

**BİYOĞAZ ENERJİLİ SERA ISITMA SİSTEMİNİN  
TASARIM ESASLARININ BELİRLENMESİ**

**Emre DÜLGER**  
**Yüksek Lisans Tezi**  
**Tarım Makinaları Anabilim Dalı**  
**Prof. Dr. Ali KASAP**  
**2013**  
**Her hakkı saklıdır**

**T.C  
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİYOĞAZ ENERJİLİ SERA ISITMA SİSTEMİNİN  
TASARIM ESASLARININ BELİRLENMESİ**

**Emre DÜLGER**

**TOKAT**

**2013  
Her hakkı saklıdır**

Prof. Dr. Ali KASAP danışmanlığında, Emre DÜLGER tarafından hazırlanan bu çalışma 13 / 02 / 2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ali KASAP

İmza:

Üye: Prof. Dr. Sefa TARHAN

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. M. Metin ÖZGÜVEN

İmza:

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Doç. Dr. Naim ÇAGMAN

Enstitü Müdürü

04./03/2013



## **TEZ BEYANI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**Emre DÜLGER**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BİYOĞAZ ENERJİLİ SERA ISITMA SİSTEMİNİN TASARIM ESASLARININ BELİRLENMESİ

Gaziosmanpaşa Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali KASAP

Bu çalışmada biyogaz enerjili sera ısıtma sisteminin tasarım esasları incelenmiştir. Biyogaz tesisi her biri 8 büyükbaş hayvan kapasiteli 3 reaktörden oluşmaktadır. Sera içerisinde borulu ısıtma sistemi kullanılmış olup 4 farklı sıcaklık derecesi (35°C, 40°C, 45°C, 50°C) seçilmiştir. Dış ortam sıcaklığına ve borularda dolaşan suyun sıcaklığına göre gerekli ısı yükü hesabı bulunmuştur. Yapılan çalışma sonuçlarına göre sera dış sıcaklığı arttıkça gerekli, olan enerji ihtiyacı azalmaktadır. Dış ortam sıcaklığı 13 °C olduğunda cam serada gerekli olan ısı enerjisi için biyogazdan elde edilen ısı enerjisi yeterli olmamakta ve 19,3 MJ'lük ek enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Dış ortam sıcaklığı 13 °C'den büyük olduğunda cam serada biyogazdan elde edilen ısı enerjisiyle sera ısıtılması yeterli olmuştur. Dış ortam sıcaklığı 11 °C'den büyük olduğu zaman plastik serada gerekli olan ısı enerjisi için biyogazdan elde edilen enerjiyle sera ısıtılması yeterli olmuştur. Büyükbaş hayvan atığı ile mısır silajı karışımından oluşan atık, pilot ölçekli havasız çürütme prosesinde, termofilik şartlarda (55°C) ve 40 günlük hidrolik bekletme süresinde stabilize edilmiş ve çalışma neticesinde reaktörde elde edilen Toplam Kuru Madde (TKM) ve Uçucu Katı Madde (UKM) giderim verimleri sırasıyla %54,2 ve %64,8'e kadar yükselmiştir. Çalışmada reaktörde üretilen biyogazın metan yüzdesinin %52,0 ile %55,0 aralığında değiştiği ve günlük olarak üretilen metan miktarının ise 0,07 – 0,22 L<sub>metan</sub>/gUKM<sub>beslenen</sub> aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

2013, 59 Sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Biyogaz Enerjisi, Sera, Sera Isıtma

## **ABSTRACT**

M. Sc. Thesis

### **DETERMINATION OF DESIGN FUNDAMENTALS OF GREENHOUSE HEATING SYSTEM WITH BIOGAS ENERGY**

Gaziosmanpaşa University  
Institute of Science  
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Ali KASAP

In this study, the design fundamentals of a greenhouse heating system with biogas energy was examined. Biogas plant include three reactor and everyone of the reactors has eight cattle capacities. In a greenhouse, pipe heating system was used and four heating temperatures (35°C, 40°C, 45°C, 50°C) were selected for study. The required heating calculation was found according to external environment temperature and circulated water temperature in pipes. According to this result of this study, he required energy was decresd with an increased the external environment temperature. When the outside ambient temperature was 13°C, the obtained heat energy from biogas is not enough to the glass greenhouse heating, so, there is a need for additional energy 19.3 MJ. When the outside ambient temperature is greater than 13°C, the obtained heat energy from biogas was found enough to the glass greenhouse heating. When the outside ambient temperature is greater than 11°C, the heat energy obtained from biogas was found enough to the plastic greenhouse heating. The waste mixtured with cattle waste and silage maize were stabilized under the termofilic conditions at 55°C and during 40 days hidrolic holding. In this result of study, Total Solid Matter (TSM) and Volatile Suspended Solids (VSS) yields of reactor was increased to 54.2% and 64.8% values, respectively. In this study, biogas methan value produced in reactor was changed between 52.0% to 55.0 and methan produced per day was determined between 0.07 to 0.22  $L_{\text{methan}}/gUKM_{\text{feeding}}$ , respectively.

**2013, 59 Pages**

**Key Words:** Biogas Energy, Greenhouse, Greenhouse Heating

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve öğrettikleriyle her zaman yoluma ışık tutan danışman Prof. Dr. Ali KASAP'a, tez çalışma sırasında ve yazımında yardımları esirgemeyen kıymetli hocalarıma, eğitim ve öğretim hayatım boyunca benim her zaman yanımda olan ve yardımlarını hiçbir zaman benden esirgemeyen, anlayış ve sevgisini eksik etmeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Emre DÜLGER  
Mart 2013

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....</b>	<b>8</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1. MATERYAL.....</b>	<b>15</b>
3.1.1. Biyogaz Tesisi .....	15
3.1.1.1. Biyogaz Üretim Tesisi .....	15
3.1.1.2. Besleme Sirkülasyon Pompaları .....	19
3.1.1.3. Karışım Hazırlama Tankı .....	19
3.1.1.4. Biyogübre Havuzu .....	20
3.1.1.5. Kombi .....	20
3.1.1.6. Kontrol Odası .....	20
3.1.2. Cam Sera .....	21
3.1.3. Plastik Sera .....	22
3.1.4. Ölçüm Cihazları .....	23
3.1.4.1. Sıcaklık ve Nem Ölçer .....	23
3.1.4.2. pH Ölçer .....	24
3.1.4.3. Basınç Ölçer .....	24
3.1.4.4. Gaz Ölçer .....	25
<b>3.2. YÖNTEM .....</b>	<b>26</b>
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>30</b>
4.1. Sera İçi Sıcaklık Değerleri .....	30
4.2. Tokat İli Meteorolojik Değerleri .....	32
4.3. Seralarda Dış Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Gerekli Isı Yüğü İhtiyacı .....	33
4.4. Biyogübre Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	38
4.4.1. Toplam Katı Madde (TKM) .....	43
4.4.2. Uçucu Katı Madde (UKM) .....	44
4.4.3. Toplam Organik Karbon (TOK) .....	44
4.4.4. TKN .....	45
4.4.5. Hidrojen Yüzdesi .....	45
4.4.6. Karbon Yüzdesi .....	46
4.4.7. Azot Yüzdesi .....	47
4.4.8. Karbon / Azot Oranı (C/N) .....	47
4.4.9. Fosfor .....	48
4.4.10. Salmonella ve E.coli .....	48
4.4.11. Ağır Metaller .....	48
4.4.11.1. Kurşun (Pb) .....	48
4.4.11.2. Kadmiyum (Cd) .....	49
4.4.11.3. Krom (Cr) .....	50

4.4.11.4. Bakır (Cu) .....	50
4.4.11.5. Nikel (Ni) .....	51
4.4.11.6. Çinko (Zn) .....	52
4.4.11.7. Civa (Hg) .....	52
4.4.11.8. Mangan (Mn) .....	53
<b>5. SONUÇLAR</b> .....	54
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	56
<b>7. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	59

## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
CH <sub>4</sub>	Metan
°C	Santigrat Derece
cm	Santimetre
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
kcal/m <sup>3</sup>	Kilokalori/metreküp
m <sup>3</sup>	Metreküp
kg	Kilogram
GWh	Gigawatt saat
Milyon m <sup>3</sup>	Milyon metreküp
kg/cm <sup>2</sup>	kilogram/santimetrekare
m <sup>2</sup>	metrekare
cm <sup>3</sup> /dak	Santimetreküp/dakika
W	Watt
W/m <sup>2</sup>	Watt/metrekar
ml	Mililitre
L	Litre
g/ml	Gram/mililitre
mg/L	miligram/litre
mg/kg	miligram/kg
Pb	Kurşun
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Cu	Bakır
Ni	Nikel
Zn	Çinko
Hg	Civa
Mn	Mangan
mm	milimetre
m/s	metre/saniye

cal/cm<sup>2</sup> kalori/santimetrekare

Gj Gigajul

**Kısaltmalar**

**Açıklama**

Bin TEP

Bin ton eşdeğer petrol

HRT

Hidrolik alıkonma süresi

KM

Katı madde

UKM

Uçucu katı madde

KOİ

Kimyasal oksijen ihtiyacı

TKM

Toplam katı madde

TOK

Toplam organik karbon

TKN

Toplam kjeldahl azotu

C/N

Karbon/azot oranı

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 1.1. Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarı .....	2
Çizelge 1.2. Ülkemizdeki birincil enerji kaynakları üretimi .....	3
Çizelge 1.3. Türkiye'nin hayvansal atık potansiyeline karşılık gelen üretilebilecek biyogaz miktarı ve taşkömürü eşdeğeri .....	4
Çizelge 3.1. Cam seranın özellikleri .....	21
Çizelge 3.2. Plastik seranın özellikleri .....	22
Çizelge 3.3. Sıcaklık ölçüm cihazının teknik özellikleri .....	23
Çizelge 3.4. Gaz ölçüm cihazının bazı teknik özellikleri .....	25
Çizelge 4.1. Çeşitli bitkilerin yetişme devrelerinde istemiş oldukları en uygun sıcaklık dereceleri .....	30
Çizelge 4.2. Cam ve plastik sera içi sıcaklık değerleri .....	31
Çizelge 4.3. Tokat ili meteorolojik değerleri .....	32
Çizelge 4.4. Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak seraların m <sup>2</sup> başına düşen ortalama enerji ihtiyacı .....	36
Çizelge 4.5. Cam serada ısıtma suyu için hesaplanan enerji ortalamalarına göre sera içi boru uzunluğu .....	37
Çizelge 4.6. Plastik serada ısıtma suyu için hesaplanan enerji ortalamalarına göre sera içi boru uzunluğu .....	37
Çizelge 4.7. Reaktörde termofilik şartlarda (55°C) ve 40 günlük bekletme süresinde elde edilen sonuçlar .....	40
Çizelge 4.8. Havasız çürütme tesisi sonuçlarının literatür verileri ile karşılaştırılması .....	42
Çizelge 4.9. Topraktaki ağır metal sınır değerleri .....	42
Çizelge 4.10. Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü sınır değerleri .....	43

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1.	Biyogaz tesisinin görünümü..... 16
Şekil 3.2.	Biyogaz tesisi akım şeması teknik resim çizimi ..... 18
Şekil 3.3.	Reaktör atık hazırlama tankı görünümü ..... 19
Şekil 3.4.	Biyogübre havuzu ..... 20
Şekil 3.5.	Cam seranın dış görünümü ..... 21
Şekil 3.6.	Cam seranın iç görünümü ..... 22
Şekil 3.7.	Cam sera ısıtma boru düzeninin görünümü ..... 22
Şekil 3.8.	Plastik seranın görünümü ..... 23
Şekil 3.9.	Sıcaklık ölçüm cihazı ..... 24
Şekil 3.10.	pH - sıcaklık ölçüm cihazı ve probu..... 24
Şekil 3.11.	Basınç ölçer..... 25
Şekil 3.12.	Gaz ölçüm cihazı ..... 25
Şekil 4.1.	Seralarda su sıcaklığı 35 °C iken, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak enerji ihtiyacı ..... 33
Şekil 4.2.	Seralarda su sıcaklığı 40 °C iken, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak enerji ihtiyacı ..... 34
Şekil 4.3.	Seralarda su sıcaklığı 45 °C iken, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak enerji ihtiyacı ..... 34
Şekil 4.4.	Seralarda su sıcaklığı 50 °C iken, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak enerji ihtiyacı ..... 35
Şekil 4.5.	Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak seraların ortalama enerji ihtiyacı ..... 35
Şekil 4.6.	Reaktördeki birim beslenen UKM için biyogaz ve metan üretimi... 39
Şekil 4.7.	Reaktördeki TKM sonuçları ve TKM giderme verimleri..... 43
Şekil 4.8.	Reaktördeki UKM sonuçları ve UKM giderme verimleri ..... 44
Şekil 4.9.	Reaktördeki TOK konsantrasyonu değişimi ..... 45
Şekil 4.10.	Reaktördeki TKN konsantrasyonu değişimi ..... 45
Şekil 4.11.	Reaktördeki hidrojen yüzdesi değişimi ..... 46
Şekil 4.12.	Reaktördeki karbon yüzdesi değişimi ..... 46
Şekil 4.13.	Reaktördeki azot yüzdesi değişimi ..... 47
Şekil 4.14.	Reaktördeki C/N oranının değişimi ..... 47
Şekil 4.15.	Reaktördeki fosfor konsantrasyonu değişimi ..... 48
Şekil 4.16.	Reaktördeki kurşun (Pb) değişimi ..... 49
Şekil 4.17.	Reaktördeki kadmiyum (Cd) değişimi ..... 49
Şekil 4.18.	Reaktördeki krom (Cr) değişimi ..... 50
Şekil 4.19.	Reaktördeki bakır (Cu) değişimi ..... 51
Şekil 4.20.	Reaktördeki nikel (Ni) değişimi ..... 51
Şekil 4.21.	Reaktördeki çinko (Zn) değişimi ..... 52
Şekil 4.22.	Reaktördeki civa (Hg) değişimi ..... 53
Şekil 4.23.	Reaktördeki mangan (Mn) değişimi ..... 53

## 1. GİRİŞ

Günümüzde insan yaşam kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan bir tanesi de enerjidir. Yaşam faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde enerjinin farklı biçimleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, ülkelerin gelişmişlik göstergelerinden bir tanesi de yılda kişi başına tüketilen enerji miktarıdır. Gelişmekte olan ülkemizde yaşam kalitesi arttıkça bu değerlerin gelişmiş ülkelerin seviyesine çıkacağı muhakkaktır.

Gelişen teknoloji ve Dünya nüfusunun hızla artmasına paralel olarak enerji ihtiyacı da hızla artmaktadır. Ancak yaygın olarak kullanılan fosil yakıtların miktarının azalması ve CO<sub>2</sub> salınımı sonucu oluşan çevreye olan zararlı etkileri nedeniyle, alternatif enerji kaynaklarına yönelim artmaktadır. Ülkemizde alternatif enerji kaynaklarının tercihinde, tabiatın kendi ekolojik döngüsünde kullandığı biyoyakıt enerjisine ağırlık verilmesi faydalı olacaktır.

Biyoyakıtlar, biyokütlenin enerjiye dönüştürülmüş formu olup, içeriklerinin hacim olarak en az %80'i son on yıl içerisinde toplanmış canlı organizmalardan elde edilmiş, her türlü yakıt olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle kökenli yakıtlar olan biyogaz, biyoetanol ve biyodizel yaygın olarak kullanılmaktadır.

Biyogaz; en genel tanımı ile organik bazlı atık veya artıkların oksijensiz olarak (anaerobik) fermantasyonu ile üretilen bir gazdır. Renksiz, yanabilen ve yaklaşık bileşimi % 60-65 Metan (CH<sub>4</sub>) ve % 35-40 Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) olan bir gazdır. Isıl değeri, biyogazın en önemli bileşeni metan oranına bağlı olarak 5500-6000 kcal/m<sup>3</sup> kadardır. Metan oranının % 50'den az olması durumunda biyogazdan verimli bir yanma sağlanamamaktadır. Biyogaz is yapmayan, temiz ve mavi bir alevle yanmakta, gün ışığında alevini görmek güçtür. 1 m<sup>3</sup> biyogaz; yaklaşık olarak 0.6 m<sup>3</sup> doğal gaz, 0.7 litre benzine, 0.65 litre dizel yakıtına, 0.8 kg kok kömürüne eşdeğerdir (Demirci ve Türkavcı, 2001; Yiğit, 2007; Anonim, 2013).

Biyogaz üretimi için zirai atıklar, gıda endüstrisi atıkları, kağıt endüstrisi atıkları, şeker endüstrisi atıkları, deri ve tekstil sanayi atıkları, orman endüstrisi, bahçe atıkları, yemek atıkları, hayvan atıkları, evsel katı atıklar gibi organik içerikli maddeler

kullanılmaktadır. Bu atıklardan elde edilebilecek olan biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları Çizelge 1.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1. Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilebilecek Biyogaz Verimleri ve Biyogazdaki Metan Miktarları (Kavacık, 2007)

KAYNAK	BIYOGAZ VERİMİ (l/kg)	METAN ORANI (Hacim %’si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59
Arpa Samanı	290-310	59
Mısır Sapları ve Artıkları	380-460	59
Keten & Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze Artıkları	330-360	Değişken
Ziraat Artıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı Kabuğu	365	-
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık Su Çamuru	310-800	65-80

Hayvansal ve bitkisel organik atık maddeler, genellikle doğrudan yakılmakta veya tarım arazilerine gübre olarak verilmektedir. Doğrudan yakılarak istenilen ısı üretilmediği gibi ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır (Anonim, 2013).

Ülkemiz enerji üretimi açısından dışarıya bağımlı bir ülke konumundadır. Ülkemizdeki birincil enerji kaynakları üretimi Çizelge 1.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2’den görüleceği üzere yeraltı enerji kaynaklarımızın üretimi yıllar itibariyle genel olarak azalmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi yıllar itibariyle

artmaktadır. Ülkemizde artan enerji ihtiyacı ve enerji ihtiyacını karşılayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanmayı zorunlu hale getirmektedir.

Çizelge 1.2. Ülkemizdeki birincil enerji kaynakları üretimi (Acaroğlu, 2008)

<b>Enerji Kaynağı</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>
Taşkömürü (Bin Ton)	3050	4050	9000	9000
Linyit (Bin Ton)	60941	97201	102705	130382
Asfaltit (Bin Ton)	700	700	700	700
Petrol (Bin Ton)	2159	1881	1498	1204
Doğal Gaz (Milyon m <sup>3</sup> )	464	336	258	247
Nükleer (GWh)				10527
Hidroelektrik (GWh)	41889	53195	57009	71770
Jeotermal Elektrik (GWh)	122	384	384	384
Jeotermal Isı (Bin TEP)	976	1208	1650	2239
Rüzgar (GWh)	56	3841	4890	5938
Güneş (Bin TEP)	409	441	495	558
Odun (Bin Ton)	13819	12739	11275	10648
Hayvan Bitki Artığı (Bin Ton)	5127	4849	4493	4194
<b>Toplam</b>	<b>26898</b>	<b>32785</b>	<b>36735</b>	<b>44511</b>

Kaygusuz ve Turker (2002), Türkiye’de biyogazla ilgili ilk çalışmaların 1957 yılında, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsünde başlatıldığını, 1960’lı yıllarda biyogazla ilgili Ar-Ge projeleri ve biyogazın kullanımıyla ilgili fizibilite çalışmaları yapıldığını bildirmişlerdir. Ayrıca üniversiteler, ulusal araştırma enstitüleri, özel firma ve uluslar arası organizasyon komitelerinin de içinde bulunduğu çalışmaların iletişim ve organizasyon eksikliğinden kaynaklanan sebeplerden dolayı sonuçlandırılmadığını ifade etmişlerdir.

