 72 saat süre ile hijyenizasyonunun gerçekleşmesi planlanmaktadır. Ortalama 30 gün kompost alanında namlu şeklinde serilerek kendi yürür kompost makinası ile karıştırılacaktır. Kompost alanına serilen gübrenin belli aralıklarla karıştırılmaya başlandıktan ortalama 30 gün sonra %20 nem ve %80 katı madde oranına sahip olması beklenmektedir. Toplam kompost süresi ortalama 30 gün olarak alınmıştır.

Tablo 5.3. Kompost Tesisinde Temel Parametreler

Parametreler	
Tesisin atık işleme kapasitesi (t/gün)	506,79
Kullanılan Ürünün Giriş KM oranı (%)	19
Çıkacak olan ürünün KM oranı (%)	80
Kullanılan karışımın C/N oranı (%)	40/2,6
Tesiste bir yılda üretilecek kompost miktarı (t/yıl %80 KM)	9.209 ton/yıl
Tesisin kurulu kapasitesi (m ²)	17.825
Kompostlaşma Süresi (gün)	30
Yığın Şekli	Namlu
Yığın uzunluğu (m)	252 m
Yığın genişliği (m)	6,1
Yığın sayısı (adet)	13
Yığın yüksekliği (m)	3,4
Tesis alanı (m ²)	17.215

Tesiste işlenecek atıklar ilk olarak vidanjör yardımı ile büyükbaş hayvan tesislerinden toplanacaktır. Vidanjör yani sıvı gübre tankının 20 ton olması belirlenmiştir. Bu doğrultuda tesislerden toplanan katı sıvı karışık gübre vidanjör yardımı ile tesise geldikten sonra kantar yardımı ile tartılacaktır. Atık kabul birimi kantarda ölçülen değeri ve atıkların geldikleri tesisleri ve atık kodlarının sisteme kaydını gerçekleştirecektir. Gelen atığın tartımı kantar yardımı ile gerçekleştikten sonra atık ham gübre havuzuna aktarılacaktır.

Ham gübre havuzunun üstü açık ve dairesel şekilde olması planlanmıştır. Ham gübre havuzuna gelen büyükbaş hayvan gübresi dalgıç karıştırıcı yardımı ile ham gübre havuzunda karıştırılacaktır. Gübrenin katı ve sıvısının ham gübre havuzunda karıştırılarak homojen hale getirilmesi gerçekleştirilecektir. Ham gübre havuzunda homojen hale getirilen gübre dalgıç pompa yardımı ile seperatöre aktarılacaktır. Seperatöre gelen gübre ise katı ve sıvı şeklinde seperatörde ayrılacaktır. Seperatörde ayrılması gerçekleşen gübrenin sıvı kısmı sıvı lagününe gidecek, katı kısmı ise kompost tamburuna aktarılacaktır. Kompost tamburuna gelen gübrenin 70 °C’de hem

hijyenizasyonu gerçekleştirecek hem de nem oranı düşürülecektir. Ürün ilk geldiğinde %19 katı madde oranına sahipken kompost tamburundan çıkan ürün %45 katı madde oranına sahip olacaktır. Kompost tamburu sonrasında gübre kompost alanına yerleştirilecek ve kompost makinası ile olgunlaştırma işlemi gerçekleştirilecektir. Kompostlaştırma işlemi için beton zemin kullanılacaktır.. Bu zemin üzerinde sızıntı suları tahliyesi için drenaj kanalları yapılacaktır. Zemin üzerinde oluşturulan yığınlar düzenli bir şekilde kendi yürür kompost karıştırma makinası yardımı ile karıştırılacak ve gerekli olması durumunda mikrobiyolojik işlem devamlılığının sağlanması için nemlendirilme işlemi gerçekleştirilecektir. Kendi yürür kompost makinasının kullanılma amacı tesis alanının küçülmesine fayda sağlayacaktır. Kompostlama işlemi sonrasında ürün %80 katı madde oranına ve %20 nem oranına sahip olacaktır. 30 günlük işlem sonrasında kullanıma hazır kompostun paketlenmesi planlanmaktadır. Paketleme yapılması için uygun hale gelen ürün paketleme alanına traktör ile taşınacaktır. Paketleme alanında bunker ile konveyör bant sisteminden geçerek paketlenmeye uygun şekilde paketleme makinesine geçiş yapacaktır.

