

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KANATLI HAYVANCILIK ATIKLARININ
BİYOGAZ VE ENERJİ KAPASİTESİ

İdris AKDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Çevre Teknolojisi Bilim Dalı

TEMMUZ, 2022

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Teknolojisi Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

KANATLI HAYVANCILIK ATIKLARININ
BİYOGAZ VE ENERJİ KAPASİTESİ

Tez Yazarı
İdris AKDOĞAN

Danışman
Prof. Dr. Halil HASAR

TEMMUZ, 2022
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı:	Kanatlı Hayvancılık Atıklarının Biyogaz ve Enerji Kapasitesi
Yazarı:	İdris AKDOĞAN
İlk Teslim Tarihi:	07.06.2022
Savunma Tarihi:	04.07.2022

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Prof. Dr. Halil HASAR Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Prof. Dr. Özge HANAY Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım
Üye:	Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLANOĞLU IŞIK Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza

Prof. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “ Kanatlı Hayvancılık Atıklarının Biyogaz ve Enerji Kapasitesi” yüksek lisans tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

04.07. 2022

İdris AKDOĞAN



ÖNSÖZ

Bu çalışmaya başlamamda ve çalışmamın tüm aşamalarında benimle yakından ilgilenen, değerli bilgileri ile beni yönlendiren, benden her türlü desteği ve yardımı esirgemeyen, kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum ve her konuda kendisini örnek alacağım kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Halil HASAR'a ve araştırma görevlisi Aytekin ÇELİK'e minnet ve şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Bu tez çalışması, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP) tarafından MF.21.10 numaralı proje ile desteklenmiştir. FÜBAP'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İdris AKDOĞAN
ELAZIĞ, 2022



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	x
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Önemi.....	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	3
1.2.1. Tezin amacı.....	3
1.2.2. Tezin kapsamı.....	3
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. Anaerobik Çürüme ve Biyogaz Üretimi	4
2.1.1. Biyogaz oluşumu	4
2.2. Biyogaz üretim verimini etkileyen faktörler.....	8
2.2.1. Sıcaklık	8
2.2.2. pH ve Alkalinite.....	8
2.2.3. Organik Yükleme Hızı.....	9
2.2.4. Karbon/Azotoranı	9
2.2.5. Toksisite.....	9
2.2.6. Karıştırma Hızı	9
2.2.7. Organik Besleme Akımı	9
2.2.8. Katı Madde Oranı	10
2.2.9. Hidrolik Alıkonma Süresi	10
2.3. Biyogaz Üretimin Faydaları	10
2.4. Dünyada Biyokütle Kullanımı.....	11
2.5. Türkiye’de Biyokütle Kullanımı	11
3. MATERYAL VE METOT.....	16
3.1. Çiftlik Atıkları Temini, Özellikleri ve Ön İşlemler	17
3.2. Deney Düzeneği ve Reaktörler.....	18

3.3. Reaktör İşletimi ve Analitik Yöntemler	19
3.3.1. Reaktörlerin İşletime Alınması ve İşletim Mekanizması	19
3.3.2. Analitik yöntemler	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
4.1. Anaerobik İşlem Öncesi Amonyak Sıyırma Çalışmaları	22
4.1.1. Havalandırma Öncesi Harcanan NaOH	22
4.1.2. Hava Sonrası Harcanan H ₂ SO ₄	23
4.1.3. Hava Öncesi ve Sonrası Toplam Azot	23
4.2. Süt Atığı Ve Kanatlı Hayvan Altlığı Karışımı olan Atıksuyun Anaerobik Giderimi ve Biyogaz Eldesi	24
4.2.1. pH	24
4.2.2. KOİ Giderimi	25
4.2.3. Gaz Oluşumu	26
4.2.4. TKM ve UKM	27
4.2.5. Toplam Azot Giderimi	29
4.2.6. İletkenlik	29
4.2.7. Alkalinite	30
4.2.8. Ortofosfat Değerleri	31
4.2.9. Reaktörde Biyogaz Oluşumu Süresince pH Değişimi	32
4.2.10. Giderilen KOİ'nin Biyogaz Oluşumuna Etkisi	33
4.2.11. KOİ/TN Oranının Biyogaz Oluşumuna Etkisi	33
5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Kanatlı Hayvancılık Atıklarının Biyogaz ve Enerji Kapasitesi

İdris AKDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Temmuz 2022, Sayfa xi+38

Kanatlı hayvan atıklarının işlenmeden çevreye bırakılması insan ve çevre sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Köylerde kanatlı hayvan atıklarının işlenmeden direkt olarak tarım arazilerinde gübre olarak kullanılması hem toprak yapısını bozmakta hem de koku ve haşere problemlerini birlikte getirmektedir. Tarım arazilerinde kullanılacak bu atıklar öncelikle belirli işlemlerden geçirilmelidirler. Bu atıklar biyogaz muhtevası bakımından yüksek potansiyele sahiptir. Ancak içeriğindeki yüksek azot ve tuz muhtevası biyogaz eldesini olumsuz etkilemektedir.

Bu atıklardan elde edilecek biyogaz ciddi bir enerji kaynağıdır. Ayrıca bu organik atıkların sürekli oluşması bu enerjiyi yenilenebilir enerji statüsüne sokmaktadır. Yenilenebilir enerjilerin tükenme riski yoktur. Enerjinin aşırı önem arz ettiği günümüzde biyogaz enerjisi tükenbilir nitelikteki enerji kaynaklarına iyi bir alternatiftir.

Bu çalışmanın amacı, bu atıklardan optimum şekilde biyogaz eldesi ve sonra kalan posanın tarım arazilerinde gübre olarak kullanılması için farklı atıkların karıştırılarak biyogaz potansiyelinin artırılmasının sağlanmasıdır.

En verimli biyogaz üretiminin sağlanması için yapılan çalışmalar 1L hacimli tam karışım ve anaerobik koşulların sağlandığı reaktörlerde gerçekleştirilmiştir. 8 farklı periyotta yapılan bu araştırmada süt entegre tesisi atığı miktarı sabit tutularak kanatlı atığının miktarı sırasıyla 0g, 1g, 5g, 10g, 25g, 50g, 75g ve 100g olacak şekilde biyoreaktör düzeneği kurulmuştur. Her periyodun girişinde ve çıkışında pH, katı madde (KM), uçucu katı madde (UKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam azot, ortofosfat, alkalinite ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür. İlk periyot sistemin alışması için yapılmış ve bu periyotta da tüm değerler ölçülmüştür. Kanatlı atığının reaktöre verildiği ilk periyot hariç diğer periyotlarda pH nötr seviyelerde kalmıştır. Her periyotta kanatlı atığının artmasıyla oluşan biyogaz miktarı da doğrusal olarak artış göstermiştir. Toplam katı madde(TKM), katı madde (KM) ve iletkenlik değerleri de doğrusal olarak artış göstermiştir.

Kanatlı atıklarının çevreye bilinçsiz atılmasıyla yaşanan sorunlar, içeriğindeki yüksek biyogaz muhtevası ve ülkemiz enerji ihtiyacına yapacağı katkılar düşünülürse biyogaz tesislerinin sayıları artırılmalı ve biyogaza gereken önem verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, Organik Atık, Yenilenebilir Enerji.

ABSTRACT

Biogas and Energy Capacity of Poultry Waste

İdris AKDOĞAN

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering
July 2022, Page xi+38

Leaving the wastes of poultry to the environment without processing, negatively affects human and environmental health. The direct use of poultry wastes as fertilizer on agricultural lands without processing in villages both disrupts the soil structure and brings odor and pest problems together. These wastes to be used in agricultural lands must first be subjected to certain processes. These wastes have a high potential in terms of biogas content. However, the high nitrogen and salt in its content cause the decreasing of biogas production.

Biogas to be obtained from these poultry wastes is an important energy source. In addition, the continuous formation of these organic wastes puts this energy in the status of renewable energy. There is no risk of running out of renewable energies. In today's World where energy is of extreme importance, biogas energy is a good alternative to conventional energy sources.

The aim of this study is to increase the biogas potential by mixing different wastes in order to obtain biogas from these wastes in the optimum way and then use the remaining pulp as fertilizer in agricultural lands.

Studies to ensure the most efficient biogas production have been carried out in reactors with a volume of 1 liter, where fully mixed and anaerobic conditions were provided. In this research, which was carried out in 8 different periods, the amount of milk integrated plant waste was kept constant and a bioreactor setup was established in such a way that the amount of poultry waste was 0g, 1g, 5g, 10g, 25g, 50g, 75g and 100g, respectively. At the initial and end of each period, pH, solid material (SM), volatile solids (VS), chemical oxygen demand (COD), total nitrogen, orthophosphate, alkalinity and conductivity values were measured. The first period was made for the system to get used to and all values were measured in this period. Except for the first period when the poultry waste was introduced into the reactor, the pH remained at neutral levels in the other periods. The amount of biogas produced increased linearly with the increase of poultry waste in each period. Total solids (TS), solids (S) and conductivity values also increased linearly.

Considering the problems experienced by the unconscious disposal of poultry waste to the environment, its high biogas content and its contribution to the energy needs of our country, the number of biogas facilities should be increased and biogas should be given due importance.

KeyWords: Biogas, OrganicWaste, RenewableEnergy.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Türkiye'deki biyogaz tesislerinin dağılımı.....	12
Şekil 2.2.	Türkiye'deki biyogaz tesis sayılar	13
Şekil 3.1.	Reaktör düzeneği.....	19
Şekil 3.2.	Sistemin görünüşü	19
Şekil 4.1.	Periyotlara göre harcanan NaOH	22
Şekil 4.2.	Periyotlara göre harcanan H ₂ SO ₄	23
Şekil 4.3.	Periyotlara göre hava sıyırma öncesi ve sonrası azot miktarı değişimi	24
Şekil 4.4.	Periyotlara göre pH değişimi.....	25
Şekil 4.5.	Periyotlara göre KOİ giderimi.....	26
Şekil 4.6.	Periyotlara göre oluşan gaz	27
Şekil 4.7.	Periyotlara göre toplam katı madde (TKM) değişimi	28
Şekil 4.8.	Periyotlara göre uçucu katı madde (UKM) değişimi.....	28
Şekil 4.9.	Periyotlara göre reaktör toplam azot miktarı değişimi	29
Şekil 4.10.	Periyotlara göre iletkenlik	30
Şekil 4.11.	Periyotlara göre alkalinite değerleri	31
Şekil 4.12.	Periyotlara göre ortofosfat değerleri.....	31
Şekil 4.13.	Çalışma süresince giriş pH değişimine karşılık oluşan gaz.....	32
Şekil 4.14.	Çalışma süresince çıkış pH değişimine karşılık oluşan gaz	32
Şekil 4.15.	Çalışma süresince KOİ gideriminin gaz oluşumuna etkisi.....	33
Şekil 4.16.	KOİ/N oranının gaz oluşumuna etkisi	34

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1. 2020 yılı ülkemizdeki kanatlı hayvan sayıları	2
Tablo 2.1. Bazı hayvan türlerinin gübresinin biyogaz üretim potansiyeli	6
Tablo 2.2. Biyogazın içeriği	7
Tablo 2.3. Organik atık cinslerine göre CH ₄ yüzdeleri.....	7
Tablo 2.4. Çeşitli gazların enerji değerleri	7
Tablo 2.5. Sıcaklık parametreleri	8
Tablo 2.6. Biyogaz enerjisi.....	11
Tablo 2.7. Türkiye’de 2010 yılı verilerine göre anaerobik çürütme tesisleri ve kapasiteleri.....	13
Tablo 3.1. Besleme çözültisi.....	17
Tablo 3.2. Eser Çözülti	17
Tablo 3.3. Periyotlar ve organik madde içerikleri	18

KISALTMALAR

KM	: Katı madde
UKM	: Uçucu katı madde
TKM	: Toplam katı madde
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
TKDK	: Tarımsal ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu



1. GİRİŞ

1.1. Tezin Önemi

Dünyada insan nüfusunun artmasından dolayı hayvancılık endüstrisi buna paralel büyümüş, çevre kirlenmesine sebep olan hayvan atıklarının oluşmasına ve çoğalmasına neden olmuştur. Bu atık çevremiz için oldukça tehlikelidir ve yok edilmesi oldukça zordur. Son senelerde ülkemizde de gelişmekte olan diğer ülkeler gibi tarımda modernizasyona önem vermiş ve kanatlı hayvancılığın gelişmesi için TKDK (Tarımsal ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu) tarafından üreticilere hibeli birçok destek sağlanmıştır. Bu da ülkemizde kanatlı hayvancılık potansiyelini artırmış ve hayvan atıklarıyla kümes ve çiftlik hayvanlarının neden olduğu atıklar ülkemizde de sorun haline gelmiştir. Bu nedenle kanatlı hayvan yetiştiriciliği işinde hayvan altlığının sebep olduğu sorunlar önemini artırmıştır.

Yasalar gereği yapılan kanatlı hayvan kümesleri yerleşim yerlerine belirli uzaklıkta yapılması şartından dolayı bu çiftlikler geniş alanlara yayılmışlardır. Bu yayılımda atıkların bilinçsizce tarım alanlarına, meralara ve akarsulara atılması nedeni ile bu bölgelerde toprak kirlenmesi ve su kirlenmesine neden olmakta ayrıca koku ve böcek problemlerinden dolayı çevre sağlığı tehdit edilmektedir. Bu çiftliklerden çıkan kanatlı atıkları, yüzeysel veya yeraltı su kaynaklarına ulaşmakta, bu kaynakların kalitesini düşürmekte veya bu su kaynaklarını kullanılamaz hale getirmektedir.

Yine süt endüstrisi de tıpkı kanatlı endüstrisi gibi hızla gelişmiştir. İnek, koyun ve keçi gibi hayvanların sütleri fabrikalarda süt ürünlerine dönüştürülmektedir. Bu fabrikalarda yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), yüksek miktarda kimyasal oksijen ihtiyacı(KOI) ve karakterize organik madde içeren sıvı atıklarla sonuçlanmaktadır. Ayrıca yüksek organik yük, pH'da önemli değişiklikler ve artan katı madde içeriği ile karakterize edilmektedir. Süt fabrikalarında işlenmiş sütün litresi başına 6-10 litre atıksu üretilmektedir. [1]

Kanatlı endüstrisinde atıklar anaerobik arıtım, aerobik arıtım, kompostlaştırma, yakma ve kurutma yöntemleri ile bertaraf edilebilir. Süt endüstrisinde atıkların besin olarak değerlendirilmesi, biyolojik arıtma, fizikokimyasal arıtma, membranbiyoreaktör ve biyoteknoloji uygulamaları ile bertaraf edilebilir. Lakin bu tezde biyogazın öneminden dolayı biyolojik anaerobik olarak arıtma tercih edilmiştir.

Bitki ve hayvan atıkları, genellikle ya doğaya atılarak yada yakılarak zararlı bir hale gelmektedir, veya ekim yapılacak topraklara direkt olarak serpilmektedir Lakin bu atıklar direk toprağa verildiği zaman zararlıdır. Çünkü bu atıkların oluşumu sırasında hayvana verilen aşılar, yedikleri yemler gibi etkenlerden dolayı içeriğinde farklı türden bakterilerin oluşumu gerçekleşmektedir. Bu nedenle bu bakteriler verimin daha fazla düşmesine neden olmaktadır.

Ancak anaerobik ortamda elde edilen biyogaz sonucu arta kalan ürünler organik tarım gübresi olarak kullanılabilir potansiyele sahiptir. Bu da ülkemiz ekonomisine hem enerji kazancı hem de ithalatı düşürmede oldukça faydalıdır.

Dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %33'ü petrol, %30'u kömür, %24'ü doğalgaz, %7'si hidroelektrik, %4'ü nükleer ve %2'si yenilenebilir enerjiden karşılamaktadır. Fosil yakıtların tükenebilir nitelikte olması ve bu yakıtlar yakıldığında atmosferdeki zehirli gaz emisyonu arttığından yenilenebilir enerji kaynakları hem sonsuz hem temiz olmasıyla ön plana çıkmaktadır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyogazda ise bu durum farklıdır. Çünkü biyogazın içeriğindeki CO₂ doğanın kullandığı CO₂ ye eşittir. Bu sebeple hava kirliliğine neden olmamaktadır. Ayrıca biyogaz muhtevastaki metan gazı (CH₄) sayesinde doğalgaza alternatif olabilecek en büyük kaynaktır. [2].

