



**T.C.  
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KANATLI HAYVAN ATIKLARININ BİYOGAZ POTANSİYELİNİN  
BELİRLENMESİ VE TESİS YERLEŞİM OPTİMİZASYONU:  
DÜZCE İLİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FUAT YÜRÜK**

**OCAK 2015**

**DÜZCE**

## KABUL VE ONAY BELGESİ

Fuat YÜRÜK tarafından hazırlanan “Kanatlı Hayvan Atıklarının Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi Ve Tesis Yerleşim Optimizasyonu: Düzce İli Örneği” isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 14/01/2015 tarih ve 2015/20 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye  
(Tez Danışmanı)  
Doç. Dr. Pakize ERDOĞMUŞ  
Düzce Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Resul KARA  
Düzce Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Ali ÖZTÜRK  
Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 23.01.2015

### ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Fuat YÜRÜK’ün Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

29 Aralık 2014

Fuat YÜRÜK

*Sevgili Aileme*

## **TEŞEKKÜR**

Öncelikle tez konusunun seçiminden tamamlanmasına kadar her türlü konuda deneyim ve bilgilerini paylaşan ve yol gösteren danışmanım Sn.Doç. Dr. Pakize ERDOĞMUŞ'a,

Tüm yüksek lisans eğitimim boyunca ders aldığım değerli Bilgisayar Mühendisliği ve Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Hocalarıma,

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

**29 Aralık 2014**

**Fuat YÜRÜK**

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>I</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>V</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>EXTENDED ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>5</b>
<b>2. BİYOGAZ</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. BİYOGAZ BİLEŞİMİ VE ÖZELLİKLERİ</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2. BİYOGAZIN ISIL DEĞERİ</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILAN MADDELER</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4. BİYOGAZIN AVANTAJLARI</b> .....	<b>9</b>
<b>2.5. BİYOGAZ ÜRETİMİNİN AŞAMALARI</b> .....	<b>9</b>
<b>2.6. BİYOGAZ ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER</b> .....	<b>10</b>
<b>2.6.1. Sıcaklık</b> .....	<b>11</b>
<b>2.6.2. Hidrolik Bekleme Süresi</b> .....	<b>12</b>
<b>2.6.3. Organik Yükleme Hızı</b> .....	<b>12</b>
<b>2.6.4. Katı Madde İçeriği</b> .....	<b>12</b>
<b>2.6.5. pH Oranı</b> .....	<b>13</b>
<b>2.6.6. Besleme Sıklığı</b> .....	<b>13</b>
<b>2.6.7. Karıştırma</b> .....	<b>13</b>
<b>2.6.8. C/N Oranı</b> .....	<b>13</b>
<b>2.6.9. Toksikite</b> .....	<b>14</b>
<b>2.7. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILAN SİSTEMLER</b> .....	<b>14</b>
<b>2.7.1. Kesikli (Batch) Fermantasyon</b> .....	<b>14</b>
<b>2.7.2. Beslemeli Kesikli Fermantasyon</b> .....	<b>14</b>
<b>2.7.3. Sürekli Fermantasyon</b> .....	<b>14</b>
<b>2.8. BİYOGAZ TESİSLERİ</b> .....	<b>15</b>
<b>2.8.1. Aile Tipi Biyogaz Tesisleri</b> .....	<b>15</b>
<b>2.8.2. Çiftlik Tipi Biyogaz Tesisleri</b> .....	<b>15</b>

2.8.3.	Köy Tipi Biyogaz Tesisleri .....	16
2.8.4.	Merkezi Tip Biyogaz Tesisleri .....	16
2.9.	<b>BİYOĞAZ ÜRETİMİNDE KULLANILAN ANAEROBİK REAKTÖRLER</b> .....	16
2.9.1.	Sabit Kubbeli Reaktörler .....	16
2.9.2.	Hareketli Kubbeli Reaktörler .....	16
2.9.3.	Torba Reaktör .....	17
2.9.4.	Sabit Film Reaktörleri .....	17
2.9.5.	Yukarı Akışlı Anaerobik Reaktörler .....	17
2.9.6.	Yatay Engelli Reaktörler .....	17
2.9.7.	Anaerobik Havuz Reaktörler .....	18
2.9.8.	Karıştırmalı Reaktörler .....	18
2.9.9.	Tapa Akışlı Reaktörler .....	18
2.9.10.	Temas Stabilizasyon Reaktörler .....	18
2.9.11.	Asit Fazlı Reaktörler .....	19
2.9.12.	Akışkan Yataklı Anaerobik Reaktörler .....	19
2.9.13.	Yukarı Akışlı Filtreli Kombine Reaktörler .....	19
2.9.14.	Ardışık Kesikli Anaerobik Reaktörler .....	19
2.9.15.	Hibrit Reaktörler .....	20
3.	<b>DÜNYADA, TÜRKİYEDE VE BÖLGEDE BİYOĞAZ</b> .....	20
3.1.	<b>DÜNYADA BİYOĞAZ</b> .....	20
3.2.	<b>TÜRKİYEDE BİYOĞAZ</b> .....	21
3.3.	<b>DOĞU MARMARA BÖLGESİNDE BİYOĞAZ</b> .....	23
4.	<b>MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	24
4.1.	<b>HAYVANSAL ATIKLARDAN ELDE EDİLEBİLECEK GÜBRE VE BİYOĞAZ MİKTARI</b> .....	24
4.2.	<b>DÜZCE İLİ MEVCUT HAYVAN VERİLERİ</b> .....	25
4.3.	<b>DÜZCE İLİ MEVCUT HAYVANSAL ATIK POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI</b> .....	26
4.4.	<b>K-MEANS KÜMELEME YÖNTEMİ</b> .....	28
4.5.	<b>DÜZCE İLİ BROİLER KÜMES KOORDİNATLARININ K-MEANS İLE KÜMELENMESİ</b> .....	30
4.6.	<b>SIMULATED ANNEALING (TAVLAMA BENZETİMİ)</b> .....	35

<b>4.7. SIMULATED ANNEALING İLE OPTİMUM TESİS KONUMLARININ BELİRLENMESİ.....</b>	<b>39</b>
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>45</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>47</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>50</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 2.1. Biyogaz döngüsü	7
Şekil 2.2. Anaerobik çürüme kademeleri	10
Şekil 2.3. Psikrofilik, Mezofilik ve Termofilik bakterilerinin büyüme oranları	11
Şekil 2.4. Fermantasyon şekilleri	15
Şekil 2.5. Hayvansal atık arıtma biyogaz tesisi	20
Şekil 3.1. Türkiye'deki biyogaz tesis sayıları (durum: işletmede ve planlamada)	23
Şekil 3.2. Pilot biyogaz tesisi	24
Şekil 4.1. Düzce İlinin Biyogaz Potansiyeli ve Organik Atık Türüne Göre Dağılımı	26
Şekil 4.2. Küme Yapısı (Cluster Structure)	29
Şekil 4.3. Düzce İli Broiler Kümes Koordinat Bilgileri	31
Şekil 4.4. K-Means Algoritmasının (k=5) İçin Oluşturduğu Küme	32
Şekil 4.5. K-Means Algoritmasının (k=6) İçin Oluşturduğu Küme	32
Şekil 4.6. K-Means Algoritmasının (k=7) İçin Oluşturduğu Küme	33
Şekil 4.7. K-Means Algoritmasının (k=8) İçin Oluşturduğu Küme	33
Şekil 4.8. Benzetim Tavlama Algoritması Temel Adımları	38
Şekil 4.9. Tavlama Benzetimi Akış Şeması	39
Şekil 4.10. En iyi tesis konumları (k=5,6,7,8)	43
Şekil 4.11. En kötü tesis konumları (k=5,6,7,8)	43
Şekil 4.12. En iyi ve en kötü tesis konumları (k=5,6,7,8)	44

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Çizelge 2.1. Biyogaz bileşim değerleri	6
Çizelge 2.2. Biyogazın doğalgazla karşılaştırılması	6
Çizelge 2.3. Biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları	8
Çizelge 4.1. Düzce İli, ilçelere göre büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanları sayısı	25
Çizelge 4.2. Düzce’de hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli	27
Çizelge 4.3. Düzce İlinin İlçelere Göre Broiler İşletme ve Kümes Sayıları	31
Çizelge 4.4. K-Means ile belirlenen küme merkezleri koordinatları ortalaması	34
Çizelge 4.5. Biyogaz Tesisinin (k=5) Kümeleme İçin En İyi ve En Kötü Konumu	40
Çizelge 4.6. Biyogaz Tesisinin (k=6) Kümeleme İçin En İyi ve En Kötü Konumu	41
Çizelge 4.7. Biyogaz Tesisinin (k=7) Kümeleme İçin En İyi ve En Kötü Konumu	41
Çizelge 4.8. Biyogaz Tesisinin (k=8) Kümeleme İçin En İyi ve En Kötü Konumu	42
Çizelge 4.9. Küme Sayılarına göre Biyogaz Tesisinin En iyi ve En Kötü Konumları	42

## SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
C	Karbon
C/N	Karbon ve azot oranı
CH <sub>4</sub>	Metan
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
GWh	Gigawattsaat
H <sub>2</sub>	Hidrojen
H <sub>2</sub> S	Hidrojen sülfür
HBS	Hidrolik bekletme süresi
İZAYDAŞ	İzmit Atık ve Artıkları Arıtma Yakma ve Değerlendirme A. Ş
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-saat
lt	Litre
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
mg	Miligram
MJ	Megajoule
MTEP	Milyon ton eş-değer petrol
MW	Megawatt
N	Azot
NH <sub>3</sub>	Amonyak
P	Fosfor
pH	Power of Hydrogen
PJ	Petajoule
SA	Simulated Annealing
TB	Tavlama benzetimi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu

## ÖZET

### KANATLI HAYVAN ATIKLARININ BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE TESİS YERLEŞİM OPTİMİZASYONU: DÜZCE İLİ ÖRNEĞİ

Fuat YÜRÜK

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Pakize ERDOĞMUŞ

Ocak 2015, 50 sayfa

Geleneksel enerji kaynaklarının tükenbilir nitelikte oluşu ve rezervlerin önümüzdeki yıllarda tükenme boyutlarına ulaşması insanlığı yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Günümüzde yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş, rüzgar, biyokütle vb. enerji kaynakları kullanılmakta ve kullanımını artarak devam etmektedir.