5.1.3. Finansal Analiz

Tesisin kurulumu için gerekli malzeme ve alet teçhizat ürünleri sabit yatırım gideri olarak belirlenmiştir. Tesisin kurulacağı arazi fiyatı, inşaat giderleri, işletmeye alma gideri, nakliye ve sigorta giderleri sabit yatırım gideri olarak belirlenmiştir.

(1 Euro = 35 TL şeklinde alınmıştır.)

Tablo 5.4. Sabit Ürün Giderleri

Ekonomik Değişken	Miktarı (Adet)	Toplam Fiyat (Vergiler Hariç) (Euro)
Traktör (Ön yükleyicili)	1	€130.000,00
Zemin (Gro beton, C30 Beton, Demir)	1	€ 250.000,00
Ham Gübre Havuzu	1	€ 20.000,00
Sıvı Gübre Lagünü	1	€ 20.000,00
Dalgıç Karıştırıcı	1	€ 8.967,00
Dalgıç Pompa	1	€ 5.701,00
Modüler Konveyör	1	€ 7.310,00
Kompost Tambur	1	€ 274.076,00
Kendi Yürür Kompost Makinası	1	€ 215.750,00

Tablo 5.4.(Devamı) Sabit Ürün Giderleri

Sıvı Gübre Taşıma ve Dağıtma Tankeri	1	€ 31.970,00		
Katı Gübre Dağıtma Römorku	1	€ 41.195,00		
Paketleme Ünitesi	1	€ 59.900,00		
Kantar	1	€ 18.800,00		
Tekerlek Yıkama Ünitesi	1	€ 7.000,00		
İnşaat Yerinin Hazırlığı, Enerji İhtiyacı ve Temini, Yol Yapımları ve Beklenmeyen giderler vb.	1	€ 90.000,00		
Makinaların Montajı	1	€ 29.616,00		
İşçilik ve Mühendislik Hizmeti	1	€ 100.000,00		
Trafo - 400 kVA	1	€ 9.600,00		
Motorlu Kabinli Otomatik Dizel Jeneratör220 kVA	1	€ 19.288,37		
Havalandırma Sistemi	1	€ 60.000,00		
TOPLAM		€ 1.399.173,37		
Arazi Fiyatı				
Arsa	Gerekli Miktar(m ²)	Ortalama Birim Fiyatı (TL/m ²)	Ortalama Birim Fiyatı (€/m ²)	Tutarı (€)
Satın Alınacak Arsa	24.000	676	19,31	€ 450.675

Yapılması planlanan kompost tesisinin dönümüne göre piyasadaki arazi fiyatları incelenerek ortalama bir tutar belirlenmiştir.

Tablo 5.5’te Piyasa Bulunan İlanların İncelenmesi Sonucu Ortalama Kompost Tesisi Mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılacak 2024 yılı yapı yaklaşım birim maliyetleri hakkında tebliğinde yer alan fiyatlar doğrultusunda tesis inşaat maliyeti Tablo 5.5’te verilmiştir. Tesis sanayi yapılarına girmektedir.

Tablo 5.5. Tesis İnşaat Maliyeti

	m ² Fiyatı	Sınıfı	Kapalı Alan (m ²)	Maliyet (TL) (KDV Hariç)	Maliyet (€) (KDV Hariç)
Kompostlaştırma ve Paketleme Alanı	3.500 TL	II. Sınıf B Grubu Yapıları	17.250 m ²	60.375.000,00 TL	1.725.000,00 €
İdari Bina Yapı Yaklaşık Birim Maliyeti	6.000 TL	IV. Sınıf A Grubu Yapıları	200 m ²	1.200.000,00 TL	34.285,7 €
		Toplam	İnşaat	Maliyeti	1.759.285,70 €

31873 sayılı ve 21.06.2022 tarihli “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2024 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ” doğrultusunda kompost makinelerinin olduğu alan, kompostlaştırma işleminin yapılacağı alan ve paketleme yapılacak alanın aynı kapalı alanda olması planlanmış ve 17250 m² alanın statik proje bedeli yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Kompost Tesisi bu tebliğ doğrultusunda II. Sınıf C Grubuna girmektedir.

Tablo 5.6. Tek Katlı Sanayi Yapıları 2.Sınıf İnşaat Betonarme Karkasın Yaklaşık Maliyetleri

Statik Proje Bedelleri	Tek Katlı Sanayi Yapıları 2. Sınıf İnşaatBetonarme Karkas Yaklaşık Maliyeti (17250 m ²)
Öneri Raporu	378,9
Ön Proje	568,4
Uygulama Projesi ve Detaylar	2.433,6
Mahal Listesi ve Metrajlar	568,4
Genel Maliyetler	3.949,3
TOPLAM €	7.898,60 €

İdari binanın yaklaşık maliyeti 31873 sayılı ve 21.06.2022 tarihli “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2024 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ” doğrultusunda hesaplanmıştır. İdari binalar bu tebliğ doğrultusunda IV. Sınıf A Grubuna girmektedir.