Ülkemizde başta gıda endüstrisi olmak üzere sınırlı sayıda biyogaz tesisi bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 48 adet endüstriyel tesis olduğu bilinmekte olup sektörlerdeki dağılımına bakıldığında en çok uygulamanın gıda endüstrisinde olduğu görülmektedir. Hayvansal ve diğer organik atıklardan elde dilecek olan biyogaz üretim uygulamaları ülkemizde yeterince bulunmamaktadır. Biyogaz üretim çalışmalarını yaygınlaştırmak amacıyla, hayvansal ve tarımsal atıkların biyogaz üretiminde kullanılmasıyla, enerji ihtiyacı karşılanmasında ciddi yarar sağlamaktır. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası ve Enerji Verimliliği Yasası biyogaz üretim tesislerinin kurulmasını teşvik etmektedir.

Yasaya göre, hayvan gübreleri tek başına ya da içerisine belirli oranlarda tarımsal atıklar ilave edilip karıştırılarak biyogaz üretiminde kullanılabilir. Biyogaz üretiminden sonra geriye kalan biyogübre de tarımda daha verimli ürün elde edilmesini sağlayacaktır (Türker, 2008; Tolay ve ark., 2008).

TÜİK 2011 yılı hayvan sayılarına göre, Türkiye'nin hayvansal atık potansiyeline karşılık gelen üretilebilecek olan biyogaz miktarı ve taşkömürü eşdeğeri Çizelge 1.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 1.3. Türkiye'nin Hayvansal Atık Potansiyeline Karşılık Gelen Üretilebilecek Biyogaz Miktarı ve Taşkömürü Eşdeğeri (TÜİK, 2012)

HAYVAN CİNSİ	HAYVAN SAYISI	YAŞ GÜBRE MİKTARI (TON/YIL)	BİYOĞAZ MİKTARI (m <sup>3</sup> /yıl)	TAŞ KÖMÜRÜ EŞDEĞERİ (TON/YIL)
SIĞIR	12386337	44590813,2	1471496836	1324348,476
KOYUN-KEÇİ	32309518	22616662,6	1311766431	1180590,968
TAVUK-HİNDİ	240436799	5289609,578	412589547,1	371330,9637
TOPLAM	285132654	72497085,38	3195852813	2876270,408

Dünyada biyogazı en çok üreten ülke, 6–7 milyon adet biyogaz tesisiyle Çin'dir. Hindistan'da ise 1 milyona yakın biyogaz tesisinin bulunmaktadır. Bu tesislerin çoğu, yeraltına kurulu, ev yapımı sistemler olup, tasarımları son derece basit, maliyetleri ucuz ve verimleri oldukça yüksektir (Çetinkaya ve Karaosmanoğlu, 2004).

Avrupa birliği ülkelerinde biyogaz üretim tesisleri yaygın olarak bulunmaktadır. Almanya'da hayvansal ve tarımsal atıklardan oluşan 3000'den fazla biyogaz tesisi faaliyet göstermektedir. Danimarka, hayvan gübresini diğer organik atıklarla belirli oranlarda karıştırarak biyogaz üretimi yapan en başarılı ülkelerden birisidir (Aslanlı, 2009).

Dünya nüfusu her geçen gün artmakta ve küçük alanlardan daha fazla yararlanmayı zorunlu hale getirmektedir. Nüfus artışına paralel olarak gıda tüketimi de artmaktadır. Bitkisel üretim yılın her mevsiminde yapılabilir. Seralarda bitkilerin yetişmesi için gerekli olan sıcaklık, nem, ışık ve hava gibi etmenler, en az yatırım ve işgücü ile

sağlanmalıdır. Seralarda bitkilerin yetiştirme devresi uzatılmasıyla yıl içinde üretilen ürün miktarı da artmaktadır.

Seralar, bitkilerin gelişmesi için gerekli olan sıcaklık, nem, ışık ve hava gibi etmenlerin uygun olmadığı zamanlarda bitkilerin yetiştirilmesi için uygun ortamların sağlandığı yapılardır. Bitkilerin büyüme ve gelişmesi için farklı sıcaklık istekleri vardır. Serada bitki yetiştirilirken de bitkinin sıcaklık isteğine göre sera içi sıcaklık değeri de belli sınırlar arasında tutulması gerekmektedir. Bunun için kış aylarında seranın ısıtılması, yaz aylarında ise seranın soğutulması gerekmektedir (Anonim, 2012a).

Türkiye'de seracılık faaliyetleri Marmara, Ege, Akdeniz kıyı şeridinde gelişme göstermektedir. Seracılıkta üretim maliyetleri artmasına rağmen, sera ürünlerinin iç ve dış pazarda iyi fiyat bulması, seracılığımızın hızla gelişmesini sağlamaktadır. Seraların yaklaşık % 95'inde sebze, geri kalan bölümünde süs bitkileri ve meyve yetiştirilmektedir (Yağcıoğlu, 1999).

Sera kurulmasına ve seranın ekonomik olup olmadığına karar verilirken sera ısıtma giderleri göz önüne alınmalıdır. Sera kârlılığının en önemli etkeni ısıtma giderleridir. Ülkemiz seralarında kış aylarında bitkilerin gerekli olan sıcaklık derecelerine kadar yükseltmenin ekonomik olmadığı durumlarda, bitkileri dondan koruyan bir ısıtma yapılmasının da uygun olacağı belirtilmektedir. Seralarda ısıtma yapılırken ısının sera içine dengeli bir şekilde dağılması gerekmektedir. Bu durum sağlanamadığı takdirde seranın bazı yerleri soğuk, bazı yerleri de sıcak olmaktadır (Anonim, 2012a).

Seralarda ısıtmada, ısı yalıtımı çok önemlidir. Seranın ısınmasına etki eden faktörler sera hacmi, seranın yönü ve seranın şeklidir. Sera hacminin fazla olması ısının kapasitesini ve homojen dağılımını olumsuz etkilemekte, sera hacminin küçük az olması da dış ortam şartlarının etkisiyle sera içi sıcaklık değerlerini daha kolaylaştırmaktadır. Seralar doğu-batı yönünde kurulursa güneş ışınlarından yararlanması %20 artmaktadır. Havanın sera içindeki sıcaklığı yerden çatıya doğru yükselmekte, seranın ortasından kenarlara ve pencerelere doğru da azalmaktadır (Anonim, 2012a).

Enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalması ve fiyatların artması, sera ısıtma masraflarını artırmakta ve bunun sonucunda da yetiştirilen ürünlerin fiyatı da artmaktadır. Araştırmacılar, seralarda ısıtma ve enerji masraflarını azaltmak amacıyla, yenilebilir enerji kaynaklarının (rüzgar, güneş, biyokütle v.b) kullanılmasına ve seralarda ısı kayıplarını en aza indirmeye yönelik çalışmalar yapmaktadır (Yağcıoğlu, 1999).

Biyogaz, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir potansiyele sahiptir. Kırsal kesimde biyogaz üretimi açısından daha çok hayvansal ve bitkisel atıklar önem taşımaktadır. Fakat bitkisel atıklardan biyogaz üretiminde proses kontrolünün zor olmasından dolayı tarım işletmeleri açısından hayvansal atıklar daha fazla önem taşımaktadır (Olgun, 2009).

Kırsal alanlarda ısınma amacıyla hayvansal atıkların yakılması ülkemiz için önemli bir sorundur. Biyogaz üretimi ile bu atıkların yakılması önlenerek, kolay temin edilebilen, ucuz, kullanım alanı geniş ve temiz bir enerji kaynağı elde edilmektedir. Biyogaz, kırsal alanlarda ve tarımsal aktivitelerin enerji gerektiren aşamalarında kullanılacak en uygun enerji görünümündedir (Polat, 2007). Tarımsal aktivitelerin başında da sera gelmektedir. Tarım işletmelerinde ortaya çıkan bu enerji kaynağı ile sera için gerekli olan ısıtma masraflarını azaltmak mümkündür.

Türkiye hayvansal ve bitkisel artık miktarı bakımından oldukça zengin bir ülke olup özellikle tezin yürütüldüğü Tokat Bölgesi, hayvancılığın ve bitkisel üretimin yoğun olarak yapıldığı bir bölgedir. Bölgede bitkisel ve hayvansal artıkların değerlendirilme imkânı çok kısıtlı olması nedeniyle enerji üretimi ve gübre olarak kullanımı gibi birçok alanda faydalanılabilecek bu artıklar maalesef doğru şekilde kullanılmamakta ve hatta bazı bölgelerimizde ısınma amaçlı yakılmaktadır. Kullanılan az miktardaki hayvan gübresi ve bitki artıkları da bilinçsiz şekilde uygulandığından dolayı yarar yerine yabancı ot artışı ve dengesiz azot dağılımı gibi sorunlara neden olmaktadır.

Ayrıca tezin yürütüldüğü Tokat Bölgesi sebzeçiliğın ve meyveciliğın gelişmekte olduğu bir bölge olması nedeniyle seracılık ve sera yapımı dolayısıyla örtü altı yetiştiriciliğı hızlı bir şekilde artmaktadır. Ancak bölgenin geçiş iklimine sahip olması ve 200-250 m rakımla Kelkit Ovası ve 600-650 m rakımla Kazova bölgesinde, seracılık için ısıtma gereksinimi bulunmaktadır. Bölgede erkencilik ya da üretim sezonunun uzatılması için seralarda ısıtma gerekmektedir. Seralarda ısıtma, en önemli maliyet kalemlerinden birisini oluşturmaktadır. Seralarda ısıtma sorunu çözüldüğünde üretimde hem erkencilik sağlanacak hem de üretim sezonun uzatılması yanında en ekonomik üretim sağlanacaktır. Ayrıca uygun şartlar sağladığında fide üretimi de yapılabilecektir.

Gaziosmanpaşa Üniversitesinde yürütölen bu tez çalışması sayesinde bölge çiftçisi hem çalışan bir biyogaz tesisini inceleme imkânı bulmuş, hem de uygun şarlarda yapılmış bir seranın biyogaz ile ısıtılması konusunda öncölük yapmıştır. Tez çalışması bu sebeplerden dolayı oldukça önemli bir demonstrasyon çalışması olmasının yanında biyogazla sera ısıtılmasında bölgenin performansını ve çiftçilerin ilgisini de ölçmek için önemli bir çalışma olmuştur. Bu artılarının yanında tez çalışması sırasında bölge sanayisinden de yararlandığı için, seracılık ve biyogaz tesisi imalat sanayinin yayılmasına da yardımcı olması planlanmaktadır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Hamdan ve ark. (1992) tarafından çeşitli ortam şartlarında birkaç güneş hibrid sistemi kullanılarak, sera için gerekli ısınmanın teorik olarak tahmini yapılmıştır. Ya bir hava kaynaklı ısı pompası, bir su kaynaklı ısı pompası, bir kazan ve elektrik dayanımlı element sistemi ya da bunların birleşimi ısı kaynağı olarak düşünülmüştür. Çalışılması düşünülen ortam şartlarında hibrid ısı pompa sistemini oluşturmak için gerekli olan maliyet oldukça ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır.

Arın ve Akdemir (2002) yaptıkları araştırmada, T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi arazisinde kurulu bulunan cam seranın ısıtılması için gerekli ısı miktarını domates, hıyar ve patlıcan için hesaplamışlardır. Seranın yan tarafında açılan su kuyusundan çıkan düşük basınçlı ( $0.2 \text{ kg/cm}^2$ ) doğal gazın kimyasal bileşimi ve enerji içeriğini belirleyerek seranın ısıtılmasında kullanılıp kullanılmayacağını araştırmışlardır. Yapmış oldukları araştırmalar değerlendirildiğinde; serada üretimin çeşitlenmesi ve verimin arttırılabilmesi için doğal gazın ısıtma amacıyla, gerekli teknik düzenlemeler yapıldığı takdirde, kullanılabilceği sonucuna varılmışlardır.

Jaffrin ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada ticari bir boyler biyogaza dönüştürülmüş,  $\text{CO}_2$  içeriği zengin yanan egzoz gazları fitotoksik atıkları çıkarmak için saflaştırılmıştır. Bu çalışmada biyogaz belediyeye ait olan katı atık depolama çukurlarından elde edilmiştir.  $300\text{m}^2$ 'lik iki adet plastik serada topraksız tarım tekniği kullanılmış ve gül yetiştirilmiştir. Birisi egzoz gaz enjeksiyonuyla donatılmıştır ve diğeri ise normal şartlar altında tutulmuştur. Yetiştirilen ürünler ve kesilen güllerin kalitesi 24 ay boyunca karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada sera ekonomisine büyük katkı getirecek egzoz gaz enjeksonuyla yüksek kalitede ürün elde edilmiştir ve biyogaz yakılıp sera ısıtılmasıyla elde edilen değerden daha fazla değer elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre, şehir atıklarının depolandığı depoların yakınında seralar kurularak atıklardan faydalanılabileceği tavsiye edilmiştir.

Xinshan ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada 2001-2002 yılları arasında 20 adet biyogaz ve sera entegre sistemleri Kuzey Çin'in Shandong ilinde ilgili kontroller yapılmış ve incelenmiştir. Elde edilen biyogaz seraların aydınlatılmasında ve ısıtılmasında

kullanılmıştır. Entegre sistemlerin yıllık geliri normal entegre olmayan tesislere göre geliri % 58 artırdığı anlaşılmıştır.

Kasap (2005), biyogaz enerjili ısıtma sisteminde biyogazın ısıl değeri  $5100 \text{ kcal/m}^3$  ve ısıtmadaki veriminin yaklaşık % 82 olduğunu vurgulamıştır.

Sözer ve Yıldız (2006) yaptıkları çalışmada süt sanayi atığı olan peynir altı suyu ve sığır gübresi, çeşitli oranlarda karıştırılmış ve en yüksek biyogaz üretimi %50 peynir suyu, %50 sığır gübresi karışımından  $25,47 \text{ litre/gün}$  olarak saptadıklarını bildirmişlerdir. Denemeler 15 günlük bekleme süresinde,  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta, sürekli akışlı laboratuvar tipi biyogaz üreteçlerinde gerçekleştirilmiştir. Sığır gübresinin organik kuru madde miktarı peynir altı suyununkine eşitleninceye kadar çeşme suyu ile seyreltilmiştir. Denemede saf sığır gübresi, sığır gübresine %5, 10, 20, 40, 50 ve 75 oranlarında peynir suyu katılmış karışımlar kullanılmıştır.

Akbulut ve ark. (2006) iki adet  $350 \text{ m}^2$ 'lik sera için  $280 \text{ m}^3$  hacminde bir biyogaz reaktörü tasarladıklarını bildirmişlerdir. Reaktör, biyogaz üretimini sağlamak için toprak kaynaklı ısı pompası ile desteklenmiştir. Seralar panel radyatör ile döşenmiş ve biyogaz reaktöründen elde edilen metan gazı, reaktörlerde dolaşan suyun ısıtılmasında kullanılmıştır. Yapılan araştırma sonuçlarına göre, biyogaz üretimini sağlamak için reaktörün ısı ihtiyacı, toprak kaynaklı ısı pompası ile sağlanmış ve günlük gaz üretimi belirlendiği vurgulanmıştır.

Gül (2006) yapmış olduğu çalışmada, tavuk gübresinden laboratuvar ölçekli anaerobik çürütme reaktörleri ile biyogaz üretim potansiyelini incelemiştir. Reaktörler sıcaklığı elektrikli ısıtıcı ile  $35 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de tutulan su banyosuna yerleştirilmiştir. 2 etap halinde yürütülen çalışmanın 1.etapında aşı oranı % 10 (hacimce)'da sabit tutularak katı madde oranları % 2,5, % 5, % 10 ve % 15'e ayarlanmıştır. 2.etapta ise katı madde oranı %10'da tutularak aşı oranları % 0 ve % 2,5 olacak şekilde düzenleme yapılmıştır. 90 gün boyunca takip edilen deneyler sonucunda katı maddenin artmasıyla birim katı madde başına biyogaz üretiminin azaldığı, aşı oranının artmasıyla birim katı madde başına biyogaz üretiminin bir miktar arttığı belirlendiği bildirmiştir.

Ojolo ve ark. (2007) aynı çalışma şartlarında kümes hayvanlarının gübreleri, büyükbaş hayvan atıkları ve mutfak atıklarından biyogaz üretimi karşılaştırılmalı olarak yürütüldüğünü ifade etmişlerdir. Her biri 3kg ağırlığındaki atıklar 9 lt suyla karıştırılmıştır ve 3 atık reaktörün içine yüklenmiştir. Biyogaz üretimi 40 günlük bir periyotta 30,5 °C'de ölçülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre; kümes hayvanlarının gübrelerinden, büyükbaş hayvan atıkları ve mutfak atıklarından ortalama biyogaz üretimi sırasıyla 0,0318 dm<sup>3</sup>/gün, 0,0230 dm<sup>3</sup>/gün ve 0,0143 dm<sup>3</sup>/gün olarak bulunduğunu bildirmişlerdir. Atıkların biyogaza dönüştürülerek önemli bir gelir kaynağı elde edileceğini tavsiye etmişlerdir.

Koçer ve Ünlü (2007) tarafından yenilenebilir enerji kaynakları arasında hem sahip olduğu mevcut potansiyel, hem de üretim teknolojileri bakımından farklı ve önemli bir yeri olan biyokütle potansiyelini araştırmışlardır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde bir yılda elde edilen, ortalama kuru biyokütle miktarı ve kuru biyokütlenin ortalama ısı değerini hesaplamışlar ve Doğu Anadolu Bölgesi için biyokütle potansiyelinden etkin ve yaygın bir şekilde faydalanmak için önerilerde bulunmuşlardır.

Kavacık ve Topaloğlu (2007) tarafından mezofilik koşullarda 26 litrelik bir anaerobik reaktörde, 20 litrelik çalışma hacminde peynir altı suyunun fermantasyonu ve biyogaz üretim potansiyelini incelemişlerdir. Deneylerde bakteriyel aşılama yapılmamış, bunun yerine mezofilik sıcaklıklarda anaerobik reaktörde bekletilmiş gübre kullanılarak, kesikli ve sürekli olarak iki aşamada gerçekleştirildiğini ve sürekli sistemde hidrolik alıkonma süresi (HRT) 5, 10 ve 20 gün olarak uyguladığını ifade etmişlerdir. Deneme sonucuna göre en fazla günlük gaz üretiminin kesikli sistemde 1,39 l/gün iken sürekli sistemde 1,51 l/gün ile HRT=5 günde oluştuğunu göstermiştir. Buna rağmen en fazla katı madde (KM), uçucu katı madde (UKM) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) arıtım verimi HRT=10 gün de sağlandığı sonucuna varılmış olduğunu vurgulanmıştır.

Buğutekin (2007) tarafından biyogaz üretim sınır şartlarını sağlayan, biyogaz üretim şartlandırıcısı imal edilmiş ve atık karıştırmanın biyogaz üretimine etkisi incelenmiştir. Deneylerde karıştırmasız (F1), çift kanatlı karıştırıcı (T karıştırma) (F2) ve 6 kanatlı Rushton karıştırıcı (Rushton karıştırma) (F3), gibi üç farklı karıştırma düzeneğinin

hazırladığı fermenterler kullanılmıştır. Karıştırma sistemi olarak, 2 d/h ve 30 d/d manyetikli mekanik karıştırma sistemi tercih edilen çalışma sonucunda karıştırma ve atığın içindeki sıcaklık dağılımının homojen olduğu, Rushton karıştırıcılı fermenter, karıştırmasız fermenterden %30, çift kanatlı karıştırıcıdan %15,4 daha verimli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çift kanatlı fermenter, karıştırmasız fermenterden % 16,6 daha verimli olduğu belirlenerek biyogaz üretiminde atığın karıştırılmasının biyogaz üretimine olan etkisi incelenmiştir.