Kanatlı hayvan atıklarından anaerobik ayrışma ile biyogaz üretimi önemli bir alternatif enerji kaynağıdır. Ayrıca, biyogaz üretimi ile tavuk gübresi fermente gübre haline dönüştürülebilir. Kanatlı hayvanlardan canlı ağırlığının %3–4'ü kadar günlük dışkı elde edilmektedir. Ortalama olarak bir kümes hayvanı 22 kg/yıl dışkı üretmektedir.

Bu çalışmada, Düzce ilindeki kanatlı hayvan sayısı belirlenerek biyogaz potansiyeli ortaya konulmuştur. Biyogaz tesisinin yeri için düzce ilindeki tavuk çiftliklerinin kapasite ve koordinat bilgileri dikkate alınarak optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bu konumların hepsine en yakın tesisi bulmak için bu konumların kümeleme yöntemleri ile kümelendikten sonra benzetim tavlama ile optimum tesis konumunun bulunması amaçlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Benzetim Tavlama, Biyogaz Enerji Potansiyeli, Hayvansal Atıklar, K-Means Kümeleme, Optimizasyon

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF POULTRY WASTE BIOGAS POTENTIAL AND PLANT LAYOUT OPTIMIZATION: EXAMPLE OF DUZCE PROVINCE

Fuat YÜRÜK

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Computer Engineering Department

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Dr. Pakize ERDOĞMUŞ

January 2015, 50 pages

Humanity has directed to new and renewable energy sources because of Occur in the exhaustible nature of traditional energy sources and in the coming years to reach the depletion of reserves. Nowadays new and renewable energy sources as solar, wind, biomass etc. energy sources used and increasingly continue the use.

Biogas production by anaerobic decomposition of poultry waste is an important alternative energy sources. Also, biogas production and fermented chicken manure is converted into fertilizer. 3-4% of body weight is obtained from poultry feces up everyday. Average a poultry are produced 22 kg/year feces.

In this study, the number of poultry in Düzce will be determined and demonstrated the potential of biogas. The optimization operation will be done taking into account of capacity of poultry farms in Düzce for the location of the biogas plant and coordinate data. After the clustering of these locations with clustering methods is intended to determine the optimum plant location with simulated annealing to find the closest plant to all of these positions.

**Keywords:** Animal Wastes, Biogas Potential Energy, K-Means Clustering, Optimization, Simulated Annealing

# **EXTENDED ABSTRACT**

## **DETERMINATION OF POULTRY WASTE BIOGAS POTENTIAL AND PLANT LAYOUT OPTIMIZATION: EXAMPLE OF DUZCE PROVINCE**

Fuat YÜRÜK

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Computer Engineering Department

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Dr. Pakize ERDOĞMUŞ

January 2015, 50 pages

### **1. INTRODUCTION:**

The amount of energy used is increasing because of rapid increase in world population, the rise in living standards and the gain new dimensions of industrialization. Therefore the suitable use of energy resources, increasing the use of different sources and these sources should be renewed. Also in our country wastes from livestock and poultry is among the most important environmental problem in recent years. Biogas technology; organic origin waste/residues allows to obtain energy from matter as well as allows waste to be brought into the soil. Although 50-65 MTEP (million tonnes petrol equivalent-value) agricultural waste and 11.05 MTEP animal waste produced annually in Turkey Only 60% of this waste is generated can be utilized for energy production. This energy can be obtained from agricultural and animal waste is known that Turkey is equal to 22-27's% of the annual energy consumption.

### **2. MATERIAL AND METHODS:**

In this study, the importance of livestock in Düzce and the amount of biogas that can be obtained from animal waste was investigated. Chicken farms' capacity and coordinates information is taken from Düzce Provincial Directorate of Agriculture for the location of the biogas plant capacity. Coordinate information of the chicken farm in Düzce are clustered by k-means clustering algorithm and taking into account the capacity of the plant by simulated annealing method was found to be optimal plant location.

### **3. RESULTS AND DISCUSSIONS:**

Broiler production in the Düzce constitutes 5.29% of the Turkey's total production. There are a total of 527 units poultry in Düzce and 473 pieces of business. In this study, 473 of these business units coordinate information is used. Waste of poultry breeding business is a major problem for Düzce. The case is transferred to a biogas plant of this waste collected was aimed to determine the location of the biogas plant can be established. If the problem modeling to find the closest plant to all of these locations problems will be 473 variables. This is both a runtime solution of the optimization problem in practice is very difficult in terms of both coding problems. Therefore, is aimed to find to clustering methods for this position.

### **4. CONCLUSION AND OUTLOOK:**

This study to determine the biogas potential of Düzce showed that Düzce is especially important to have a biogas potential in poultry waste. The coordinates of broiler breeding business in Düzce are divided into clusters by the number of clusters  $k=5$ ,  $k=6$ ,  $k=7$ ,  $k=8$  K-means clustering algorithm with Matlab. Cluster centers and the total poultry production capacity of these clusters created by considering Matlab was run 100 times to find the minimum value of function. It is seen that found approximately the same location after four different clustering. This location is about the best location of the possible establishment of a biogas plant. Given these results, too late without the potential of Düzce should be evaluated and brought into the economy.

# 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması, yaşam standartlarının yükselmesi ve sanayileşmenin yeni boyutlar kazanması nedeniyle kullanılan enerji miktarı da artış göstermektedir. Artan bu enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmadığı takdirde gelecek nesillere daha yaşanılır bir dünya bırakabilmek her geçen gün daha da güçleşecektir. Bu nedenle, enerji kaynaklarının uygun şekilde kullanılması, farklı kaynakların kullanımının artırılması ve bu kaynakların yenilenmesi gerekmektedir.

Artan nüfusa paralel olarak, büyüyen hayvancılık sektöründe ortaya çıkan yüksek miktarlardaki hayvansal ve evsel atıklar, çevre için tehlike oluşturmaktadır [1]. Ülkemizde de, kümes ve çiftlik hayvanlarından (tavuk, ördek, büyükbaş hayvanlar vb.) kaynaklanan atıklar son yıllarda önemli çevresel problemler arasında yer almaktadır. Bu atıkların herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan doğal tarım alanlarına verilmesi, mahsul çeşitliliğini ve kalitesini düşürmekte, toprağın stabilitesini ve faydalı kullanım özelliklerini bozabilmektedir. Ayrıca bu atıkların standartlara uygun olmayan koşullarda depolanması koku, sinek, haşere problemleri oluşturarak canlı sağlığını olumsuz etkilemektedir [2]. Biyogaz teknolojisi ise; organik kökenli atık/artık maddelerden hem enerji elde etmeye hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir. Ülkemizin mevcut kanatlı potansiyeli değerlendirilerek biyogaz üretiminde kullanılmasının yaygınlaştırılması ve bu tür atıkların çevre sağlığı açısından denetim altına alınması gerekmektedir. Böylece hayvansal atıkların olumsuz etkilerinin bertarafı yanında enerji üretimi ve bitkisel üretim için yararlı fermente gübre eldesi de sağlanmış olacaktır [3].

Türkiye’de yılda 50-65 MTEP (milyon ton eş-değer petrol) tarımsal atık ve 11,05 MTEP hayvansal atık üretilmesine rağmen, üretilen bu atıkların sadece % 60’ı enerji üretimi için kullanılabilir niteliktedir. Bu tarımsal ve hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerjinin Türkiye’nin yıllık enerji tüketiminin % 22-27’sine eşit olduğu bilinmektedir [4].



## 2. BİYOGAZ

Biyogaz başta hayvan gübrelere ve bitki artıkları olmak üzere, her türlü organik materyalin havasız koşullarda fermantasyonu sonucu elde edilen, bileşiminde metan ve karbondioksit olan bir gaz karışımıdır. Isıl değeri yüksek bir enerji kaynağıdır.

### 2.1. BİYOGAZ BİLEŞİMİ VE ÖZELLİKLERİ

Biyogaz, organik materyallerin anaerobik koşullarda biyokimyasal fermantasyonu ve mikrobiyolojik faaliyetler sonucu parçalanması ile elde edilen, havadan % 20 daha hafif olan yanıcı bir gaz karışımıdır. Biyogaz, % 40-70 CH<sub>4</sub>, % 60-30 CO<sub>2</sub> ve diğer gazlardan (H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO) oluşmaktadır. İçerisinde bulunan metan, biyogazın yakıt olarak kullanılmasını sağlamaktadır [5]. Biyogaz bileşim değerleri Çizelge 2.1’de ve biyogazın doğalgazla karşılaştırılması Çizelge 2.2’de verilmiştir [6].

**Çizelge 2.1.** Biyogaz bileşim değerleri

Bileşenler	Hacim %'si
Metan (CH <sub>4</sub> )	40-80
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	20-50
Hidrojen sülfür (H <sub>2</sub> S)	0,0005-0,0002
Amonyak (NH <sub>3</sub> )	0,0005-0,0001
Azot (N <sub>2</sub> )	0-3
Hidrojen (H <sub>2</sub> )	0-5

**Çizelge 2.2.** Biyogazın doğalgazla karşılaştırılması

Özellikler	Doğalgaz	Biyogaz
Bileşim (hacim %'si)	95-98	55-65
Mol ağırlığı(kg/mol.kg)	16,04	26,18
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	0,82	1,21
Isıl değer (MJ/m <sup>3</sup> )	36,14	21,48
Maksimum tutuşma hızı(m/sn)	0,39	0,25

### 2.2. BİYOGAZIN ISIL DEĞERİ

Biyogazın yakıt değeri içerisindeki metan gazından ileri gelmektedir. Bileşimindeki metan oranına göre ısı değeri 4700-5700 kcal/m<sup>3</sup> arasında değişir.