Tablo 5.7. İdari Bina İçin Yaklaşık Maliyet

Statik Proje Bedelleri	Tek Katlı Sanayi Yapıları 2. Sınıf İnşaatBetonarme Karkas Yaklaşık Maliyeti (17250 m ²)
Öneri Raporu	119,3
Ön Proje	178,9
Uygulama Projesi ve Detaylar	715,9
Mahal Listesi ve Metrajlar	179,0
Genel Maliyetler	1.193,1
TOPLAM €	2.386,2 €

Tablo 5.8. Kullanılacak Makinaların Yıllık Enerji Maliyeti

Enerji Maliyeti Parametreleri	Miktar	Birimi
Kurulu Güç	kWh/gün	117,00
E. Tüketim Saati	sa	24,00
Elektirik Birim Ücreti	TL/kWh	3,09
Tesis İşletim Gideri : (Kurulu Güç*0,8*Elektrik Tüketim Süresi*Elektirik Birim Fiyatı)/(Kompost Günlük Kapasite)	105.611,87	
TOPLAM (YIL) €	3.017,48	

*Tesisdeki makinelerin çalışma saatini girin. BC tambur ve fanı hariç diğer makineler 24 saatten az çalışacağı için tesis işletim gideri hesaplama formülünde Emniyet Katsayısı = 0,8 kullanılmıştır.

Tablo 5.9. Toplam Sabit Yatırım Tutarı

Ekonomik Değişken	Toplam Fiyat (Vergiler Hariç) (Euro)
Arsa Temin Bedeli	€ 450.675,22
Nakliye Sigorta Maliyeti	€ 30.000,00
Makine Teçhizat Maliyeti	€ 1.399.173,37
İnşaat Proje Bedeli	€ 10.284,77
İnşaat Maliyeti	€ 1.759.285,71
İşletmeye Alma Gideri	€ 6.000,00
Genel Giderler (%3)	€ 109.662,57
Fiziki Beklenmeyen Giderler (%5)	€ 182.770,95
TOPLAM €	€ 3.947.852,61

Tablo 5.10. İşletme Giderleri

Ekonomik Değişken	Toplam Fiyat (Vergiler Hariç) (Euro)
İnşaatların Tamir Bakım Giderleri	€ 23.000,00
Makinaların tamir Bakım Giderleri	€ 10.000,00
Personel Giderleri	€ 63.428,57
Enerji Giderleri	€ 3.017,48
Toplam €	€ 99.446,05
TESİS TOPLAM MALİYET €	4.047.298,66 €



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde yapılan araştırmalar ve ilgili makamlarla yapılan görüşmelerde, bahse konu besi çiftliklerinden kaynaklanan hayvan gübrelерinin çiftçilerce değerlendirilemediğı ve çoğunlukla yasal olmayan yollar ile sulak alanlara aktarıldığı öğrenilmiştir. Ahırlarda ve besi çiftliklerinde bertarafı sağlanmak istenen hayvan gübrelерinin ham madde şeklinde kullanılması ile çevreci yatırımlar yapılmış olacaktır. Bu yatırımlar ile herhangi bir maddi değer taşımayan ve çevre kirliliğı oluşturan atıklar, katma değerli ürünlere dönüştürülecektir.

Derince ilçesinde yapılacak yatırım ile kurulacak tesislerle, yöre halkında istihdam olanağı oluşacaktır. Diğer yandan kurulacak tesislerin, kuzey ilçelerdeki çevre kirliliğı oluşturan hayvan gübrelерinin sulak alanlara verilmesinin önlenmesiyle beraber ekolojik ve ekonomik değerler üreterek ülke ekonomisine katkıda bulunması beklenmektedir. Aynı zamanda müsilaj oluşumunun da önüne geçilmesi gerçekleşecektir. Zirai organik maddeler ve mikroorganizmalar içeriklerinde taşıdığı epidemiyolojik hastalıklardan dolayı uygunsuz katı atık yöntemleriyle depolandığında; sulak alanların ve yakın çevredeki yerleşim bölgelerinde yaşayan insanlar bakımından büyük sağlık sorunları oluşturmaktadır (Sümer, S.K., Kavdır, Y. ve Çiçek, G., 2016).