Ülkemiz biyokütle potansiyeli açısından şanslı bir konumdadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle teknolojisi, teşviklerden dolayı son yıllarda giderek talep görmektedir. Biyokütle doğrudan yakılarak veya çeşitli süreçlerle yakıt kalitesi artırılıp, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir yakıtlar) elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilebilir. Atık biyokütle (hayvan dışkıları, orman ve tarım atıkları, belediye atıkları, vb.), geleneksel olarak dünyanın birçok yerinde yemek pişirmede ya da ısınmada kullanılmaktadır. Biyokütle kaynakları yakıt olarak doğrudan kullanılacakları gibi biyogaz, biyokarbon ve biyodizel üretimi için de oldukça elverişli ve yüksek potansiyele sahip ürünlerdir [3].

Biyogaz temelde hayvan dışkısı başta olmak üzere organik madde oranı yüksek daha bir çok atıktan elde edilebilmektedir. Hayvan atıkları içerisindeki yüksek organik madde miktarı, çevreye bilinçsizce atılması ve çevreye verdiği zararlarda düşünülürse bu atıklardan biyogaz eldesi oldukça mantıklıdır. Bu atıklardaki metan gazı organik maddelerin anaerobik ortam fermentasyonu sonunda ortaya çıkar.

Tablo 1.1.2020 yılı ülkemizdeki kanatlı hayvan sayıları [4].

HAYVAN TÜRÜ	HAYVAN VARLIĞI
Etlik ve yumurtalık Tavuklar	380.659.000
Hindiler	3.028.000
Kazlar	941.000
Ördekler	372.000
TOPLAM	385.000.000

1.2. Amaç ve Kapsam

1.2.1. Tezin amacı

Bu tezin amacı, yüksek amonyak içeriğine sahip kanatlı hayvan gübresinden çeşitli atık kombinasyonlarıyla anaerobik şartlar altında biyogaz üretim kapasitesini belirlemektir. Kanatlı hayvan gübresi içeriğindeki yüksek amonyak konsantrasyonu, bu gübre çeşidinin tarımsal alanlarda direk kullanımını hem toprağın sürdürülebilirliği hem de çevresel sınırlayıcı etkenler açısından sınırlandırmaktadır. Ayrıca, biyogaz üretimi açısından da inhibisyon etkisi nedeniyle önemli bir olumsuz etkiye sahiptir. Yüksek amonyak içeriğinin olası inhibisyon etkisini azaltmak için gaz sıyırma ve azot bakımından zayıf olan süt endüstrisi atıkları ile karıştırılarak biyogaz üretim potansiyeli optimize edilmiştir.

1.2.2. Tezin kapsamı

Kanatlı çiftlik atıklarının anaerobik şartlar altında ve uygun süt endüstrisi atık miktarının belirlenmesi ve oluşacak biyogaz kapasitesinin bulunması amacı ile yürütülen çalışma beş bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde, çalışmanın önemi, amacı ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, anaerobik çürütmenin detaylarına ve biyogaz üretimine yer verilmiştir. Biyogaz üretimini etkileyen faktörler, biyokimyasal özellikleri, ortam şartlarının etkileri, gaz bileşenleri ve kullanımları hakkında yapılan çalışmalara değinilmiştir.

Üçüncü bölümde materyal ve yöntemler anlatılmıştır. Bu kapsamda deneysel çalışmanın aşamalarının belirlenmesi, yürütülüşü anlatılmış, deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasallar, araçlar ve cihazlar tanıtılmış ve analitik ölçümler belirtilmiştir.

Dördüncü bölümde, kullanılan farklı miktarlardaki süt altlık karışımının biyogaz elde verimleri ve işletim esnasında reaktörler içerisinde ölçülen, reaksiyonlar için mutlak önem taşıyan bazı parametreleri saptamak için gerçekleştirilen deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar verilmiş ve tartışılmıştır.

Beşinci ve son bölümde deneysel çalışma sonuçları değerlendirilerek bu çalışma kapsamında biyogaz enerjisi potansiyelinin ülkemize getirileri anlatılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Anaerobik Çürüme ve Biyogaz Üretimi

2.1.1. Biyogaz oluşumu

Anaerobik (Havasız) çürütme işlemi, organik maddeleri oksijensiz ortamda biyokimyasal olarak farklı madde ve ürünlere dönüştüren biyolojik bir süreçtir. Bu süreç ile oluşan biyogaz, % 50-70'i metan (CH_4), % 30-50'i karbon dioksit (CO_2) ve yaklaşık % 3'ü hidrojen sülfür (H_2S)'den oluşmaktadır. Biyogaz, ayrıca nem, azot (N_2) gibi gazları da içerip, tipik olarak 6 kWh/m³ civarında kalorifik değere sahiptir [5]. Atık arıtımı ve bertarafında organik kirletici yükünün yüksek olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Metan üreten bakteriler organik maddeyi parçalayarak ayrılmış ürünleri oluşturan mikroorganizma köprüsünün son parçasıdır. Biyogaz oluşumu dört ana aşamada oluşmaktadır. Çiftlik hayvanları ve tarım ürünlerinden elde edilen enerji, fosil yakıtlara göre değişken ve atık bazlı olarak öngörülemez niteliktedir. Biyogaz oluşumunda, üç temel bakteri grubu etkindir. İlk fazlarda, asit bakterileri organik maddeleri daha düşük molekül yapılarına parçalayarak bütirik/propiyonik asit ve asetik asit üretirler. Daha sonra metan bakterileri, oluşan asetik asit ve hidrojen kullanan bakteriler de hidrojeni kullanırlar. Organik maddeler havasız ortamda hidroliz, asidifikasyon ve metanifikasyon safhalarıyla CO_2 ve H_2 sentezi neticesinde metan üretimiyle son bulur.

Biyogaz sonucu oluşan yan ürünler ise organik bir gübre olarak kullanabilme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle özellikle hayvan gübresinden oluşan organik atıklar anaerobik sindirim sonucu oluşan gübre özellikle toprak verimini %10 artırmaktadır. Böylece organik gübre için biyogaz üretimi yapmak hem biyogaz üretiminden enerji elde etmek için faydalı hem de organik gübre elde edilmesi açısından avantajlıdır.

Bu çalışmanın hipotezleri anaerobik olarak çürütülecek tavuk çiftliği atığından gübre kullanımını sağlamak, biyogaz eldesini artırmak ve olası çevre problemlerini önlemek üzerine olup aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır.

- i)Gaz sıyırma yöntemiyle tavuk atığından amonyak giderilmesi potansiyeli,
- ii)Azot içeriği düşük organik içeriği yüksek katı veya sıvı atıklarla çeşitli oranlarda harmanlama,
- iii)Güvenilir kompost /gübre eldesi,
- iv)Yüksek biyogaz eldesi için optimizasyon

Etlik tavuk dışkıları ve altlık karışımı için uygulanan en uygun arıtma anaerobik arıtmadır. Anaerobik arıtma yüksek kirlilik yüküne sahip organik atıkların arıtımına ve biyogaz gibi kullanılabilir enerjinin geri kazanımına olanak sağlaması ve gübre elde edilmesi gibi avantajları

sebebiyle son yıllarda tavuk atıklarının yönetiminde en fazla tercih edilen biyolojik proseslerden biridir. Ancak tavuk gübresinde, yüksek miktarlarda protein ve aminoasit bulunmaktadır. Tavuk atıkları ayrıca, yüksek konsantrasyonlarda organik azot içerdiğinden dolayı bu atıkların havasız arıtımı sırasında ortamdaki amonyak azotu konsantrasyonu artmaktadır. Amonyum iyonlarının fazlası ise inhibisyona sebep olmaktadır. İnhibisyona sebebiyet verebilecek amonyak konsantrasyonunun önüne geçebilmek için ham tavuk atıkları uygun oranlarda seyreltikten sonra havasız sistemlere beslenmektedir. Havasız sistemleri takiben çürütülmüş tavuk atığının üst fazında bulunacak yüksek azotun giderimi için ilave bir arıtma uygulanması gerekmektedir [6]. Bugüne kadar hayvan çiftliği atıklarından metan oluşum stratejileri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır [7-8]. Bu çalışmalarda tavuk atıklarıyla işletilen anaerobik reaktörlerde atığın içeriğindeki yüksek amonyak nedeniyle biogaz üretimi ve katı madde gideriminde başarılı sonuçlar elde edilmemiştir. Özellikle serbest amonyağın 250 mg/L seviyesinin üzerine çıkması durumunda biyogaz üretiminin bozulduğu gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında amonyak inhibisyonunun azaltılması için gaz sıyırma ve atık harmanlama stratejilerinin araştırılması literatüre katkı sağlayacak niteliktedir.

Callaghan ve diğ. [9] tavuk atığı, sebze atıkları ve büyük hayvan atığı ile tam karışımli anaerobik reaktörlerde metan oluşum performansını incelemişlerdir. Kullanılan atıkların su muhtevaları sebze atığı için % 90'a, tavuk atığı için % 85'e, sığır atığı için % 92,4'e yükseltilmiştir. Yükleme hızları 3,19-5,01 kg UKM/m³.gün arasında tutulmuş, hidrolik bekletme süresi (HBS) tüm karışımlar için 28 gün olarak seçilmiştir. Karışımındaki sebze oranının ağırlıkça yüzdesi %20 iken 0,23 m³CH₄/kgUKM olan biyogaz oluşum verimi, oranın %50'ye çıkarılmasıyla 0,45 m³CH₄/kgUKM'a çıkmıştır. Bu değişimin sistemdeki UKM giderimine etkisinin önemli olmadığı belirtilmiştir. Sığır ve tavuk atıkları ile işletilen reaktörlerde, arttırılan tavuk atığı oranı, sistemin biyogaz üretim ve katı madde giderim verimini olumsuz olarak etkilemiş ve bu etkinin nedeninin amonyak inhibisyonu olduğu rapor edilmiştir. Bujoczek ve diğ [8] tavuk atıklarının oksijensiz ortamda çürütülmesini incelemişlerdir. % 21,7 toplam katı madde içeriğine sahip tavuk atığı, 160 ml'lik şişelerde, 35 °C ortam sıcaklığında, 17 hafta boyunca farklı seyreltmeler ve substrat/aşı oranlarında işletilmiştir. Farklı iki aşı kullanılarak yapılan çalışmalar, % 5-21,7 toplam katı madde içeriklerine sahip reaktörlerde gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda, arıtma çamurunun daha iyi nitelikte bir aşı olduğu ve % 10,3 katı madde oranının, tavuk atıklarının çürütülmesi için en uygun yüzde olduğu saptanmıştır. Sadece taze gübre kullanılarak, % 5 toplam katı madde oranında 548 mL CH₄/g UKM değeri görülmüştür. Serbest amonyağın 250 mg/L seviyesinin üzerine çıkmasının, metan üretimini durdurduğu belirtilmiştir.

Anjan ve diğ. [10] çürütülmüş arıtma çamurunun, sığır dışkısının anaerobik arıtımına olan etkilerini incelemişlerdir. Katı maddesinin % 10'u giderilmiş arıtma çamurunun aşı olarak kullanıldığı deneylerde, ağırlıkça eşit arıtma çamuru ve sığır dışkısı reaktörlerde çürütülmüştür. Arıtma çamuru eklenen reaktörlerin yanında, sadece sığır atığı ile işletilen reaktörlerin de olması,

mukayese anlamında sonuca varılabilmesini sağlamıştır. Deneyler sonucunda, arıtma çamuru eklenen reaktörlerde, TKM başına üretilen biyogaz oranlarında %64'e kadar artma saptanmıştır. Ayrıca, ilk üç haftada çamur ile yapılan çalışmalarda biyogazın ortalama metan yüzdesi %52 iken, bu oran diğer reaktörlerde %38'dir; oranlar diğer haftalarda iki reaktör için de %55-60 seviyelerinde gözlemlenmiştir. Karıştırma olmaksızın işletilen reaktörlerde aşı ilaveli reaktörlerde en fazla gaz üretimi 3. ve 4. haftada olurken, diğer haftalarda en fazla üretim 11. ve 12. haftalarda olmuştur. He ve diğ. [11] anaerobik sistemlerde amonyum miktarının, çamur aktivitesine olan etkisini incelemiştir. Anaerobik reaktörden alınan çamur örnekleri ile farklı amonyum konsantrasyonlarında deneyler yapılmış ve biyogaz oluşum performansları gözlemlenmiştir. Amonyum miktarı 0,2 g/L derişimine yükseltildiğinde, herhangi bir ilave azot kaynağı eklenmeksizin yapılan kontrol deneyine göre birim katı madde başına % 5'lik, 0,4 g/L derişimine yükseltildiğinde ise birim katı madde başına % 10'luk biyogaz oluşum oranı artışı olduğu tespit edilmiştir. Fakat amonyum miktarı 0,8 g/L derişiminde iken kontrol deneyine göre % 7 daha az biyogaz elde edilmiştir. Amonyum konsantrasyonu 2, 3, 4 g/L ile de denenmiş ve üretim potansiyelleri sırasıyla % 20, % 28 ve % 45 oranlarında düşmüştür. Angelidaki ve diğ. [12] işletme koşullarının ve reaktörün fiziksel donanımlarının biyogaz tesisi verimine olan etkisini kurulan 18 gerçek ölçekli biyogaz tesisi ile incelemiştir. Uçucu yağ asidi konsantrasyonunun 1,5 g/L'nin altında olduğu tesislerde asitten kaynaklı pH değişiminin olmadığı saptanmıştır. Amonyum miktarının 4 g/L'nin üzerine çıktığı durumlarda inhibisyon şartlarının oluştuğu belirtilmiştir. Karıştırma veriminin hidrolik bekletme süresi ile doğrudan ilişkili olduğu kanısına varılmıştır. 15 °C'nin altındaki sıcaklık değerlerinde mikrobiyal faaliyetlerin durma noktasına geldiği gözlenmiştir.

Tablo 2.1.Bazı hayvan türlerinin gübresinin biyogaz üretim potansiyeli [12]

Gazın cinsi	Gübre miktarı(Ton)	Biyogaz potansiyeli (m³)
Sığır	1	33
Koyun	1	58
Kanatlı Hayvan	1	78

Tablo 2.1' den de görüldüğü gibi kanatlı hayvan gübresinin biyogaz potansiyeli hem büyük hayvan hem de küçük hayvan gübresinden çok daha fazladır.

Tablo 2.2.Biyogazın içeriği [13]

Gazın cinsi	Gazın içeriği (% değeri)
CH ₄	40-70
CO ₂	30-60
H ₂ S	0-3
H ₂	0-1
O ₂	0,01-0,2
N ₂	0,1-1

Tablo 2.2.'de biyogazın kompozisyonu verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi biyogazın içeriğinde yüksek miktarda metan gazı bulunmaktadır.

Tablo 2.3.Organik atık cinslerine göre CH₄ yüzdeleri [14]

Organik atıklar	Hacimce CH ₄ içeriği (% değeri)
Büyük hayvan gübresi	65
Kanatlı hayvan Gübresi	60
Domuz Gübresi	67
Saman	59
Çimen	70
Yapraklar	58
Mutfak Çöpleri	50
Deniz Yosunu	63

Tablo 2.3.'de organik atıklardaki metan yüzdeleri verilmiştir. Kanatlı hayvan atığının metan içeriği %60 ile yüksek bir seviyededir.

Tablo 2.4. Çeşitli gazların enerji değerleri [15]

Gazın cinsi	Enerji Değeri (kW/h)
Propan	7.14
Bütan	8.036
Doğal gaz	10.44
Biyogaz	6.72

Tablo 2.4.'de bazı gazların enerji değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi biyogaz enerji değeri bakımından diğer gazlara çok yakındır.

2.2. Biyogaz üretim verimini etkileyen faktörler

2.2.1. Sıcaklık

Metanojenik bakteriler, sıcaklık değişimine karşı oldukça hassaslardır ve farklı sıcaklık aralıklarında aktiviteleri birbirine paralellik gösterir. Biyogaz fermantasyonu, enzimler tarafından kontrol edilmektedir veya enzimler katalizör görevini üstlenmektedir. Enzimlerin sahip olduğu etkiler ve enzim miktarları sıcaklığa bağlı olduğundan, biyogaz fermantasyonu da sıcaklığa bağımlı olmaktadır [16]. Bu nedenle sıcaklık biyogaz üretiminde en önemli parametrelerden birisidir.