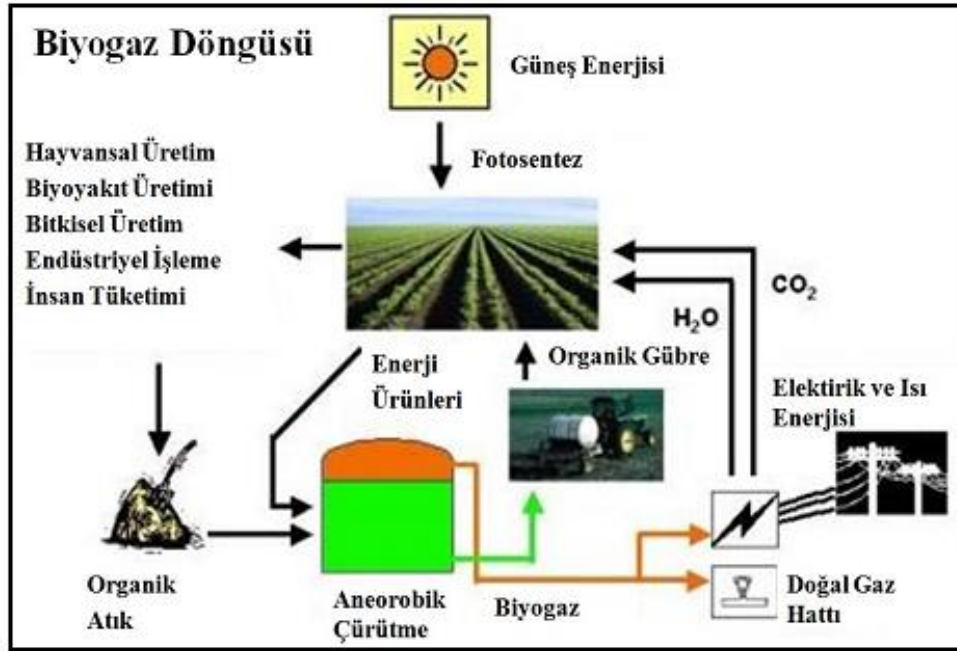
### 1 m<sup>3</sup> biyogazın etkili ısısı

- 0,62 litre gazyağı
- 1,46 kg odun kömürü
- 3,47 kg odun
- 0,43 kg bütan gazı
- 12,30 kg tezek
- 4,70 kWh elektrik

### 1 m<sup>3</sup> biyogaz eşdeğer yakıt miktarları

- 0,66 litre motorin
- 0,25 m<sup>3</sup> propan
- 0,2 m<sup>3</sup> bütan [7]

Biyogaz üretimi belirli döngü halinde gerçekleşmektedir.



Şekil 2.1. Biyogaz döngüsü [8]

### 2.3. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILAN MADDELER

Biyogaz üretimi için kullanılan materyaller, hayvansal gübreler, organik atıklar ve endüstriyel atıklar olarak üç başlık altında incelenebilir. Bu bağlamda kullanılan materyaller şunlardır:

1. Hayvansal Atıklar

Hayvancılık ile elde edilen atıklar,  
Hayvan gübreleri,

2. Bitkisel Atıklar

Bahçe atıkları,  
Yemek atıkları,

3. Endüstriyel atıklar

Zirai atıklar,  
Orman endüstrisinden elde edilen atıklar,  
Deri ve tekstil endüstrisinden elde edilen atıklar,  
Kâğıt endüstrisinden elde edilen atıklar,  
Gıda endüstrisi atıkları,  
Sebze, tahıl, meyve ve yağ endüstrisinden elde edilen atıklar,  
Şeker endüstrisi atıkları,  
Evsel katı atıklar,  
Atık su arıtma tesisi atıkları [8,9].

**Çizelge 2.3.** Biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları

Kaynak	Biyogaz Verimi (litre/kg)	Metan Oranı (hac. %'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

Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve metan oranları Çizelge 2.3'de gösterilmektedir [10].

## **2.4. BİYOGAZIN AVANTAJLARI**

Biyogazın üretilmesi ve kullanılması doğrultusunda çeşitli avantajları mevcuttur. Bu avantajlar;

1. Biyogazdan elektrik ve ısı üretilmesi ekonomik kazanç sağlar.
2. Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek ölçüde yok olmaktadır ve çok daha değerli bir organik gübre haline dönüşmektedir.
3. Biyogaz tesislerinde elde edilen en kötü sera gazlarından biri olan metan gazı yakılarak CO<sub>2</sub>'e dönüştürülmektedir.
4. Ucuz - çevre dostu bir enerji kaynağı olan biyogaz, evlerden çıkan diğer evsel katı atıklar, tarımsal atıklar, hal atıkları hayvan gübresiyle birlikte biyogaz üretiminde kullanılabilir.
5. Hayvan gübrelerinden kaynaklanan insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolmasını ve daha sağlıklı, hijyenik yaşam alanlarının yaratılmasını sağlamaktadır.
6. Ülkemizde hayvancılığın gelişmesini teşvik edici olmakla birlikte suni gübreye bağımlılığı azaltarak, sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmaktadır ve ülkemizin dışarıya olan enerji bağımlılığını da azaltmaktadır [11,12].

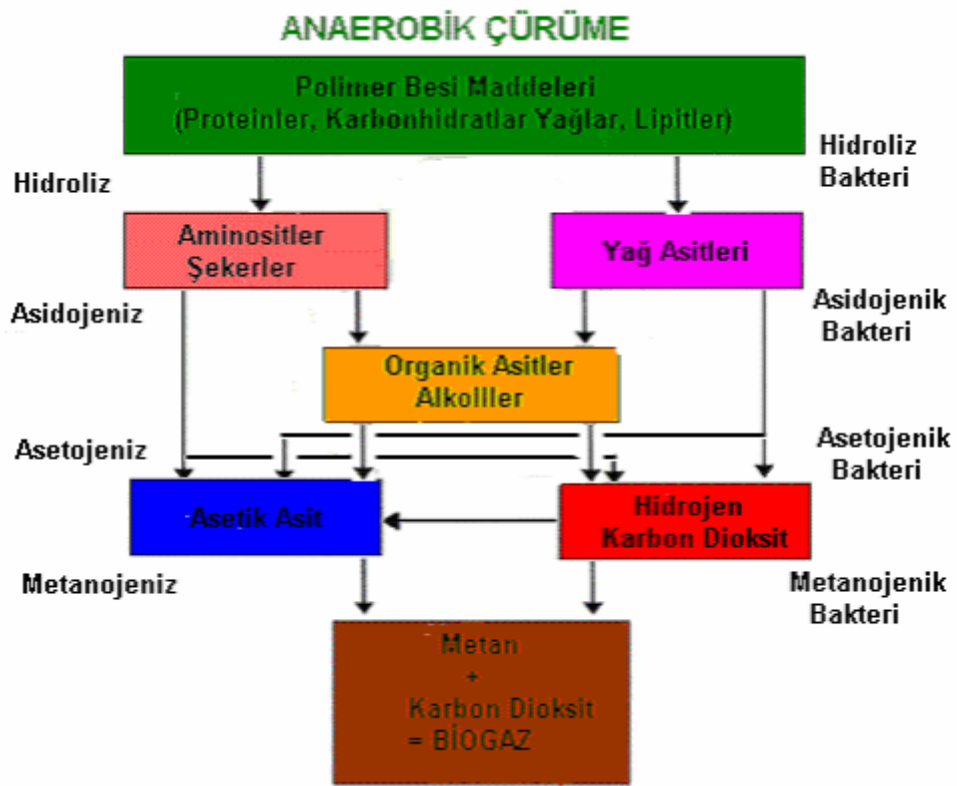
## **2.5. BİYOGAZ ÜRETİMİNİN AŞAMALARI**

Biyogaz üretimi, farklı mikroorganizma gruplarının rol aldığı oldukça karmaşık bir biyokimyasal süreçtir. Oksijene karşı hassas olan veya oksijen varlığında tamamen inhibe olan bu bakteri grubu, organik maddeleri biyolojik yollarla CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub>'ye dönüştürür. Metan fermantasyonu olarak da adlandırılan bu reaksiyonlar zinciri, aşağıda belirtilen 4 aşamadan oluşur [13].

1. Büyük moleküllü organik maddelerin, daha küçük moleküllü organik maddelere dönüşümü (hidroliz),
2. Küçük moleküllü organik maddelerin asit bakterileri tarafından uçucu yağ asitlerine dönüşümü, asit oluşumu (asidojenesis),

3. Uçucu yağ asitlerinin asetik asit, hidrojen ve karbondioksite dönüşümü, asit oluşumu (asetojenesis),

4.  $H_2$ , asetat ve  $CO_2$ 'nin metan bakterileri tarafından metana dönüşümü, metan oluşumu (metanojenesis).



Şekil 2.2. Anaerobik çürüme kademeleri [12]

## 2.6. BİYOĞAZ ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Biyogaz üretimini etkileyen en önemli faktörleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

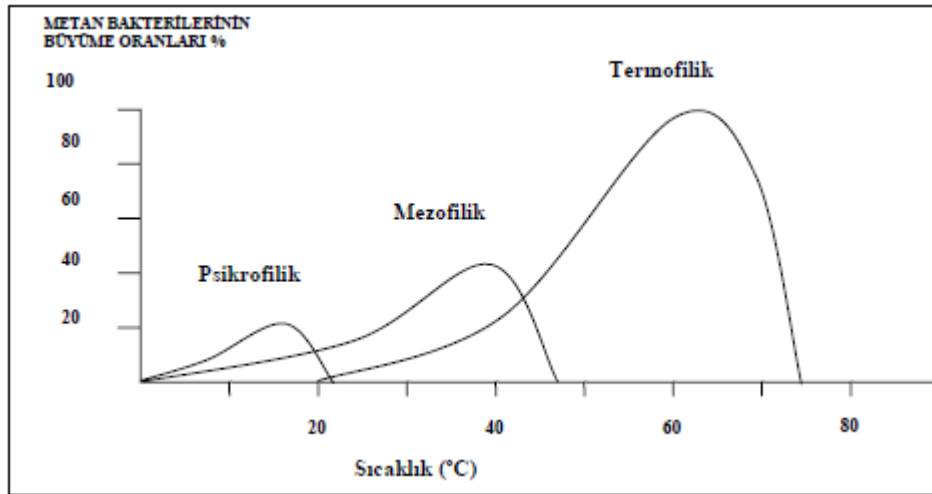
- Reaktör sıcaklığı
- Hidrolik bekleme süresi
- Organik yükleme hızı
- Besleme sıklığı
- Katı madde içeriği
- Asitlik bazlık derecesi (pH)
- Karbon azot oranı (C/N)

- Toksikite
- Karıştırma
- Köpük oluşumu ve kontrolü

### 2.6.1. Sıcaklık

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

- 1- Psikrofilik Fermantasyon (3-20°C): Bu sistemlerde çürütme hızı çok yavaş olup ortalama bekletme süresi 100-300 gün arasındadır.
- 2- Mezofilik Fermantasyon (20-40°C): Anaerobik fermantasyonda en çok uygulanan sıcaklık bölgesidir. Bekletme süreleri 20–40 gün arasında değişir.
- 3- Termofilik Fermantasyon (40-70°C): Çürütme hızı daha yüksek dolayısıyla bekletme süreleri daha kısadır. Bekletme süreleri 5-15 gün arasında değişebilir [14].