Kocaeli ilindeki sulak alanların bu tür atıklardan kaynaklanan mevcut kirlenmesinin önüne geçilmesi planlanmaktadır. İldeki hayvancılık işletmelerinden çıkan gübrelерin özellikle Kurban Bayramı öncesi yoğun dönemde, alıcı ortamlara (dereler, nehirler) çoğu zamanda ruhsatsız işletmelerden doğrudan deşarj edildiğı ilgili kurumlarca tespit edilmektedir. Bununda İzmit körfezindeki kirliliğın (alg patlamaları, müsilaj vb.) başlıca nedenlerinden biri olduğı görülmektedir. Bu konu ile ilgili mevzuatların uygulanması yönündeki genel sorunlar, tesislerin ruhsatlanması, atık depolama havuzları olmayışı, hijyenik ortam vb. durumlardır.

Bu durumların düzeltilmesi adına yapılması gereken projelerde dikkat edilmesi gereken hususlar,

Uygun proje yeri seçimi: Depolama ve nakliye sorunu, projelerin ana engeli olarak belirlenmiştir. Biyokütle tedarik zinciri yerinde enerji üretimi, nakliye ve toplama maliyetini ortadan kaldırmaktadır.

Hammadde edinme maliyeti: Biyokütle kaynakları dağınıktır ve nakliye maliyetini azaltmak için biyokütle projelerinin kaynağa yakın arazilere kurulması gerekmektedir. Bu da biyokütle projelerinin merkezileşmesine yol açar. Arz ve talep arasındaki denge bozulmakta ve artan taleple beraber hammaddenin fiyatı yükselmektedir.

Toplum katılımı ve kamuoyu bilinci: Yenilenebilir enerjinin faydaları hakkında tanıtım kampanyaları, programlar, farklı kurumların sektöre katılım ve yatırım konusundaki kararlarını etkileyebilir. Hükümetler ayrıca daha geniş kitlelere ulaşacak bilgileri sunmak için medyayı ve interneti kullanmalıdır.

Kamu bilincinin artırılabilmesi için yenilenebilir enerji üretiminin faydaları ilköğretim döneminde eğitim müfredatına dahil edilmelidir. Bu şekilde genç neslin atık yönetimine konusuna yoğun ilgi duyması sağlanabilecektir.

Göreceli politikaların geliştirilmesi ve desteğin güçlendirilmesi: Yenilenebilir enerji, ulusal kalkınmanın iyileştirilmesinde oldukça önemlidir. Hükümetler konuya dikkat etmeli, teknoloji yeniliği ve Ar-Ge'ye fon sağlaması gerekmektedir. Ayrıca araştırma ve uygulama arasındaki boşlukları en aza indirebilmek için, endüstri ve akademi arasındaki işbirliği teşvik edilmelidir. Farklı durumlarla ilgili olarak tanımlanan engeller, sektörlerdeki farklı paydaşlar arasında tartışılmalı ve gelişme önceliğine göre sıralanmalıdır. Hedeflenen politikaların bir parçası olarak sübvansiyon, zamana bağlı olmalı, sadece sermaye maliyeti üzerinde değil çıktı ve performans garantisi ile orantılı olmalıdır. Tedarik zincirinin tüm yönleri dikkate alınmalı, biyokütle ve arazi mevcudiyetinden son pazar talebine kadar hesap edilerek, tedarik zincirinde doğru karar verme başarılı bir biyoenerji tesisi işletmek için uygun yönetim benimsenmelidir. Örneğin, biyokütle mevcut olmadığı zamanlarda nakliye maliyetini azaltmak için iki veya üç küçük biyoenerji tesisi inşa etmek, merkezi konumdaki büyük biyoenerji tesisine göre avantajlı olacaktır. Ayrıca dönüştürme teknolojilerinin iyileştirilmesi üretimi, maliyeti ve kârı arttıracaktır (Raychaudhuri & Ghosh, 2016). Ülkemizde yerel ve genel hassasiyetleri kapsayacak düzenleme ve mevzuatların oluşturulması, bundan sonraki sorunların giderilmesi için önem arz etmektedir.