Tablo 2.5. Sıcaklık parametreleri [17]

Bakteriler	İdeal Çalışma Sıcaklıkları (°C)
Sakrofilik	5-25
Mezofilik	25-38
Termofilik	50-60

Tablo 2.5.'de biyogaz üretimini gerçekleştiren bakteri türleri ve bu bakterilerin çalıştığı ortalama sıcaklık aralıkları verilmiştir. Biyogaz eldesinde sıcaklığın rolü büyüktür. 10°C derecenin altında anaerobik bakterilerin faaliyeti durmaktadır.

Biyogaz fermantasyonu sıcaklıktaki beklenmeyen değişimlere uygun değildir. Reaktör sıcaklığındaki 1-2°C'lik değişme 2 saatten daha kısa sürede oluşur ise, gaz çıkışı olumsuz olarak etkilenmektedir. Eğer sıcaklıktaki dalgalanma sistemdeki metan üreten bakterileri olumsuz olarak etkilerse, üretimin aynı verime yeniden ulaşması için haftalar geçmesi gerekebilir [18].

2.2.2. pH ve Alkalinite

Biyogaz üretimi için en uygun pH değeri 6,8 ila 7 arasında olmalıdır. Biyogaz oluşumu aşamasında yani anaerobik fermantasyon işlemi sırasında pH değeri 7 ile 7,5 arasında değişir. pH değerinin 6,7 nin altına düşmesi durumunda ise metanojen bakteriler üzerinde toksik etki yapar. Anaerobik fermantasyon sırasında asit oluşturuıcı bakterilerin artması pH'ın düşmesine sebep olmaktadır. Bu tür proseslerde reaktöre organik yükleme kesilerek asit oluşumunun düşmesi sağlanmaktadır. pH'ın kararlı hale gelebilmesi için sönmüş kireç olarak adlandırılan kalsiyum hidroksit Ca(OH)_2 kimyasalı da kullanılabilir [19].

Biyogaz eldesinde nötre yakın pH olması tercih edilir. pH'ın düşmesi alkaliniteyi de düşüreceğinden olumsuz sonuçlara yol açabilir. Alkalinite düşerse dışarıdan kimyasal takviyesi ile alkalinite yükseltmek gerekebilir. Bu da ekstra maliyete neden olur.

2.2.3. Organik Yükleme Hızı

Anaerobik parçalanma sırasında uygun olabildiğince organik yükleme hızı sabit alınmalıdır. Organik yükleme hızı fazla ise reaktörde uçucu yağ asitleri birikir ve pH azalır. pH'ın azalması metan oluşturan bakterilerin faaliyetini aksi yönde etkilemektedir. Bu olay da biyogaz üretim hızını olumsuz yönde etkiler. Aynı şekilde organik besleme hızı azaldığı zaman biyogaz üretim hızı da olumsuz etkilenir [20].

2.2.4. Karbon/Azotoranı

Metanojen ve anaerobik bakteriler karbon atomunu enerji elde etmek için ve azot atomunu da bakterilerin büyümesi ve üremesi için gerekli bileşenlerdir. C/N oranı 23 den fazla ve 10'dan düşük olamaz. Eğer 10'dan düşük olursa reaktörde amonyak oluşumu olur ve bu oluşum biyogaz üretimini olumsuz etkiler. Eğer 23'den fazla olursa uçucu yağ asitleri oluşur ve inhibitör etki yaparak biyogaz üretimini yavaşlatır. [19].

2.2.5. Toksisite

Biyoreaktöre beslenen tavuk ve büyükbaş hayvan gübrelerinin bazılarında antibiyotikler bulunmaktadır. Bu antibiyotikler biyogaz üretimini sağlayan biyoreaktör için olumsuz etki yapmaktadır. Aynı şekilde substrat olarak kullanılan organik maddenin içerisinde bulunan ağır metaller, mineraller, deterjanlar vb. yabancı maddeler biyogaz oluşumunu olumsuz etkilemektedir [20].

2.2.6. Karıştırma Hızı

Biyogaz üretiminde ayrıca karıştırma hızı ve substratın tanecik boyutu da etki etmektedir. Tanecik boyutuyla biyogaz üretim hızı ters orantılıdır. Karıştırma hızı ile biyogaz üretimi ile doğru orantılıdır [21]. Karıştırma aynı zamanda alt kısımlarda oluşan biyogazın yukarı çıkmasını ve daha iyi bir bakteri aktivitesi sağlar.

2.2.7. Organik Besleme Akımı

Sürekli bir biyogaz üretimini gerçekleştirmek, düzenli sıcaklık kontrolünü için biyoreaktöre sık aralıklarla besleme yapmak gerekir. Beslemenin artması organik maddenin parçalanmasını artırmaktadır. Çünkü sürekli bir biyogaz üretimini gerçekleştirmek için biyoreaktördeki substrat-su oranının sabit olması tutulması halinde mikroorganizmaların biyogaz üretimi için tüketeceği organik madde miktarı azalmamış olur ve böylece daha çok gaz üretimi gerçekleşir. Böyle bir

sabitlik yaratmak için biyoreaktöre beslenecek olan substratın su ve organik madde miktarı oranı önceden hesaplanarak ayarlanması gerekmektedir [22].

2.2.8. Katı Madde Oranı

Biyogaz üretimi için kullanılan substratın yüksek katı madde içeriği, metanojen bakterilerin aktivitesini kademeli olarak yavaşlatabilir ve sonuç olarak biyogazın üretim verimi düşebilir [23]. Biyogaz tesislerinde biyokütle olarak bilinen katı madde içeriğinin %7-12 değerinde olması gerekmektedir [24]. Anaerobik fermantasyon sistemlerinde maksimum biyogaz üretim veriminin reaktöre verilen ham maddedeki katı maddenin kütlece %6 ile %10 arasında olduğunda gerçekleştiği ve metan üretim veriminin, kütlece %12 katı madde oranının aşılması durumunda ise düştüğü görülmektedir. Anaerobik parçalanma biyoreaktöründeki su karışımı az, katı madde oranı fazla ise mikroorganizma içeriğindeki büyüme azalmasından ve karıştırma için gerekli enerji ihtiyacı artışından dolayı gaz verimi düşmektedir. Biyogaz üretimindeki substratın ayrıca katı madde oranının çok az olması ve su miktarının fazla olması ise yine mikroorganizmalar için uygunsuz koşulların oluşmasına yol açar. Böylelikle biyogaz oluşumu yine olumsuz etkilenir [25].

2.2.9. Hidrolik Alıkonma Süresi

Hidrolik bekleme süresi (HBS), gübre içindeki organik substratın bakteriler tarafından çürütülmesi sonucu biyogaz üretmesi için gerekli olan süre olarak tanımlanabilir. Reaktör içindeki bazı substratlar tam olarak biyokimyasal reaksiyona girdiğinde zamanla gaz üretimi azalmaya başlamaktadır. Belirlenen hidrolik bekleme süresi içinde substrat olarak kullanılan organik maddelerin %70-80 oranında biyokimyasal reaksiyona girerek yok olduğu varsayılır. Biyogaz tesislerindeki HBS, işletme sıcaklığına bağlı olarak 20-120 günler arasında değişmektedir. Tropikal bölgelerde HBS'nin 40 ila 50 gün arasında olduğu bilinmektedir. Çin'in soğuk bölgelerinde bu süre yaklaşık 100 gün olduğu bilinmektedir [20].

2.3. Biyogaz Üretimin Faydaları

- Çevreyi kirletmez,
- Yenilenebilir enerji kaynağı olduğundan kaynak bulma sıkıntısı yoktur,
- Atıkları çevreyi kirletmeden yok edilmesi sağlanır,
- Biyogaz üretiminde atıklardaki koku problemini de bertaraf eder,
- Biyogaz üretiminde toprak verimi için çok değerli gübre elde edilir,
- Atıkların yer altılarını kirletmesinin önüne geçilir,
- Biyogazın eldesinden hem elektrik enerjisi hem de ısıtma enerjisi olarak kullanılır,

- İçeriğindeki yüksek metan gazı sayesinde içeriğindeki küçük değişiklikler ile doğal gaz yerine meskenlerde kullanılabilir.

Tablo 2.6.Biyogaz enerjisi [26]

Gaz	Miktar (m ³)	Enerji kapasitesi (kW/h)
Biyogaz	1	4,7

Tablo 2.6’da 1 m³ gazın enerji değeri kW/h cinsinden verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi biyogaz oldukça iyi bir enerji kapasitesine sahiptir.

2.4. Dünyada BiyokütleKullanımı

2000’li yıllarda artan nüfus, sanayileşmenin hızla büyümesine sebep olmuştur. Bu durum enerji ihtiyacının fosil yakıtlar ile karşılanmasını zorlaştırmıştır. Bu sebepler ile dünya yeni enerji kaynakları keşfetmeye başlamış ve özellikle sonu olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına büyük önem verilmiştir. Biyogaz kaynağı organik atıklardan oluştuğu için tıpkı rüzgar, güneş vb. enerji kaynakları gibi kaynağı tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarındandır. Ayrıca biyogaz enerji eldesi sağlarken çevre kirliliğinin de önüne geçtiği için dünyada büyük rağbet görmüştür.

Dünyanın en büyük nüfusuna sahip ülkelerinden biri olan Çin’de nüfusun büyük çoğunluğu mutfak ve aydınlatmada biyogaz kullanmaktadır. Çin’de 10 bin civarında büyük ve orta ölçekli, 5 milyondan fazla küçük ölçekli biyogaz tesisi bulunmaktadır. Ülkede 2012 yılından itibaren 15 milyondan fazla evde hayvansal atıklardan biyogaz üretilip kullanıldığı tahin edilmektedir [27].

İsveç, enerjisinin %16’ sı gibi büyük bir kısmını biokütleden elde etmektedir. Avusturya da 11.000 den fazla biyokütle ile çalışan enerji üretim sisteminin toplam gücü 1.200.000 kW/h’e ulaşmış ve enerjisinin %13’ünü biokütleden sağlamaktadır. Amerika da biyoenerji kaynaklı elektrik üretimi 9.000.000 kW/h’ i geçmiş durumda olup, bu ülke de toplam enerjinin %4’ ünü biokütleden sağlamaktadır. Bu değer nükleer enerjiden elde edilen miktara yakındır [28].

Fosil yakıtlar’ın hem tükenebilirlikleri hem de çevreyi kirlletmeleri sebebi ile kullanımının düşürülmesi gerekmektedir. Fosil yakıtlar ithalatçı konumdaki ülkeler için de ekonomik problemlere yol açmaktadır. Bu durumlar göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarına yeterince önem verilmeye başlanmıştır.

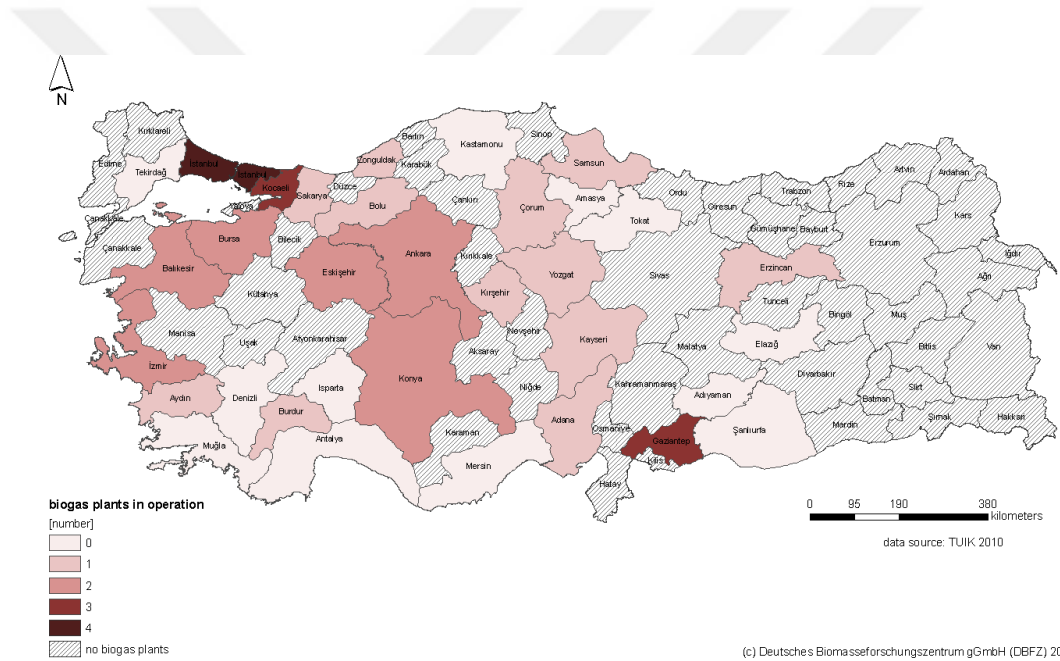
2.5. Türkiye’de Biyokütle Kullanımı

Ülkemizde özellikle petrol krizinin yaşandığı 1980’lerde anaerobik çürütme ile biyogaz eldesi gündeme gelmiş fakat yeterli ve gerekli araştırmaların yapılamaması, konuya gereken önemin verilmemesi gibi nedenler ile 1980’li yılların sonunda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü,

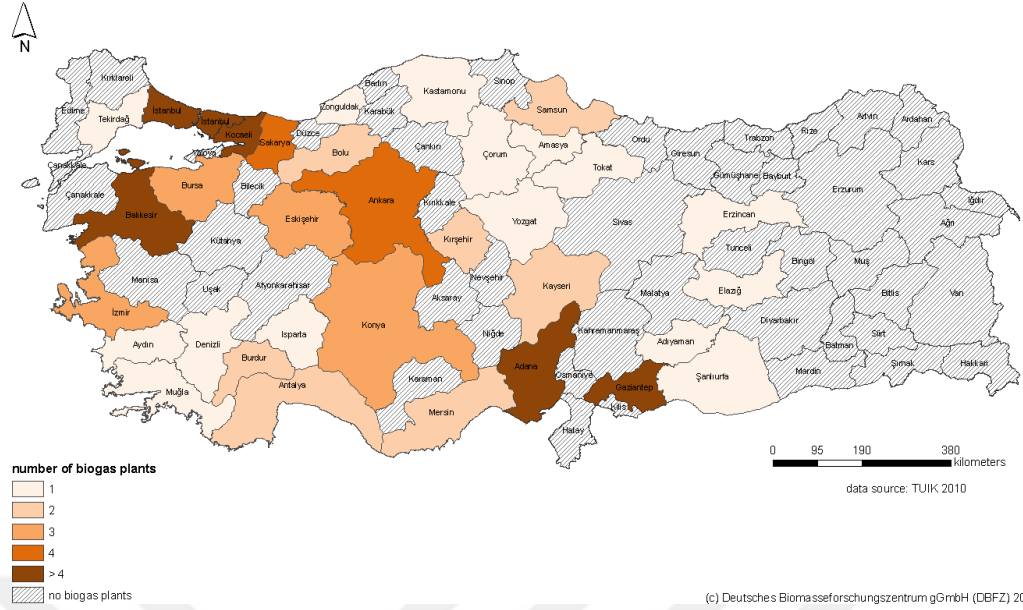
bu konudaki araştırma ve uygulama çalışmalarını durdurmuştur. Böylece biyogaz üretiminde Dünya ve Avrupa ülkelerinden geri kalınmıştır [28].

Türkiye’deki hayvan varlığı göz önüne alınırsa biyogaz kapasitesi potansiyeli bakımından oldukça zengin bir durumdadır. 2020 yılındaki kanatlı hayvan sayısına bakılarak yapılan hesaplamalarda ülkemizdeki biyogaz potansiyeli sadece kanatlı hayvanlar için yıllık 660.660.000 m³’tür. Buda yıllık 3.105.102.000 kW/h enerji değerine eşittir. Biyogaz enerji kapasitesi potansiyeli kullanılabilirse ülkemizde fosil yakıtlar ile elde edilen enerji kullanımı düşecek buda hem ekonomik olarak katkı sağlayacağı gibi hem de çevre sorunlarına çok büyük katkılar sağlayacaktır.