**Şekil 2.3.** Psikrofilik, Mezofilik ve Termofilik bakterilerinin büyüme oranları [14]

Termofilik sıcaklık şartlarında mezofilik şartlarına göre biyokimyasal reaksiyonlar daha hızlı gerçekleşir. Termofilik şartlarda metan üretim hızı mezofilik şartlara göre daha fazladır. Dolayısıyla reaktör hacmi mezofilik şartlara göre daha küçüktür. Termofilik şartlarda mezofilik şartlara göre aynı hidrolik bekleme süresinde daha yüksek organik yükleme yapılabilir. Ancak biyoreaktörü termofilik şartlarda çalıştırmak için ilave ısıya

ihtiyaç vardır. Yüksek sıcaklıkta çalışıldığı zaman serbest amonyak miktarı sıcaklık artışı ile arttığı unutulmamalıdır. Bu da biyoreaktör performansını olumsuz yönde etkileyebilir [12].

### **2.6.2. Hidrolik Bekleme Süresi**

Termofilik şartlarda mezofilik şartlara göre aynı hidrolik bekleme süresinde daha yüksek organik yükleme yapılabilir. Ancak biyoreaktörü termofilik şartlarda çalıştırmak için ilave ısıya ihtiyaç vardır. Seçilen hidrolik bekleme süresi içinde besi maddelerinin %70–%80 oranında biyokimyasal reaksiyona girerek yok olduğu kabul edilir. Biyogaz tesislerinde işletme sıcaklığına bağlı olarak HBS 20 ile 120 gün arasında değişir.

Mezofilik şartlarda ortalama HBS gübre çeşidine göre değişkenlik gösterir [12].

- Sıvı Sığır Gübresi:12-30 gün
- Saman Yataklı Sığır Gübresi:18-36 gün
- Sıvı Domuz Gübresi:10-25 gün
- Bitki ile Karıştırılmış Sığır Gübresi: 50-80 gün
- Sıvı Tavuk Gübresi: 20-40 gün

### **2.6.3. Organik Yükleme Hızı**

Anaerobik sindirimde; hidroliz ve asit üretimi basamaklarında faaliyet gösteren bakterilerle, asit ürünlerini metana ve karbondioksite dönüştüren asetojenik ve metanojenik bakteriler arasında ince bir denge vardır. Bu alanda yapılan çalışmalara göre akış hızında ve derişimde yapılan şiddetli değişiklikler anaerobik reaktörün verimini olumsuz yönde etkileyebilir. Organik yüklemedeki inip çıkmaların etkisi, reaktör tasarımına, inip çıkmaların şiddetine, alıkoyulma süresine, katı alıkoyulma süresine, çamur özelliklerine ve devam süresine bağlıdır. Uçucu yağ asitlerindeki birikme, aşırı organik yüklemenin tipik bir sonucudur [15].

### **2.6.4. Katı Madde İçeriği**

Biyogaz tesislerinde katı madde oranının %7-12 civarında olması önerilmektedir. Anaerobik ayrışma ortamındaki katı madde oranı çok yüksek ise karıştırma işlemi zorlaşır ve karıştırma için harcanan enerji artar, biyogaz üretim miktarı düşer. Katı madde oranının çok düşük olması ise mikroorganizmalar tarafından tüketilecek substrat miktarının az olmasına bu da biyogaz üretim miktarının düşmesine sebep olur [16].

### **2.6.5. pH Oranı**

Anaerobik sistemlerde birçok farklı mikroorganizma topluluğunun bulunur. Her bir bakteri grubunun en yüksek seviyede gelişmesini sağlayacak bir pH aralığı tutturmak çok zordur. Bu yüzden uygun değer pH aralığı sağlanmalıdır. pH değerinin 6,7 düzeylerine düşmesi bakteriler üzerinde toksit etki yapar. Asit oluşturucu bakterilerin sayısının artması pH'ın düşmesine ve metan oluşumunun durmasına sebep olabilir. Bu gibi durumlarda reaktöre organik madde yüklenmesi kesilerek asit oranının düşmesi sağlanır. pH'ın kararlı bir hale gelebilmesi için kimyasal da kullanılabilir. Bu kimyasallardan bir tanesi sönmüş kireç olarak bilinen kalsiyum hidroksittir [8].

### **2.6.6. Besleme Sıklığı**

Düzenli bir gaz üretimi ve sıcaklık kontrolünü sağlamak için sık aralıklarla (günde birkaç kez) çürütücü beslenmelidir. Besleme sıklığının artması organik maddenin parçalanma hızını yükseltir [17]. Çünkü düzenli bir gaz üretimi için karışım içerisindeki katı madde miktarının sabit tutulması gerekmektedir.

### **2.6.7. Karıştırma**

Karıştırma ile sisteme yeni giren beslemenin bakteri ile karışması, üretilen gazın sistemden uzaklaştırılması, yüzeyde oluşan ve gazın rahat çıkmasını engelleyen tabakanın dağılması ve çökmenin önlenmesi amaçlanır. Ayrıca karıştırma ile daha homojen bir sıcaklık ve bakteri dağılımı elde edilebilir [18].

### **2.6.8. C/N Oranı**

Karbon ve azot gibi elementler anaerobik bakteriler için temel besinlerdir. Karbon elementi enerji için, azot ise yapı hücresinin inşası (yapımı) için kullanılmaktadır. Bakteriler karbonu azota oranla 25-30 kat daha hızlı kullanırlar, bu yüzden C/N oranı, 25-30/1 olmalıdır. Eğer karbon azot oranı uygun değilse belli miktarlarda üre veya alçı taşı kullanılarak bu oran düşürülüp yükseltilebilir [19]. C/N oranını 23/1 den büyük olması optimum çürüme için uygun değildir. Yine C/N oranının 10/1'den küçük olması bakteriler üzerinde engelleyici etki yapmaktadır [8].



### **2.6.9. Toksikite**

Mineral iyonlar, ağır metaller ve deterjanlar anaerobik arıtmada mikro organizmaların büyümelerini engelleyerek toksik etki yaparlar. Az miktarda olan mineral iyonlar (sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, amonyum ve kükürt) bakterilerin büyümelerini geliştirirken ağır metaller toksik etki yaparlar. 50-200 mg/lit. amonyum bakterilerin büyümesini ilerletirken 1500 mg/lit. amonyum bakteriler üzerinde toksik etki yapar. Benzer şekilde ağır metaller (bakır, nikel, krom, çinko, kurşun gibi) çok düşük konsantrasyonlarda bakterilerin gelişmesinde olumlu etki yaparken yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yaparlar. Sabun gibi deterjanlar, dezenfektanlar, organik solventler ve antibiyotikler bakterilerin metan üretim kapasitelerini düşürürler. Bu maddelerin hayvan gübresine karışması önlenmelidir [12].

## **2.7. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILAN SİSTEMLER**

Biyogaz üretiminde besleme sıklığına göre değişen sistemler vardır.

### **2.7.1. Kesikli (Batch) Fermantasyon**

Tesisin reaktörü hayvansal ve/veya bitkisel atıklar ile doldurulmakta ve bekletme süresi kadar bekletilerek biyogazın oluşumu tamamlanmaktadır. Kullanılan organik maddeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekleme süresi değişmektedir. Bu süre sonunda tesisin reaktörü (fermantörü) tamamen boşaltılmakta ve yeniden doldurulmaktadır [10].

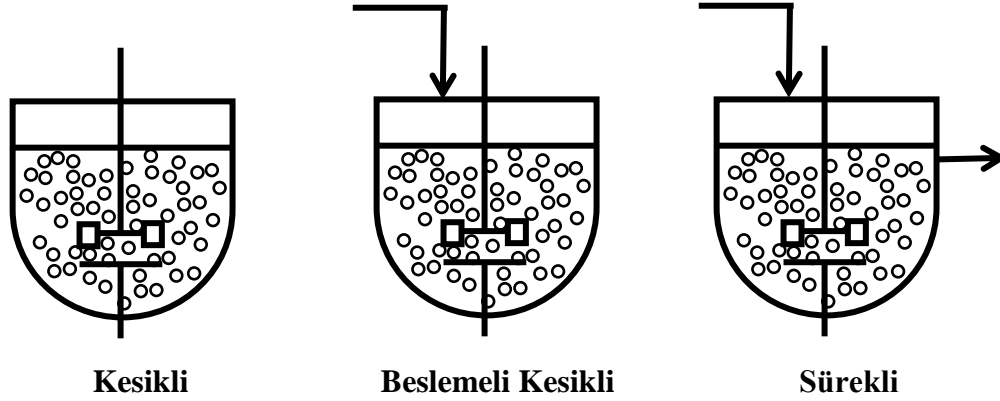
### **2.7.2. Beslemeli Kesikli Fermantasyon**

Reaktör başlangıçta belirli bir oranda organik madde ile doldurulmakta ve geri kalan hacim mayalanma süresine bölünerek günlük miktarlarla düzenli olarak tamamlanmaktadır. Belirli mayalanma süresi sonunda mayalayıcı tamamen boşaltılarak yeniden doldurulmaktadır [10].

### **2.7.3. Sürekli Fermantasyon**

Reaktörden gaz çıkışının başlaması durumunda günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Organik madde mayalayıcıya her gün belirli miktarlarda verilmekte, bekletme süresi kadar bekletilmekte ve aynı oranlarda mayalanmış madde günlük olarak mayalayıcıdan

alınmaktadır. Böylece günlük beslemelerle sürekli biyogaz üretimi sağlanmaktadır [10]. Fermantasyon çeşitlerine ait şekiller Şekil 2.4'de gösterilmektedir [6].



Şekil 2.4. Fermantasyon şekilleri

## 2.8. BİYOGAZ TESİSLERİ

Biyogaz tesisleri büyüklüklerine ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırılmaktadır.

### 2.8.1. Aile Tipi Biyogaz Tesisleri

Aile tipi sabit kubbeli biyogaz tesisleri 6-12 m<sup>3</sup> kapasiteye sahiptir ve Çin'de çok yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu tip tesislerde oluşan biyogaz tesis içinde (kubbe bölümünde) toplanmakta ayrı bir gaz depolama tankı kullanılmamaktadır [20]. Aile tipi biyogaz tesislerinin ekonomik olarak çalıştırılabilmesi için, iklim şartlarının iyi olması ve fazla ısıya gereksinim duymayan bölgelerde yapılması gerekir [8].