Bu konu ile alakalı Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından "Hayvansal Atıkların Yönetimi" konulu fizibilite çalışmaları yaptırıldığı bilinmektedir. İldeki mevcut atık tesislerinin tarımsal, hayvansal atık işleme kapasitesi anlamında yetersiz olduğu, kullanılabilir atık potansiyeli yoğunluğunun fazla olduğu kuzey ilçelerde atıktan enerjiye dönüşüm sistemlerinin hem ekonomik olarak fayda getireceği hem de çevre kirliliğinin önüne geçilmesi için atıkların değerlendirilmesi ve ilgili tesislerin kurulmasının gerektiği belirlenmiş, bunun için ihtiyaç duyulan verilerin bulunması adına, her ilçede 12 büyükbaş işletmesine, 10 küçükbaş işletmesine ve 2 adet tavuk kümesine ziyaret gerçekleştirilmiştir. Bu işletmelerin aktif kapasitesi, konumu, gübrelerinin depolama yerleri, atıklar için beton havuzu olup olmadığı gibi durumlar bakımından incelenmiştir. Bu işletmelerden örneklem usulü ile atık numuneleri alınarak kuru madde oranı tayini İzaydaş (İzmit Atıkları ve Artıkları Arıtma Yakma ve Değerlendirme A.Ş.) laboratuvarında TSE 9546 EN 12880 ‘Çamurların Karakterizasyonu Kuru Kalıntı ve Su Muhtevası Tayini’ metodu ile yapılmış, sonucunda ortaya çıkan kullanılabilir büyükbaş, küçükbaş ve tavuk kümeslerinden çıkan gübre miktarları belirlenmiştir.

Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan başına kabul edilen ağırlık, atık miktarları ve kuru madde oranı tayini ile bulunan kullanılabilir atık miktarı büyükbaş hayvanlar adına 87.051,17 (ton/yıl), küçükbaş hayvanlar adına 3.186,52 (ton/yıl) ve kanatlı (tavuk) hayvanlar adına 159.253,52 (ton/yıl) olarak tespit edilmiştir. Kocaeli ilinde yıllık olarak oluşması hesaplanan kullanılabilir 249.491,21 ton/yıl hayvansal atığın, 506,79 ton/gün ’lük büyük kısmı kuzey ilçelerdeki (İzmit-Kandıra-Derince-Körfez) oluşacağı belirlenmiştir (Yokuş, Sivas İli Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi İçin Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi, 2019).

İşletmelerde atıkların toplanabilmesi için beton havuz yapılması gerekmektedir. İşletmeler bünyesinde gübreler (büyükbaş hayvan idrarı, yıkama suyu vs.) ve katı gübreler birlikte alınarak toplanacaktır. Beton havuzlar sayesinde gübrelerden kaynaklanan çevresel sorunların ortadan kalkacağı ortadadır. Bu havuzlar vasıtası ile toplanacak olan hayvansal atıkların değerlendirilmesi adına atık dönüşüm teknolojileri üzerine çalışma yapılması gerekmektedir.

Kullanılabilir 506,79 ton/gün ’lük bu atığın, 36.995.420 m³ biyogaz ve 839.796.074 MJ’luk enerji potansiyeli olduğu bu sayede ilk yatırım maliyeti 9.850.463,16 Euro olan ve kendini 3,5 yılda amorti eden 104,9 MW kurulu güç kapasiteli bir biyogaz

tesisi (Orta Anadolu Kalkınma Ajansı, 2020) veya 25,2 Ton/gün kompost üretim kapasiteli ilk yatırım maliyeti 4.047.298,66 Euro olan (Öztürk M. , Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi, 2017) kompost tesisi kurulabileceği belirlenmiştir. Tesisin 365 gün çalışması planlanırsa tesis 2. yılın sonunda kara geçecek ve kendini amorti edecektir. Gübrenin her yıl fiyatında %25 artış meydana geldiği varsayılarak hesaplama yapılmıştır. Meydana gelen ürün, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Muhtarlık İşleri Dairesi Başkanlığı'nın her yıl 14.000 çiftçiye hibe olarak dağıttığı yaklaşık 6000 ton kompoze gübrenin yerine kullanılabilecektir.

Bu bilgiler doğrultusunda geniş tesis alanı ihtiyacına rağmen; işletme maliyeti, işletme sırasında ve sonrasında teknik bilgi konusunda avantajlı oluşu vb. durumlarına istinaden Kompost tesisi kurulması uygun bulunmuştur (Su, Chyuan Ong, & Wahidah Mohd, 2022). Yine tesisin, atık kaynaklarına yakınlık ve ulaşım kolaylığı sebebiyle Kocaeli ili kuzey ilçeleri için Derince ilçesi Kaşıkçı mahallesi mevki 'ne kurulması uygun bulunmuştur.