Yiğit (2007) tarafından Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) Peynir Üretim Tesislerinden alınan ve başlangıçta 70 000 mg KOİ/L değerinde organik yüke sahip olan, peyniraltı suyunun yukarı akışlı çamur yataklı anaerobik (YAÇYA) reaktörlerde arıtılabilirliği ve biyogaz üretimi için uygun koşullar araştırılmıştır. Peyniraltı sularında 1/20, 1/10, 1/5, 1/4, 1/3 ve 1/2 oranında seyreltmeler yapılarak besleme olarak kullanılmış ve bu parametrelerin biyogaz üretimi üzerine olan etkileri incelendiği ifade edilmiştir. Çalışmada 3,4 litre hacminde paralel bağlı iki YAÇYA reaktör (R1 ve R2) kullanılarak her iki reaktörde uygulanan organik yükleme hızlarında 4 günlük hidrolik alıkoyulma süresinde çalıştırılmış ve R1’de belli bir süre, değişen hızlarda geri döngü kullanıldığı bildirilmiştir. Başlangıçta R1’de 1,8 cm, R2’de 1,6 cm çamur bulunan reaktörlere 1/10 seyreltme oranında verilen PAS ile granül oluşumu ve KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) değişimleri gözlenerek, 50 gün sonunda R1’de granül yüksekliği 6,5 cm %KOİ giderimi 38,51; R2’de granül yüksekliği 8,0 cm ve %KOİ giderimi 38,22 olarak bulunduğu vurgulanmıştır. Değişik KOİ derişimlerinde verilen beslemeler içinden en yüksek biyogaz ve dönüşüm verimi PAS’ın 1/2 oranında seyreltilmesi ile elde edilmiş, R1 reaktöründe gaz üretim hızı 0,68 cm<sup>3</sup>/dk , metan yüzdesi %49,79 ve yatak yüksekliği 20,50 cm, R2 reaktöründe ise gaz üretim hızı 0,29 cm<sup>3</sup>/dk, metan yüzdesi %27,93 ve yatak yüksekliği 18,00 cm olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Öztürk ve Okumuş (2008) yaptıkları çalışmada hayvan gübresi, peyniraltı suyu ve hayvan kanı kullanılarak biyogaz üretimini incelemiştirlerdir. Kurulmuş olan 3,6 m<sup>3</sup> dolu hacme sahip biyogaz tesisinde 33°C’da sığır gübresi ile %62, sığır gübresi-peynir altı suyu ile %64 ve sığır gübresi-kan karışımı ile %59 oranında metan içeren biyogazlar üretildiği bildirilmiştir. Ortalama biyogaz üretim verimi 0,7 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>gün olan çalışmada

yapılan ölçüm sonuçlarına göre, biyogaz üretimi esnasında izlenen kirletici parametrelerin konsantrasyonları çok fazla düşmediği sonucuna varıldığı vurgulanmıştır.

Arıkan (2008) yaptığı çalışmada, çürütülmüş organik katı atık çamuru, çamur içerisinde kalan organik maddeden daha fazla faydalanmak amacıyla tekrar çürütülmüştür. Çürütülmüş çamura, hidroliz aşamasında parçalanması zor olan lignoselülozik maddeleri parçalamak amacıyla asit (sülfürik asit) ve enzim (selüloz enzimi) ile ön işlem uygulanarak ve enzimatik ve asidik ön işlemleri uygulanan çürütülmüş çamur, termofilik şartlarda (55°C) tekrar çürütüldüğü bildirilmiştir. Çürütülmüş çamurun özelliklerini belirlemek için, karbonhidrat, protein, toplam katı (TK) ve uçucu katı (UK) ölçümleri yapılan çalışma sonucunda; metan gazı hacmi 5. ve 29. günde; ön işlem uygulanmamış çamurda sırasıyla 27 mL, 212,5 mL; % 1 oranında asidik ön işlem uygulanmış çamurda sırasıyla 96 mL, 118,5 mL; sadece ısı işlem uygulanmış çamurda ise sırasıyla 216 mL, 318 mL elde edildiği sonucuna varılmıştır. Çürütülmüş çamura ısı ön işlem uygulanmasının, hidroliz aşamasını hızlandırdığı ve metan gazı hacmini artırdığı vurgulanmıştır.

Polat ve Altuntop (2009) çalışmalarında, kompost yığını içerisinde fermantasyon sonucu elde edilen ısı enerji ile, kompost yığını içine konulan bir depodan elde edilen sıcak su, bir pompa vasıtası ile pompalanarak ısı değiştiricileri yardımı ile model seranın ısıtma işlemi yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, ortalama olarak komposttan su deposuna geçen saatlik ısı enerji miktarı 295 W, sera ısıtma uygulaması yapıldığında, su deposundan seraya transfer edilen saatlik ısı enerjisi miktarı 1217 W olarak hesaplandığı bildirilmiştir. Komposttan su deposuna ortalama olarak transfer olan ısı enerji miktarı ise 37,55 W/m<sup>2</sup> olarak tespit edildiği ifade edilmiştir.

Polat ve ark. (2009) tarafından Ankara ili iklim koşullarındaki seralarda, yıl boyunca üretim yapılabilmesi için, gerekli olan ısı miktarının biyogaz sistemleri ile karşılanabilme olanaklarını incelenmiştir. Hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı dört ilçenin (Kazan, Ayaş, Beypazarı, Çubuk) iklim koşulları dikkate alınarak uygulanabilecek farklı tip, boyut ve malzemelere sahip 28 adet sera modülünün ısıtma

gereksinimleri hesaplanarak, bu gereksinimleri karşılayacak biyogaz sistem kapasiteleri ile sahip olunması gerekli büyükbaş hayvan sayıları ve biyogaz sistemi için günlük üretilmesi gereken gübre miktarları belirlendiği bildirilmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre ısıtma gereksinimi en fazla olan Çubuk ilçesi için, iki tip sera modülünün ısı gereksinimlerini karşılayacak biyogaz tesis tipleri belirlenerek ve maliyetlerinin hesaplandığı ifade edilmiştir.

Aslanlı (2009) laboratuvar ölçeğinde biyogaz reaktörleri kullanılarak, bor bileşiklerinin hayvansal atıklardan biyogaz üretimi üzerine etkilerinin belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada, reaktörlere bor bileşikleri değişik doz ve değişik sıcaklıklarda eklenerek, sığır gübresi 1:1 g/ml oranında musluk suyu ile seyreltikten sonra biyogaz üretimi için 35 gün boyunca anaerobik şartlarda 25, 37 ve 50 °C sıcaklıklarda inkübasyona tabii tutulmuştur. Reaktörlere amonyum tetra borat, boraks, borik asit, lityum tetra borat ve potasyum tetra borat değişik dozlarda eklenerek yapılan çalışma sonuçlarında, etkin biyogaz üretimi 25 °C inkübasyonda maksimum düzeyde amonyum tetra borat (0.50 g/L) eklenen reaktörde ve 37 °C' de ise boraks (0.86 g/L), eklenen reaktörde gözlenirken, 50 °C' deki inkübasyonda hiçbir bor bileşiğinin biyogaz üretimi üzerine etkili olmadığı saptandığı bildirilmiştir.

Can ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, laboratuvar tipi 3 L kapasiteli cam fermantörlerde sığır gübresi, bıldırcın gübresi, devekuşu gübresi, mezbaha atıkları ve ıspanaktan biyogaz üretim değerlerini belirlemişlerdir. Fermantörler, çeperleri yalıtılmış, iç sıcaklığı termostatla 36 °C'de sabit tutulan deney kutusu içerisine yerleştirilen araştırma sonuçlarına göre; sığır gübresi için fermantasyon süresi 22 gün ve toplam gaz üretimi 6615 ml, bıldırcın gübresi için fermantasyon süresi 20 gün ve toplam gaz üretimi 12755 ml, devekuşu gübresi için fermantasyon süresi 20 gün ve toplam gaz üretimi 4265 ml, mezbaha atıkları için fermantasyon süresi 43 gün ve toplam gaz üretimi 10185 ml, ıspanak için fermantasyon süresi 30 gün ve toplam gaz üretimi de 6950 ml olarak belirtilmiştir.

Yüksel ve Esen (2010) çalışmalarında biyogaz, güneş ve toprak enerjisi kaynaklı sera ısıtmasının Elazığ şartlarında, biyogazla desteklenen, güneş ve toprak enerjilerinin

kullanıldığı yatay helezon (slinky) toprak ısı değiştiricili bir sistem tasarlanarak deneysel incelemişlerdir. Ortalama COP değerleri ısı pompası sistemi için 3.1 ve tüm sistem için 2.48 olarak belirlendiğini ifade etmişlerdir.

Kendirli ve akmak (2010) yaptıkları çalışmada, seraların ısıtılmasında kullanılabilir doğal enerji kaynakları arasında en çok uygulama şansı olabilecek güneş enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle (biyogaz) enerjisinin ölkemizdeki potansiyeli, sera ısıtma sistemlerinde kullanılma olanakları ile ilgili bilgi verilerek karşılaşılan sorunları incelemişlerdir.

Kasap ve ark. (2011), biyogaz sistemlerinde organik katı maddenin yaklaşık % 50 – 90'ının giderildiğini, biyogaz sistemleri sayesinde çeşitli mikropların ve zararlıların üremesi için ortam hazırlayan atıklar değerlendirilerek ortadan kaldırıldığını vurgulamışlardır.

Kılıç (2011) biyogazın içeriği, Türkiye'de biyogazın durumu kapsamlı olarak araştırılmış, bu bilgiler doğrultusunda değerlendirilmiş ve sunulmuştur. Biyogazın önemi vurgulanmış, biyogaz konusunda genel bilinçlenmeye katkı sağlanması amaçlandığı bildirilmiştir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. MATERYAL**

##### **3.1.1. Biyogaz Tesisi**

Pilot biyogaz tesisi için Gaziosmanpaşa Üniversitesi kampüs alanında; mısır silajı ve büyükbaş hayvan atığının hazırlanması için birer adet betonarme tank, iki atığın karıştırılmasıyla reaktörlere beslenecek atığın hazırlanması için betonarme bir tank içerisine plastik atık hazırlama tankı, biyogaz reaktörlerinin yerleştirilmesi için betonarme platform ve çürümüş atıkların depolanması için bir adet betonarme çürümüş atık depolama tankı inşa edilmiştir. İstanbul'da montajı gerçekleştirilerek kampüs alanına getirilen sistem ise bir adet giriş tankı, üç adet biyogaz reaktörü, 1 adet çürümüş atık çıkış tankı, kontrol odası, kombi, otomasyon sistemi, bir adet dalgıç pompa, 2 adet monopomp ve güneş panellerinden oluşmaktadır. Dalgıç pompa ham atığı atık hazırlama tankından giriş tankına basılması için, iki adet monopomp ise atığın giriş tankından biyogaz reaktörlerine basılması, reaktörler içerisindeki atığın sirküle edilmesi ve çürümüş atığın biyogaz reaktörlerinden çıkış tankına basılması için kullanılmak üzere planlanmıştır.

##### **3.1.1.1. Biyogaz Üretim Tesisi**

Gaziosmanpaşa Üniversitesine kurulmuş olan biyogaz tesisinin görünümü Şekil 3.1'de verilmektedir. Bu tesis Tübitak tarafından 106G026 nolu proje kapsamında kurulmuştur.



Şekil 3.1. Biyogaz Tesisinin Görünümü

### **Biyogaz Tesisinin Özellikleri**

Atık Hazırlama Tankı Hacmi	: 1000 L
Besleme Tankı Hacmi	: 3000 L
Seçilen Bekletme Süresi	: 60 gün
Fermantasyon Tankı Hacmi	: 10 m <sup>3</sup>
Fermantasyon Tankı Sayısı	: 3 Adet
Fermantasyon Tankı Boyutu	: 2,2m x 2,2m, H <sub>su</sub> =2,3m
Çıkış Tankı Hacmi	: 3000 L

Fermantasyon Tankı Malzemesi: 870×1750×1000 mm boyutlarında, 40×60×3 mm (ST37) kutu profil ile güçlendirilmiş, gövdesi polyesterden, dışı alüminyum içi cam yünü olan ısı yalıtım malzemesi ile izole edilerek imal edilmiştir.

Biyogaz tesisi akım şeması teknik resim çizimi Şekil 3.2’de verilmiştir.

Biyogaz tesisi her biri 8 büyükbaş hayvan kapasiteli 3 reaktörden oluşmaktadır. Bir günde büyükbaş hayvan canlı ağırlığın % 5-6’sı kg-yaş gübre/gün olarak çıkmaktadır (Anonim, 2013). Tokat büyükbaş hayvancılığın % 60’ı yerli ırklardan oluşmaktadır ve canlı hayvan ağırlıkları 300-350 kg arasında değişmektedir. Büyükbaş canlı hayvan

ağırlığını 300 kg aldığımızda bir hayvandan günde 15 kg yaş gübre çıkmaktadır. Günlük üretilen gübre miktarı (3.1) eşitliği ile bulunmaktadır. Üreteç hacmi hesaplanırken aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmaktadır (Ergüneş, 2009).

**Günlük üretilen gübre miktarı (3.1) numaralı formülle ifade edilmektedir. (3.1)**

$$G\ddot{U}GM_{s1}: H_{s1} \times HG\ddot{U}_{s1}$$

$$G\ddot{U}GM_{s1}: 8 \times 15 = 120 \text{ kg}$$

$H_{s1}$ : Hayvan sayısı

$HG\ddot{U}_{s1}$ : Hayvan başına günlük gübre miktarı

**Günlük bulamaç miktarı (3.2) numaralı formülle ifade edilmektedir. (3.2)**

$$GBM_{s1}: (G\ddot{U}GM_{s1} \times KMO_{s1}) / OKMO$$

$$GBM_{s1}: (120 \times 0,2) / 0,1 = 240 \text{ kg}$$

$KMO$ : Hayvanlardan elde edilen gübrelerin katı madde oranlarını

$OKMO$ : Optimum katı madde oranı

**Gübreyeye eklenecek su miktarı (3.3) numaralı formülle ifade edilmektedir. (3.3)**

$$Su: (GBM_{s1} - G\ddot{U}GM_{s1})$$

$$Su: 240 - 120 = 120 \text{ kg}$$

**Günlük toplam bulamaç hacmi (3.4) numaralı formülle ifade edilmektedir. (3.4)**

$$GTBH: GBM_{s1} / YO$$

$$GTBH: 240 / 975 = 0,246 \text{ m}^3$$

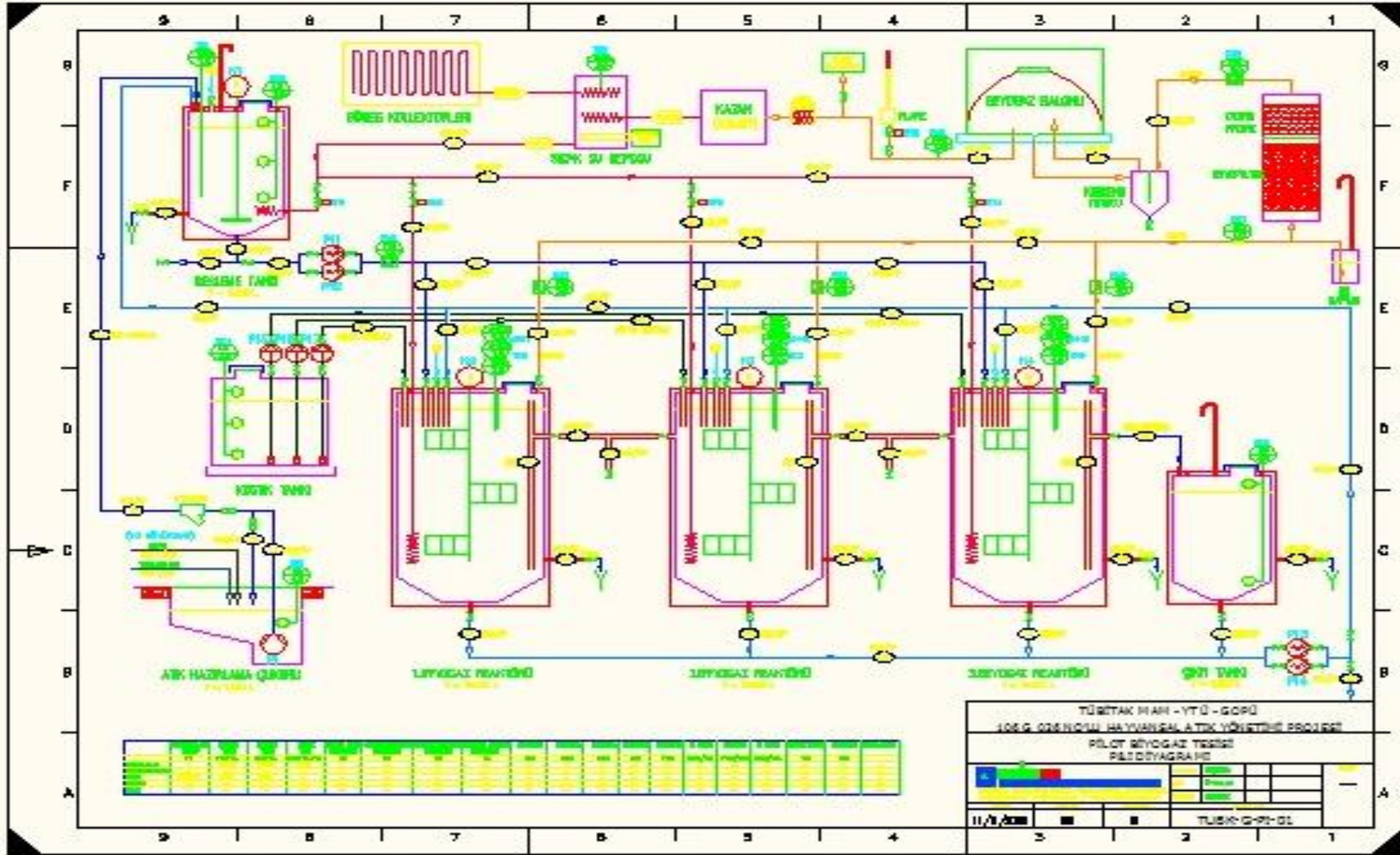
$YO$ : Bulamacın yoğunluğu (950-1000 kg/m<sup>3</sup>)

**Üreteç hacmi (3.5) numaralı formülle ifade edilmektedir. (3.5)**

$$\ddot{U}H: GTBH \times BS$$

$$\ddot{U}H: 0,246 \times 20 = 9,84 \text{ m}^3$$

$BS$ : Bekleme süresi



Şekil 3.2. Biyogaz tesisi akım şeması teknik resim çizimi

### 3.1.1.2. Besleme Sirkülasyon Pompaları

Debisi 500 L/saat, basıncı 2 bar, yüksek viskoziteli, 150 mm katı madde geçirme kapasitesine sahip, besleme boru çapı 110 mm, rotoru paslanmaz, statoru elastomer malzemeden imal edilen eksantrik vidalı pompadır. Besleme pompası besleme tankı çıkışında yer almakta ve sirkülasyon pompası bütün biyogaz reaktörleri ve çıkış tankını boşaltan hat üzerinde bulunmaktadır. Besleme pompası idrar, su ve dışkı karışımının biyogaz reaktörlerine aktarılmasını ve sirkülasyon pompası ise biyogaz reaktörlerinden çıkan karışım sıvısının reaktörlere geri çevrimini sağlamaktadır.