### 2.8.2. Çiftlik Tipi Biyogaz Tesisleri

50-100-150 m<sup>3</sup> kapasiteli, hayvan sayısının az olduğu, küçük ölçekli işletmelerde kullanılır. Kurulumunun ve işletiminin ucuz olması nedeniyle tercih edilen tesis tiplerindendir. Çin, Nepal, Hindistan ve Brezilya gibi gelişmekte olan ülkelerde küçük ölçeklileri, Avrupa ülkelerinde ise daha büyük ölçekli modeller yaygın olarak kullanılmaktadır [20].

### **2.8.3. Köy Tipi Biyogaz Tesisleri**

100-200 m<sup>3</sup> kapasiteli, birbirine yakın çiftliklerin atıklarının birleştirilerek kullanıldığı böylece işletme giderlerinin azaltıldığı tesis tipleridir [20].

### **2.8.4. Merkezi Tip Biyogaz Tesisleri**

Çiftliklerin atıklarının belli bir merkezde toplanarak işlendiği çürütücü tipleridir. Bu tesisler 1000-8500 m<sup>3</sup> hacminde ve 1000-15000 m<sup>3</sup>/gün biyogaz üretecek kapasiteye sahiptir. Elde edilen biyogaz elektrik üretiminde kullanılır ve tesislerden elde edilen gübre tekrar üreticiye dağıtılarak değerlendirilir [20].

## **2.9. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILAN ANAEROBİK REAKTÖRLER**

Biyogaz üretiminde kullanılan reaktörler kullanılan atığa, sistemin kullanım amacına, biyogaz üretim miktarına, biyogaz üretim tesisinin büyüklüğüne göre değişmektedir [21]. Geliştirilen ve tasarlanan yeni reaktör projeleri; metan yüzdesinin en yüksek derecede olması, ürün oluşum hızının iyileştirilmesi, süreç kararlılığının artırılması, süreç için gereken enerjinin azaltılması ve reaktörlerin maliyetinin azaltılması amaçlarını taşımaktadır [15].

### **2.9.1. Sabit Kubbeli Reaktörler**

Kırsal kesimlerde kullanılmakta olan bu reaktörler tuğla veya betonarmeden inşa edilmiştir. 1930'larda Çin'de kullanılmaya başlanmıştır. Sistem toprağa gömülü olarak inşa edilmiş su ve hava sızdırmazlığı sağlanmıştır. Evde yemek pişirme, aydınlanma gibi temel gereksinimlerin karşılanabildiği verimi düşük sistemlerdir [21].

### **2.9.2. Hareketli Kubbeli Reaktörler**

1950'lerde Hindistan'da kullanılmaya başlanmıştır. Hareketli kubbeli reaktörler sabit kubbeli reaktörlerin geliştirilmiş halidir. Sabit kubbeli reaktörlere göre avantajı kubbenin hareketli olması ve basınç kontrolüyle verimin sabitlenmesidir. Dezavantajı işçilik ve kubbeye kullanılan malzemelerin maliyetinin fazla olmasıdır [21].

### **2.9.3. Torba Reaktör**

1960'larda Tayvan'da ülkedeki inşaat malzemeleri ve işçiliğin pahalı oluşu nedeniyle, daha ucuz olan PVC, plastik gibi sızdırmaz malzemeler kullanılarak geliştirilmiştir. Torba reaktör içlerine atıkların doldurulduğu kapalı sistemlerdir [21].

### **2.9.4. Sabit Film Reaktörleri**

Sabit film reaktörlerde anaerobik işlemleri gerçekleştiren bakteriler reaktör içindeki plastik, PVC, kum, seramik veya toksik olmayan dolgu materyallerinin üzerine tutunurlar. Atıklar reaktör içindeki dolguda tutunan bakterilerin üzerlerinden akarken, çözünerek gaza çevrilir. Ancak büyük parçacıkları olan katı atıkları bakteriler parçalamaya fırsat bulamayabilirler. Bu yüzden bu tip reaktörler atık suların işlenmesiyle biyogaz üretilmesine daha uygundur. Sistemin kurulumu kolaydır ve mekanik karıştırma gerektirmez [21].

### **2.9.5. Yukarı Akışlı Anaerobik Reaktörler**

Atık suyun, yüksek mikrobiyal aktivitenin olduğu yoğun çamur yatağından geçmesini içermektedir. Atık sudaki yağ, protein, selülöz gibi bileşenlerin, bu sistemin performansına negatif etkisi vardır. Sistemin yüksek organik yüklerde çalışmasına engel olurken mikrobiyal aktivitenin bozulmasına sebep olurlar. 48 saat gibi düşük HBS'ne sahip olması, doğal karıştırma olması, çıkış suyunun iyi bir şekilde sedimente olması, tıkanma olmaması gibi avantajlara sahiptir [14].

### **2.9.6. Yatay Engelli Reaktörler**

Yukarı akışlı anaerobik reaktörlerin benzerleridir. Sisteme giren atıklar reaktörün içindeki engellere takılarak aynı anda aşağı ve yukarı yönlü hareket olanağı bulurlar. Aşağı hareket sırasında reaktör tabanında oluşan anaerobik katmanlardaki bakterilerle etkileşerek tepkimelerin gerçekleşmesi sağlanır. Sürüklenme riski engeller ile aşılmaya çalışılır. Reaktör verimini artırmak için beslenen atıkların taneciklerine ayrılması sağlanmalıdır. Katı tanecikli atıkların işlenmesinde çökeltmelerden dolayı sistemde oluşan tıkanmalar ve düzensizlikler oluşur bu da reaktörün olumsuzlukları arasında yer almaktadır [21].

### **2.9.7. Anaerobik Havuz Reaktörler**

Üzerleri gaz sızdırmaz örtülerle kapatılmış basit havuzlardır. Besleme bir taraftan yapılırken diğer taraftan belli tepkime süresi sonunda artıklar dışarı çıkarılır. Mevsim koşullarının düşük sıcaklık aralığında olduğu bölgelerde sıcaklık kontrolüne ihtiyaç olmadan normal ortam koşullarında bu tip reaktörler kullanılabilir. Kuruluş ve işletme maliyeti düşüktür. Sistemin dezavantajları ise verimin dış ortam sıcaklık değişimine bağlı olarak mevsimsel değişmesi, gaz üretiminin düşük oluşu, karışmanın neredeyse hiç olmaması ve katıların dibe çökerek verimi etkilemesi olarak sıralanabilir [21].

### **2.9.8. Karıştırılmalı Reaktörler**

Avrupa ve Amerika'da hayvan çiftliklerinde çok yaygın kullanılmaktadır Ayrıca kanalizasyon atıkları ve endüstriyel atık işleyen birimlerde de bu sistemler kullanılmaktadır. Mezofilik ve termofilik aralıklarda çalıştırılabilirler. Sabit ve hareketli kubbeli tasarımları vardır. Yüksekliği az taban alanı fazla olabileceği gibi tam tersi tasarımları da vardır. Gaz karıştırılmalı, mekanik karıştırılmalı ve farklı ısı değiştirici sistemli reaktörler bulunmaktadır. Karıştırılmalı reaktörlerin en önemli üstünlükleri çok farklı koşullara uyarlanabilmeleri, hızlı gaz dönüşümünü sağlamaları olarak sıralanabilir. Fakat kuruluş ve enerji maliyetleri açısından sakıncaları vardır, bakteri kayıpları nedeniyle tek besleme gerekebilir [21].

### **2.9.9. Tapa Akışlı Reaktörler**

1957'de Güney Afrika'da kullanımı başlayan bu sistemlerin maliyetleri düşük olup yatay veya dikey kullanılabilir. Gaz verimleri düşüktür. Sistemden ayrılan atıklarla birlikte mikroorganizma kaybı olduğu için sisteme mikroorganizma beslemesi gerekebilir. Katıların çökmesinden dolayı oluşacak katmanları önlemek için sistemin düzenli temizlenmesi gerekmektedir, bu gibi işlemler ek mali yük getirmektedir [21].

### **2.9.10. Temas Stabilizasyon Reaktörler**

Bu reaktörler daha verimli olup, reaktörlerde selüloz gibi yavaş parçalanın materyaller yüksek konsantrasyonlu tankta dönüştürülürler, daha hızlı parçalanın materyaller ise temas üreteçlerinde işlenirler [21].

### **2.9.11. Asit Fazlı Reaktörler**

Kanalizasyon ve şehir sularının işlenmesinde kullanılırlar. Asit üreten mikroorganizmaların metan üretenlere göre daha hızlı büyümesini temel alan reaktörlerdir. Sistemde ilk reaktörün asit üreten bakteriler için uygun asidik ortam sağladığı diğer reaktörün ise metan üreten bakteriler için uygun koşulların sağladığı bütünleşmiş bir reaktör kullanılmaktadır. Bu sistemler asit yardımıyla parçalanmanın hızlandığı ve parçalanan atıkların diğer bir tanktaki metan üreten organizmaların işini kolaylaştırmasından dolayı verimlidir [21].

### **2.9.12. Akışkan Yataklı Anaerobik Reaktörler**

Atık ile biyokütle arasında iyi bir temas oluşmaktadır. Prosesin başlangıcı ve dengeye gelmesi kısa süre almaktadır. Yük değişimlerine karşı hassas değildir. Diğer yandan işletme ve yatırım maliyeti yüksektir. Akışkan yataklı reaktörlerde küçük boyutlu kum ve aktif karbon gibi dolgu malzemeleri reaktöre beslenen atık suyun sürüklenme kuvveti tarafından hareket ettirilmektedir. Böylece homojenlik sağlanarak hızlı ve verimli bir organik madde giderimi sağlanmaktadır. Bu reaktörler, farklı özelliklerdeki atık sulardan organik madde gideriminde etkin olarak kullanılmaktadır [14].