Şekil 2.1. ve 2.2.’de ülkemizdeki mevcut biyogaz tesisleri ve planlanan tesisler gösterilmektedir. Türkiye’deki biyogaz potansiyeli ve biyogazın avantajları düşünülünce var olan ve planlanan tesis sayılarının yetersiz olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2.1. Türkiye’deki biyogaz tesislerinin dağılımı (işletmedeki tesislerin sayıları) [29]



Şekil 2.2. Türkiye'deki biyogaz tesis sayıları (durum: işletmede ve planlamada) [29]

Tablo 2.7'de 2022 yılında ülkemizde faaliyet gösteren biyogaz tesisleri verilmiştir. Tablo 2.7'de mevcut biokütle kullanımımızdan 95 tesiste yıllık elde edilen enerji miktarı 369.22 mW olarak verilmiştir. Toplam biyogaz üretiminin büyük kısmının çöp depolama sahalarının anaerobik çürütücü olarak kullanılmasıyla elde edildiği görülmektedir. Diğer anaerobik çürütme tesisleri anaerobik atıksu arıtma tesisleri ve anaerobik atıksu arıtma tesisleri ile kombine edilen organik atık tesisleridir. Yerli ve milli kaynaklar kullanılarak sıfır ithal girdisi ile 2.953.376.000 kW/h elektrik enerjisi katkısı sunmaktadır.

Tablo 2.7. Türkiye'de 2010 yılı verilerine göre anaerobik çürütme tesisleri ve kapasiteleri [30].

Sıra	Santral Adı	Şehir	Kurulu Güç (mW)
1	Afyon Enerji Ve Gübre	Afyon	4
2	Afyon Biyogaz Üretim A.Ş.	Afyon	8
3	Akıncı Biyogaz A.Ş.	Afyon	1.4
4	Armater Biyogaz LTD.	Afyon	3.5
5	Bioden Enerji A.Ş.	Afyon	4
6	Dinar Biyogaz A.Ş.	Afyon	1.2
7	İlis Enerji	Afyon	4
8	Respect Biyogaz	Afyon	4.5
9	Ahi Biyogaz	Amasya	6.5
10	Sigma Biyogaz	Amasya	2
11	Zen Biyogaz	Amasya	1.5
12	Abrak Enerji	Ankara	2.4
13	Askoç Enerji	Ankara	1.6
14	Aslan Enerji	Ankara	3

Tablo 2.7. (Devamı) Türkiye’de 2010 yılı verilerine göre anaerobik çürütme tesisleri ve kapasiteleri [30].

15	Büyük Şişmanlar	Ankara	1.9
16	De 7 Solar	Ankara	3.2
17	Enerbes	Ankara	4
18	Hüma	Ankara	3
19	Onat Enerji	Ankara	3.1
20	Padaş	Ankara	3
21	Polres	Ankara	3
22	Üregen Enerji	Ankara	1.6
23	Paşha Enerji	Ankara	1.5
24	2BZ Bes	Ankara	4
25	3A Bes	Ankara	4
26	Kalemirler Enerji	Antalya	0.6
27	Efeler Biyogaz	Aydın	4.8
28	Energom Enerji	Aydın	2.1
29	Astosan Biyogaz	Balıkesir	1
30	Balıkesir Biyogaz	Balıkesir	1.5
31	Energrom Biyogaz	Balıkesir	3.2
32	Kabriyo Biyogaz	Balıkesir	2.1
33	Mutlular Enerji	Balıkesir	6.4
34	Toros Gübre	Balıkesir	3.6
35	Mudurnu Enerji	Bolu	3
36	Enfaş	Bursa	6.4
37	Karacabey Enerji	Bursa	3
38	Askoç Enerji	Çanakkale	3.2
39	Bekmezci Biyogaz	Çankırı	1.6
40	Zeyn Biyogaz	Çankırı	1.5
41	Çorum Biyogaz	Çorum	6
42	Denizli Biyogaz	Denizli	1.5
43	Gireniz Biyogaz	Denizli	1.5
44	Güney Biyogaz	Denizli	3.2
45	Askoç Biyogaz	Diyarbakır	1.5
46	Elerji Enerji	Elazığ	1.5
47	Dharma Enerji	Eskişehir	1.5
48	Hisar Biyogaz	Eskişehir	4.2
49	KD Gübre Enerji	Eskişehir	3.2
50	Noventek Enerji	Eskişehir	3.2
51	Özgün Enerji	Eskişehir	1.5
52	Gazi Biyogaz	Gaziantep	1.5
53	Gazibel	Gaziantep	1.1
54	Nizip Biyogaz	Gaziantep	4.5
55	Arf Biyogaz	İzmir	4.8
56	Energom Biyogaz	İzmir	3.2
57	Enfaş	İzmir	4.3
58	Evb Biyogaz	İzmir	4.6
59	Tire Biyogaz	İzmir	4.8

Tablo 2.7. (Devamı) Türkiye’de 2010 yılı verilerine göre anaerobik çürütme tesisleri ve kapasiteleri [30].

60	BYZ Global	Kayseri	1.5
61	Cod Enerji	Kayseri	3
62	Mir Global	Kayseri	1.5
63	Armağan Biyogaz	Kırklareli	4.2
64	Seleda	Kırklareli	4.8
65	Anka Biyogaz	Kırşehir	1.65
66	Askoç Enerji	Kırşehir	3.12
67	Çağlayanlar 2	Kırşehir	4.6
68	Emin Biyogaz	Kırşehir	3
69	Akoda Biyogaz	Konya	3.12
70	Asya Biyogaz	Konya	3
71	Beyaz Piramit	Konya	3
72	Ceylani Biyogaz	Konya	1.5
73	Gözlü Biyogaz	Konya	1
74	Konya Biyogaz	Konya	6
75	Toros Gübre	Konya	6
76	Yılmazlar Madencilik	Kütahya	1.5
77	WM Enerji	Kütahya	1.5
78	Tohma Biyogaz	Malatya	1
79	Ege Biyogaz	Manisa	1.6
80	Turgutlu Biyogaz	Manisa	3
81	Flaş Bor	Niğde	1.5
82	Mey Biyogaz	Niğde	1.2
83	Gzl Enerji	Samsun	1.5
84	Sehra Enerji	Sivas	1.5
85	Babil Biyogaz	Şanlıurfa	1.6
86	Beüaş	Şanlıurfa	1.3
87	Doğal Biyogaz	Şanlıurfa	5.2
88	Şanlı Biyogaz	Şanlıurfa	1.5
89	Çekerek Biyogaz	Yozgat	1.5
90	Enfaş A.Ş	Aksaray	5.3
91	Yapılcan Tohum	Aksaray	1
92	Yapılcanlar Enerji	Aksaray	1.2
93	Karaman Enerji	Karaman	1.5
94	Burdur Yen En.A.Ş	Burdur	3
95	Türkçim Enerji	Edirne	1.5

İlimizde ise 2019 verilerine göre 191.391 adet büyük baş, 3.772.668 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. [31]. Bu sayılar dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda ilimizde 157.047 mW/h yıllık elektrik üretimi gerçekleştirilebilir. Bu değerler TKDK’nın ilimizde yapacağı yeni teşvikli yatırımlar ile daha da artacaktır.

3. MATERYAL VE METOT

Tez çalışmasında dört iş paketi kapsamında yürütölmüş olup;

İş Paketi 1 : Gaz sıyırma çalışmaları

İş Paket 2 : Atık harmanlama

İş Paketi 3 : Anaerobik çürütme çalışmaları

İş Paket 4 : Sonuçların değeriendirilmesi

İP. 1 : Gaz Sıyırma Çalışmaları

Bu iş paketinde kuru haldeki 100 gr tavuk gübresi 1 lt su ortamında solüsyon haline getirildikten sonra farklı alkali şartlarda (pH 8-12) difüzör havalandırma tipiyle gaz sıyırmaya tabi tutularak amonyak uzaklaştırma çalışmaları yapılmıştır. Daha sonraki aşamada ise pH dengelemesi yapılarak anaerobik çürütücüde değeriendirilmek üzere İP.3 aşamasına geçilmiştir. Bu iş paketinde yapılan analizler toplam katı madde(TKM), uçucu katı madde(UKM), organik ve azot içeriği şeklinde olmuştur.

İP. 2 : Atık Harmanlama

Bu iş paketinde kontrol reaktörüne alınan karışım, 100 gr Tavuk gübresi 1 lt Su içerisinde sıvılaştırılmıştır. Daha sonra 1 L sıvı karışım içerisinde farklı oranlarda tavuk gübresi ve organik madde içerikli reaktörler hazırlanmıştır.

İP. 3 : Anaerobik Çürütme Çalışmaları

İP 1 ve İP 2 de hazırlanan karışımlar 1lt'lik sızdırmaz koyu renkli şişelere alındıktan sonra anaerobik çürütücüden elde edilmiş aşı eklenmiş ve daha sonra 37 °C derecede inkübasyona alınmıştır. Zamana karşılık karbon azot değişimi ve biyogaz üretimi incelenmiştir. Deneysel çalışmaların yürütöleceği reaktörler, istenen sıcaklı şartları altında tam karışım koşullarını sağlayan reaktörlerde gerçekleştirilmiştir. Tavuk çiftliği atıklarının katı madde oranları atıksuyla karıştırılarak istenilen değeriilere getirildikten sonra anaerobik reaktörlere alınarak işletilmiştir. Her periyodun başında ve sonunda pH, KM, UKM, toplam azot, ortofosfat, alkanite ve iletkenlik değerieleri ölçölmüştür. Numuneler anaerobik reaktörlere alınmadan önce, amonyak konsantrasyonu, inhibisyon için limit değeri olarak kabul edilen 100 mg/L'nin altına düşürölmüştür. Zamana karşılık oluşan metan ölçömleri kaydedilmiştir.

Sızdırmaz kapalı cam şişelerde oluşan biyogazın miktarı, balonlarda biriktirilerek belirlenmiştir.

İP. 4 : Sonuçların Değeriendirilmesi

Deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar değeriendirilmiştir.

3.1. Çiftlik Atıkları Temini, Özellikleri ve Ön İşlemler

Tavuk çiftliği atıkları Elazığ'da faaliyet gösteren bir kümeden temin edilmiştir. Bu altlık ortalama 42 gün süren bir dönem sonunda alınmıştır. Bu dönemde çiftlikte 30000 adet ROSS marka tavuk yaşamıştır. Bunun yanı sıra süt entegre tesisini temsilen süt işleme tesisi atığı kullanılmıştır. Bu çalışmada hedef farklı atık türlerini içeren tam entegre bir tesiste oluşan tüm organik atıkların birlikte anaerobik çürütülebilme potansiyelini incelemektir. Numune alınan ve karakterizasyonu yapılan periyotların listesi Tablo 3.3'de verilmiştir. Bu periyotlarda öncelikle alıştırma evresinde atık eklenmemiş ve listede verilmiş olan kimyasallar ve büyük baş organik atıkları ile alıştırma evresi tamamlanmıştır. Daha sonra belli oranlarda tavuk atığı ve süt atığı karıştırılarak 1 haftalık periyotlarla biyogaz oluşumu takip edilmiştir. Numuneler plastik kaplarda oda sıcaklığında ve karanlıkta reaktörler kurulana kadar bekletilmiştir. Ayrıca süt atıkları 1 litrelik plastik kaplarda buzdolabında +4 C derecede bekletilmiştir.

Tablo 3.1. Besleme çözeltisi

Besi Yeri İçeriği (1L)	
Kimyasalın Adı	Miktar (mg)
NH ₄ Cl	300
CH ₃ COONa x 3H ₂ O	9200
NaHCO ₃	250
MgSO ₄ X 7H ₂ O	400
KH ₂ PO ₄	255
Na ₂ HPO ₄ X 12H ₂ O	435
CaCl ₃ x 2H ₂ O	2
FeSO ₄ X 7H ₂ O	2
Eser çözelti	2

Tablo 3.2. Eser Çözelti

Eser Çözelti İçeriği (1L)	
Kimyasalın Adı	Miktar (mg)
ZnSO ₄ X 7H ₂ O	100
MnCl ₂ x 4H ₂ O	30
H ₃ BO ₃	300
CoCl ₂ X 6H ₂ O	200
CuCl ₂	10
NiCl ₂ x 6H ₂ O	10
Na ₂ SeO ₃	30

Tablo 3.1'de reaktör alıştırma süreci için çeşitli kimyasallar ile besi yeri hazırlama yapılmıştır. Tablo 3.2.'de besi yerinde bulunan eser çözeltinin içeriği belirtilmiştir. Öncelikle reaktöre büyük baş hayvanın mide ve bağırsağından alınan organik atık eklenmiş ve yukarıdaki

kimyasallar ile 48 saatte bir besleme yapılmıştır. Bu işlem yaklaşık olarak 14 gün devam etmiştir. Sistem alıştırma süreci tamamlanınca reaktöre kanatlı hayvan atığı eklenmeye başlanmıştır. Bu ekleme haftalık olarak farklı miktarlarda yapılarak biyogaz üretim kapasitesindeki değişimler ve yapılması istenen ölçümler haftalık olarak yapıp kayıt altına alınmıştır.

Altılık reaktöre verilmeden önce iyice parçalanıp 200ml saf suda yaklaşık olarak 1 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda karışım süzülerek reaktöre saman vb. yatak malzemesinin girişi önlenmiştir. Alınan bu süzöntü süt atığı ile birlikte blender yardımıyla karıştırılıp reaktöre ilave edilmiştir.

3.2. Deney Düzenegi ve Reaktörler

İlk önce alıştırma evresinde 1litre saf suda besi yeri içeriği hazırlanarak aşı olarak kullanılacak büyük baş hayvan bağırsağı ve mide atıkları ile birlikte reaktöre besleme yapılmıştır. Oluşan karışım sızdırmaz şişelerde ve 37 C derece sabit sıcaklıkta ve 500dev/sn hızla karıştırıcıda karıştırılmıştır. 48 saat sonunda yeniden aşı ve besleme çözeltisi eklenmiştir. Bu işlem 7 defa yani 14 gün boyunca devam ettirilmiştir. Alıştırma evresi tamamlanınca sisteme kanatlı altlığı ve süt ilavesi başlatılmıştır. Bu ekleme 7 farklı miktarda yapılmış ve her ekleme sonrası 1 hafta sistemde biyogaz oluşumu takip edilmiştir. Ayrıca yapılması istenen ölçümler reaktör giriş ve çıkışından alınan numunelerden ayrı ayrı yapıp kayıt edilmiştir. Periyotlarda biyogazın kanatlı atığına oranla değişimini saptamak için süt miktarı hep sabit tutulmuştur. Aşağıdaki Tablo 3.3.'de 8 farklı durumun ayrıntıları verilmiştir. Görüldüğü gibi sentetik periyotta altlık kullanılmamış daha sonraki periyotlarda altlık miktarı artarak devam etmiş süt miktarı sabit tutulmuştur.

Tablo 3.3. Periyotlar ve organik madde içerikleri

Periyotlar	Süt	Altılık
P0	2ml	0gr
P1	2ml	1gr
P2	2ml	5gr
P3	2ml	10gr
P4	2ml	25gr
P5	2ml	50gr
P6	2ml	75gr
P7	2ml	100gr

Deneyler, hacmi 1000ml olan, basınca dayanıklı ve sızdırmaz contalı kapaklı Şekil 3.2.'de görülen cam şişelerde yapılmıştır. Gaz kaçağı olmadan, şırınga iğnesi ile besleme yapılabilen

sistem, sızdırmayı önleyen dereceli cam boruda gaz biriktirilebilmesine ve gaz miktarının kaydedilmesine olanak verilmiştir. Ve bu şişeler sabit sıcaklık ile karıştırma hızında karıştırıcıda karıştırılmıştır. Şekil 3.1.'de reaktörün protatipi gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Reaktör düzeneği

3.3. Reaktör İşletimi ve Analitik Yöntemler

3.3.1. Reaktörlerin İşletime Alınması ve İşletim Mekanizması

Alıştırma evresinde sıcaklık mikroorganizmalar için en ideal ısı olan 37 °C derecede sabit tutularak yürütülmüştür. Sistem sürekli olarak 500 dev/sn hızla karıştırılmıştır. Sisteme besleme yapılırken alınan çıkış suyunda ortalama pH nötr seviyesinde ölçülmüştür. Sistemin çalışma süresi boyunca oluşan gaz şekil 3.1.'de görülen cam mezurda biriktirilmiş ve her periyotta kayıt edilmiştir. Sistemin giriş ve çıkış numunelerine; TKM, UKM, KOİ, oluşan gaz miktarı, alkalinite, iletkenlik ve orto fosfat ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.2. Sistemin görünüşü

Daha sonra sisteme altlık ve süt ilavesi gerçekleştirilmiş belirtilen miktarlarda ilave edilen atıklar anaerobik sistemde 7 farklı periyotla çalışılmıştır. Her periyodun başında ve sonunda pH, TKM, UKM, toplam azot, ortofosfat, alkanite ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Rektörde kullanılan şişeye gün ışığı ve ortam ısısının değişiminden etkilenmemesi için termal ceket giydirilmiştir.