Bu çalışma hayvancılık işletmelerinde sürdürülebilir atık dönüşüm teknolojilerinden Biyogaz veya Kompost tesislerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın yöntemi olarak literatür taramasına başvurulmuştur. Sonuçlara göre hayvancılık atık üretiminde sürdürülebilirlik değerlendirmeleri yapılabilmesi için, bileşenler ve tüm sürdürülebilir atık yönetim teknolojilerini dikkate alan kapsamlı bir analiz yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Alvarez, J. (2003). *Biomethanization of The Organic Fraction of Municipal Solid*. Londra: İwa Publishing.
- Arşad, M., Bano, İ., Han, N., İmran, M., Yunus, M., Abbas, M., & İkbāl, M. (2018). Electricity generation from biogas of poultry waste: An assessment of potential and feasibility in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy*, 81, 1241-1246.
- Aubry, C., Paillat, J.-M., & Guerrin, F. (2006). A conceptual representation of animal waste management at the farm scale: The case of the Reunion Island. *Agricultural Systems*, 88, 294-315.
- Avcioglu, A. ((2012). Türkiye'de Hayvansal Kaynaklı Atık Miktarı Potansiyelinin İllere Göre Dağılımları. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1557–1561.
- B. Atinkut, H., Yan, T., Arega, Y., & Haseeb, R. (2020). Farmers' willingness-to-pay for eco-friendly agricultural waste management in Ethiopia: A contingent valuation. *Journal of Cleaner Production*.
- Bai, Z., Li, X., Lu, J., Wang, X., & L. Velthof, G. (2017). Livestock Housing and Manure Storage Need to Be Improved in China. *Environment Science Technology*, 51(15), 8212-8214.
- Bai, Z., Ma, W., Ma, L., & Velthof, G. (2018). China's livestock transition: Driving forces, impacts, and consequences. *Science Advances*, 4(7).
- Bernal, M., Alburquerque, J., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Biosource Technology*, 100(22), 5444-5453.
- Brundtland Komisyonu, K. (1987). *Brundtland Komisyonu Ortak Geleceğimiz*. Wikipedia. adresinden alındı
- Budzianowski, W. (2012). Sustainable biogas energy in Poland: Prospects and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 342-349.
- Cai, Y., Tang, R., Tian, L., & X.Chang, S. (2021, December). Environmental impacts of livestock excreta under increasing livestock production and management considerations: Implications for developing countries. *Environmental Science & Health*.
- Can, Ö. (2017). Tekstil ve Modada Sürdürülebilirlik Sürüdürebilirliğin Boyutları. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, 110-119. <http://benkoltd.com>. adresinden alındı
- Can, Z. (2017). Adıyaman Atık Su Arıtma Tesisi Biyogaz Üretim Veriminin İncelenmesi. Adıyaman: Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi.

- Chowdhury, T., Chowdhury, H., Hossain, N., & Ahmed, A. (2020). Latest advancements on livestock waste management and biogas production: Bangladesh's perspective. *Journal of Cleaner Production*, 272.
- Çayır, M., Atılğan, A., & Öz, H. (2012). Büyükbaş Hayvan Barınaklarındaki Gübrelikler ve Su Kaynaklarına Olan Durumlarının İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, s. 1-9.
- Dede, Ö., Dede, G., Dede, C., & Özdemir, S. (2018). Development of a Small Scale Reactor Model for Biogas Production from Animal Wastes. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, s. 138-146.
- Duque-Acevedo, M., Belmonte-Urena, L., Cortes-Garcia, F., & Cmacho-Ferre, F. (2020, June). Agricultural waste: Review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses. *Global Ecology and Conservation*.
- El-Mashad, H., Zeeman, G., P.A. Botb, G., & Letting, G. (2004, November). Effect of temperature and temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion of cattle manure. *Bioresource Technology*, s. 191-201.
- Günel, E., & Erdem, H. (2021). Biochar for Sustainable Management of Environment. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, 1, 7-17.
- Hamna A., N., Hanafiah, M., & Gheewala, S. (2019). A review on life cycle assessment of biogas production: Challenges and future perspectives in Malaysia. *Biomass and Bioenergy*, 361-374.
- Hanifzadeh, M., Nabati, Z., Longka, P., Malakul, P., Apul, D., & Kim, D.-S. (2017). Life cycle assessment of superheated steam drying technology as a novel cow manure management method. *Journal of Environmental Management*, 199, 83-90.
- Hettiarachchi, H., N. Meegoda, J., & Ryu, S. (2018). Organic Waste Buyback as a Viable Method to Enhance Sustainable Municipal Solid Waste Management in Developing Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2483.
- Huong, L., Takahashi, Y., Nomura, H., Son, C., Kusudo, T., & Yabe, M. (2020). Manure management and pollution levels of contract and non-contract livestock farming in Vietnam. *Science of Total Environment*, 710.
- Iglinski, B., Buczkowski, R., & Cichosz, M. (2015). Biogas production in Poland—Current state, potential and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, s. 686-695.
- Jensen, M., Moller, J., & Scheutz, C. (2016). Comparison of the organic waste management systems in the Danish–German border region using life cycle assessment (LCA). *Waste Management*, 491-504.
- Kamilaris, A., & X. Prenafeta-Boldu, F. (2021). Examining the perspectives of using manure from livestock farms as fertilizer to crop fields based on realistic simulation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191, 486.
- Kefalew, T., & Lami, M. (2021). Biogas and bio-fertilizer production potential of abattoir waste: implication in sustainable waste management in Shashemene City, Ethiopia. *Heliyon*, 7.