### **2.9.13. Yukarı Akışlı Filtreli Kombine Reaktörler**

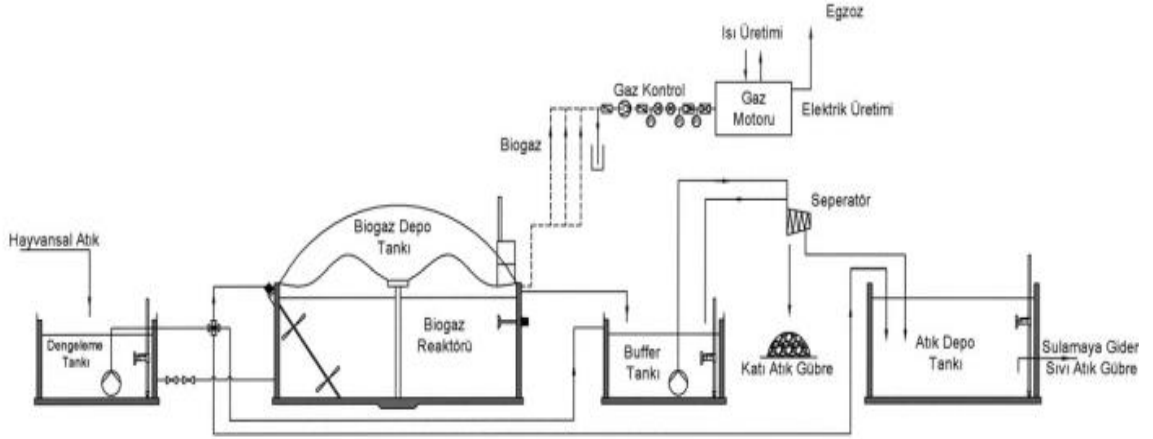
Bu reaktörler temelde sabit film reaktörleri ile yukarı akışlı anaerobik reaktörlerin bileşimidirler. İçlerinde sabit bir elek tarzında geçirgen yapının altında tutulan, biyolojik etkinliğin gerçekleştiği, anaerobik bir ortam örtüsü bulunmaktadır. Sistemin avantajı işletim açısından sabit bir ortam sağladığından denetimi kolay olması, uzun süre çalıştırılmasa da kısa zamanda yeniden çalışması ve enerji kullanımlarının düşük olmasıdır. Dezavantajı ise geçirgen yapının tıkanma riskidir, fakat bu risk düzenli temizleme ile azaltılabilir [21].

### **2.9.14. Ardışık Kesikli Anaerobik Reaktörler**

Yüksek organik yüklemelerde düşük HBS'ne sahip olması, yatırım ve işletme maliyetlerinin düşük olması, alan ve teknik ekipman ihtiyacının az olması, en büyük avantajlarıdır. Bu sistem genel olarak, doldurma, reaksiyon, çöktürme, boşaltma ve rölanti aşamalarının bir döngü içinde yapılmasıdır. Reaksiyon fazında atık sudaki C, N ve P gibi nütrientlerin giderimi sağlanır [14].

### 2.9.15. Hibrit Reaktörler

Hibrit reaktörler farklı tasarımların üstünlüklerini yapılarında birleştirilerek en yüksek verim elde edilmesini ve sorunların giderilmesini sağlamak amacıyla tasarlanan sistemlerdir. Örneğin yukarı akışlı anaerobik reaktörler ile anaerobik filtre reaktörleri veya yatay akışlı engelli reaktörlerin özelliklerini bir reaktörde birleştiren hibrit sistemler üzerinde çalışılmaktadır [21].



Şekil 2.5. Hayvansal atık arıtma biyogaz tesisi [11]

## 3. DÜNYADA, TÜRKİYEDE VE BÖLGEDE BİYOĞAZ

### 3.1. DÜNYADA BİYOĞAZ

Hayvan gübresinden elde edilen biyogazın tesis oranları dikkate alınırsa dünyadaki tesislerin % 80'i Çin'de %10'u Hindistan'da, %10'u Nepal ve Tayland'da bulunmaktadır [9].

Avrupa'nın hayvan gübresi ile elde ettiği biyogaza ve tesis sayısına bakılacak olursa bu noktada Almanya 2200 tesis ile en fazla üretim yapan ülke konumundadır. Bu ülkeyi 70 tesis ile İtalya takip etmektedir. Almanya dünyanın en büyük biyogaz üreten ülkesi konumundadır. Almanya'da 2020 yılına kadar 43000 biyogaz üretim tesisinin faaliyete geçirilmesi planlanmaktadır. Almanya'da biyogazdan elde edilen enerjinin, toplam enerji tüketiminin %3'ünü karşıladığı belirtilmiştir. Üretilen bu enerjinin de %50'si

enerji bitkilerinden, %25'i hayvansal atıklardan ve %5'i atık sularından elde edilmiştir. Avrupa'nın birçok ülkesinde atıklardan veya enerji bitkilerinden elde edilen biyogaz ile elektrik üretilerek, elektrik şebekesine aktarılmaktadır. Bazı ülkelerde ise biyogaz arıtılarak araç yakıtı olarak kullanılmaktadır. Çalışmalar sadece tarım atıkları için irili ufaklı 220000 adet biyogaz tesisinin Avrupa'da kurulabileceğini göstermektedir [2].

Günümüzde biyogazdan enerji elde etme teknolojileri en çok Batı Avrupa'da geliştirilmiştir ve bunlar daha çok merkezi biyogaz tesisleridir. Avrupa'da biyogazdan elde edilen enerji toplamı, Avrupa Birliği'nin enerji tüketiminin yaklaşık olarak % 0.3'ünü karşılamaktadır. Asya ülkelerinde (Çin, Hindistan, vb.) biyogaz uygulamaları çok daha çeşitli durumdadır. Yerel küçük biyogaz tesislerinden elde edilen biyogaz ile ısı, aydınlatma, pişirme gibi ihtiyaçlar karşılanmaktadır. Böylece tahmin edilen enerji talebinin artışının bir kısmı bu çeşit uygulamalarla karşılanabilmektedir. Çin 2020 yılında enerji tüketiminin %15'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı hedeflemektedir. Afrika ülkelerinde ise biyogaz tesis sayısı sadece yüzler ile ifade edilmektedir. Latin Amerika ülkelerinde biyogaz tesis kurulum çalışmaları son zamanlarda hız kazanmıştır fakat yeterli sayıda değildir. Rusya, Ukrayna ve Kazakistan'da günlük 80 kWh elektrik üretebilecek kadar yüksek kapasitelere sahip yüzden fazla biyogaz üretme tesisi mevcuttur [2].

### **3.2. TÜRKİYEDE BİYOGAZ**

Türkiye'de biyogaz kırsal kesimlerde ısıtma ve pişirme amaçlı kullanılmaktadır. Türkiye'de sadece hayvansal atıklardan üretilen biyogaz miktarı 2.2–3.9 milyar m<sup>3</sup> olarak tahmin edilmektedir ve bu atıklardan sağlanabilecek biyogaz potansiyeli de yaklaşık olarak 53.6 PJ enerji eşdeğeri civarındadır [22].

Toplam biyogaz potansiyelinin %85' i gübre gazından geri kalanı ise katı atık depolama sahası gazındandır. Türkiye biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesinin, yeşil elektrik eldesi, organik gübre üretimi, atık kaynaklı çevre kirliliğini azaltma ve AB uyum süreci açılarından ulusal yararları ortadadır [23].

Türkiye'de toplam elektrik kurulu kapasite 40 Bin MW iken biyogaz kurulu kapasitesi 15 MW 'dır [8].

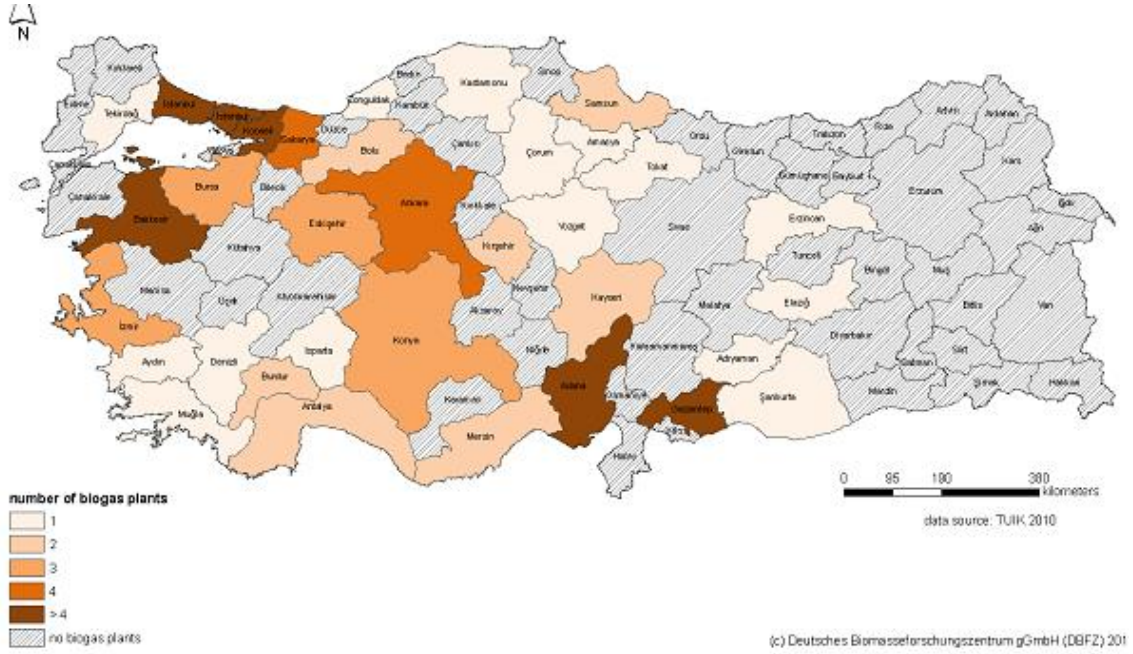


TÜBİTAK-MAM ve Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin desteklediği 6 dönüm araziye kurulu olan tesiste tarımsal ve hayvansal atıklardan biyogaz üretimi projesi (155 m<sup>3</sup>/h biyogaz üretimi ve biyogazın gaz motorunda yakılması ile 330 kW'lık elektriksel ve 330 kW'lık ısı güç eldesinin yanında, tesisten %25 kuru madde oranında 14 ton/gün organik katı gübre ve % 6 kuru madde oranında 22,8 ton sıvı gübre çıktısı olacaktır), TÜBİTAK'ın, Kayseri'de büyükbaş, koyun, keçi ve tavuk atıklarından biyogaz elde edilmesi projesi, Enertek Enerji Şirketi'nin Çiğli/İzmir'de atık depolama alanına 4.25 MW gücünde biyogaz sistemi kurması ve 34 GWh enerji üretmesi, atıksu arıtma tesisinde 3.88 MW gücünde biyogaz tesisi kurması ve 29.4 GWh enerji üretmesi, Fortuna Enerji Yatırımları End. Şti.'nin Germencik/Aydın'da mısır silajı ve büyükbaş hayvansal atıklardan biyogaz üreten 1063 MW gücünde ve 8GWh kapasitesinde bir biyogaz tesisi kurması, Ranteko'nun Çiçekdağı/Kırşehir'de büyükbaş hayvan atıklarının kullanıldığı ve 250 kW gücünde çalışan bir biyogaz tesisi kurması, Ege Üniversitesi'nin Aydın, Kuyucak'da 60 m<sup>3</sup> kapasitede biyogaz üretme reaktörü ve 50 m<sup>3</sup> kapasitede gaz depolama tankı tesisi [2].