### 3.1.1.3. Karışım Hazırlama Tankı

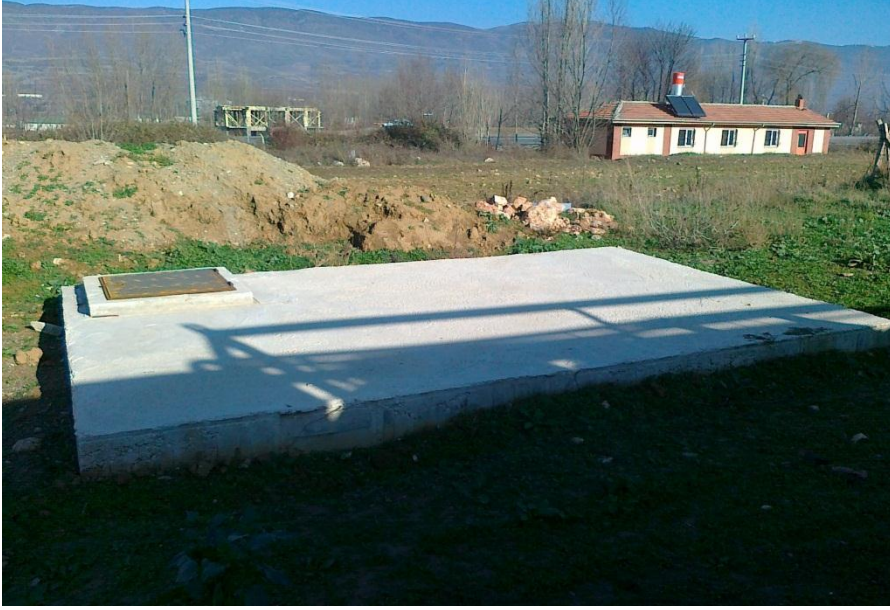
1750×1000×870 mm ebatlarında, 1500 L hacminde polietilenden yapılmış tanktır. Katı madde oranını % 10-13 oranına getirebilmek amacıyla, yaklaşık 1/1 oranında gübreyle su ilave edilir. İdrar, su ve dışkı karışımı bu tank içerisinde parçalayıcı bıçaklı dalgıç pompa yardımı ile homojenize edilerek fermantasyon tankına aktarılır. Karışım hazırlama tankının görünümü Şekil 3.3'de verilmektedir.



Şekil 3.3. Reaktör Atık Hazırlama Tankı Görünümü

#### **3.1.1.4. Biyogübre Havuzu**

Fermantasyon tankından çıkan gübre burada muhafaza edilmektedir. Gübre sıvı gübre tanklarıyla alınarak tarlaya verilmektedir. Ölçüleri 3,5m x 5,4m x 2,5m olan beton malzemeden yapılmıştır. Biyogübre havuzu Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.4. Biyogübre Havuzu

#### **3.1.1.5. Kombi**

Kontrol odası içerisinde yer alır. Kombi (Kat kaloriferi + Şofben, Biyogaz yakıtlı);min 30000 Kcal/h'lik bacalı pilotludur. Kombi biyogaz reaktörlerinin muhtevasının oda sıcaklığından 35 °C ve 55 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda sabit tutulması için gereken suyun ısıtılmasını sağlamaktadır.

#### **3.1.1.6. Kontrol Odası**

Biyogaz sisteminin ana kontrol odasıdır. İçerisinde kombi, kontrol panosu ve elektrikli ısıtıcı bulunmaktadır. Elektrikli Isıtıcı; saatte 450 L suyun 1 saatte oda sıcaklığından 55 °C'ye kadar ısıtılmasını sağlamaktadır. Kontrol panosunda pompanın çalışması, reaktör içi sıcaklık ve pH değerleri, reaktör içindeki biyogübrenin istenilen zaman aralığında karıştırılması otomatik olarak yapılmaktadır.

### 3.1.2. Cam Sera

Denemenin yapıldığı Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümüne ait cam seranın özellikleri Çizelge 3.1’de, cam seranın dış görünümü Şekil 3.5’de, cam seranın iç görünümü Şekil 3.6’da ve cam seranın ısıtma boru düzeni Şekil 3.7’de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Cam Seranın Özellikleri

Genişliği	13,40 m
Uzunluğu	10,50 m
Direk yüksekliği	2,49 m
Çatı yüksekliği	1,075 m
Seranın toplam yüksekliği	3,565 m
Çatı eğimi	38°
Cam kalınlığı	3 mm
Toplam taban alanı	140,7 m <sup>2</sup>
Toplam cam yüzey alanı	300 m <sup>2</sup>
Isıtma boru özelliği	Basınçlı su borusu
Isıtma boru çapı	60 mm



Şekil 3.5. Cam Seranın Dış Görünümü



Şekil 3.6. Cam Seranın İç Görünümü



Şekil 3.7. Cam Sera Isıtma Boru Düzeninin Görünümü

### 3.1.3. Plastik Sera

Denemenin yapıldığı Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümüne ait plastik seranın özellikleri Çizelge 3.2’de, plastik sera Şekil 3.8’de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Plastik Seranın Özellikleri

Boy	18 m
En	6 m
Yükseklik	3 m
Taban alanı	108 m <sup>2</sup>
Örtü malzemesi	Tek katlı polietilen naylon
Isıtma boru özelliği	Basınçlı su borusu
Isıtma boru çapı	60 mm



Şekil 3.8. Plastik Seranın Görünümü

### 3.1.4. Ölçüm Cihazları

#### 3.1.4.1. Sıcaklık ve Nem Ölçer

Sera içi ve sera dışı sıcaklık ölçümlerinde kullanılan Hobo U12-012 cihazının teknik özellikleri Çizelge 3.3'de ve genel görünümü ise Şekil 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.3. Sıcaklık Ölçüm Cihazının Teknik Özellikleri

Bağıl nem ölçüm aralığı	%5-%95
Hassasiyet	%2,5
Çözünürlük	% 0.03
Sıcaklık ölçüm aralığı	-20°C - +70°C
Hassasiyet	0.35°C
Çözünürlük	0.03°C
Işık ölçüm aralığı	1 – 3000 lumens/ft <sup>2</sup>
Kayıt kapasitesi	43000 ölçüm
Ölçüm sıklığı	1s – 12 h



Şekil 3.9. Sıcaklık Ölçüm Cihazı

### 3.1.4.2. pH Ölçer

Biyogaz reaktörleri içerisine probu daldırılmış, 2-14 ölçüm aralığında  $\pm 0.01$  pH duyarlılığında, sensör basınç ve sıcaklık limitleri dijital olarak; 6.9 bar 70 °C analog olarak 6.9 bar 105 °C olan cihaz biyogaz reaktörleri üzerine yerleştirilmiştir. pH ölçerin görünümü Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. pH-Sıcaklık Ölçüm Cihazı ve Probu

### 3.1.4.3. Basınç Ölçer

Biyogaz hattındaki basıncı kontrol amacıyla min 30 mbar, max 200 mbar gösteren kadranlı basınç ölçer kullanılmıştır. Basınç ölçerin görünümü Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Basınç Ölçer

#### 3.1.4.4. Gaz Ölçer

Fermantasyon tankında fermente olan gübrenin çıkardığı gaz miktarını ölçme amacıyla kullanılan gaz ölçüm cihazının bazı teknik özellikleri Çizelge 3.4.'de genel görünümü ise Şekil 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Gaz Ölçüm Cihazının Bazı Teknik Özellikleri

Marka	Fox Thermal Instruments
Qmax	204 m <sup>3</sup> /h
Qmin	0,001 m <sup>3</sup> /h
Tipi:	FT2



Şekil 3.12. Gaz Ölçüm Cihazı

### 3.2. YÖNTEM

Bitkilerin yetiştirme devrelerinde istedikleri optimum sıcaklık değerleri vardır. Kış ayında bitkilerin gelişme döneminde istemiş oldukları sıcaklık değerlerini sağlamak için seralarda ısıtma gereksinimine ihtiyaç duyulmaktadır. Isıtma için ne kadarlık bir enerjiye ihtiyaç duyulduğunu hesaplamak için sera içi ısı yükü hesabını bilmemiz gerekir. Sera içi ısı yükü hesabını aşağıda verilen eşitliklerden yola çıkılarak bulunur. Serada borulu ısıtma sistemi kullanılmıştır.

**Seraların ısı gereksinmesi (3.6) numaralı formülle ifade edilir (Yavuzcan, 1995).**

$$Q = Q_1 - Q_2 \quad (3.6)$$

Q=Sera ısı akımı gereksinmesi(W),

Q<sub>1</sub>=Seradan kaybolan toplam ısı akımı(W),

Q<sub>2</sub>=Serada güneş enerjisinden kazanılan ısı akımı(W).

**Serada Kaybolan Isı Akımının Bulunması (3.7) numaralı formülle ifade edilir.**

$$Q_1 = A * K * (T_i - T_d) \quad (3.7)$$

Q<sub>1</sub>= Serden kaybolan toplam ısı akımı (W),

A=Cam yada plastik alanın toplamı (m<sup>2</sup>),

K=Toplam ısı geçiş katsayısı (W/m<sup>2</sup>K),

T<sub>i</sub>=Sera iç sıcaklığı (K),

T<sub>d</sub>=Sera dışındaki atmosfer sıcaklığı (K).

$$K = K_1 + K_2 \quad (3.8)$$

K=Toplam ısı geçiş katsayısı(W/m<sup>2</sup>K),

K<sub>1</sub>=Seradan atmosfere doğru olan toplam ısı geçiş katsayısı(W/m<sup>2</sup>K),

K<sub>2</sub>=Havalandırma ısısını karşılayan ısı taşınım katsayısı(W/m<sup>2</sup>K).

Sera bölgesinin ortalama rüzgar hızı  $V$ (m/s) ile gösterilir.  $K_2$  katsayısı (3.9) numaralı formülle hesaplanabilir.

$$K_2 = 0,19 \times V \quad (3.9)$$

$K_1$  ise (3.10) numaralı formülle hesaplanabilir.

$$K_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_i}\right) + \left(\frac{d}{\lambda}\right) + \left(\frac{1}{\alpha_d}\right)} \quad (3.10)$$

$K_1$ = Seradan atmosfere doğru olan toplam ısı geçiş katsayısı( $W/m^2K$ ),

$\alpha_i$  = Sera içi ısı taşınım katsayısı( $W/m^2K$ ),

$d$ = Kullanılan örtü malzemesinin kalınlığı(m),

$\lambda$ =Kullanılan örtü malzemesinin ısı iletim katsayısı( $W/m^2K$ ),

$\alpha_d$  =Örtü yüzeyinden atmosfere olan dış ısı taşınım katsayısı( $W/m^2K$ ).

**Sera İçi Isı Taşınım Katsayısının Bulunması:**

**Borulu ısıtma sistemleri için (3.11) numaralı eşitlikten yararlanılabilir.**

$$\alpha_i = \alpha_b + \alpha_{t\ddot{o}} + \alpha_{i\ddot{o}} \quad (3.11)$$

$\alpha_i$  = Sera içi ısı taşınım katsayısı( $W/m^2K$ ),

$\alpha_b$  =Borulu ısıtma sistemlerinde boru ile ser içi havası arasındaki ısı taşınım katsayısı(=4,4 $W/m_2h$ ),

$\alpha_{t\ddot{o}}$  =Topraktan örtü iç yüzeyine taşınan ısının, ısı taşınım katsayısı( $W/m^2K$ ),

$\alpha_{i\ddot{o}}$  =Isıtma sisteminden örtü iç yüzeyine ışıyan ısının ısı taşınım katsayısı( $W/m^2K$ ).

$\alpha_{t\ddot{o}}$  =Katsayısı (3.12) numaralı formülle hesaplanabilir.

$$\alpha_{t\ddot{o}} = \frac{Q_{t\ddot{o}}}{A_{t\ddot{o}} \times (T_i - T_{\ddot{o}i})} \quad (3.12)$$

$$Q_{i\ddot{o}} = C_t \times A_t \times \left[ \left( \frac{T_i}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\ddot{o}i}}{100} \right)^4 \right] \quad (3.13)$$

$\alpha_{t\ddot{o}}$  = Topraktan örtü iç yüzeyine taşınan ısının, ısı taşınım katsayısı(W/m<sup>2</sup>K),

$Q_{t\ddot{o}}$  =Topraktan örtü iç yüzeyine ışyan ısı akımı(W),

$A_{t\ddot{o}}$ =Toprak yüzeyine isabet eden ser örtü yüzeyi alanı(m<sup>2</sup>).Bu alan her birim bir m<sup>2</sup>'lik sera toprak alanına yaklaşık 1,5m<sup>2</sup> örtü alanı düşecek şekilde hesaplanabilir.

$T_i$  =Sera içi sıcaklığı(K),

$T_{\ddot{o}i}$  =Sera örtüsünün iç yüzey sıcaklığı(K),

$C_t$  =Toprak üst yüzeyinin ısı ışınım katsayısı(W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)(Bu değer 5,3(W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup> alınır),

$A_t$  =Toprak üst yüzeyinin alanı(m<sup>2</sup>),

$T_t$  =Toprak üst yüzeyinin sıcaklığı(K),

$T_d$  =Sera dışındaki atmosfer sıcaklığı(K).

**$\alpha_{i\ddot{o}}$  katsayısı (3.14) numaralı formülle ifade edilir.**

$$a_{i\ddot{o}} = \frac{Q_{i\ddot{o}}}{A_{b\ddot{o}} \times (T_i - T_{\ddot{o}i})} \quad (3.14)$$

$$Q_{i\ddot{o}} = C_b \times A_b \times \left[ \left( \frac{T_b}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\ddot{o}i}}{100} \right)^4 \right] \quad (3.15)$$

$\alpha_{i\ddot{o}}$  = Isıtma sisteminden örtü iç yüzeyine ışyan ısının ısı taşınım katsayısı(W/m<sup>2</sup>K),

$Q_{i\ddot{o}}$  =Borulu ısıtma sistemlerinde sera örtü yüzeyine ışyan ısı akımı(W),

$A_{b\ddot{o}}$  =Isıtma boru alanını karşılayan örtü yüzey alanı(m<sup>2</sup>) (1m<sup>2</sup> boru alanı yaklaşık 3,3m<sup>2</sup> örtü yüzey alanını karşılamaktadır. Borulu değiştiricilerde borunun yalnızca üst hacmi yüzeyinde örtü iç yüzeyine ısı ışınım olduğundan bu oran 1/6,6 olmaktadır)

$T_i$  =Sera iç sıcaklığı(K),

$T_{\ddot{o}i}$  =Sera örtüsünün iç yüzey sıcaklığı(K),

$C_b$  =Borulu ısıtma sistemlerinin ısı ışınım katsayısı(W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)(bu katsayı 5,3W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup> olarak alınabilir),

$A_b$  =Borulu ısıtma sisteminin ısı yayan boru yüzey alanı ( $m^2$ ),

$T_b$  =Boru yüzey sıcaklığı(K).

**Güneş enerjisinden kazanılan ısı enerjisinin belirlenmesi (3.16) numaralı formülle hesaplanabilir (Yavuzcan, 1995).**

$$Q_2 = I_0 \times A_{\zeta a} \times \eta \quad (3.16)$$

$Q_2$  : Güneş enerjisinden kazanılan ısı miktarı (w),

$I_0$  : Ortalama günlük güneş radyasyonu intensitesi ( $w/m^2$ gün),

$A_{\zeta a}$  : Seranın çatı alanı ( $m^2$ ),

$\eta$  : Güneş enerjisinin serada yararlı duruma dönüşme yüzdesi (yaklaşık olarak %50 ).

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Sera İçi Sıcaklık Değerleri

Seralarda ısıtmanın temel amacı, bitkilerin istedikleri sıcaklığı soğuk kış aylarında sera içinde sağlamaktır. Bitkilerin en iyi şekilde gelişmesini sağlayan belirli sıcaklık değerleri vardır. Bitkilerin en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri bitki türüne göre değişiklik göstermektedir. Çeşitli bitkilerin yetiştirme devrelerinde istedikleri optimum sıcaklık dereceleri Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Çeşitli Bitkilerin Yetiştirme Devrelerinde İstemiş Oldukları En Uygun Sıcaklık Dereceleri (Yavuzcan, 1995).

Bitkinin Adı	Sıcaklık (°C)	Bitkinin Adı	Sıcaklık (°C)
Bakla	10 ..... 14	Karnabahar	10 ..... 24
Bezelye	12,5 ..... 18	Kereviz	15 ..... 21
Biber	15,5 ..... 21	Kuşkonmaz	16 ..... 24
Domates	16 ..... 19	Lahana	15,5 ..... 21,5
Fasulye	15,5 ..... 21	Patlıcan	15 ..... 35
Havuç	15,5 ..... 21	Atatürk Çiçeği	20 ..... 22
Hıyar	18 ..... 30	Gül (kesme)	24 ..... 26
Ispanak	10 ..... 18	Karanfil (kesme)	17 ..... 18
Kabak	16 ..... 25	Kauçuk	17 ..... 18
Karpuz	12 ..... 15		

Gazioasmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği bölümüne ait cam ve plastik seranın Ekim, Kasım ve Aralık ayı sera içi ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.2’den görüldüğü gibi Ekim ayı sera içi en düşük sıcaklık 8,6 °C, en yüksek sıcaklık 31,2 °C ile cam serada olduğu görülmektedir. Sera içinde domates yetiştiriciliğinde sera içi optimum sıcaklık isteği 16 °C - 19 °C arasında değişmektedir. Buna göre domates yetiştirebilmek için sera içi sıcaklık değerlerine baktığımızda 18 Ekim’den sonra sera içini ısıtma ihtiyacı gerekmektedir. Kasım ayı sera içi sıcaklık değerlerine baktığımızda en düşük sıcaklık 2 °C, en yüksek sıcaklık 14,5 °C ile plastik serada olduğu görülmektedir. Genel olarak Kasım ayı sıcaklık değerleri düşük olduğundan dolayı sera içlerini ısıtmak gerekmektedir. Aralık ayı sera içi sıcaklık değerlerine baktığımızda en düşük sıcaklık 2,5 °C ile plastik serada olurken en yüksek

sıcaklık ise 12,5 °C ile cam serada olduğu görülmektedir. Genel olarak Aralık ayı sıcaklık değerleri düşük olduğundan dolayı sera içlerini ısıtmak gerekmektedir.