3.3.2. Analitik yöntemler

Toplam Katı Madde (TKM) Ve Uçucu Katı Madde (UKM)

Standart Metotlara göre 2540B numaralı metod (AWWA, 2005) ile analiz edilmiştir. Giriş ve çıkış karışımlarından alınan numuneler etüvde 103-105 °C arasında bekletilmiş daha sonra etüvden alınan porselen buharlaştırma kapları desikatörde 1 saat soğutulmuş ve hassas terazide tartımları yapılmıştır.

Standart metotlara göre 2540B numaralı metod (AWWA, 2005) ile analiz edilmiştir. Katı madde deneyinden sonra porselen kaplar kül fırınında yaklaşık olarak 15-20 dakika arasında bekletilmiş ve bu süre sonunda kaplar desikatörde soğutularak yeniden tartımları yapılmıştır.

Toplam Azot (TN)

1.189.015 Toplam Azot Kiti (TN) kullanılarak, HachLange DR 6000 UV-VİS spektrofotometre cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Önce 10 ml numune temiz boş bir tüpe alınmıştır. Sonra kit içinde bulunan R-1 reaktif içeriği ilave edilip iyice karıştırılmıştır. R-2 reaktifinden 6 damla ilave edip tüpün kapağı kapatılarak iyice karıştırılmıştır. Tüp 120°C de 1 saat termoreaktörde bekletilmiştir. Tüpü reaktörden çıkarıp 10 dakika daha beklenmiştir. Daha sonra 1 ml R-3 reaktifreaksiyon tüpüne aktarılmıştır. Termoreaktörde işlem görmüş tüpün üst kısmından 0,7 ml hacim tüpe ilave edilmiştir. Tüpün kapağı kapatılıp karıştırılmıştır. Son olarak ölçüm için karışım cihaza verilmiştir.

Orto Fosfat

Ortofosfatölçümleri Perkin ElmerLambda 365 UV/VIS görünür bölgeSpektrofotometresi ile tayin edilmiştir. 50 ml'lik erlene 20 ml numune alınmıştır. Bu numuneye 10 ml Vanadat-Molibdat reaktifi ilave edilmiştir. Standart fosfat çözeltisinden seyreltme ile 1, 1/2 ve 1/4 'lük 20 ml'lik çözelti hazırlanmıştır. Bu çözelti ve 20 ml saf su ayrı ayrı ölçü kaplarına alınmış ve numune gibi aynı işlemlere tabi tutulmuştur.

Saf suya karşı numune ve standartların absorbansları okunup kaydedilmiştir.

pH Ölçümleri

pH ölçümleri Metter Toledo FP20 model pH metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. pH tüm periyotların giriş ve çıkışlarında ayrıca hava sıyırma işleminde havalandırma öncesinde ve sonrasında düzenli olarak kontrol edilmiştir.

Alkalinite

Alkalinite, Standart Metotlar 2320B numaralı metod(AWWA, 2005)kullanılarak titrimetrik yöntem ile yapılmıştır. Bir erlene 100 ml su numunesi alınmış 3 damla fenolftalein indikatör çözeltisi ilave edilmiştir. Numune pembe bir renk almış ve renk kayboluncaya kadar standart asit çözeltisiyle titre edilmiştir. Renk kaybolduğu noktadaki asit miktarları kayıt edilmiştir.

İletkenlik Ölçümleri

İletkenlik, iletkenlik ölçüm probu (T.D.S. ,Meter) kullanılarak ölçülmüştür. Her periyodun giriş ve çıkış numunelerine ayrı ayrı ölçüm yapılmıştır. Numuneler temiz bir kaba alınmış T.D.S. meter cihazı ile iletkenlikleri ölçülmüştür. İletkenlik ölçümü bize numunelerdeki çözünmüş katı madde miktarlarını ifade etmiştir.



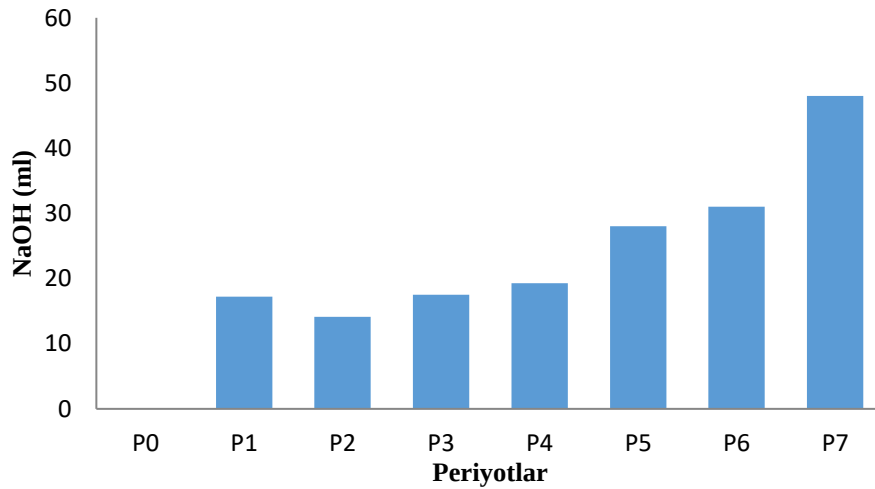
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Laboratuvar çalışmaları sırasında 8 farklı periyot oluşturulmuş ve bu periyotların içeriği çiftlik atıkları temini, özellikleri ve ön işlemler kısmında bulunan Tablo 3.3.'de verilmiştir. Bu periyotların giriş ve çıkışlarında ayrı ayrı numuneler alınmış ve istenen tüm deneyler yapıp sonuçları kaydedilmiştir. Alistırma evresinde ilk önce tam karışimli reaktörde bekleme süresi 48 saat olarak uygulanmış fakat gaz miktarı düşük olduğundan bekleme süresi 1 haftaya çıkarılmış ve istenilen değerlere ulaşılmıştır. Bu işlemler sonrasında periyotlar arası bekleme süresi 1 hafta olarak belirlenmiş ve tavuk atığının biyogaz oluşumuna etkisinin gözlemlenmesi için süt miktarı sabit 2 ml olarak belirlenmiştir. Tüm bu çalışmalar sonunda alıştırma evresi tamamlanmış ve ilk periyot uygulanmıştır.

4.1. Anaerobik İşlem Öncesi Amonyak Sıyırma Çalışmaları

4.1.1. Havalandırma Öncesi Harcanan NaOH

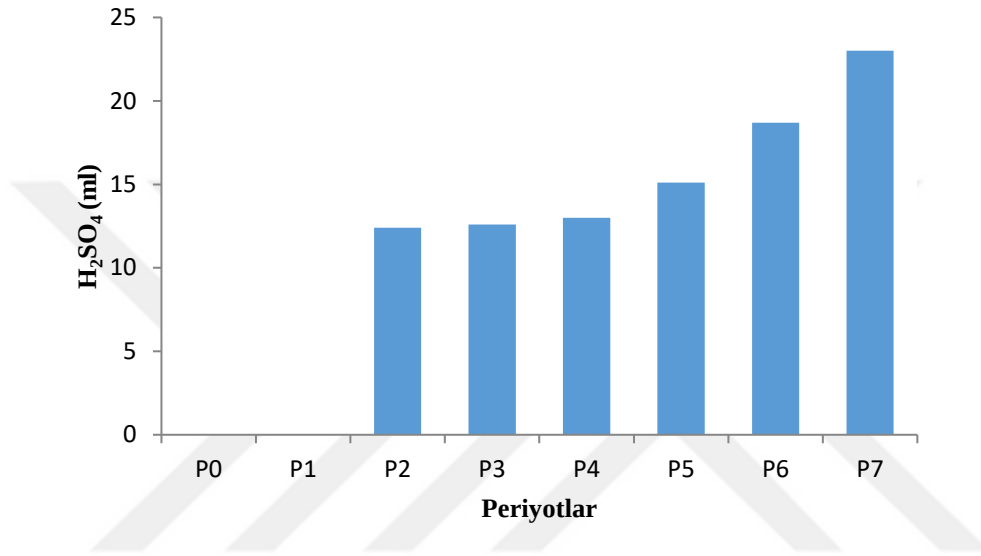
Tavuk altlığını sisteme vermeden önce içeriğindeki yüksek amonyağı sıyırmak amacıyla NaOH kullanılmıştır. NaOH ile pH'ı yükseltip yaklaşık 45 dakika hava taşı ile havalandırma yapılmıştır. Bu süre sonunda pH'ı H_2SO_4 kullanarak tekrar düşürüp reaktöre verilmiştir. Şekil 4.1' den de anlaşılacağı üzere genel olarak tavuk altlığı miktarı arttıkça harcanan NaOH miktarı da artmıştır. Örneğin P1'de 17,2 ml NaOH harcanmış P2'de 14,1 ml, P3'de 17,5 ml, P4'de 19 ml, P5'de 28 ml, P6'da 31 ml ve P7'de ise 48 ml NaOH harcanmıştır.



Şekil 4.1. Periyotlara göre harcanan NaOH

4.1.2. Hava Sonrası Harcanan H_2SO_4

H_2SO_4 'ü ise amonyak sıyırmak için kullandığımız NaOH'dan sonra yükselen pH seviyesini reaktöre vermeden önce düşürmek için kullanılmıştır. Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi harcanan NaOH miktarına paralel olarak her periyotta düzenli olarak artış göstermiştir. Örneğin P1'de 11.8 ml, P2'de 12.4 ml, P3'de 12.6 ml, P4'de 13 ml, P5'de 15.1 ml, P6'da 18.7 ml ve P7'de ise 23 ml H_2SO_4 harcanmıştır.



Şekil 4.2. Periyotlara göre harcanan H_2SO_4

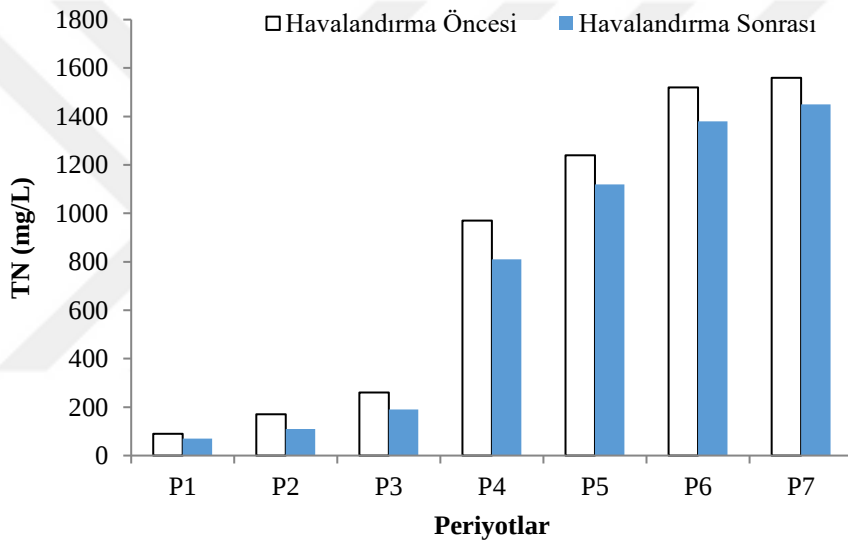
4.1.3. Hava Öncesi ve Sonrası Toplam Azot

Literatürde serbest amonyak azotu miktarının, domuz atıkları ile işletilen anaerobik çürütücüler üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada ise 150 mg/L inhibisyonun başladığı değer olarak saptanmıştır. 160 gün boyunca işletilen reaktörlerdeki serbest amonyak değeri 5 mg/L ile 600 mg/L arasında, periyodik olarak arttırılmıştır. pH değerleri 6 ile 8 arasında tutulmuş, amonyak azotu değerinin periyodik olarak arttırılabilmesini sağlayacak şekilde gerekli pH ayarlamaları yapılmıştır. Deney periyodu sonucunda, metanojen bakterilerinin tolere edebileceği maksimum serbest amonyak azotu miktarı 332 mg/L olarak saptanmıştır. Çalışma neticesinde, amonyak inhibisyonunun engellenmesi için pH'ın asit ilavesi ile değiştirilmesinin etkili olduğu bulunmuştur. Fakat azot giderme yöntemleri ile toplam azotun gerekli seviyelere çekilmesinin, büyük ölçekli sistemler için ekonomik açıdan daha avantajlı olacağı ifade edilmiştir [32].

Bu çalışmada azotun inhibisyon etkisini önlemek için pH ayarlaması yapılmıştır. Altıgünlük reaktöre eklemekten önceki işlemlerde sıvılaştırılmış altıgünlük NaOH eklenip pH 12 civarlarına yükseltilmiştir. Daha sonra hava taşı kullanılarak yaklaşık 40 dakika havlandırmaya tabi tutulmuştur. Bu işlem öncesi ve sonrasında toplam azot miktarları belirlenip kaydedilmiştir.

Böylece havalandırma ile sıyrılan azot miktarları belirlenmiştir. P1’de giriş 90 mg/L, çıkış 70mg/L okunmuştur. P2’de giriş 170 mg/L, çıkış 110 mg/L okunmuştur. P3’de giriş 260 mg/L, çıkış 190 mg/L okunmuştur. 50 gr altlıkla çalışılan 4. Periyotta Azot miktarı olukça yükselmiştir. 4. Periyotta giriş 970 mg/L çıkış ise 810 mg/L olmuştur. P5’de giriş 1240 mg/L, çıkış 1120 mg/L okunmuştur. P6’da giriş 1520 mg/L, çıkış 1380 mg/L okunmuştur. 100 gr altlık kullandığının son periyotta giriş 560 mg/L, çıkış 450 mg/L okunmuştur.

Şekil 4.3.’den anlaşılacağı üzere gaz sıyrma yöntemiyle amonyak giderimi istenen seviyede olmamıştır. Bunun sebebinin bu sıyrma işleminde azotun serbest halde değil de proteine bağlı halde bulunduğu ve sıyrmanın az olmasının bundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla pH yükselmesi ile amonyak sıyrma istenilen verimde gerçekleşmemiştir.



Şekil 4.3. Periyotlara göre hava sıyrma öncesi ve sonrası azot miktarı değişimi

4.2. Süt Atığı Ve Kanatlı Hayvan Altlığı Karışımı olan Atıksuyun Anaerobik Giderimi ve Biyogaz Eldesi

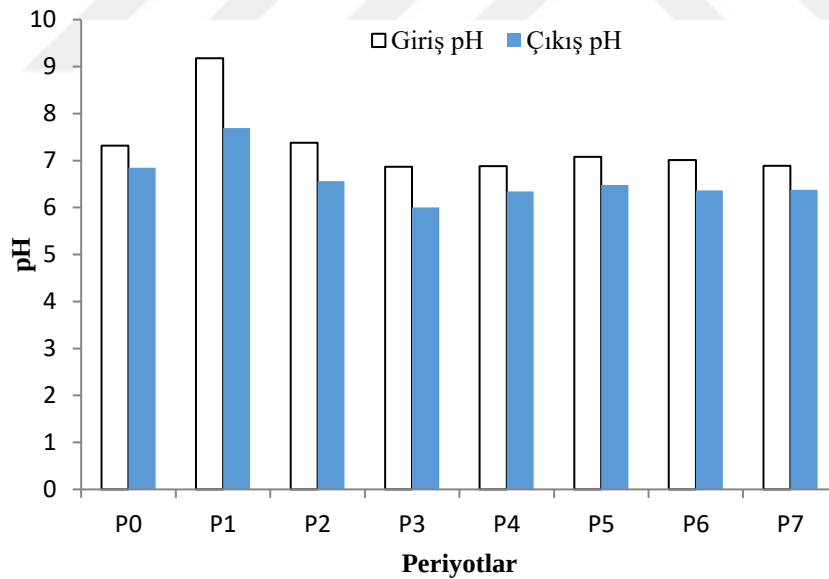
4.2.1. pH

Kanatlı atığından biyogaz eldesinde pH çok önemlidir. pH seviyesindeki değişiklikler reaktördeki bakterilerin çalışmasını olumsuz etkileyeceğinden yeniden alıştırma sürecine dönmeyi gerektirebilir. Ayrıca pH’ın çok düşmesi alkalinitenin de düşmesine sebep olur ve yüksek olması ise KOİ giderimini durdurur. Alkalinite aşırı düşerse reaktöre yeniden kimyasal ilavesi gerekecektir. Bu durumların önlenmesi için giriş ve çıkış numunelerinde pH sürekli olarak kontrol edilmiştir.