- Khalil, M., Berawi, M., Heryanto, R., & Rizalie, A. (2019). Waste to energy technology: The potential of sustainable biogas production from animal waste in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 323-333.
- Kocaeli İl Tarım Müdürlüğü. (2018). <https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Lists/KutuMenu/Attachments/2/Kocaeli%20Tar%C4%B1m%20%C4%B0statisti%C4%9Fi.pdf> adresinden alındı
- Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (2024). Büyükbaş,Küçükbaş,Kanatlı Hayvancılık Sayıları. Kocaeli.
- Kocaeli İli Demografik Yapı. (2024). Kocaeli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü: <https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Menu/24/Demografik-Yapi> adresinden alındı
- Kocaeli Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2018 Yılı Faaliyet Raporu. (2018). <http://www.kocaeli.gov.tr/kocaelinde-tarim-ve-hayvancilik> adresinden alındı
- Koç, C., & Sarioğlu Cebeci, M. (2023). *Organik Atıklardan Enerji ve Yan Ürünlerinin (Biogübre, Biochar) Eldesi*. Sivas: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İksad Yayınevi İsb:978-625-367-596-7.
- Koul, B. (2021). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*.
- Köksal, E. (2020). HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI Anaerobik Fermantasyona Dayalı Biyogaz Tesisinde İşletme Maliyetlerini Etkileyen Parametrelerin İrdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Küresel Amaçlar, A. (2015). *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Küresel Amaçlar*. <https://www.kureselamaclar.org/> adresinden alındı
- Li, K., Liu, R., & Sun, C. (2016). A review of methane production from agricultural residues in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 857-865.
- Lijó , L., Frison, N., & Fatone, F. (2018). Environmental and sustainability evaluation of livestock waste management practices in Cyprus. *Science of the Total Environment*, 634, 127–140.
- Onurbaş Avcıoğlu, A., & Dayıoğlu, M. (2016). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*(588).
- Onurbaş Avcıoğlu, A., Çolak, A., & Türker, U. (2013). Türkiye'nin Tavuk Atıklarından Biyogaz Potansiyeli. *NKÜ Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 10(Sayı:1)*, 21-28.
- Onurbaş-Avcıoğlu, A., & Türker, U. (2012). Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(16), 1557-1561.
- Onurbaş-Avcıoğlu, A., Türker, U., Atasoy, Z., & Koçtürk, D. (2011). *Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler-Biyoyakıtlar*. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Orta Anadolu Kalkınma Ajansı. (2020). *Kayseri İli Beydeğirmeni Besi Bölgesi Biyogaz Tesisi Ön Fizibilite Raporu*. Kayseri: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Orta Anadolu Kalkınma Ajansı Yayınları.