Çizelge 4.2. Cam ve Plastik Sera İçi Sıcaklık Değerleri

GÜN	2011 Yılı Sera İçi Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)					
	EKİM		KASIM		ARALIK	
	Cam Sera	Plastik Sera	Cam Sera	Plastik Sera	Cam Sera	Plastik Sera
1	-	-	10,8	13,1	5,0	3,7
2	-	-	13,5	14,5	6,5	4,8
3	-	-	8,4	9,0	4,8	2,9
4	-	-	8,1	8,7	5,1	3,1
5	19,3	14,8	8,9	9,0	5,2	3,1
6	19,4	15,1	8,9	9,1	6,3	4,5
7	20,2	16,8	11,6	10,5	10,5	10,7
8	20,4	17,3	10,0	8,6	9,4	8,1
9	23,0	20,8	11,0	9,5	5,3	4,7
10	21,1	20,3	8,7	8,2	3,3	2,4
11	31,2	26,9	8,0	8,4	7,4	3,5
12	19,9	19,7	6,1	6,3	8,3	5,9
13	23,9	20,3	6,2	6,8	8,9	6,5
14	21,7	18,7	10,0	9,1	9,1	6,6
15	22,1	18,7	3,2	2,9	7,2	4,9
16	17,6	16,0	5,2	5,4	7,4	6,2
17	17,0	16,1	6,6	6,5	10,4	8,9
18	15,1	14,8	7,6	7,4	12,5	12,1
19	10,8	13,8	9,6	9,5	9,4	8,4
20	16,0	17,5	8,7	8,7	11,7	10,3
21	13,7	16,4	5,5	5,1	13,2	11,9
22	16,3	18,2	7,5	6,4	15,7	12,4
23	14,1	16,3	7,3	7,2	13,3	11,0
24	15,3	17,3	6,0	4,8	7,7	7,3
25	12,9	15,4	4,0	2,9	4,5	4,3
26	11,6	14,1	3,2	2,3	6,0	5,2
27	8,6	10,4	5,0	4,9	7,4	5,7
28	9,6	11,1	9,0	8,5	8,0	5,3
29	10,0	12,1	6,4	5,7	5,1	2,5
30	8,9	10,3	2,2	2,0	7,1	3,2
31	10,3	11,9	-	-	6,6	5,4
Ortalama	16,8	16,4	7,7	7,4	8,3	6,3

#### 4.2. Tokat İli Meteorolojik Değerleri

Tokat ili Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında yer almaktadır. Bu nedenle hem Karadeniz iklim özellikleri hem de İç Anadolu'daki step (kara) ikliminin etkisi altındadır. Bu özelliği ile Bölgemiz ikliminin, Karadeniz ve İç Anadolu'daki step iklimleri arasında geçiş özelliği taşımaktadır. Tokat ilinde genel olarak yaz mevsimi alçak alanlarda sıcak-kurak, yüksek yerlerde serin yer yer yağışlı, kış mevsiminde soğuk ve kar yağışlıdır. Tokat Meteoroloji Müdürlüğünden alınan ortalama sıcaklık, maximum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama nisbi nem, ortalama rüzgar hızı, toplam güneşlenme şiddeti ve toplam yağış miktarı değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

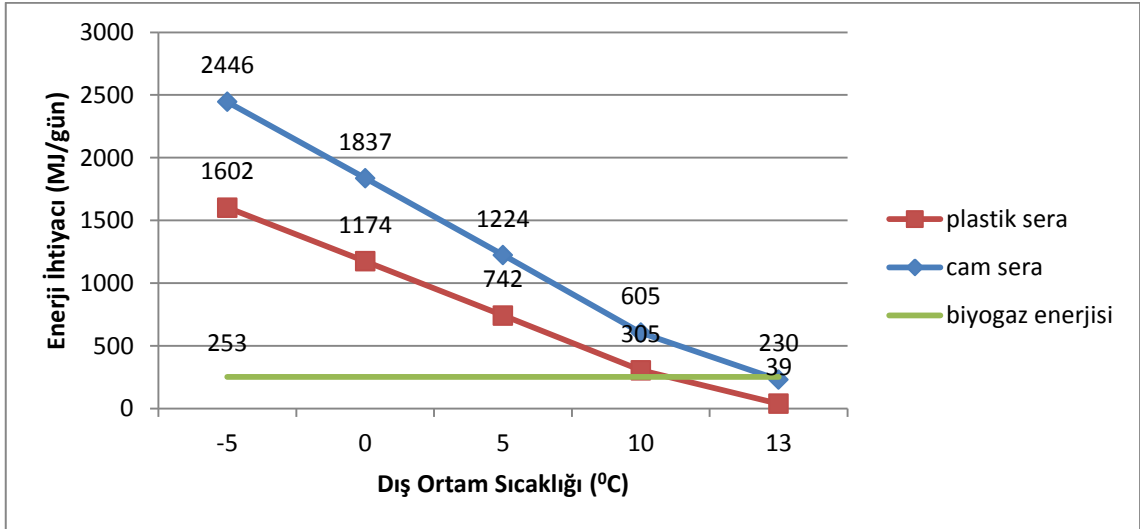
Çizelge 4.3. Tokat İli Meteorolojik Değerleri (Anonim, 2012b)

	YIL	AYLAR											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ortalama Sıcaklık (°C)	2010	5	8,5	9,5	12	18,5	23,7	24,7	25,9	23,3	14,1	10,5	7,5
	2011	3,2	4,6	7,9	10,8	15,2	19,1	23,9	21,8	18,3	12,9	3,4	4
Maximum Sıcaklık (°C)	2010	20	20	24	27	33,2	36,5	39,8	40,8	37,9	26,8	22,4	23
	2011	13,7	16,6	22	26	28,4	31,9	41,1	38,5	32	33,8	15,5	17
Minimum Sıcaklık (°C)	2010	-10	-5,1	-5,4	1	4,2	13,2	14,5	13,8	11,9	3,7	-0,6	-3,3
	2011	-8,1	-9	-4,8	1	2,6	9,6	12,7	11,6	6,9	1,3	-8,3	-6,4
Ortalama Nisbi Nem (%)	2010	73	64,7	60,4	62,5	56,7	57,3	60,6	56,5	53,9	74,6	63,4	67,4
	2011	67,1	60,1	58	64,1	64,9	61,6	55,9	58	58	59,9	67,8	61,8
Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	2010	0,9	1	1,2	1,1	1	1,1	1,1	1	1,2	0,9	0,8	1,1
	2011	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	1,4	1,4	1,1	1,2	0,9	0,9
Toplam Güneşlenme Şiddeti (cal/cm <sup>2</sup> )	2010	4347,1	6100,2	10127	13127	17974	16245	17676	16530	12986	7614,6	7144,9	4346,8
	2011	4215,6	5832,4	9500,1	8513,5	14514	16188	16117	13255	12380	-	-	-
Toplam Yağış (mm)	2010	78,8	55,6	59,7	64,5	45,2	59,6	6,4	-	3,2	119	4,1	35,9
	2011	23,2	22,4	67,7	73,5	59,1	76,4	37,9	16,5	14,8	24	29,5	18

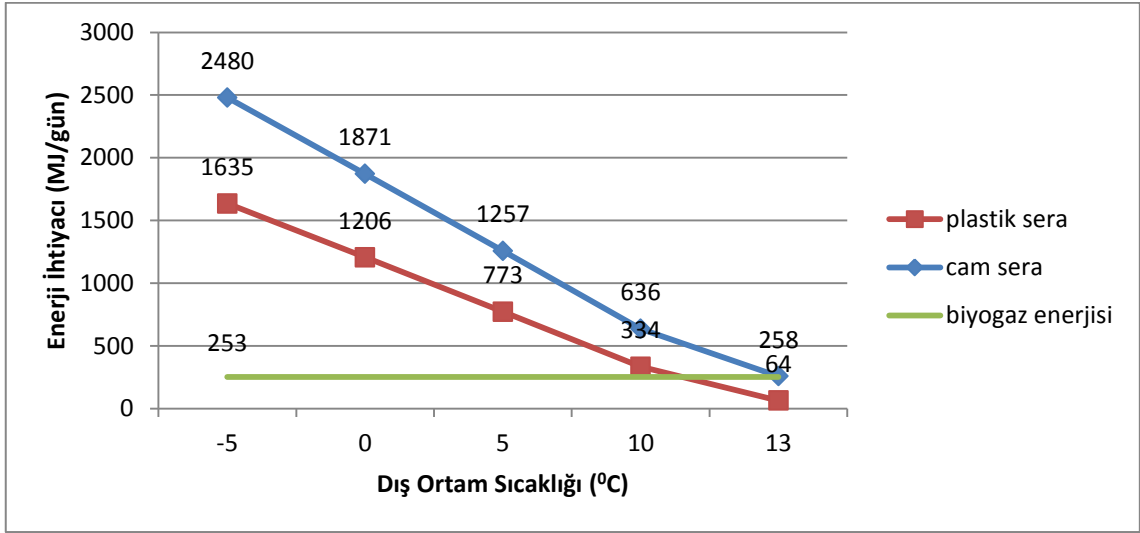
Çizelge 4.3'ten görüleceği üzere Ocak ayı ortalama sıcaklık değeri 2010 yılında 5 °C, 2011 yılında 3,2 °C, ortalama rüzgar hızı 2010 yılında 0,9 m/s, 2011 yılında 1,1 m/s, Toplam güneşlenme şiddeti 2010 yılında 4347,1 cal/cm<sup>2</sup>, 2011 yılında ise 4215,6 cal/cm<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Seralarda ısıtma yaparken dış ortam sıcaklığı, toplam güneşlenme şiddeti ve rüzgâr hızı önemli etki yapmaktadır. Dış ortam sıcaklığı ve toplam güneşlenme şiddeti ne kadar fazla olursa sera için gerekli ısı yükü miktarı da buna bağlı olarak azalmaktadır.

#### 4.3. Seralarda Dış Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Gerekli Isı Yükü İhtiyacı

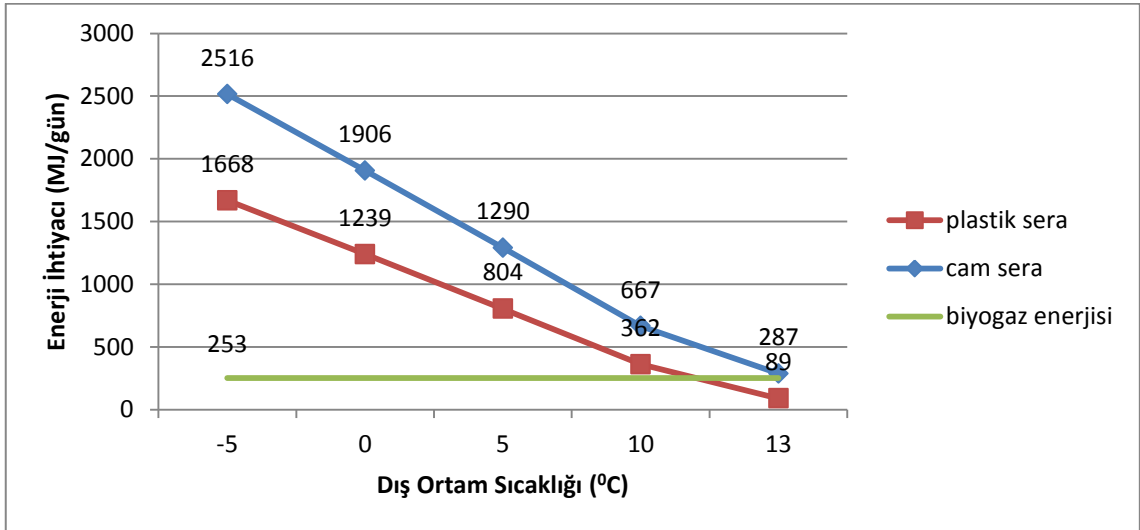
Cam ve plastik serada farklı su sıcaklıklarına göre dış ortam sıcaklığına bağlı olarak değişen enerji ihtiyacı Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir.



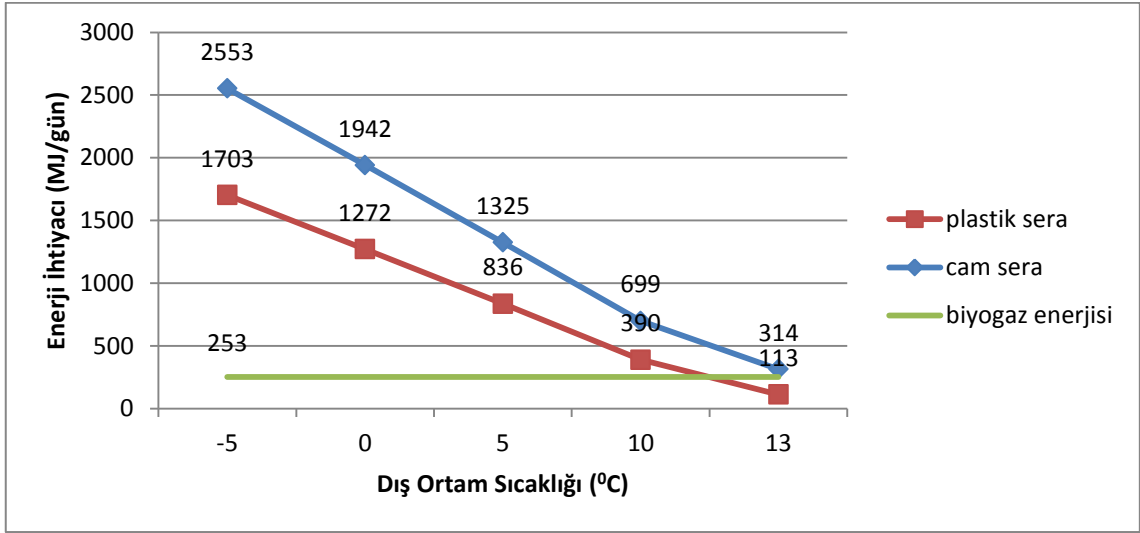
Şekil 4.1. Seralarda Su Sıcaklığı 35 °C İken, Dış Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Enerji İhtiyacı



Şekil 4.2. Seralarda Su Sıcaklığı 40 °C İken, Dış Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Enerji İhtiyacı



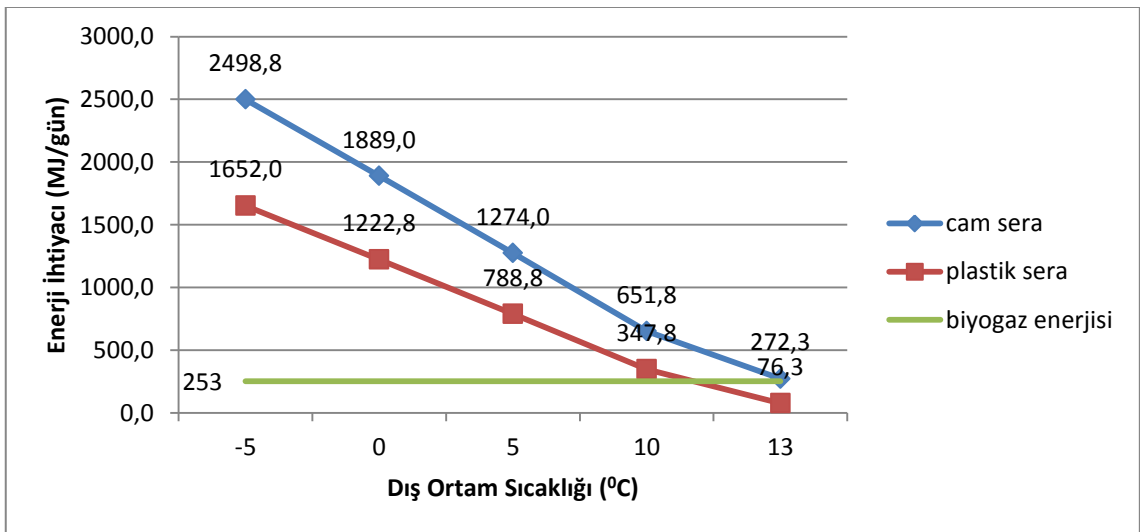
Şekil 4.3. Seralarda Su Sıcaklığı 45 °C İken, Dış Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Enerji İhtiyacı



Şekil 4.4. Seralarda Su Sıcaklığı 50 °C İken, Dış Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Enerji İhtiyacı

Dış ortam sıcaklığının artmasıyla enerji ihtiyacı azalmıştır. Cam seranın enerji ihtiyacı plastik seraya göre daha fazla olmaktadır. Borularda dolaşan suyun sıcaklığı artırıldığında toplam enerji miktarı kısmen artmıştır. Bunun da sebebi sıcaklığın artmasıyla meydana gelen ısı ışınım kayıplarıdır.

Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak seraların ortalama enerji ihtiyacı Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak seraların ortalama enerji ihtiyacı

Şekil 4.5 incelendiğinde biyogaz tesisinden günlük 253 MJ ısı enerjisi elde edildiği görülmektedir. Dış ortam sıcaklığı 13 °C olduğunda cam serada gerekli olan ısı enerjisi için biyogazdan elde edilen ısı enerjisi yeterli olmamakta ve 19,3 MJ'lük ek enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Dış ortam sıcaklığı 13 °C'den büyük olduğunda cam serada biyogazdan elde edilen ısı enerjisiyle sera ısıtılması yeterli olmaktadır. Dış ortam sıcaklığı 11 °C'den büyük olduğu zaman plastik serada gerekli olan ısı enerjisi için biyogazdan elde edilen enerjiyle sera ısıtılması yeterli olmaktadır. Dış ortam sıcaklığı -5 °C olduğunda biyogazdan elde edilen ısıya ilaveten cam serada 2245,8 MJ, plastik serada ise 1399 MJ'lük ek enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Tokat ili Ocak ayı ortalama sıcaklık değeri 5 °C civarında olmakta ve biyogazdan elde edilen ısıya ilaveten cam serada 1021 MJ, plastik serada ise 535,8 MJ'lük ek enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Tokat ili seracılık faaliyeti Mart ayında başladığında gerekli olan ek enerji ihtiyacı daha da azalmaktadır. Dış ortam sıcaklığı 13 °C iken m<sup>2</sup> başına düşen enerji ihtiyacı cam serada 1,9 MJ iken plastik serada 0,7 MJ olmaktadır (Çizelge 4.4). Plastik serada sera ısıtma masraflarının cam seraya göre daha az olduğu anlaşılmaktadır. Sera kurulum maliyeti ve masrafları dikkate alındığında plastik seranın maliyeti daha az olmakta ve çiftçi için daha ekonomik bir maliyet oluşturmaktadır.

Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak seraların m<sup>2</sup> başına düşen ortalama enerji ihtiyacı Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak seraların m<sup>2</sup> başına düşen ortalama enerji ihtiyacı

	Cam Sera	Plastik Sera
-5 °C	17,8 MJ	15,3 MJ
0 °C	13,5 MJ	11,3 MJ
5 °C	9,1 MJ	7,3 MJ
10 °C	4,7 MJ	3,2 MJ
13 °C	1,9 MJ	0,7 MJ

Çizelge 4.4 incelendiğinde dış ortam sıcaklığı 10 °C olduğunda m<sup>2</sup> başına düşen ortalama enerji ihtiyacı cam serada 4,7 MJ iken plastik serada 3,2 MJ olmaktadır.

Cam ve plastik serada ısıtma suyu için hesaplanan enerji ortalamalarına göre sera içi boru uzunluğu Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Cam serada ısıtma suyu için hesaplanan enerji ortalamalarına göre sera içi boru uzunluğu

Cam Sera	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
-5 °C	760,03	595,46	492,24	421,43
0 °C	570,8	449,24	372,89	320,57
5 °C	380,33	301,81	252,38	218,72
10 °C	187,99	152,71	130,49	115,39

Çizelge 4.6. Plastik serada ısıtma suyu için hesaplanan enerji ortalamalarına göre sera içi boru uzunluğu

Plastik Sera	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C
-5 °C	497,78	392,57	326,33	281,12
0 °C	364,79	289,57	242,4	209,97
5 °C	230,56	185,6	157,3	138
10 °C	94,77	80,2	70,82	64,38

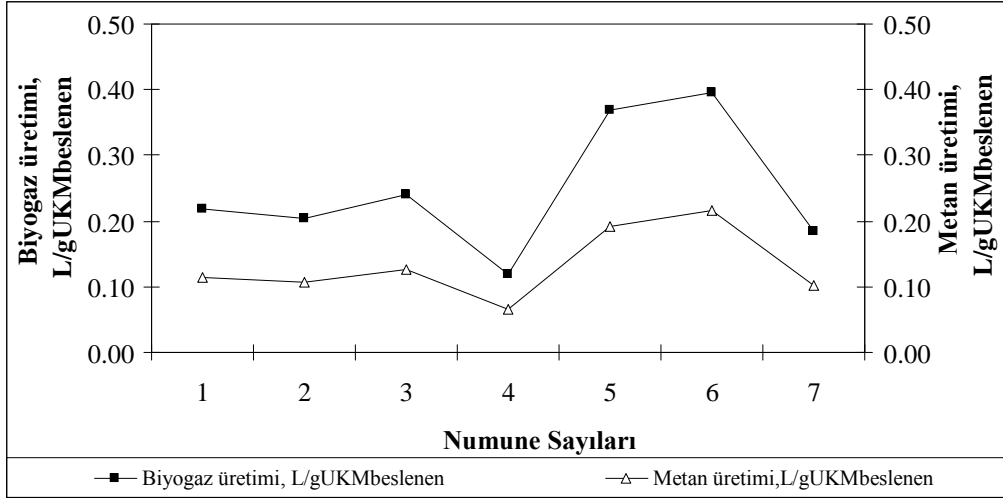
Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 incelendiğinde sabit iç ortam sıcaklığı (18 °C) elde etmek için dış ortam sıcaklığına göre gerekli olan boru uzunluğu, borularda dolaşan suyun sıcaklığının artırılmasıyla azalmıştır. Örneğin, dış ortam sıcaklığı -5 °C iken cam serada borularda dolaşan suyun sıcaklığı 35 °C olduğunda seranın ısıtılması için gerekli olan boru uzunluğu 760,03 m iken suyun sıcaklığı 50 °C'ye çıkarıldığında boru uzunluğu % 44,5 azalmaktadır. Dış ortam sıcaklığı 0 °C iken plastik serada borularda dolaşan suyun sıcaklığı 35 °C olduğunda seranın ısıtılması için gerekli olan boru

uzunluğu 364,79 m iken suyun sıcaklığı 50 °C'ye çıkarıldığında boru uzunluğu % 42,4 azalmaktadır.