Literatürde belirtilen pH düzeyi, karbon dioksit-bikarbonat ($\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^-$) ve amonyak-amonyum ($\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$) arasındaki tampon etkiden dolayı oluşan organik dolayısı ile biyogaz potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmaz. Dengeye ulaşan bir tesiste pH, olağan olarak 7-8,5 arasındadır. Bu değerin 6,2'nin altına inmesi, metan bakterileri üzerinde toksik etki yaratır. Metan oluşturuıcı bakteriler için en uygun pH değerleri nötr veya hafif alkali değerlerdir. Anaerobik şartlarda fermentasyon işlemi devam ederken 7- 7,5 arasında değişir. Asit oluşturuıcı bakterilerin ise sayısı artarak pH'nın düşmesine ve metan oluşumunun durmasına sebep olabilirler. Bu gibi durumlarda reaktöre organik madde yüklenmesi kesilerek asit oranının düşmesi sağlanır [33].

Bu çalışmada şekil 4.4.'de görüldüğü gibi pH değerleri tavuk altlığının ilk reaktöre verildiği periyotta giriş pH değeri 7,32 iken çıkış pH 6,85'e düşmüştür. Tavuk atığını verdiğimiz ilk periyot olan birinci periyotta giriş pH değeri 9,18'e kadar yükselmiş çıkış değeri 7,69 olmuştur. Bundan sonraki periyotlarda giriş değeri ortalama olarak 7 civarlarında iken çıkış değerleri de ortalama olarak 6,35 civarlarında nötre yakın seyretmiştir.

Grafik detaylı şekilde incelendiğinde süt atığından kaynaklanan pH kararsızlığının çalışma boyunca etkisi olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durumu yani pH'ın kararsız olmasını önlemek için sisteme tablo 3.1.'de görülen tampon çözeltiler ilave edilerek bu problem ortadan kaldırılmıştır.

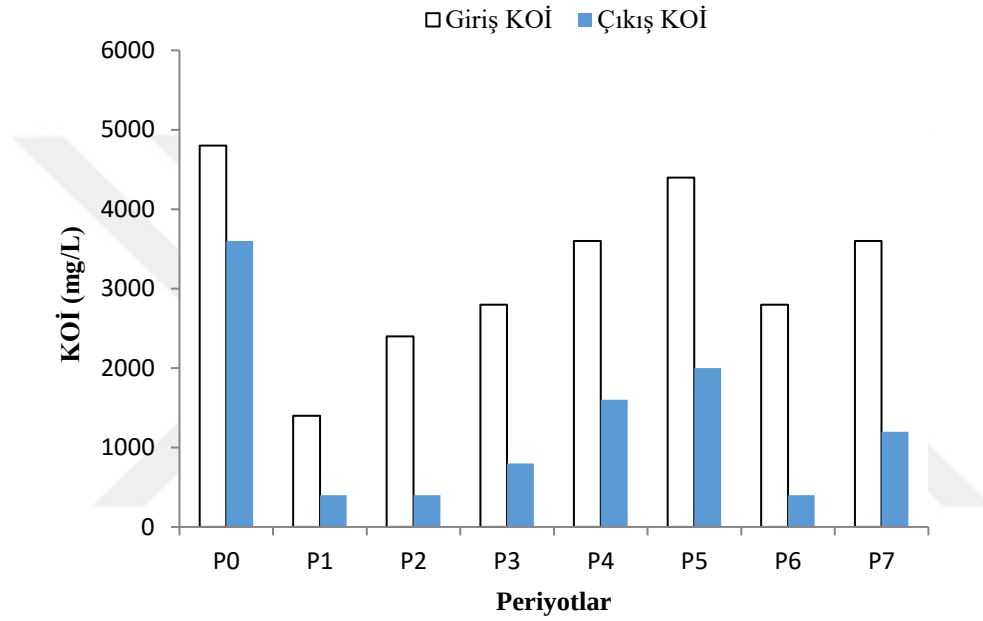


Şekil 4.4.Periyotlara göre pH değişimi

4.2.2. KOİ Giderimi

KOİ'de ise P0 alıştırma evresinde giriş değeri 4800 mg/L olarak okunmuş çıkış ise 3600 mg/L olduğu şekil 4.5.'de görülmektedir. Altlığı reaktöre eklediğimiz ilk periyotta KOİ giriş değeri

1400 mg/L'ye düşmüş çıkış değeri ise 1200 mg/L okunmuştur. P1'de havalandırma sonrası pH'ı düşürmediğimiz için KOİ giderimi olmamıştır. P0 sentetik atıksuyun olduğu şart olduğundan KOİ giriş değerleri yaklaşık olarak ayarlanabilmektedir. P1 şartı artık alıştırma evresi olmayıp gerçek atık suyu ifade etmektedir. P2'de giriş değeri 2400 mg/L iken çıkış değeri 400 mg/L okunmuştur. P3'de giriş değeri 2800 mg/L çıkış ise 800 mg/L okunmuştur. 50 gr altlık eklediğimiz 4. Periyotta ise giriş değeri 3600 mg/L iken çıkış değeri 1600 mg/L olmuştur. Yani yaklaşık olarak KOİ giderimi 2000 ppm civarlarında seyretmiştir. Bu değer sistemin KOİ giderim kapasitesidir.



Şekil 4.5.Periyotlara göre KOİ giderimi

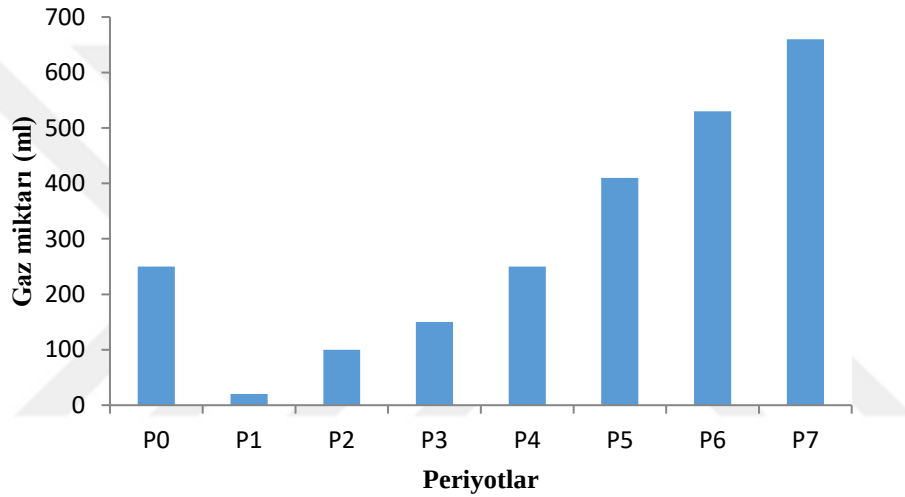
4.2.3. Gaz Oluşumu

Şekil 4.6.'da periyotlara göre gaz oluşumları verilmiştir. Alıştırma evresinde 250 ml gaz oluşumu gözlenirken, P1 evresinde gaz oluşumu 20 ml'ye kadar düşmüştür. Çünkü P1 evresinde havalandırma sonrasında pH'ı düşürmeden yüksek pH ile reaktöre verilmiştir. Daha sonraki P2 periyodunda 100 ml gaz oluşumu gözlenmiştir. P3'de 150 ml, P4'de 250 ml, P5'de 410ml, P6'da 530 ml ve P7'de 660 ml gaz oluşumları gözlemlenmiştir. Şekil 4.3.'den de anlaşılabileceği üzere periyotlarda reaktöre eklenen tavuk atıkları doğru orantılı olarak oluşan gaz miktarını artırmıştır.

Oluşan gaz miktarları periyotlara göre incelendiğinde KOİ giderimi ile bir uyumsuzluk gözükmemektedir. Şöyle ki P3, P4, P5, P6 ve P7 şartlarında reaktörün KOİ giderme kapasitesi yaklaşık olarak 2000 mg/L civarlarında sabit kalmışken gaz oluşumları sürekli artmıştır. Bunun sebebi hava

sıyırma azot gideriminin az olması kalan azotun ise reaktörde biyolojik parçalanma sonucu açığa çıkmasıdır.

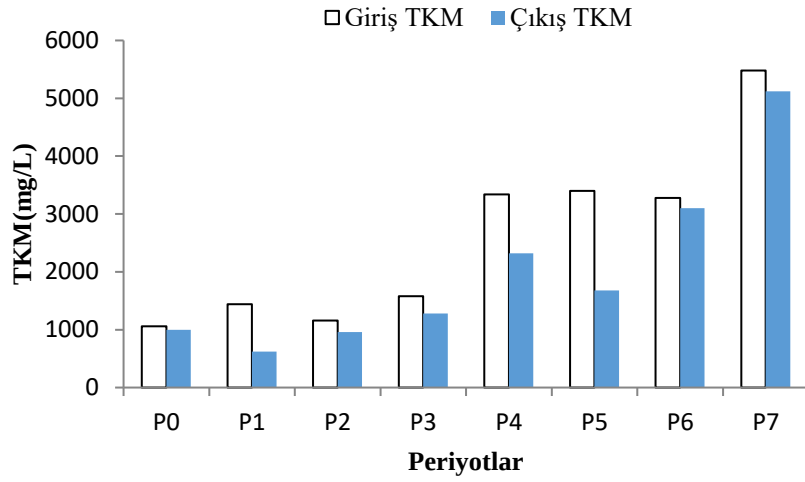
Arpa samanı, mısır sapları ve mısır atıkları için belirtilen biyogaz potansiyeli aralığı 290 – 460 m³/ton UKM'dir. Bu değerlere bakıldığında, bu tür ürünlerin altlık olarak kullanılmasının biyogaz potansiyeline etkisinin olduğu söylenebilir. Ayrıca altlığın, biyogaz verimine pozitif anlamda %20'ye kadar etkisinin olduğu bilinmektedir [17]. Bu çalışmada altlık malzemesi olarak arpa samanı kullanılmıştır. En az altlık kullanılan P1'de ve en çok altlık kullanılan P7'de UKM yüzdeleri sırayla %84 ve %76'dır. Bu periyotlarda oluşan gaz 20 ml ve 660 ml'dir. Literatürdeki gibi altlık kullanımı ile biyogaz oluşumu arasında ilişki saptanmıştır.



Şekil 4.6.Periyotlara göre oluşan gaz

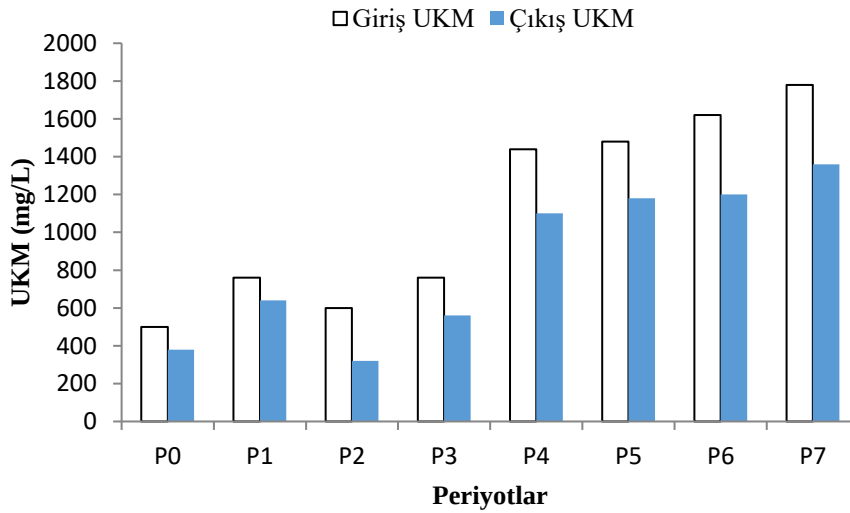
4.2.4. TKM ve UKM

Toplam katı madde şekil 4.7.'de görüldüğü gibi alıştırma evresi olan P0 da giriş değeri 1060 mg/L iken çıkış değeri 1000 mg/L olarak ölçülmüştür. Tavuk gübresini reaktöre verdiğimiz ilk periyotta giriş değeri 1440 mg/L ölçülmüş, çıkış değeri ise 620 mg/L olarak ölçülmüştür. P2'de giriş 1160 mg/L çıkış 960 mg/L olarak ölçülmüştür. P3'de giriş 1580 mg/L iken, çıkış 1280 mg/L olarak ölçülmüştür. Fakat bundan sonraki periyotlarda örneğin 50 gr altlık kullandığımız 4. Periyotta giriş değeri 3340 mg/L'ye yükselmiş çıkış değeri ise 2320 mg/L olarak ölçülmüştür. P5'de giriş değeri 3400 mg/L olarak ölçülmüş, çıkış 1680 mg/L olarak ölçülmüştür. P6'da giriş 3280 mg/L olarak ölçülmüş, çıkış 3100 mg/L olarak ölçülmüştür. 100 gr altlık kullandığımız son periyotta ise giriş değeri 5480 mg/L iken çıkış değeri 5120 mg/L ölçülmüştür. Bu da gösteriyor ki altlık miktarı arttıkça TKM değeri de artmıştır. Giderimde yaşanan dalgalanma ise altlıktaki saman miktarı ile alakalıdır.



Şekil 4.7. Periyotlara göre toplam katı madde (TKM) değişimi

Uçucu katı madde Şekil 4.8’de görüldüğü gibi alıştırma evresinde giriş değeri 500 mg/L iken çıkış değeri 380 mg/L olmuştur. P1’de tavuk atığı reaktöre eklenince giriş değeri 760 mg/L çıkış değeri ise 640 mg/L olarak ölçülmüştür. Yine uçucu katı madde de toplam katı madde’de olduğu gibi 4. Periyotta 50 gr tavuk atığı eklenince giriş değeri 1440 mg/L çıkış değeri ise 1100 mg/L olarak ölçülmüş önceki periyotlara göre değer yaklaşık olarak 2 katına çıkmıştır. Bundan sonraki 3 periyotta ise değerler doğru orantılı olarak artmaya devam etmiştir. P5 de giriş değeri 1480 mg/L çıkış değeri 1180 mg/L, P6 da giriş değeri 1620 mg/L, çıkış değeri 1200 mg/L ve P7 de ise giriş değeri 1780 mg/L, çıkış değeri ise 1360 mg/L olarak ölçülmüştür.