Era Şirketler Grubu bünyesinde faaliyet gösteren Albe Biyogaz Ankara'nın Çubuk ilçesinde 54 dönüm alanda, %100 tavuk gübresinden elektrik üretimi gerçekleştirmeye hazırlanan ve 3 MW'lık elektrik üretim kapasiteli Albe Biyogaz Tesisi, Afyon Enerji Gübre A.Ş. 46 dönüm arazi üzerinde Afyon biyogaz tesisi yumurta tavuğundan 30 milyon kwh/yıl elektrik üretimi ve kurulu gücü 4.2 Mw olan biyogaz tesisi, Telko Enerji Balıkesir Edincik de 48 dönüm arazi üzerinde tavuk gübresinden elektrik üretimi gerçekleştirecek olan tesisin kapasitesi 4 Mw'dır.

Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan hayvansal atıkların biyogaz açısından önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen büyük bölümünün arazide kullanıldığı veya enerji elde edilmeden diğer yöntemler ile bertaraf edildiği bilinen bir gerçektir.

Türkiye, sadece hayvan atıkları ile çalışabilecek, 2.000 adet biyogaz tesisi kapasitesine sahiptir. İşletmede olan pek çok biyogaz tesisi, Gaziantep, İstanbul ve Kocaeli illeri civarında konumlanmıştır (Şekil 3.1) Özellikle belediyeler yüksek kapasiteli biyogaz tesisleri kurma konusunda daha ilgilidir [24].



Şekil 3.1. Türkiye'deki biyogaz tesis sayıları (durum: işletmede ve planlamada) [24]

### 3.3. DOĞU MARMARA BÖLGESİNDE BİYOGAZ

TÜBİTAK Kamu Araştırma ve Geliştirme Projeleri kapsamında desteklenen ve Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ni müşteri kurum olarak yer aldığı "Bitkisel ve Hayvansal Atıklardan Biyogaz Eldesi ve Entegre Enerji Üretim Sistemlerinde Kullanımı" projesi kapsamında yapılan biyogaz tesisi bu soruna çözüm getirecektir. Tesiste; Kocaeli bölgesinde yer alan tavuk üretim çiftliklerinden kaynaklanan atıkların işlenerek biyogaz ve toprak iyileştirici üretimi gerçekleştirilecek, böylece söz konusu atıklardan kaynaklanan çevresel problemlerin faydalı ve çevreci bir yaklaşımla bertaraf edilmesi sağlanacaktır [25].

İZAYDAŞ tesisinde kurulan pilot biyogaz tesisi endüstriyel tip, sürekli beslemeli ve mezofilik şartlarda çalıştırılan bir tesistir (Şekil 3.2) [25]. Tesis Kocaeli İlinde 6 dönüm arazi üzerine kurulmuştur. Pilot tesis mezofilik 36-37 °C arasında %9-%12 organik kuru madde oranı şartlarında çalıştırılmaktadır. Bekleme süresi 47 gün olarak seçilmiştir. Tesiste atıklardan 155 m<sup>3</sup>/h biyogaz üretimi ve biyogazın gaz motorunda yakılması ile 330 kW'lık elektriksel ve 330 kW'lık ısıl güç eldesinin yanında, tesisten %25 kuru madde oranında 14 ton/gün organik katı gübre ve % 6 kuru madde oranında 22,8 ton sıvı gübre çıktısı olacaktır.



**Şekil 3.2.** Pilot biyogaz tesisi [25]

Tesiste biyogaza dönüştürülen çimen (16 ton/gün), Kocaeli Büyükşehir Belediyesine ait park ve bahçelerden, hal atıkları (5,6 ton/gün) il merkezindeki halden, işkembe içi atıkları (1,17 ton/gün) tesis yakınındaki Kocaeli ili mezbahasından, tavuk gübresi (5,34 ton/gün) il merkezine yakın yerlerdeki etçi ve yumurtacı tavuk çiftliklerinden, büyükbaş hayvan gübresi (0,96 ton/gün), ise büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapan çiftliklerden taşınmaktadır [25].

#### **4. MATERYAL VE YÖNTEM**

Araştırma kapsamında hayvancılığın Düzce ilindeki yeri ve hayvan atıklarından elde edilen gübre miktarına karşılık biyogaz miktarları araştırılmıştır. Biyogaz tesisinin yeri için tavuk çiftliklerinin kapasite ve koordinat bilgileri Düzce İl Tarım Müdürlüğünden alınmıştır. Düzce ilindeki tavuk çiftliklerine ait koordinat bilgileri k-means kümeleme algoritması ile kümelendikten sonra tesislerin kapasiteleri dikkate alınarak benzetim tavlama yöntemi ile optimum tesis konumu bulunmuştur.

##### **4.1. HAYVANSAL ATIKLARDAN ELDE EDİLEBİLECEK GÜBRE VE BİYOGAZ MİKTARI**

Hayvanlardan elde edilen gübre miktarları hayvanların cinsine göre değişiklik göstermektedir. Biyogaz potansiyelini belirlemek için aşağıdaki kabuller ve araştırma sonuçları kullanılmıştır [26].

Buna göre;

- 1 adet büyükbaş hayvandan 3,6 ton/yıl yaş gübre,
- 1 adet küçükbaş hayvandan 0,7 ton/yıl yaş gübre,
- 1 adet kanatlı hayvandan 0.022 ton/yıl gübre elde edilmektedir.

Bu değerlerden yola çıkarak,

- Bir ton sığır gübresinden 33 m<sup>3</sup>/yıl biyogaz,
- Bir ton koyun gübresinden 58 m<sup>3</sup>/yıl biyogaz,
- Bir ton kanatlı hayvan gübresinden 78 m<sup>3</sup>/yıl biyogaz oluşmaktadır.

Taze kanatlı hayvan gübresinden havasız ortamda 27°C-37°C sıcaklıkta CH<sub>4</sub> (metan gazı) elde edilebilmektedir. Organik azotlar inorganik tuzlara dönerek daha küçük parçalara ayrılır. Biyogaz üretimi için tavuk gübresi diğer hayvan gübrelere göre daha elverişlidir. Gübreden biyogaz üretilmesinin enerji tasarrufuna katkısı ile birlikte, gübreden CH ve HS gibi gazların uzaklaştırılması çevre kirliliğinin önlenmesinde kısmi bir çözümü de beraberinde getirmektedir. 1 m<sup>3</sup> metan gazı ortalama olarak 6000 kalorilik enerji vermekte, bu da 0.8 litre benzin, 1 kg odun, 1.5 m<sup>3</sup> hava gazı, 2.2 kwh elektrik enerjisine denk gelmektedir [27].

#### 4.2. DÜZCE İLİ MEVCUT HAYVAN VERİLERİ

Düzce ilinin ilçelere göre mevcut olan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlarının sayısı Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Veriler Türkiye İstatistik Kurumu 2013 yılı istatistiklerinden alınmıştır [28].

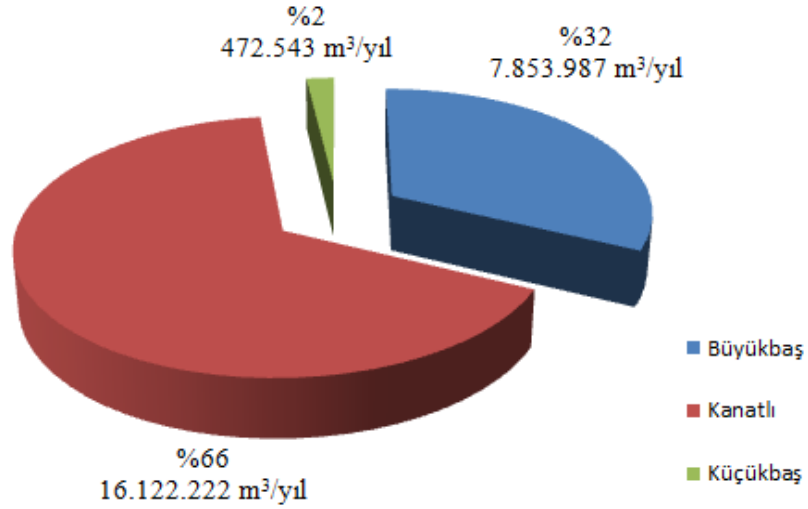
**Çizelge 4.1.** Düzce İli, ilçelere göre büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanları sayısı

Yerleşim Yerleri	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küçükbaş Hayvan Sayısı	Kanatlı Hayvan Sayısı
MERKEZ	31.000	3.500	3.567.544
AKÇAKOCA	4.000	400	3.260.192
CUMAYERİ	3.001	200	212.432
ÇİLİMLİ	6.050	400	698.244
GÖLYAKA	7.801	3.500	170.776
GÜMÜŞOVA	4.247	750	328.204
KAYNAŞLI	3.501	889	476.876
YIĞILCA	6.511	2.000	1.036.986
TOPLAM	66.111	11.639	9.751.254

Düzce’de büyükbaş hayvan sayısı 66.111 adettir. Aynı yıl Türkiye genelinde mevcut büyükbaş hayvan sayısı 14.532.848 adet olup, bu rakamın % 0,45’i Düzce’de bulunmaktadır. Düzce’de küçükbaş hayvan sayısı ise 11.639 adettir. Aynı yıl Türkiye’de küçükbaş hayvan sayısı toplamı 38.509.795 adet olup, bu rakamın % 0,03’ü Düzce’de bulunmaktadır. Çalışmada kanatlı hayvan olarak yumurta tavuğu, et tavuğu, hindi, kaz ve ördek sayıları baz alınmıştır. Düzce kanatlı hayvan sayısı 9.751.254’dür. Aynı yılda Türkiye’deki kanatlı hayvan sayısı 270.202.034 olup, Düzce’nin kanatlı hayvan sayısındaki üretim payı ise % 3,60’dır.