#### 4.4. Biyogübre Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu alışmada, Tübitak 106G026 nolu proje kapsamında Tokat Gaziosmanpaşa niversitesi kampüs alanında kurulan biyogaz tesisi kullanılmıştır. Bu tesis her biri 8 adet büyükbaş hayvanın günlük atığını işleyecek kapasitede olan 3 adet biyogaz reaktöründen oluşmaktadır. Reaktörler termofilik şartlarda (55°C) ve 40 günlük hidroluk bekletme süresinde işletilmiştir. Çalışma süresince ayda en az bir kez çıkış numunesi alınmış olup, TKM, UKM, metan miktarı, TOK, TKN, fosfor, %C, %N, %H, C/N oranı, ağır metaller, Salmonella ve E.coli değerleri analiz edilerek kontrol edilmiştir. Çalışmada giriş TKM ve UKM değerleri sırasıyla 110000 mg/kg ve 96000 mg/kg olarak belirlenmiştir. Reaktörde termofilik şartlarda (55°C) ve 40 günlük bekletme süresinde elde edilen sonuçlar izelge 4.7'de görülmektedir.

Sulandırılmış büyükbaş hayvan atığı ve mısır silağı karışımından oluşan atığın, havasız rrtme reaktöründe stabilize edilmesi neticesinde biyogaz üretiminin  $0,12 L_{\text{biogas}}/\text{gUKM}_{\text{beslenen}}$  ile  $0,39 L_{\text{biogas}}/\text{gUKM}_{\text{beslenen}}$  arasında değerliği belirlenirken; reaktörde oluşan biyogazın metan içeriğinin düzenli ölçümü neticesinde metan içeriğinin ise %52,0 ile %55,0 arasında değerliği tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde reaktörde elde edilen metan miktarlarının ise birim beslenen UKM için  $0,07 - 0,22 L_{\text{metan}}/\text{gUKM}_{\text{beslenen}}$  arasında değerliği belirlenmiştir. Buna göre reaktörde birim beslenen VS için üretilen biyogaz ve metan miktarının değerliğimi şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Reaktördeki birim beslenen UKM için biyogaz ve metan üretimi

Şekil 4.6'dan görüleceği üzere dördüncü ve yedinci numunelerde üretilen biyogaz ve metan miktarlarında düşüş gözlenmiştir. Dördüncü numunede oluşan düşüş reaktörün gaz vanalarında meydana gelen arıza neticesinde oluşan gaz kaçağından kaynaklanmış, arızanın giderilmesini müteakip oluşan biyogaz ve metan miktarında artış gözlenmiştir. Reaktörde yedinci numunede meydana gelen düşüş, reaktördeki kapakta meydana gelen sızdırma probleminden kaynaklanmıştır. Bu sızdırma problemi daha sonra giderilmiştir.

Büyükbaş hayvan atığı ile mısır silajı karışımından oluşan atık, havasız çürütme prosesinde, termofilik şartlarda ( $55^{\circ}\text{C}$ ) ve 40 günlük hidroluk bekletme süresinde stabilize edilmiş ve çalışma neticesinde reaktörde elde edilen TKM ve UKM giderim verimleri sırasıyla %54,2 ve %64,8'e kadar yükselmiştir. Çalışmada reaktörde üretilen biyogazın metan yüzdesinin %52,0 ile %55,0 aralığında değiştiği ve günlük olarak üretilen metan miktarının ise  $0,07 - 0,22 \text{ L}_{\text{metan}}/\text{gUKM}_{\text{beslenen}}$  aralığında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Havasız çürütme çalışması ile elde edilen verimlerin literatür değerleri ile karşılaştırılması neticesinde, elde edilen sonuçların tatmin edici seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan reaktörden elde edilen verilerin literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.



Çizelge 4.8’de gösterilen çalışmalarda elde edilen UKM giderim verimleri (%62,4, %59,0, %41,0, %22,0 vs.) ile kıyaslandığında çalışma sonuçlarının UKM giderim verimi bakımından başarılı olduğu düşünülmektedir. Proje kapsamında daha önce laboratuvar ölçekli olarak gerçekleştirilen çalışmalarda %10 katı madde muhtevasına sahip büyükbaş hayvan atığı ile mısır silajının karıştırıldığı durumda elde edilen UKM giderim verimi %59,0 olarak belirlenmiş olup, çalışma sonuçlarının laboratuvar ölçekli çalışmayı desteklediği görülmüştür. Ayrıca literatürde beslenen birim UKM başına üretilen metan miktarı, 0,07 – 0,25  $L_{\text{metan}}/g\text{UKM}_{\text{beslenen}}$  olarak belirlenmiş olup, havasız çürütme reaktörü sonucunda elde edilen elde edilen 0,22  $L_{\text{metan}}/g\text{UKM}_{\text{beslenen}}$  değerinin literatür ile yakın değerler gösterdiği ve bu açıdan da başarılı sonuçlar elde edildiği kanaatine varılmıştır.

Ayrıca reaktörden elde edilen çıkış numunelerinde Salmonella’ya rastlanmadığı belirlenmiş olup, E.coli bakterilerinin ise genel olarak 10 kob/g değerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Fermente olan biyogübre daha kaliteli bir gübre durumuna gelmektedir. Biyogübreyi tarlaya verebilmek için ağır metal içeriklerinin sınır değerlerini aşmaması gerekir. Kompostun toprakta 10 yıllık ortalama esas alınarak her yıl uygulanması halinde, ağır metaller itibari ile toprağa verilen yükün Çizelge 4.9’daki değerleri aşmaması gerekir. Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek olan ağır metal yükü sınır değerleri Çizelge 4.10’da görülmektedir.

Çizelge 4.8. Havasız çürütme tesisi sonuçlarının literatür verileri ile karşılaştırılması

Referans	Reaktör tipi	UKM giderimi (%)	Metan üretimi ( $L_{\text{metan}}/g\text{UKM}_{\text{beslenen}}$ )	Yapılan çalışma sonucundaki UKM giderimleri (%)
Bu çalışma	Tam karışimli	32,9 – 64,8	0,22	34,4
Demirer and Chen (2004)	İki kademeli anaerobik çürütücü	30,3 – 62,4	0,07 – 0,24	32,9
Dugba and Zhang (1999)	Anaerobik AKR	22,0	0,07 – 0,15	41,2
Demirer and Chen (2005)	Anaerobik hibrid	59,0 – 68,0	0,19	45,4
Demir ve ark. (2011)	Tam karışimli (%10 TKM + mısır silajı)	59,0	0,15 – 0,29	37,9
Sanchez ve ark. (2006)	Doldur-boşalt anaerobik	48,0 – 53,6	0,24 – 0,25	52,3
Sung and Santha (2003)	Sıcaklık kademeli anaerobik çürütücü (TPAD)	37,0 – 41,5	0,15 – 0,22	51,6
Ahring ve ark. (2001)	Tam karışimli	28,0	0,20	64,8
Sung and Santha (2001)	Sıcaklık kademeli anaerobik çürütücü (TPAD)	42,6	0,23	
Singh ve ark. (1988)	Tam karışimli	38,4	0,25	
Hall ve ark. (1985)	Doldur-boşalt tip	42,0 – 52,0	0,17 – 0,22	
Hills (1980)	Tam karışimli	24,7	0,09	
Aitken ve ark. (2007)	Lab. ölçekli sürekli akışlı	15,0	0,16	

Çizelge 4.9. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri (Anonim, 2012c)

Ağır Metal (Toplam)	pH 5-6	pH>6
	mg/kg Fırın Kuru Toprak	mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50	300
Kadmiyum	1	3
Krom	100	100
Bakır*	50	140
Nikel*	30	75
Çinko *	150	300
Civa	1	1,5

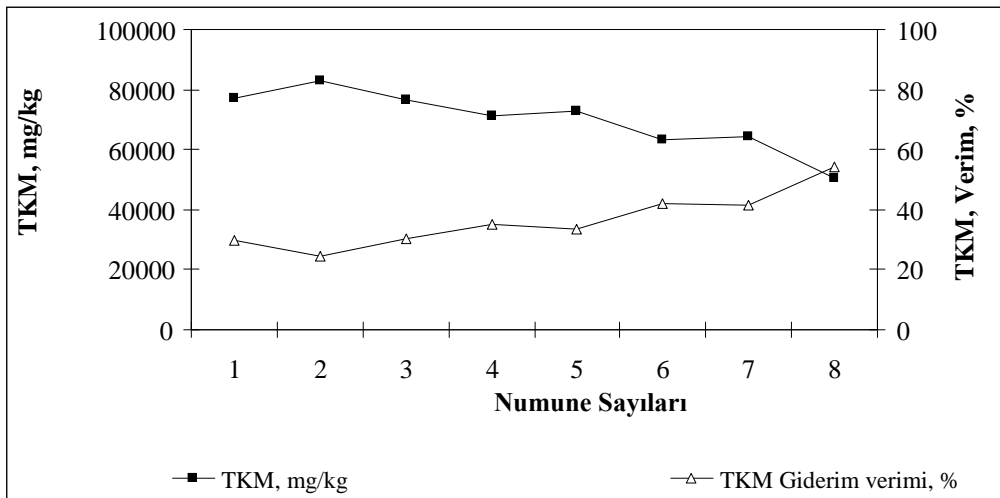
Çizelge 4.10. Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü sınır değerleri (Anonim, 2012c)

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Yük Değeri (gr/da/yıl, kuru maddede)
Kurşun	1500
Kadmiyum	15
Krom	1500
Bakır	1200
Nikel	300
Çinko	3000
Civa	10

Çizelge 4.9’da verilen ağır metal analizleri neticesinde elde edilen değerler dikkate alındığında Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (TKKY) 14. maddesindeki sınır değerler içinde kaldığı ve kompost olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

#### 4.4.1. Toplam Katı Madde (TKM)

Sulandırılmış büyükbaş hayvan atığı ile mısır silajının karıştırılması sonucunda elde edilen atığın TKM değeri yaklaşık olarak 110.000 mg/kg olarak tespit edilmiştir. İki atığın karıştırılarak havasız reaktöre beslenmesi neticesinde tesis çıkışında elde edilen TKM değerleri ve TKM giderim verimleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

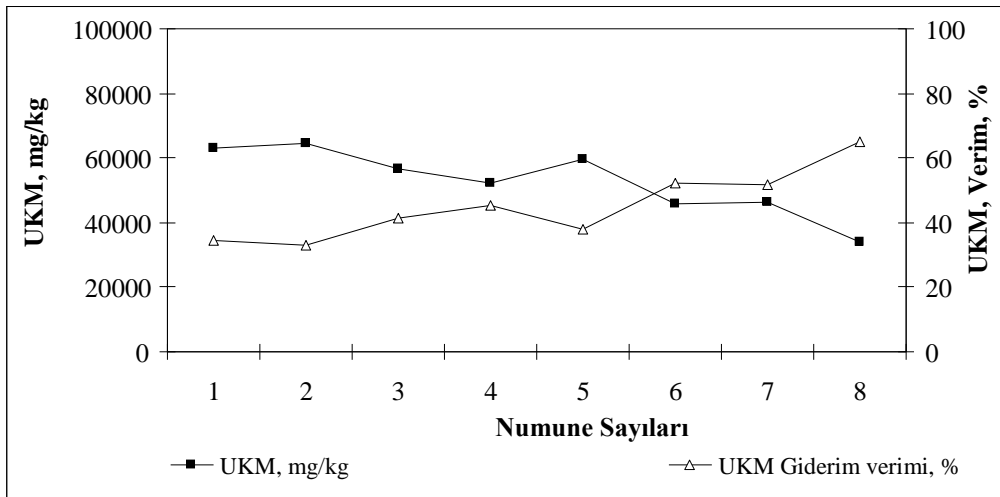


Şekil 4.7. Reaktördeki TKM sonuçları ve TKM giderme verimleri

Şekil 4.7'den de görüleceği gibi büyükbaş hayvan atığı ile mısır silajının karıştırılarak reaktöre beslenmesi sonucunda çıkış TKM değeri 50.420 mg/kg değerine kadar düşmüş olup, TKM giderim verimi %54,2'ye kadar ulaşmıştır. Reaktöre besleme yapılmasından itibaren TKM gideriminin tedricen artmış olduğu belirlenmiştir.

#### 4.4.2. Uçucu Katı Madde (UKM)

Sulandırılmış büyükbaş hayvan atığı ile mısır silajının karıştırılması sonucunda elde edilen atığın UKM değeri yaklaşık 96.000 mg/kg olarak tespit edilmiştir. İki atığın karıştırılarak havasız reaktöre beslenmesi neticesinde tesis çıkışında ölçülen UKM konsantrasyonları ve elde edilen UKM giderim Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

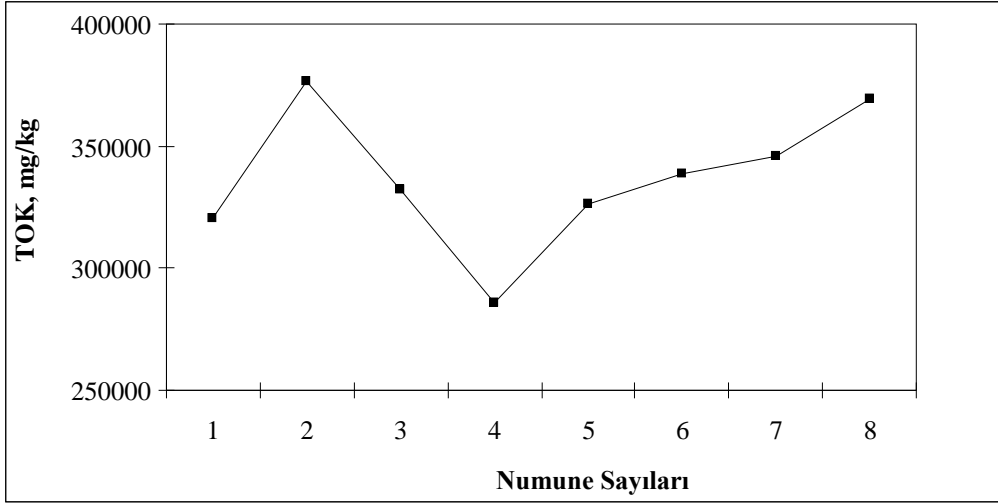


Şekil 4.8. Reaktördeki UKM sonuçları ve UKM giderme verimleri

Şekil 4.8'den de görüleceği gibi büyükbaş hayvan atığı ile mısır silajının karıştırılarak reaktöre beslenmesi sonucunda çıkış UKM değeri 32.985 mg/kg değerine kadar düşmüş olup, UKM giderim verimi ise %32,9'dan %64,8'e kadar tedrici olarak artmıştır.

#### 4.4.3. Toplam Organik Karbon (TOK)

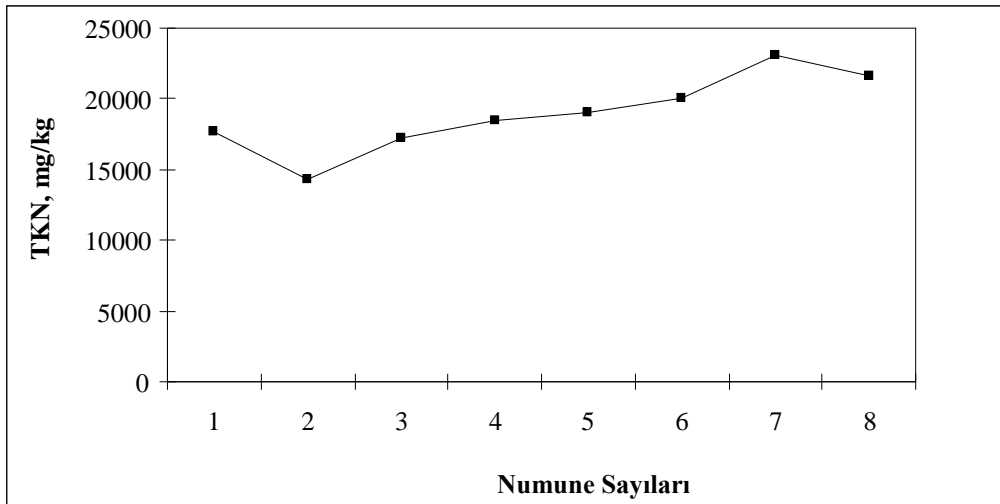
Reaktörde TOK konsantrasyonu 285.595 mg/L ile 376755 mg/L arasında değişmiştir. Çalışma süresince TOK konsantrasyonu değişimi Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Reaktördeki TOK konsantrasyonu değişimi

#### 4.4.4 TKN

Havasız çürütme reaktöründe çalışma süresince TKN konsantrasyonu; 14.255 mg/kg ile 23.044 mg/kg arasında değişmiştir. Çalışmada elde edilen TKN konsantrasyonu değişimi Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

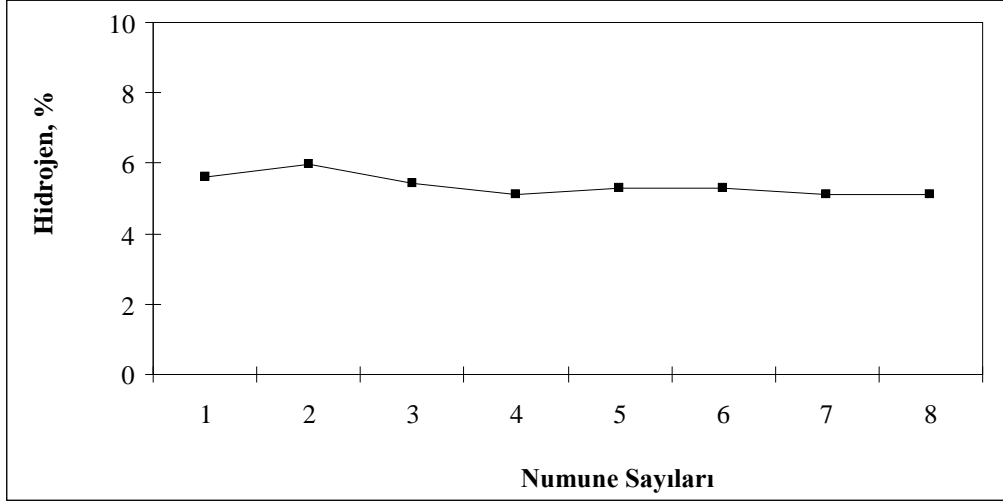


Şekil 4.10. Reaktördeki TKN konsantrasyonu değişimi

#### 4.4.5. Hidrojen Yüzdesi

Havasız çürütme prosesinde hidrojen yüzdesi çok küçük salınımlar göstermiş olup, en yüksek %5,97 en düşük %5,10 değerlerini almıştır. Çalışma süresince elde edilen

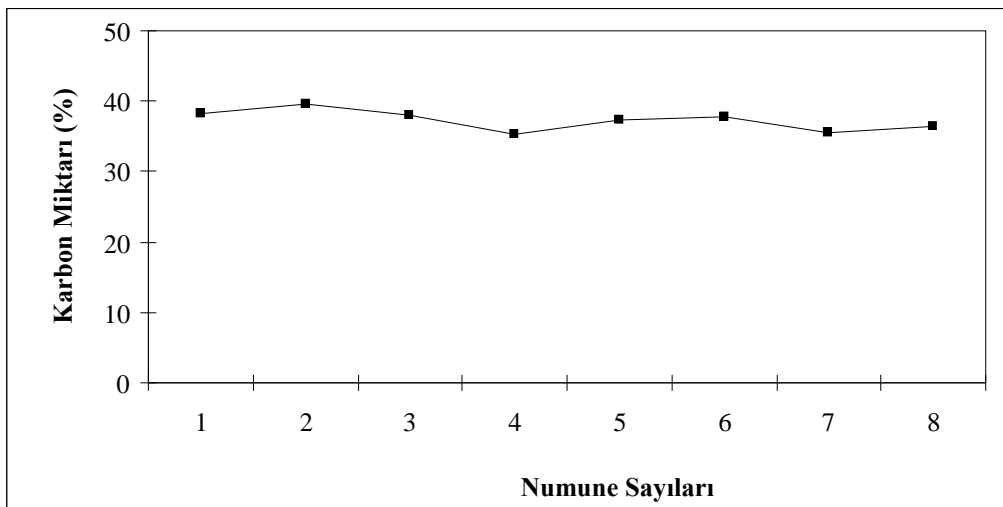
ortalama hidrojen yüzdesi ise %5,37 olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen hidrojen yüzdesi değerleri Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Reaktördeki hidrojen yüzdesi değişimi