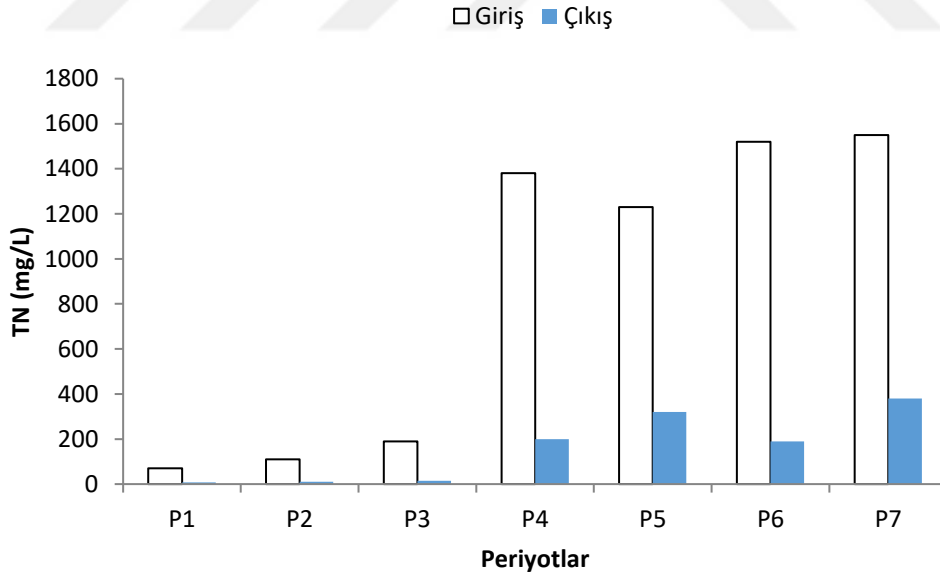


Şekil 4.8. Periyotlara göre uçucu katı madde (UKM) değişimi

4.2.5. Toplam Azot Giderimi

Literatürde yapılan bir çalışmada nötr koşullarda gerçekleştirilen deneylerde, toplam azot konsantrasyonunun 4920 ve 5770 mg/L olduğu değerleri için biyogaz oluşma oranlarında sırası ile %39 ve %64'lük azalmalar görülmüştür [10]

Bu çalışmada reaktördeki toplam azot literatürde belirtilen değerlerin biraz altında kalmaktadır. Bununla reaktörde kullanılan altlığın tamamının kanatlı dışkısından oluşmaması, saman gibi yatak malzemesinin de bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Toplam azot değişiminde şekil 4.9.'da görüldüğü gibi ilk periyotlarda altlık miktarı düşük olduğundan azot miktarları P1'de giriş 70 mg/L, çıkış 7mg/L olarak okunmuştur, P2'de giriş 110 mg/L, çıkış 10 mg/L olarak okunmuştur, P3'de giriş 190 mg/L, çıkış 15 mg/L okunmuştur. 50 gr altlık eklediğimiz 4. Periyotta toplam azot yaklaşık olarak ilk periyotlara göre 10 kat artmış giriş değeri 1380 mg/L, çıkış değeri ise 200 mg/L okunmuştur. P5'de giriş değeri 1230 mg/L, çıkış 320 mg/L okunmuştur. P6'da giriş 1520 mg/L, çıkış değeri 190 mg/L okunmuştur ve P7'de ise giriş 630 mg/L, çıkış 380 mg/L okunmuştur. Değerlere bakınca azotun hava sıyırma ile değil de reaktörde giderildiği görülmektedir. Altlıkta bulunan azotun serbest halde olmadığı proteine bağlı olduğu, mikroorganizmaların proteini parçalayınca azotun serbest hale geçtiği anlaşılmıştır.



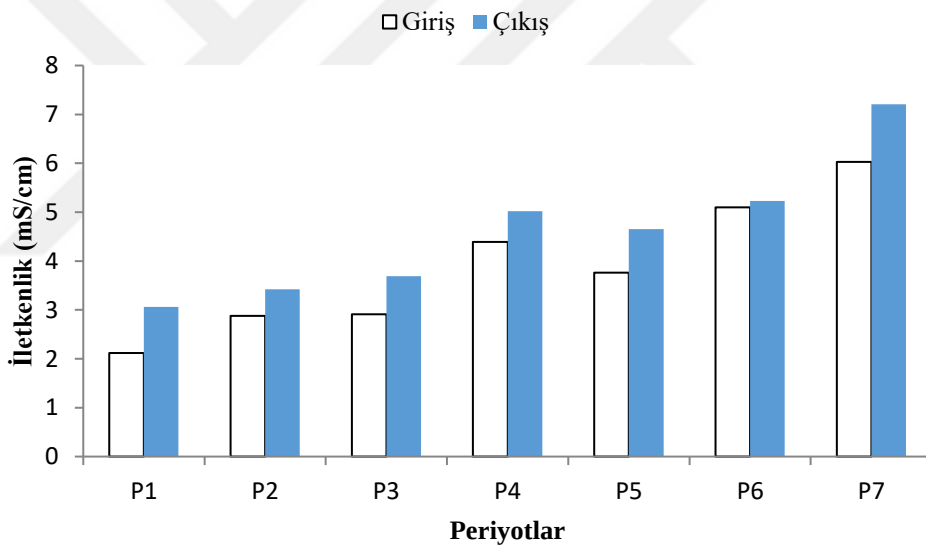
Şekil 4.9. Periyotlara göre reaktör toplam azot miktarı değişimi

4.2.6. İletkenlik

Literatürde yapılan bir çalışmada anaerobik çürütücü çamurlarının tolere edebileceği maksimum sodyum konsantrasyonunun tespiti için yapılmıştır. Besi elementi ve diğer tuzların

asgari sınıra indirilirken, sentetik sodyum kaynağı ile farklı konsantrasyon değerlerinde çürütme çalışmaları yapılmıştır. Toplam sodyum miktarı için inhibasyon limitinin 5 – 6 g/L olduğu ifade edilmiştir [34].

Bu çalışmada Şekil 4.10.'da görüldüğü gibi iletkenlik periyotlar arasında sürekli bir artış göstererek ilerlemiştir. P1'de giriş iletkenlik değeri 2.12 mS/cm çıkış 3.06mS/cm, P2'de giriş 2.88 mS/cm çıkış 3.42 mS/cm, P3'de giriş 2.91 mS/cm çıkış 3.69 mS/cm, p4'de giriş 4.39 mS/cm çıkış 5.02 mS/cm, P5'de giriş 3.76 mS/cm çıkış 4.65 mS/cm, P6'da giriş 5.1mS/cm çıkış 5.23 mS/cm ve en son P7 de giriş 6.03 mS/cm çıkış değeri ise 7.21 mS/cm olarak ölçülmüştür. İlk periyot ile son periyot arasında %200'ün üzerinde bir artış görülmektedir. Yani altlık miktarı arttıkça iletkenlik de artmıştır. Çıkış iletkenlik değerleri giriş iletkenlik değerlerinden daha fazla olmuştur. Buda bize atık sudaki çözünmüş katı madde konsantrasyonunun ve tuzluluk oranının arttığını ifade etmektedir.



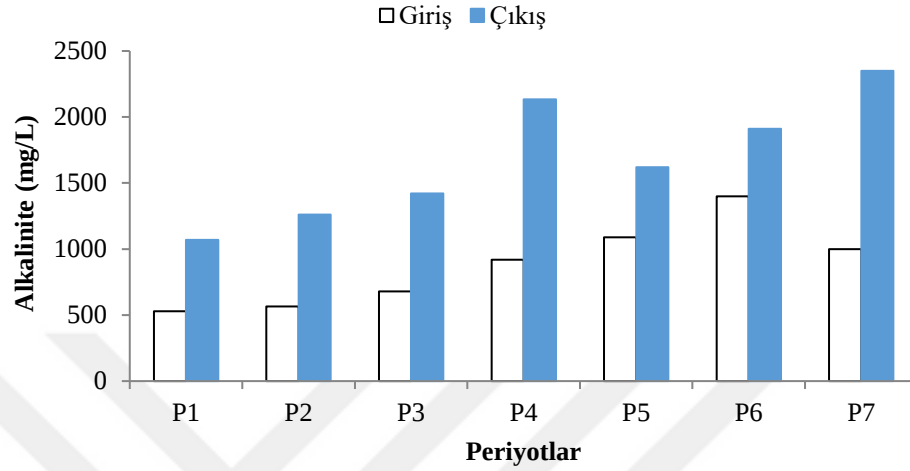
Şekil 4.10. Periyotlara göre iletkenlik

4.2.7. Alkalinite

Anaerobik şartlarda uçucu yağ asitleri ve CO₂ gazı, alkalinitenin düşmesine sebep olmaktadır. Hidroliz safhasından sonra uçucu yağ asitleri alkaliniteyi düşürür. Protein gibi azotlu organik bileşiklerin anaerobik ve aerobik parçalanmasından açığa çıkan amonyum oranına bağlı olarak metabolik alkalinite diye adlandırılan alkalinite oluşmuştur [35].

Bu çalışmada alkalinite değerleri literatürdeki çalışmalara benzer olarak alkalinite yükselmiştir. Şekil 4.11.'de görüldüğü gibi P1'de giriş 530 mg/L çıkış 1070 P2'de giriş 565 mg/L çıkış 1260mg/L P3'de giriş 680 mg/L çıkış 1420 mg/L P4'de giriş 920 mg/L çıkış 2135 mg/L P5'de

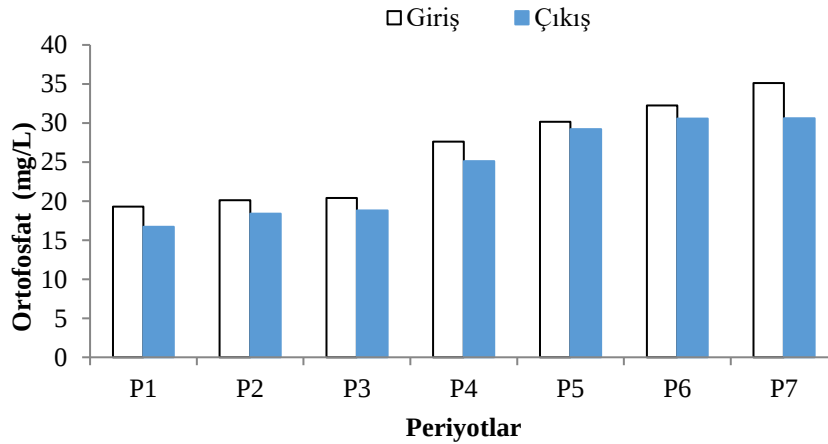
giriş 1090 mg/L çıkış 1620 mg/L P6’da giriş 1400 mg/L çıkış 1910 mg/L ve P7’de giriş 1000 mg/L çıkış 2350 mg/L olarak okunmuştur. Başlangıçta birkaç yüz mg/L olan giriş suyu çıkışta birkaç bin mg/L’ye yükselir.



Şekil 4.11.Periyotlara göre alkalinite değerleri

4.2.8. Ortofosfat Değerleri

Şekil 4.12.’de görüldüğü gibi ortofosfat değerleri de tavuk altlığı miktarı arttıkça artma eğilimi göstermiştir. P1 giriş 16.7 mg/L okunmuş P1 çıkış 19.3 mg/L, P2 giriş 18.4 mg/L okunmuş P2 çıkış 20.1 mg/L, P3 giriş 18.8 mg/L okunmuş P3 çıkış 20.4 mg/L, P4 giriş 25.10 mg/L okunmuş P4 çıkış 27.10 mg/L, P5 giriş 29.20 mg/L okunmuş P5 çıkış 30.15 mg/L, P6 giriş 30.55 mg/L okunmuş P6 çıkış 32.25 mg/L ve P7 giriş 30.6 mg/L iken P7 çıkış 42.05 mg/L okunmuştur.

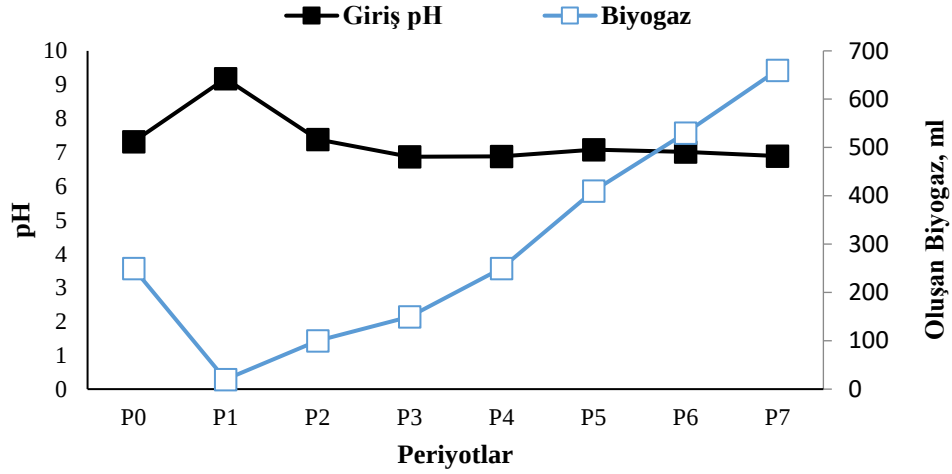


Şekil 4.12.Periyotlara göre ortofosfat değerleri

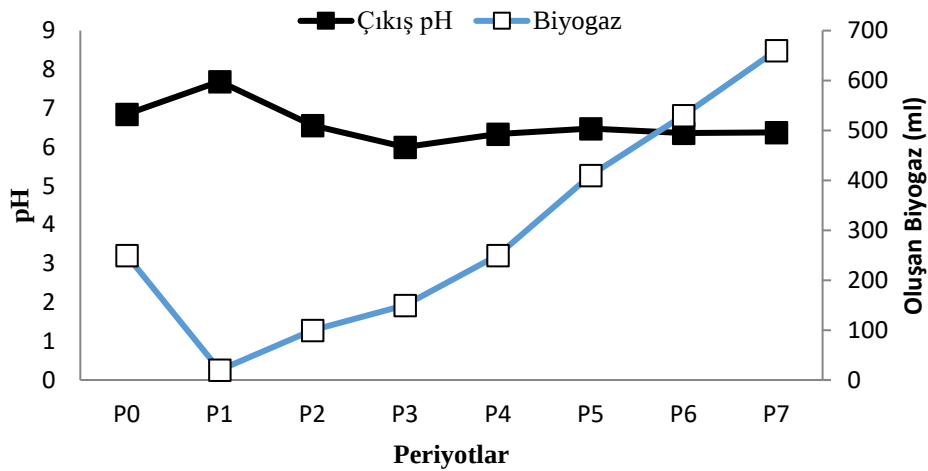
4.2.9. Reaktörde Biyogaz Oluşumu Süresince pH Değişimi

Şekil 4.13 ve 4.14 reaktörde oluşan biyogaz süresince giriş ve çıkış pH değişimini göstermektedir.

Çalışma süresi boyunca P1 şartı hariç 6.87-7.32 arasında sabit kalmıştır. P1 şartında gaz sıyırma çalışması esnasında gaz sıyırmak için yükseltlen pH düşürülmeyerek pH'nın reaktöre ne gibi etki edeceği araştırılmıştır. P1 de giriş atıksuyun pH değeri 11.8 civarında olmuştur. Bunun sonucunda oluşan biyogaz miktarı 250 ml den 20 ml ye kadar düşmüştür. Buna karşın çıkış pH ise yaklaşık 7.69 olmuştur. Bu durum göstermiştir ki nötr düzeyde olmayan giriş pH olsa dahi sistem alkanite harcadığı için çıkışta pH biyogaz oluşmadığı halde düşmüştür.



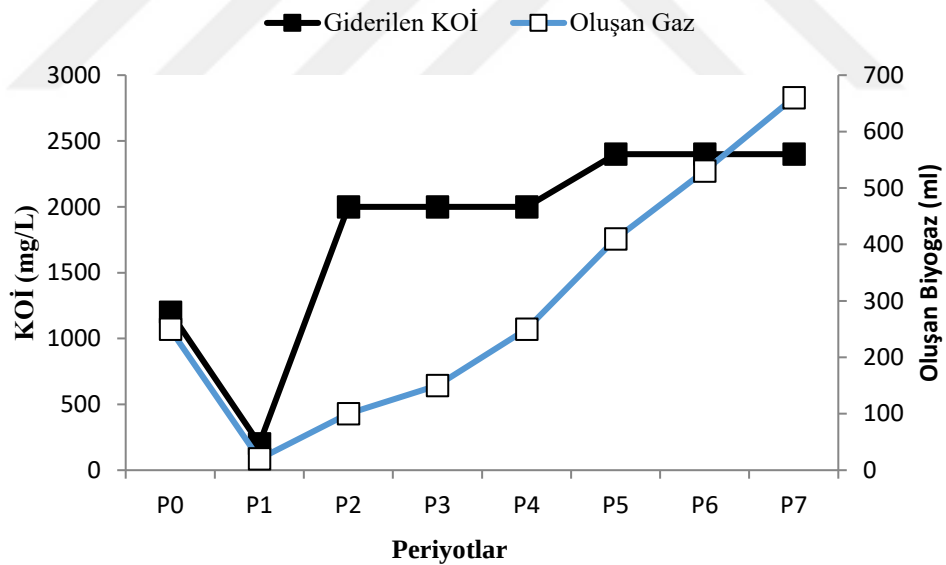
Şekil 4.13. Çalışma süresince giriş pH değişimine karşılık oluşan gaz



Şekil 4.14. Çalışma süresince çıkış pH değişimine karşılık oluşan gaz

4.2.10. Giderilen KOİ'nin Biyogaz Oluşumuna Etkisi

Şekil 4.15 giderilen KOİ'nin biyogaz oluşumuna etkisini göstermektedir. P0 şartı hazırlanan sentetik atıksuyun sonucudur. Sentetik atıksuda kolay parçalanabilen asetat olması sebebiyle giderilen KOİ'nin neredeyse tamamı biyogaza dönüşmüştür. P1 şartında ise artık gerçek süt atıksuyu ve tavuk altlığı karışımından oluşan iki farklı endüstrinin atıkları karıştırılarak sisteme verilmiştir. Yalnız bu şartta hem giderilen KOİ'nin hem de oluşan biyogazın düşük olması atık suyun gaz sıyırma çalışmaları sonucu yükseltilebilir pH'nın düşürülmemiş olmasıdır. P2, P3 ve P4 de giderilen KOİ yaklaşık 2000 mg/L olmasına rağmen biyogaz oluşumu artarak sırasıyla 100, 150 ve 250 ml olmuştur. Bu durum, KOİ'nin değişmediği halde biyogazın artması, göstermiştir ki bu şartlarda KOİ giderim kapasitesi yaklaşık 2000 mg/L dir. Bunun dışında artan biyogaz içeriğinde NH_3 'ün olduğu anlaşılmıştır. Çünkü KOİ değişmediği halde biyogaz miktarının artması ancak sistemde KOİ oluşturmayacek bir inert gazın oluşmasıyla anlaşılabilmektedir. P5 de giderilen KOİ kapasitesi 2000 den 2400 mg/L artması sistemdeki biyolojik faaliyetin arttığını göstermiştir. P6 ve P7 de KOİ giderim kapasitesi 2400 mg/L sabit kalarak burada da gaz artışının olması atıksu karışımında arttırılan tavuk altlığından kaynaklanan NH_3 olduğu apaçık anlaşılmıştır.