- Öztürk, İ. (1999). *Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Öztürk, M. (2017). *Hayvan Gübresinden Biogaz Üretimi*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Öztürk, M. (2017). *Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi*. Ankara: Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı.
- Öztürk, M. (2017). *Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Raychaudhuri, A., & Ghosh, S. (2016). Biomass Supply Chain in Asian and European Countries. *Procedia Environmental Sciences*, 914-924.
- Salihoğlu, N., Teksoy, A., & Altan, K. (2019). Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarından Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Balıkesir İli Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, s. 31-47.
- Samoraj, M., Mironiuk, M., Izydorczyk, G., & Witek-Krowiak, A. (2022). The challenges and perspectives for anaerobic digestion of animal waste and fertilizer application of the digestate. *Chemosphere*, 133, 799.
- Sharma, H. B. (2021). Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. *Science of The Total Environment*(800).
- Siddiki, Y., Uddin, M., Mofijur, M., & Fattah, M. (2021). Theoretical calculation of biogas production and greenhouse gas emission reduction potential of livestock, poultry and slaughterhouse waste in Bangladesh. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(3).
- Sıfır Atık Rehberi. (2018). https://webdosya.csb.gov.tr/db/batman/menu/sifir-atik-rehberi_20180911112642.pdf adresinden alındı
- Su, G., Chyuan Ong, H., & Wahidah Mohd, N. (2022). Volarization of animal maure via pyrolysis for bioenergy. *Journal of Cleaner Production*, 343, 965.
- Sümer, S.K., Kavdır, Y. ve Çiçek, G. (2016). Türkiye’de Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19(4), 379-387.
- Şengül, Z., Saner, G., & Bayraktar, V. (2023). Hayvancılık İşletmelerinde Sürdürülebilirlik Düzeyinin Ölçümü. N. Bağdathoğlu içinde, *Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Üzerine Araştırmalar*. Manisa: Sidas Medya Ltd. Şti.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2010). Türkiye Tarım Havzaları Haritaları: <https://www.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Icerikler.aspx?IcerikId=296c5dc2-2d3f-427d-af9a-70c4a2f131a6> adresinden alındı
- Tan, M., Hou, Y., Zhang, L., & Shi, Ş. (2022). Nutrient use efficiency of intensive dairy farms in China – Current situation and analyses of options for improvement. *Agricultural Systems Volume*, 203.
- Thomsen, M., Seghetta, M., Mikkelsen, M., Gyldenkaerne, S., Becker, T., Caro, D., & Frederiksen, P. (2017). Comparative life cycle assessment of biowaste to resource management systems e A Danish case study. *Journal of Cleaner Production*, 4050-4058.

- Tolay, M. (2018, 12 8). *Katı Atıklardan ve Biyokütleden Enerji Üretimi Teknolojileri ve Entegre Katı Atık Yönetiminde Yatırım Fizibilite Çalışmaları*. <https://docplayer.biz.tr/654277-Kati-atiklardan-ve-biyokutleden-enerji-uretimateknolojileri-ve-entegre-kati-atik-yonetiminde-yatirim-fizibilite-calismalaritaslak-dr.html> adresinden alındı
- Tüik. (2023). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-SonucLari-2023-49684> adresinden alındı
- UNDP. (2015). *Sustainable Development Goals*.
- Wang, Y., j. De Boer, I., Hou, Y., & E. van Middelaar, C. (2022). Manure as waste and food as feed: Environmental challenges on Chinese dairy farms. *Resources, Conservation and Recycling*, 181.
- Wasteaid. (2016). <https://wasteaid.org/wp-content/uploads/2016/05/swm-sus-goals-without-zlcomms.png> adresinden alındı
- Yokuş, İ. (2011). Sivas İlindeki Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. 27. *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*, s. 488-499.
- Yokuş, İ. (2019). Sivas İli Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi İçin Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Yokuş, İ. (2019). Sivas İli Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi İçin Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Yue, Q., Guo, P., Wu, H., Wang, Y., & Zhang, C. (2022). Towards sustainable circular agriculture: An integrated optimization framework for crop-livestock-biogas-crop recycling system management under uncertainty. *Agricultural Systems*, 196.
- Zaher, U., Frear, C., Pandey, P., & Chen, S. (2008, December). Evaluation of a new fixed-bed digester design utilizing large media for flush dairy manure treatment. *Bioresource Technology*, s. 8619-8625.
- Zhang, J., Chen, J., Ma, R., & Kumar, V. (2022). Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of animal manure: Integrated insights from biogas productivity, microbial viability and enzymatic activity. *Fuel*, 320.
- Zhong, R. (2021). Coordinating socio-economic and environmental dimensions to evaluate regional sustainability —towards an integrative framework. *Ecological Indicators Volume*, 130.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Serkan AKSÖZ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
- **Lisans** : 2013, Anadolu Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2010- halen Kocaeli İli Gölcük İlçe Belediyesinde Mühendis Memur olarak çalışmaktayım.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

- Aksöz S., Öz N., (2024, 17-19, Mayıs). ‘Kocaeli Hayvansal Atıklarının Sürdürülebilir Yönetimi’ *Abant 3rd International Conference On Current Scientific Researches*, Bolu, Turkey. ISBN NR.: 978-625-6283-22-0 Syf 66-77.