#### 4.4.6. Karbon Yüzdesi

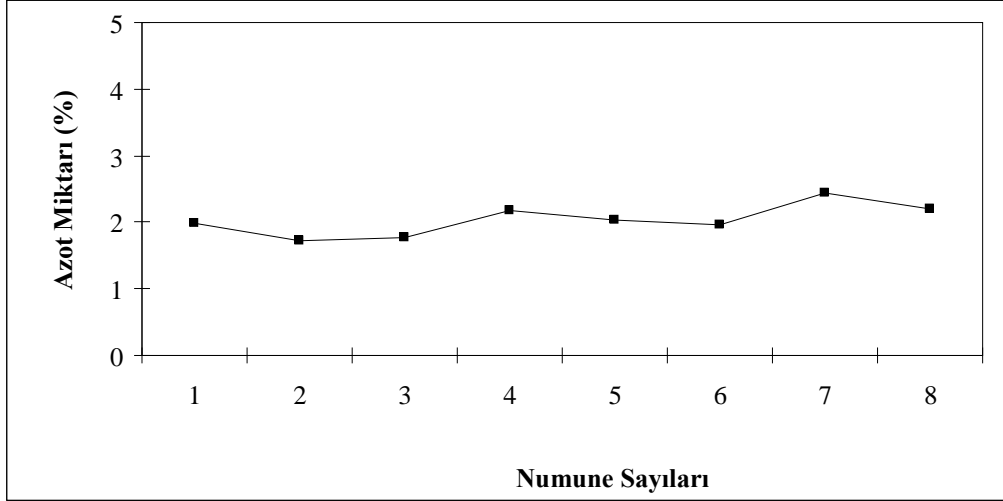
Havasız çürütme prosesinde çıkış karbon yüzdesi de, hidrojen yüzdesine benzer şekilde küçük salınımlar göstermiş olup, maksimum %39,51 minimum %35,39 değerlerini almıştır. Tüm çalışma süresince ortalama karbon yüzdesi ise %37,24 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen karbon yüzdesi değerleri Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Reaktördeki karbon yüzdesi değişimi

#### 4.4.7. Azot Yüzdesi

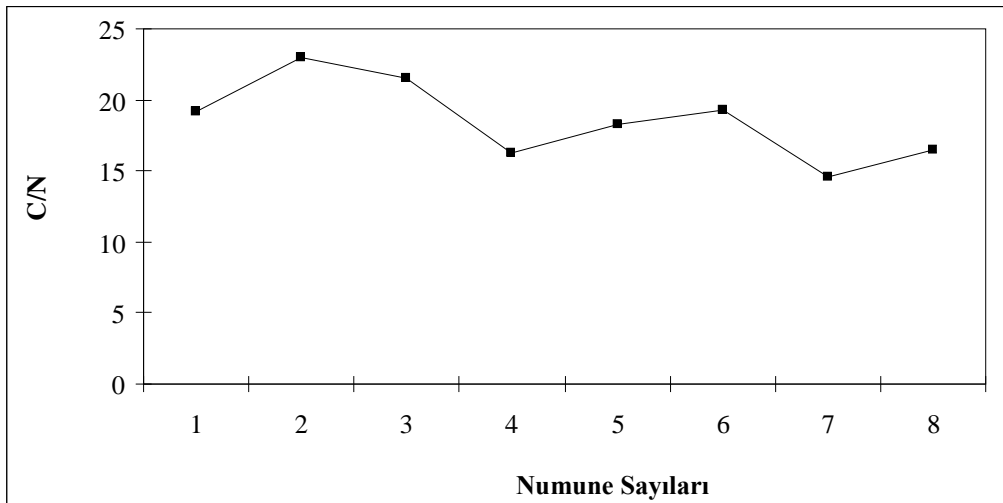
Reaktörde azot yüzdesi değişimi de çok küçük salınımlar göstermiştir. Reaktör çıkışında maksimum azot yüzdesi %2,43 iken minimum azot yüzdesi %1,72 olarak tespit edilmiştir. Ortalama azot yüzdesi ise %2,04 olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen karbon yüzdesi değerleri Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Reaktördeki azot yüzdesi değişimi

#### 4.4.8. Karbon / Azot Oranı (C/N)

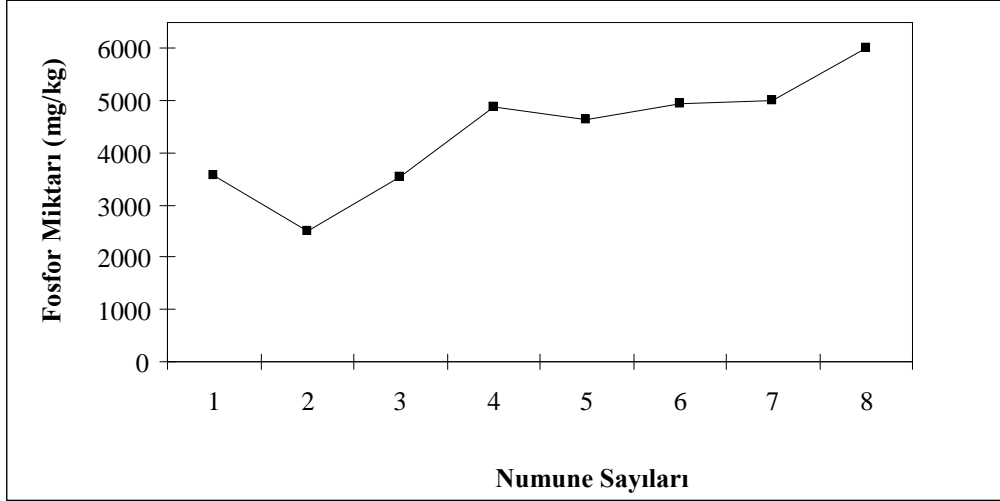
Havasız çürütme prosesinde C/N oranı 22,97 ile 14,58 arasında değerler almıştır. Tüm çalışma boyunca C/N oranı ortalama 18,57 olarak belirlenmiştir. Zamana bağlı olarak C/N oranının değişimi Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Reaktördeki C/N oranının değişimi

#### 4.4.9. Fosfor

Çalışma süresince reaktördeki fosfor konsantrasyonu minimum 2492 mg/kg, maksimum 6023 mg/kg değerlerini almış olup, ortalama olarak 4386 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çalışma süresince elde edilen fosfor konsantrasyonu değişimi Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Reaktördeki fosfor konsantrasyonu değişimi

#### 4.4.10. Salmonella ve E.coli

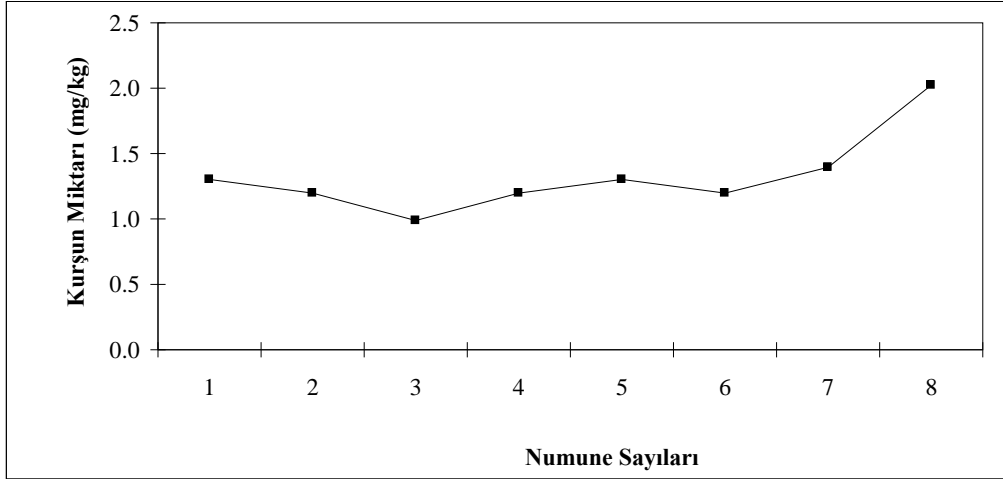
Yapılan deneyler sonucunda çalışma boyunca havasız çürütme prosesi çıkışında Salmonella bakterisine rastlanmadığı görülmüştür. E.coli sayım sonuçları genel olarak 10 kob/kg değerinin altında kalırken, beşinci numunede 3200 kob/kg, altıncı numunede ise 9600 kob/kg değerleri elde edilmiştir. Ancak bu iki değerde toprakta uygulama açısından önemsiz değerlerdir.

#### 4.4.11. Ağır Metaller

##### 4.4.11.1. Kurşun (Pb)

Havasız çürütme reaktöründe hayvansal atık ve mısır silajının su ile karıştırılarak beslenmesi durumunda kurşun değerleri en düşük 3. numunede 0,99 mg/kg ile en yüksek 8. numunede 2,02 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama olarak 1,33 mg/kg

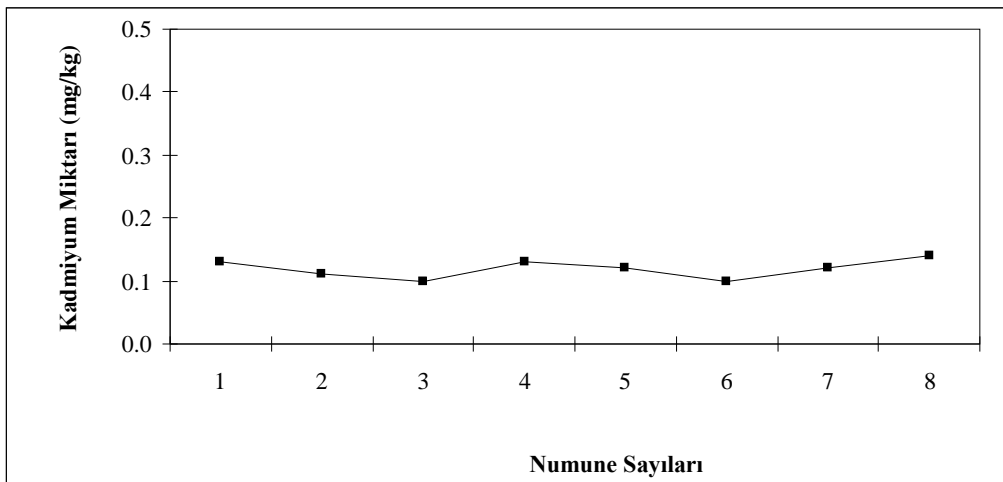
olarak belirlenmiştir. Reaktörde kurşun değerlerinin değişimi Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Reaktördeki kurşun (Pb) miktarı değişimi

#### 4.4.11.2. Kadmiyum (Cd)

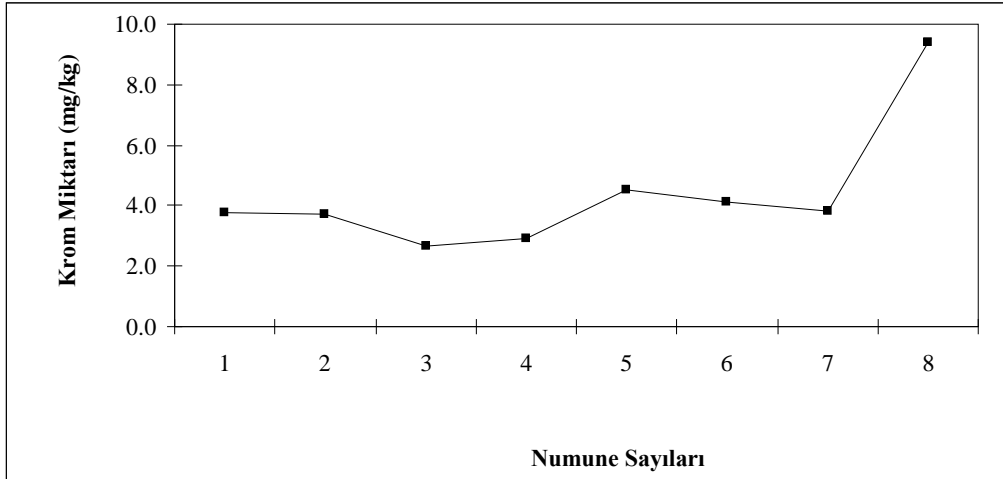
Havasız çürütme reaktöründe hayvansal atık ve mısır silajının su ile karıştırılarak beslenmesi durumunda kadmiyum değerleri en düşük 3. numunede  $<0,1$  mg/kg, en yüksek 8. numunede  $0,14$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Reaktörde kadmiyum değeri ortalama olarak  $0,12$  mg/kg olarak belirlenmiştir. Reaktörde kadmiyum değerlerinin değişimi Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Üçüncü ve altıncı numunelerde kadmiyum değeri  $<0,1$  mg/kg olarak belirlenmiş olup, Şekil 4.17'de  $0.1$  mg/kg olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Reaktördeki kadmiyum (Cd) miktarı değişimi

#### 4.4.11.3. Krom (Cr)

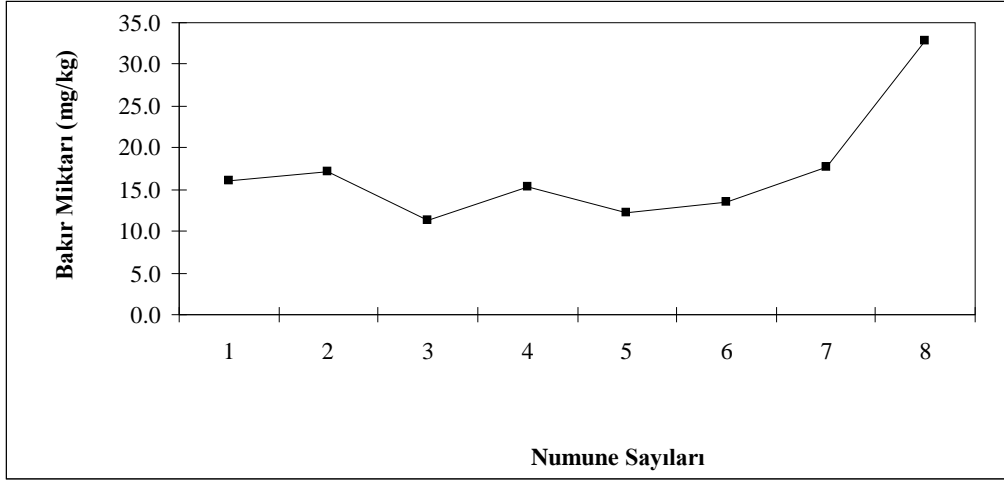
Havasız çürütme reaktöründe hayvansal atık ve mısır silajının su ile karıştırılarak beslenmesi durumunda krom değerleri en düşük 3. numunede 2,66 mg/kg ile en yüksek 8. numunede 9,41 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama olarak 4,36 mg/kg olarak belirlenmiştir. Reaktörde krom değerlerinin değişimi Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Reaktördeki krom (Cr) miktarı değişimi

#### 4.4.11.4. Bakır (Cu)

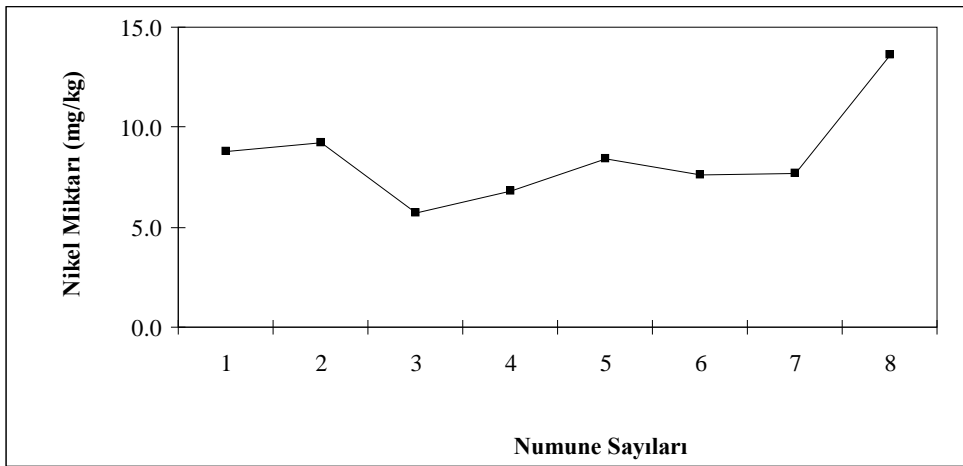
Havasız çürütme reaktöründe hayvansal atık ve mısır silajının su ile karıştırılarak beslenmesi durumunda bakır değerleri en düşük 3. numunede 11,26 mg/kg ile en yüksek 8. numunede 32,77 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama olarak 16,98 mg/kg olarak belirlenmiştir. Reaktörde bakır değerlerinin değişimi Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Reaktördeki bakır (Cu) miktarı değişimi

#### 4.4.11.5. Nikel (Ni)

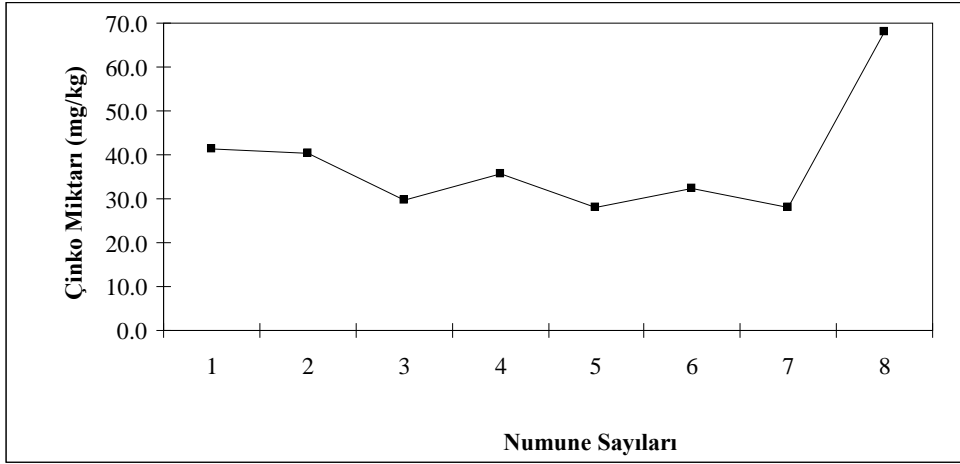
Pilot ölçekli havasız çürütme reaktöründe hayvansal atık ve mısır silajının su ile karıştırılarak beslenmesi durumunda nikel değerleri en düşük 3. numunede 5,73 mg/kg ile en yüksek 8. numunede 13,58 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama olarak 8,47 mg/kg olarak belirlenmiştir. Reaktörde nikel değerlerinin değişimi Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Reaktördeki nikel (Ni) miktarı değişimi