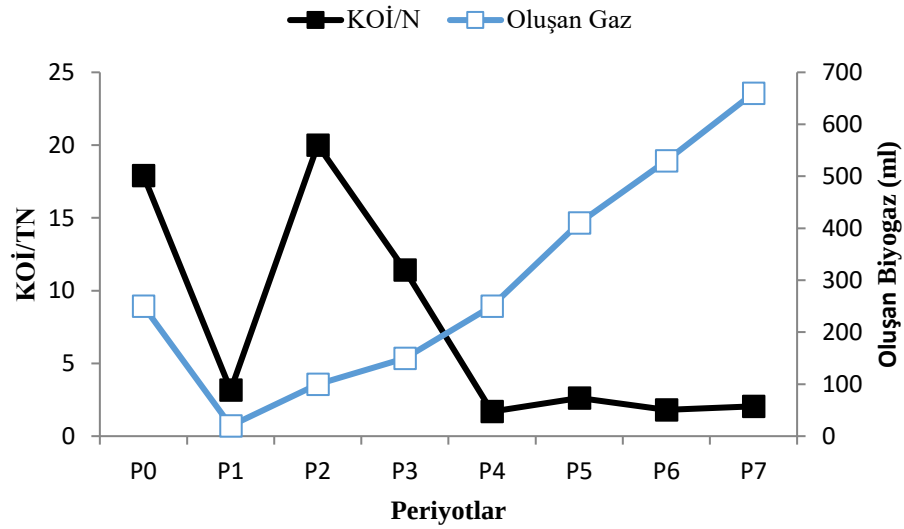


Şekil 4.15. Çalışma süresince KOİ gideriminin gaz oluşumuna etkisi

4.2.11. KOİ/TN Oranının Biyogaz Oluşumuna Etkisi

Şekil 4.16.'da KOİ/TN'un Biyogaz oluşumuna olan etkisini göstermektedir. Şekil detaylı bir şekilde incelendiğinde P0 da KOİ/TN oranının 20 civarlarında olduğunda oluşan gaz miktarı 250 ml olmuştur. P0 şartı kolay parçalanabilen asetatlı sentetik atıksudan oluşmuştur. KOİ/TN oranının P0 ile yaklaşık aynı olduğu P2 ye bakıldığında gaz oluşumu 100ml civarında olmuştur. Burdaki gaz

düşüşünün sebebi P2 şartı gerçek bir atıksu olması yani süt endüstrisi ve tavuk altılık atıksuyunun karışımı olmasıdır. Burda süt atıksuyunda bulunan kazein pH 'nın 6.5 civarında olmasını sağlayarak mikroorganizmaların çalışma hızını ve performansını etkilediğini apaçık göstermektedir. P3 ve P4 incelendiğinde KOİ/TN oranı düştükçe gaz oluşumu arttığı gözlenmemiştir. Bu durum bilinenin tersinedir. Biyogaz çalışmalarında C/N oranının 20-30 arasında en iyi gaz oluştuğunu literatür açıkça ortaya koymuştur [36]. Bizim bu çalışmamızdaki durumun ilk bakışta literatüre ters düştüğü anlaşılmaktadır. Oysaki KOİ/TN oranının 15 in altına düşmesi ile gaz oluşumunun artması oluşan biyogazımızdaki 100-150 ml üstündeki gazın NH_3 olduğu net bir şekilde anlaşılmaktadır. Yani bizim bu çalışmamızdaki ideal KOİ/TN oranının 15-20 arasında olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 4.16. KOİ/N oranının gaz oluşumuna etkisi

5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Kanatlı hayvan atıklarından biyogaz eldesinin araştırıldığı bu çalışmada, entegre süt tesisi atıkları ve kanatlı hayvan atıkları birlikte değerlendirilmiş ve biyogaz verimleri hesaplanmıştır. Bu atıkları çevresel sorun olmaktan çıkarıp biyogaz potansiyeli ile kazanç sağlanacak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

İçeriğindeki yüksek azot nedeniyle tavuk altlığının, C/N oranı düşük olan büyük baş hayvan altlığı ile veya yine içeriğindeki düşük azot miktarı nedeniyle süt endüstrisi atıkları ile karıştırılarak biyogaz üretim kapasitesi artırılabilirdiği gösterilmiştir.

Ayrıca tavuk altlığındaki azotu hava sıyırma yöntemi ile sıyrmanın verimli olmadığı çünkü bu altlıktaki azotun serbest halde değil de proteine bağlı halde bulunduğu anlaşılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada maksimum KOİ giderim kapasitesi 2400 mg/L olmuşken biyogaz oluşumu maksimum 660 ml olmuştur. pH seviyesi ilk periyot hariç diğer periyotlarda nötre yakın seyretmiştir. TKM değeri 1000 mg/L ile 5120 mg/L arasında değişmiştir. UKM değeri 380 mg/L ile 1360 mg/L arasında değişmiştir. Toplam azot değerine bakıldığında reaktöre giriş değerleri 70 mg/L ile 1350 mg/L arasında değişirken çıkış değerleri 7 mg/L ile 300 mg/L arasında değişmiştir. İletkenlikte ise giriş için 2,12 mS/cm ile 6,03 mS/cm olmuştur. Çıkış değerleri ise 3,06 mS/cm ile 7,21 mS/cm arasında olmuştur. Alkalinite değerleri giriş için 530 mg/L ile 1000 mg/L arasında değişmiş, çıkış değerleri ise 1070 mg/L ile 2350 mg/L arasında olmuştur. Ortofosfat değerleri giriş için 19,3 mg/L ile 35,1 mg/L arasında değişmiştir. Çıkış değerleri ise 16,7 mg/L ile 30,6 mg/L arasında değişmiştir.

Yine kanatlı atıkları biyogaz potansiyeli bakımından çok zengin bir içeriğe sahiptir. 1 m³ biyogaz 4,7kw/h enerji değerine sahiptir. Türkiye'deki kanatlı hayvan sayısı ve atık miktarları hesaplanınca; toplam kanatlı sayısı 2020 yılında 385.000.000 dur. Bir kanatlının yıllık ürettiği yaş gübre miktarı 0.022 ton olduğunu düşünürsek yıllık toplam 8.470.000 ton yaş gübre elde edilmiştir. Yine bir kanatlının yıllık 1.716 m³ biyogaz ürettiğini düşünürsek toplam hayvan sayısı hesaba alındığında 660.660.000 m³ biyogaz elde edilebilir. Bu biyogazın yaklaşık enerji değeri yıllık bazda 3.105.102.000 kw/h dir.

Türkiye' deki kanatlı hayvanlardan günlük 8.507.129 kw/h elektrik enerjisi elde edilebilir. Bu rakam aylık olarak 255.213.863 kw/h elektrik enerjisi demektir. Günümüzde ortalama 1 kw/h elektrik enerjisinin Türk Lirası cinsinden değeri 2.4 TL olduğu düşünülürse, günlük ülkemize enerji kazancı 20.417.110 TL etmektedir. Bu da aylık 612.513.271 TL ve yıllık 14.593.979.400 TL etmektedir.

Verilere bakıldığında ülkemizde 2020 yılında toplam 385 milyon kanatlı hayvanın bulunduğu ve bu canlıların oluşturduğu atıkların bertaraf edilmesi zorunluluğunu göstermektedir. Atıkların oluşturacağı sorunlar biyogaz üretimi ile önlenabilmektedir. Biyogaz üretimi ile

Ülkemizde hem ekonomik katkı hem ithalatın düşmesi hem de evre sorunlarının ortadan kalkmasına yardımcı olur.

Türkiye’de kanatlı hayvanların atığından biyogaz eldesi enerji potansiyeline bakıldığında toplam yıllık enerji miktarı yaklaşık 3.105.102.000 kw/h olarak hesaplanmıştır. Bu miktar ülkemizde enerjide petrole olan bağımlılığı düşüreceğinden ülkemiz ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Ayrıca lkemizdeki kanatlı hayvanların oluşturduğu 8.470.000 ton yaş atık evre sorunu olmaktan çıkarak hem enerji katkısı hem de kalan posanın tarım arazililerine gübre olarak kullanılması enerji ve gübre ithalatının düşmesine sebep olacaktır. Bu sebeplerle Türkiye’nin enerji ihtiyaçını düşürecek olan biyogaz tesislerinin çoğaltılması gerekmektedir. řu an ülkemiz biyogaz tesisleri varlığı bakımında Avrupa lkelerinin gerisindedir. Her bakımdan avantajlı ve kaynak sorunu bulunmayan biyogaz tesislerinin ülkemizde de artırılması gerekmektedir.

Yaptığımız bu çalışmada görüldüğü üzere evre açısında sorun teşkil eden kanatlı ve süt endüstrisi atık sularının bir arada daha büyük ölçekli pilot sistemlerde arıtılabileceği ve bu arıtmadan enerji eldesi yapılabilceğini ayrıca bu kapsamda yapılacak bütün çalışmalara yaptığımız bu çalışmanın fayda vereceği aşıkardır.

KAYNAKLAR

- [1] László, Z., Kertész, S., Mlinkovics, E., Hodúr, C. (2007) DairyWasteWaterTreatmentbyCombiningOzonationandNanofiltration. SeparationScienceandTechnology, 42,7, 1627-1637, doi: 10.1080/01496390701290508
- [2] http://www.alternatifpower.com.tr/resimler/2187644_1403534180.pdf (Erişim Tarihi:01.03.2017).
- [3] Türkiye Petrolleri, Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. 2015. <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu>
- [4] TÜİK 2020 Türkiye'deki kanatlı hayvan varlığı
- [5] Bond, Tom, and Michael R. Templeton. "Historyandfuture of domesticbiogasplants in thedevelopingworld." *EnergyforSustainabledevelopment* 15.4 (2011): 347-354.
- [6] Pekyavaş G., Gömeç Ç (2017). Tavuk atıklarının havasız stabilizasyonu sonrasında anaerobik amonyak giderimi ve biyogaz geri kazanımının araştırılması
- [7] Matheri, A. N., Ndiweni, S. N., Belaid, M., Muzenda, E., &Hubert, R. (2017). Optimisingbiogasproductionfromanaerobicco-digestion of chickenmanureandorganicfraction of municipalsolidwaste. *RenewableandSustainableEnergyReviews*, 80, 756-764.
- [8] Bujoczek, G., Oleszkiewicz, J., Sparling, R., &Cenkowski, S. (2000). High solidanaerobicdigestion of chickenmanure. *Journal of AgriculturalEngineeringResearch*, 76(1), 51-60.
- [9] Callaghan, F. J., Wase, D. A. J., Thayanithy, K., & Forster, C. F. (2002). Continuous co-digestion of cattle slurry with fruit and vegetable wastes and chicken manure. *Biomass and bioenergy*, 22(1), 71-77.
- [10] Angelidaki, I., Boe, K., &Ellegaard, L. (2005). Effect of operatingconditionsandreactorconfiguration on efficiency of full-scalebiogasplants. *Waterscienceandtechnology*, 52(1-2), 189-194.
- [11] He, S., Wang, J., &Zhao, X. (2005). Effect of ammoniumconcentration on themethanogenicactivity of anaerobicgranularsludge. *QinghuaDaxueXuebao/Journal of TsinghuaUniversity(China)*, 45(9), 1294-1296.
- [12] TÜİK. 2017. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>. (Erişim tarihi: 02.02.2017).
- [13] McNamara C.J., Anastasiou C.C., O'Flahert V., Mitchell R. 2008. Bioremediation of Olive Mill Wastewater, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 61: 27-134.
- [14] Walsh J.L., Ross C.C., Smith, M.S., Harper S.R. 1989. Utilization of Biogas, *Biomass*, 20: 277- 290.
- [15] IEA Bioenergy. 2005. Biogas Upgrading and Utilization. Task 24; Energy from Biological Conversion of Organic Waste, Report, 4-18.
- [16] Ayhan, A. 2013. Farklı karışım oranlarındaki sığır gübresi ve mısır silajdan mezofilik fermantasyonla üretilebilecek biyogaz miktarlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, UÜ Fen
- [17] Alçiçek A., Demirulus H. 1994. Çiftlik Gübresinin Biyogaz Teknolojisinde Kullanılması, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 3: 5-9.
- [18] Çallı, B. 2012. Atıklardan biyogaz üretimi, Türkiye Kimya Derneği. <http://mebig.marmara.edu.tr/Presentations/BiyogazUretimi.pdf>(Erişim [1] tarihi:05.05.2018).
- [19] Öztürk, M. 2005. Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [20] Çeken H.B. 1997. Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, Afyon.
- [21] Demir İ. 1993. Hayvan Atıklarından Biyogaz Eldesi. Türk Devletleri Arasında 2. İlimi İşbirliği Konferansı, pp179-186, 2-3 Kasım, Kazakistan.
- [22] Erzincanlı H. O. 2009. Türkiye'de atıklardan enerji üretimi ve biyogaz. *Enerji dünyası*
- [23] Biyogazder 2010 Kümes ve Ahır Gübresinin Geri Kazanılması ve Bertarafı Projesi Başlangıç Raporu, TÜBİTAK- MAM.

- [24] Kossmann W., Pönitz U. 1999. Basics Volume I, Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), GATE in Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany.
- [25] Çanka Kılıç F. 2011. Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye’deki Yeri, Mühendis ve Makina, 52 (617): 94-106
- [26] EKSİS. 2017. Biyogaz Enerji Hesabı. http://www.kurutma.net/biogaz_enerji_hesabi.html. (Erişim tarihi 25.01.2017).
- [27] Day, D.L., Processing manure for use as feed ingredients. In: Proc. International Symp. on Biogas, Microalgae and Livestock Wastes, China (1980) 31-42.
- [28] Akkova, I. 2008. Yenilenebilir enerji kaynakları, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 224 s
- [29] TÜİK 2010 Türkiye’deki işletmede olan biyogaz tesisleri sayısı
- [30] [Biyogazder.org/biyogaz-tesisleri/](http://biyogazder.org/biyogaz-tesisleri/)
- [31] Hayvansal Üretim İstatistikleri, TÜİK Veri Tabanı. 2019
- [32] Çiçek, Osman Ali. *Farklı Çiftlik Atıklarının Birlikte Çürütülmesi Ve Gaz Üretim Optimizasyonu*. Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [33] Debik E., Manav N., Çoşkun T. 2008. Biyolojik Temel İşlemler Ders Notları İstanbul.
- [34] Feijoo, U., Soto, M., Mhdez, R., Lema, J. M., (1995), Sodium inhibition in the anaerobic digestion process:Antagonism and adaptation phenomena, *Enzyme and Microbial Technology*, 17 : 180 - 188
- [35] Yüceer, S. "Anaerobik Filtrelerde Substrat Giderme Kinetiğine Sıcaklığın Etkisinin İncelenmesi." (2006).
- [36] Varank, G. 2006. Aerobik olarak stabilize edilmiş katı atıklar ile kompost ürününün karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız T. Ü. , Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Müh. Anabilim Dalı, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

İdris AKDOĞAN

[REDACTED]	
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	
[REDACTED]	[REDACTED]