#### 4.4.11.6. Çinko (Zn)

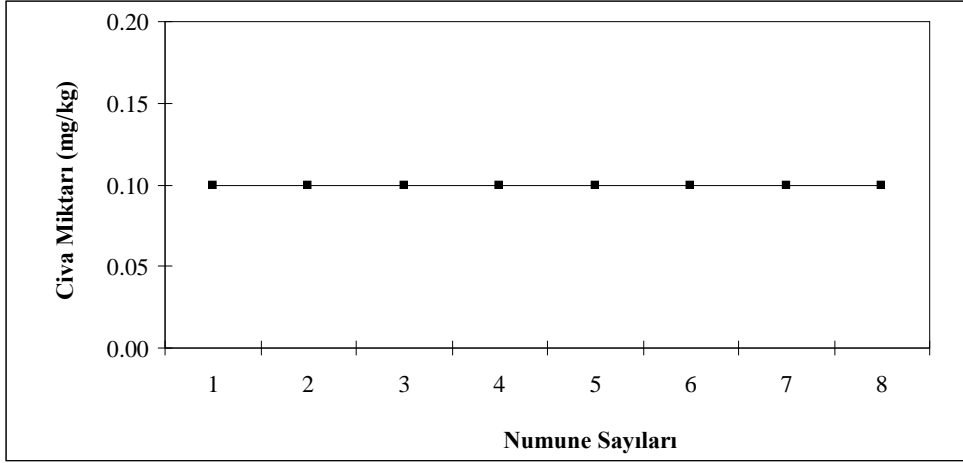
Havasız çürütme reaktöründe hayvansal atık ve mısır silajının su ile karıştırılarak beslenmesi durumunda çinko değerleri en düşük 7. Numunede 27,90 mg/kg ile en yüksek 8. numunede 68,11 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama olarak 37,87 mg/kg olarak belirlenmiştir. Reaktörde çinko değerlerinin değişimi Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Reaktördeki çinko (Zn) miktarı değişimi

#### 4.4.11.7. Civa (Hg)

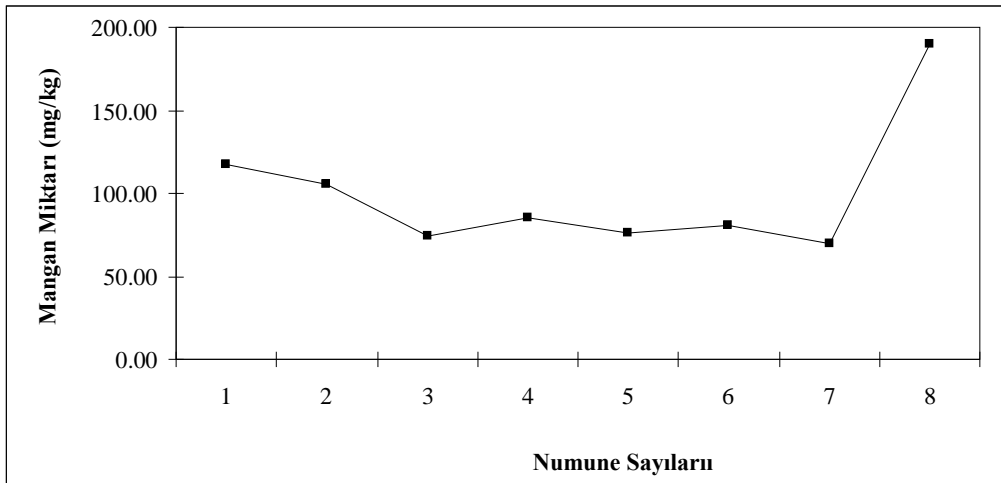
Havasız çürütme reaktöründe hayvansal atık ve mısır silajının su ile karıştırılarak beslenmesi durumunda civa değerleri analiz edilen tüm numunelerde 0,1 mg/kg’dan küçük olarak tespit edilmiştir. Bu durumda reaktörde civa değeri ortalama olarak 0,1 mg/kg’dan küçüktür. Reaktörde civa değerlerinin değişimi Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Civa değerleri Şekil 4.22’de 0,1 mg/kg olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Reaktördeki civa (Hg) miktarı değişimi

#### 4.4.11.8. Mangan (Mn)

Havasız çürütme reaktöründe hayvansal atık ve mısır silajının su ile karıştırılarak beslenmesi durumunda mangan değerleri en düşük 7. numunede 70,00 mg/kg, en yüksek 8. numunede 190,13 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Reaktörde mangan değeri ortalama olarak 99,92 mg/kg olarak belirlenmiştir. Reaktörde mangan değerlerinin değişimi Şekil 4.23'te gösterilmiştir.



Şekil 4.23. Reaktördeki mangan (Mn) miktarı değişimi

## 5. SONUÇLAR

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi tarımsal araştırma merkezinde bulunan biyogaz tesisinden 1 gr Uçucu Katı Maddeden 0,22 lt biyogaz çıkmaktadır. Günlük 750 l karışım eklenmiş ve katı madde % 8 olmuştur. Hesaplamalar yapıldığında günde 13,2 m<sup>3</sup> biyogaz elde edilmiştir ve biyogazın ısıl değeri 253 MJ olmuştur.

Dış ortam sıcaklığı 13 °C olduğunda cam serada gerekli olan ısı enerjisi için biyogazdan elde edilen ısı enerjisi yeterli olmamakta ve 19,3 MJ'lük ek enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Dış ortam sıcaklığı 13 °C'den büyük olduğunda cam serada biyogazdan elde edilen ısı enerjisiyle sera ısıtılması yeterli olmaktadır. Dış ortam sıcaklığı 11 °C'den büyük olduğu zaman plastik serada gerekli olan ısı enerjisi için biyogazdan elde edilen enerjiyle sera ısıtılması yeterli olmaktadır.

Sabit iç ortam sıcaklığı (18 °C) elde etmek için dış ortam sıcaklığına göre gerekli olan boru uzunluğu, borularda dolaşan suyun sıcaklığının artırılmasıyla azalmıştır.

Dış ortam sıcaklığı 13 °C olduğunda m<sup>2</sup> başına düşen ortalama enerji ihtiyacı cam serada 1,9 MJ iken plastik serada 0,7 MJ olmaktadır.

Büyükbaş hayvan atığına mısır silajının ilave edilmesiyle başlayan periyotta sonuçların birbirine benzer değerler aldığı hal kararlı durum olarak değerlendirilmiştir. Reaktörlerin performansı literatürdekine benzer şekilde özellikle UKM giderim verimi ve metan üretim oranı değerleriyle mukayese edilmiştir. Mezofilik reaktörde %55 UKM giderim verimi ve 0,19 Lmetan/g UKM metan üretim oranı değerleri elde edilmiştir. Termofilik reaktörde ise %59 UKM giderim verimi ve 0,29 Lmetan/g UKM metan üretim oranı değerleri elde edilmiştir.

Büyükbaş hayvan atığı ile yapılan çeşitli çalışmalarda elde edilen UKM giderim verim değerleri incelendiğinde; tam karışimli reaktör ile %28 (Ahring ve ark., 2001), yine tam karışimli reaktör ile %24,7 (Hills, 1980), doldur boşalt tipi bir reaktörle %42-52 (Hall ve ark., 1985), tam karışimli bir reaktörle %38,4 (Singh vd., 1988), doldur boşalt tip bir anaerobik reaktörle %48-53,6 (S'anchez ve ark., 2006), tam karışimli bir diğer reaktör ile %62,5 UKM giderim verimi(Lo ve Liao, 1985), anaerobik ardışık kesikli bir reaktörle %22 (Dugba ve Zhang 1999), anaerobik bir çürütücüde %37-41,5 (Sung ve

Santha, 2003), iki fazlı bir anaerobik çürütücü ile %30,3-62,4 (Demirer ve Chen, 2004), anaerobik hibrit reaktörde %59-68 (Demirer ve Chen, 2005) ve sıcaklık kademeli bir anaerobik çürütücüde %42,6 (Sung ve Santha, 2001) gibi değerlerin elde edildiği görülmüştür. Literatürden elde edilen bu değerlerin ışığında, mezofilik reaktörde ulaşılan %55 ve termofilik reaktörde ulaşılan %59 UKM giderim verim değerlerinin başarılı olduğu düşünülmektedir.

Literatürde büyükbaş hayvan atıklarının anaerobik olarak çürütüldükleri çalışmalar birim beslenen UKM başına üretilen metan miktarı açısından incelendiğinde; tam karışimli reaktör ile 0,20 L/g (Ahring ve ark., 2001), yine tam karışimli reaktör ile 0,09 L/g (Hills, 1980), doldur boşalt tipi bir reaktörle 0,17-0,22 L/g (Hall ve ark., 1985), tam karışimli bir reaktörle 0,25 L/g (Singh ve ark., 1988), doldur boşalt tip bir anaerobik reaktörle 0,24-0,25 L/g (S'anchez ve ark., 2006), anaerobik ardışık kesikli bir reaktörle 0,07-0,15 L/g (Dugba ve Zhang 1999), anaerobik bir çürütücüde 0,15-0,22 L/g (Sung ve Santha, 2003), iki fazlı bir anaerobik çürütücü ile 0,07-0,24 L/g (Demirer ve Chen, 2004), anaerobik hibrit reaktörde 0,19 L/g (Demirer ve Chen, 2005), tam karışimli bir başka reaktörde 0,13-0,35 L/g (Paavola ve ark., 2006) ve sıcaklık kademeli bir anaerobik çürütücüde 0,23 L/g (Sung ve Santha, 2001) değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Büyükbaş hayvan atığı ile beslenen periyotta mezofilik reaktörde 0,06-0,10 L/g aralığında, termofilik reaktörde ise 0,07-0,14 L/g aralığında düşük metan üretim oranları elde edilmiştir. Ancak mısır silajının büyükbaş hayvan atığına karıştırılmasıyla birlikte devam eden periyotta bu oran, mezofilik reaktörde 0,19 L/g'a, termofilik reaktörde ise 0,29 L/g'a kadar çıkmıştır. Özellikle termofilik reaktörde elde edilen 0,29 L/g değerinin literatürde elde edilen metan üretim oranlarına göre yeterince yüksek olduğu görülmektedir.

Ağır metal analizleri neticesinde elde edilen değerler dikkate alındığında Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (TKKY) 14. maddesindeki sınır değerler içinde kaldığı ve kompost olarak kullanılabilenliği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak; elde edilen neticeler özellikle termofilik reaktörün verimli bir şekilde çalıştığını ancak yüksek giderim verimleri (%55-%59) elde etmek için ilave organik madde kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur. Bu halde 0,29 L metan /g Beslenen UKM gibi yüksek gaz üretim oranlarına ulaşılması da mümkün olmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M., 2008. Türkiye’de Biyokütle – Biyoetanol ve Biyomotorin Kaynakları ve Biyoyakıt Enerjisinin Geleceği, VII. Ulusal temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık, 2008, İstanbul.
- Ahring, B.K., Ibrahim, A.A and Mladenovska, Z., (2001), “Effect of temperature increase from 55 to 65°C on performance and microbial population dynamics of an anaerobic reactor treating cattle manure”, *Wat. Res.*, 35 (10): 2446- 2452.
- Aitken, M.D., Sobsey, M.D., Van Abel, N.A., Blauth, K.E., Singleton, D.R., Crunk, P.L., Nichols, C., Walters, G.W., Schneider, M., (2007), “Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 during thermophilic anaerobic digestion of manure from dairy cattle”, *Wat. Res.*, 41: 1659 – 1666.
- Akbulut, A., Kurtbaş, İ. Ve Gülçimen, F., 2006. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Destekli Bir Biyogaz Sisteminin Sera Isıtmasında kullanımının Deneysel Olarak İncelenmesi. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 47 (555), 50-61.
- Anonim, 2012a. 1000 m<sup>2</sup>’lik Cam Seranın Biyogaz ile Isıtılması. <http://tarmakproje.gop.edu.tr/tekt2.aspx>. (10.08.2012).
- Anonim, 2012b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Tokat Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Verileri.
- Anonim, 2012c. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi gazete: 31.02.2005 tarih ve 25831 sayı.
- Anonim, 2013. Biyogaz. <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> (01.02.2013).
- Arıkan, B., 2008. Organik Evsel Katı Atıklardan Anaerobik Ortamda Biyogaz Üretiminin Verimliliğinin Araştırılması. ( Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Arın, S. ve Akdemir, S., 2002. Seralarda Doğal Gazın Isıtma Amacıyla Kullanılabilirliği. *Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3 (1), 89-99.
- Aslanlı, Ş., 2009. Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi Üzerine Çeşitli Bor Bileşiklerinin Etkinliğinin Araştırılması. (Yüksek lisans Tezi), Biyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Buğutekin, A., 2007. Atıklardan Biyogaz Üretiminin İncelenmesi. (Doktora Tezi), Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Can, E., Ünal, H., Alibaş, İ., Vardar, A. ve Alibaş, K., 2009. Sığır, Bildircin ve Devekuşu Gübresi ile Mezbahe Atığı ve İspanaktan Biyogaz Üretim Miktarlarının Belirlenmesi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 1-3 Ekim, Isparta.
- Çetinkaya, M., Ve Karaosmanoğlu, F., 2004. Biyogaz ve Türkiye İçin Seçenekler. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, İstanbul s.627-644.
- Demirci, G. ve L.Türkavcı, 2001. Biyogaz “Atıklardan Enerji” Temiz Enerji Vakfı Yayınları No.: 8, Ankara.
- Demirer, G.N. and Chen, S., (2004), “Effect of retention time and organic loading rate on anaerobic acidification and biogasification of dairy manure”, *J Chem Technol. Biotechnol.*, 79: 1381–1387.
- Demirer, G. and Chen, S., (2005), “Anaerobic Digestion of Dairy Manure in a Hybrid Reactor With Biogas Recirculation”, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21: 1509-1514.

- Dugba, P.N. and Zhang, R., (1999), "Treatment of Dairy Wastewater with Two-Stage Anaerobic Sequencing Batch Reactor Systems - Thermophilic Versus Mesophilic Operations", *Bioresource Tehnology*, 68 (3): 225-233.
- Ergüneş, G., 2009. Enerji Kaynakları. Tarım Makinaları, Editör: Ergüneş, G., s. 62-63.
- Gül, N., 2006. Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Hall, S.J., Hawkes, D.L., Hawkes, F.R. and Thomas, A., (1985), "Mesophilic anaerobic digestion of high solids cattle waste in a packed bed digester", *J Agr Eng Res.*, 32: 153-162.
- Hamdan, MA., Al. Alsayeh, BA., Jubran, 1992. Solar Hybrid Heating-Systems For Greenhouses, *Applied Energy*, Oxford, England.
- Hills, D.J., (1980), "Methane gas production from dairy manure at high solids concentrations", *T. ASAE*, 23: 122-126.
- Jaffrin, A., N. Bentounes, AM. Joan, S. Makhoulouf, 2003. Landfill Biogas For Heating Greenhouses And Providing Carbon Dioxide Supplement For Plant Growth, *Biosystems Engineering*, France.
- Kasap, A., 2005. 25 Büyükbaş Hayvan Kapasiteli 30 m<sup>3</sup> Hacimli Biyogaz Projesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tarım Makinaları Bölümü, Tokat.
- Kasap, A., Aktaş, R. ve Dülger, E., 2012. Economic and Environmental Impacts of Biogas. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8 (3), 271-277.
- Kavacık, B., 2007. Peynir Altı Suyu ve Gübre Karışımının Kofermantasyonu ile Biyogaz üretimi. (Yüksek Lisans Tezi), Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Kavacık, B. ve Topaloğlu, B., 2007. Peynir Altı Suyu ve Gübre Karışımından Biyogaz Üretimi . 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknolojisi, 24-27 Ekim 2007, İzmir.
- Kaygusuz, K. ve Turker, M.F., 2002. Biomass Energy Potential in Turkey, *Renewable Energy*, 26, pp. 661-678.
- Kendirli, B. ve Çakmak, B., 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 95-103.
- Kılıç, F.Ç., 2011. Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri. *Mühendis ve Makina*, 52 (617), 94-106.
- Koçer, N. ve Ünlü, A., 2007. Doğu Anadolu Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi*, 5 (2), 175-181.
- Manav Demir, N., Coşkun, T., Debik, E., (2011), "The effect of distinct operational conditions on organic material removal and biogas production in the anaerobic treatment of cattle manure", *World Renewable Energy Congress (WREC)*, 8 – 13 May, 2011.
- Olgun, M. 2009. Tarımsal Yapılar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:1577, Ders Kitabı: 529, ss. 445, Ankara.
- Ojolo, S.J., Oke, S.A., Animasahun, K., and Adesuyi, B.K., 2007. Utilization of Poultry, Cow and Kitchen Wastes for Biogas Production: A Comparative Analysis. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 4 (4), 223-228.
- Öztürk, B. ve Okumuş, E., 2008. Biyogaz Üretimi ve Yakıt Kalitesinin Yükseltilmesi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık, İstanbul.

- Polat, H.E. 2007. Ankara İli Büyükbaş Hayvancılık İşletmelerinde Atık Yönetim Sistemlerinin Değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Polat, M. ve Altuntop, N., 2009. Biyotermal Enerjiden Faydalanarak Bir Sera Isıtma Uygulaması ve Sonuçları. V. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 16-17 Ekim 2009, Kayseri.
- Polat, H.E., Kendirli, B., ve Olgun, M., 2009. Seraların Isıtılmasında Biyogazdan Yararlanma Olanaklarının Belirlenmesi. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2009, Kahramanmaraş.
- Sanchez, E., Borja, R., Weiland, P., Travieso, L. and Martin, A., (2006), "Effect of temperature and pH on the kinetics of methane production, organic nitrogen and phosphorus removal in the batch anaerobic digestion process of cattle manure", *Bioprocess Eng.*, 22: 247–252.
- Singh, A., Giridhar, G., Madan, M. and Vasudevan, P., (1988), "Anaerobic digestion: an appropriate process for integrated utilization of biomass from non-conventional sources", *Proc Fifth Int Symp on Anaerobic Digestion*, 943–946.
- Sözer, S. ve Yıldız, O., 2006. Sığır Gübresi ve Peynir Altı Suyu Karışımlarından Biyogaz Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (2), 179-183.
- Sung, S. and Santha, H., (2001), "Performance of Temperature-Phased Anaerobic Digestion (TPAD) System Treating Dairy Cattle Wastes", *Tamkang Journal of Science and Engineering*, 4 (4): 301-310.
- Sung, A. and Santha, H., (2003), "Performance of temperature-phased anaerobic digestion (TPAD) system treating dairy cattle wastes", *Water Res.*, 37: 1628–1636.
- Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S. ve Reiter, R., 2008. Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi, Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık, İstanbul, s.259-264.
- Tüik, 2011. [http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt\\_id=46](http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=46) (10.10.2012).
- Türker, M., 2008. Anaerobik Biyoteknoloji ve Biyogaz Üretimi Dünya'da ve Türkiye'de Eğilimler. 7. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık İstanbul, s.305-312.
- Yağcıoğlu A. 1999. Sera Mekanizasyonu, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notları: 59/1 Bornova/İzmir.
- Yavuzcan, G., 1995. İçsel Tarım Mekanizasyonu. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1416, 142 s, Ankara.
- Yiğit, N., 2007. Peyniraltı Suyundan Sürekli Sistemde Biyogaz Üretimi için Uygun Koşulların Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 113s.
- Yüksel, T. ve Esen M., 2010. Elazığ İli İçin Çeşitli Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Deneysel Olarak Değerlendirilmesi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi*, 9 (1), 68-73.
- Xinshan, Qİ., S. Zhang, Y. Wang, and R. Wang, 2005. Advantages Of The Integrated Pig- Biogas Vegetable Greenhouse System In North China, Institute Of Ecologyand Biodiversity, School Of Life Sciences, Shandong Universty, Shanda Nan Road, Jinan,Shandong Provincialenvironmental Inspection Station, Zhi-Jin-Shi Street,Jinan, Shandong, China.

## 7. ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı: Emre  
Soyadı: DÜLGER  
Doğum yeri: Tokat  
Medeni Hali: Bekar  
Yabancı Dili: İngilizce  
Telefon: 0542 747 00 77  
e-mail: emredulger0077@hotmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı	2013
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü	2009
Lise	Tokat Mehmet Akif Ersoy Lisesi	2003