#### 4.3. DÜZCE İLİ MEVCUT HAYVANSAL ATIK POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Düzce ilinin mevcut hayvan potansiyeline bağlı olarak meydana gelen yaş gübre miktarları (ton/yıl), üretilebilecek biyogaz miktarları (m<sup>3</sup>/ yıl) hesaplanarak Şekil 4.1’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Düzce İlinin Biyogaz Potansiyeli ve Organik Atık Türüne Göre Dağılımı

Düzce merkez ve ilçelerde mevcut hayvan potansiyeline bağlı olarak büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan verileri bütün olarak değerlendirilmiş ve biyogaz üretim potansiyeli hesaplanarak sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Mevcut hayvan potansiyelinden biyogaz üretilecek olursa en yüksek ağırlık potansiyeline sahip olan ilçeler Merkez ve Akçakoca’dır.

**Çizelge 4.2.** Düzce’de hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli

Yerleşim Yerleri	Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Gübre Miktarı (ton/yıl)	Biyogaz Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	Toplam Biyogaz Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)
MERKEZ	Büyükbaş	31.000	111.600	3.682.800	9.358.749
	Küçükbaş	3.500	2.450	142.100	
	Kanatlı	3.224.854	70.947	5.533.849	
AKÇAKOCA	Büyükbaş	4.000	14.400	475.200	6.078.739
	Küçükbaş	400	280	16.240	
	Kanatlı	3.256.002	71.632	5.587.299	
CUMAYERİ	Büyükbaş	3.001	10.804	356.519	728.709
	Küçükbaş	200	140	8.120	
	Kanatlı	212.162	4.668	364.070	
ÇİLİMLİ	Büyükbaş	6.050	21.780	718.740	1.930.953
	Küçükbaş	400	280	16.240	
	Kanatlı	696.954	15.333	1.195.973	
GÖLYAKA	Büyükbaş	7.801	28.084	926.759	1.360.031
	Küçükbaş	3.500	2.450	142.100	
	Kanatlı	169.681	3.733	29.1173	
GÜMÜŞOVA	Büyükbaş	4.247	15.289	504.544	1.097.377
	Küçükbaş	750	525	30.450	
	Kanatlı	327.729	7.210	562.383	
KAYNAŞLI	Büyükbaş	3.501	12.604	415.919	1.269.456
	Küçükbaş	889	622	36.093	
	Kanatlı	476.366	10.480	817.444	
YIĞILCA	Büyükbaş	6.511	23.440	773.507	2.624.737
	Küçükbaş	2.000	1.400	81.200	
	Kanatlı	1.031.486	22.693	1.770.030	

Düzce ilinin hayvansal atıklarından üretilebilecek biyogaz potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma göstermiştir ki Düzce ili özellikle kanatlı hayvan atıkları bakımından önemli bir biyogaz potansiyeline sahiptir. Yapılan hesaplamalarda hayvansal atık türüne göre biyogaz potansiyeline bakıldığında, kanatlı hayvan atıklarından üretilebilecek biyogaz potansiyeli bakımından Merkez İlçe 5.553.849 m<sup>3</sup>/yıl ve Akçakoca İlçesi 5.587.289 m<sup>3</sup>/yıl ile; en yüksek potansiyele sahip ilçeler olmuştur.

Hesaplamalarda 1 ton katı hayvansal atıktan elde edilen biyogaz miktarı 200 m<sup>3</sup> ve biyogazın da ısı değeri 22.7 MJ/m<sup>3</sup> olarak kabul edilmiştir [6].

Buna göre Düzce İlinde;

Kanatlı hayvanlardan 16.122.222 m<sup>3</sup>/yıl biyogaz potansiyeli söz konusudur.

Söz konusu biyogazın enerji eşdeğeri;

Kanatlı hayvanlardan  $16.122.222 * 22,7 = 356.974.439$  MJ/kg'dır.

Biyogaz elektrik enerjisine dönüştürülerek değerlendirildiğinde; % 40 elektrik % 50 ısı verimi ve %10 kayıp enerjiyle çalışan bir kojenerasyon sistemiyle çalışıldığında;

Kanatlı hayvanlardan  $356.974.439 * 1000 / 3600 * 0,4 = 39.623.826$  kWh elektrik enerjisi ve Kanatlı hayvanlardan  $356.974.439 * 1000 / 3600 * 0,5 = 49.579.727$  kWh ısı enerjisi elde etmek mümkündür.

#### **4.4. K-MEANS KÜMELEME YÖNTEMİ**

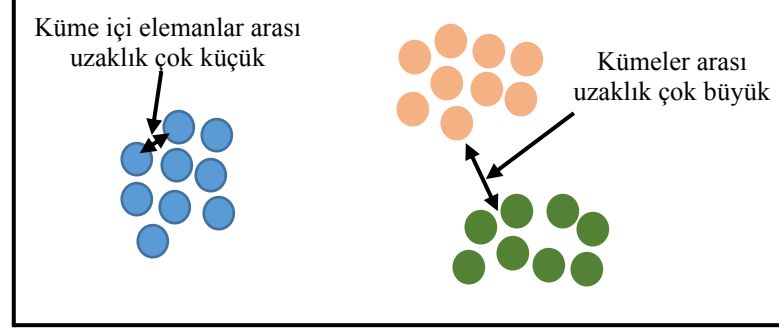
Kümeleme, en basit tanımıyla benzer özellik gösteren veri elemanlarının kendi aralarında gruplara ayrılmasıdır [29].

Kümeleme analizinde genel amaç küme içi homojenliği, kümeler arası heterojenliği sağlamaktır. Bu da benzer bireylerin aynı kümede toplanmasıyla sağlanabilir. Bireylerin benzerlikleri uzaydaki konumları ile ilgilidir. Uzaydaki konumları itibari ile birbirine uzaklıkları daha az olan bireyler aynı kümede toplanmış olacaklardır.

Literatürde pek çok kümeleme algoritması bulunmaktadır. Kullanılacak olan kümeleme algoritmasının seçimi, amaca ve veri tipine bağlıdır. Genel olarak başlıca kümeleme yöntemleri; Bölme yöntemleri (Partitioning methods), Hiyerarşik yöntemler (Hierarchical methods), Yoğunluk tabanlı yöntemler (Density-based methods), Izgara tabanlı yöntemler (Grid-based methods), Model tabanlı yöntemler (Model-based methods) olarak sınıflandırılabilir [30].

Birimler arasındaki uzaklıkları hesaplamak için en sık kullanılan uzaklık ölçüleri Minkowski, Öklid (Euclidean), Pearson, Manhattan (City-Blok), Mahalanobis, Hotelling T<sup>2</sup> ve Canberra Uzaklığı'dır [31].

Kümeleme işleminde küme içindeki nesnelere arası uzaklık çok küçükken, kümeler arası uzaklık çok büyüktür [32].



**Şekil 4.2.** Küme Yapısı (Cluster Structure)

Bölümleyici algoritmaların arasından yaygın kullanılan algoritmalar k-means, k-medoid, clara ve clarans, c-means algoritmalarıdır.

En yaygın kullanılan gözetimsiz öğrenme yöntemlerinden biri olan K-means algoritması her verinin sadece bir kümeye ait olabilmesine izin veren keskin bir kümeleme algoritmasıdır [33].

K-means algoritmasının genel mantığı n adet veri nesnesinden oluşan bir veri setini, k adet giriş parametresi sayısı kadar kümeye bölümlenektir. Amaç, gerçekleştirilen bölümlenme işlemi sonunda elde edilen kümelerin, küme içi benzerliklerinin maksimum ve kümeler arası benzerliklerinin minimum olmasını sağlamaktır. Bölümleyici kümelemeli yöntemlerden olan K-means algoritması sürekli olarak kümelerin yenilendiği ve en uygun çözüme ulaşana kadar devam eden döngüsel bir algoritmadır [29,34].

K-means yönteminin performansını k küme sayısı, başlangıç olarak seçilen küme merkezlerinin değerleri ve benzerlik ölçümü kriterleri etkilemektedir [35].

Küme sayısının belirlenmesi konusunda son yıllarda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Halen küme sayısının belirlenmesinde kullanılan en pratik yol (4.1) nolu eşitlik ile ifade edilir [36].

$$k = \sqrt{\frac{n}{2}} \quad (4.1)$$

n : kümelenecek birey sayısı

K-means kümeleme yönteminin değerlendirilmesinde en yaygın olarak karesel hata



kriteri SSE kullanılır. En iyi sonucu en düşük SSE değerine sahip kümeleme verir. Nesnelerin buldukları kümenin merkez noktalarına olan uzaklıklarının karelerinin toplamı (4.2) nolu eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} dist^2(m_i, x) \quad (4.2)$$

Burada, dist iki nesne arasındaki standard Öklid Uzaklığı,  $x$  değeri  $C_i$  kümesinde bulunan bir nesne,  $m_i$  değeri  $C_i$  kümesinin merkez noktasıdır.

Bu kriterleme sonucu,  $k$  tane kümenin olabildiğince yoğun ve birbirinden ayrı sonuçlanması hedeflenmeye çalışılır. Algoritma, karesel-hata fonksiyonunu azaltacak  $k$  parçayı belirlemeye gayret eder. K-means algoritması, algoritmaya kullanıcı tarafından verilen  $k$  parametresi ile  $n$  tane veriden oluşan veri setini  $k$  adet kümeye böler [37].

K-means algoritmasının işlem basamakları şöyledir:

1.Adım: İlk olarak küme merkezleri belirlenir. Bunun için iki farklı yol vardır. Nesneler arasından küme sayısı olan  $k$  adet rasgele nokta seçilmesi veya merkez noktaların tüm nesnelerin ortalaması alınarak belirlenmesi,

2.Adım: Her nesnenin seçilen merkez noktalara olan uzaklığı hesaplanarak tüm nesneler  $k$  adet kümeden kendilerine en yakın olan kümeye yerleştirilir,

3.Adım: Oluşan kümelerin yeni merkez noktaları o kümedeki tüm nesnelerin ortalama değeri ile değiştirilir,

4.Adım: Merkez noktalar değişmeyene kadar 2. ve 3. adımlar tekrarlanır [29].

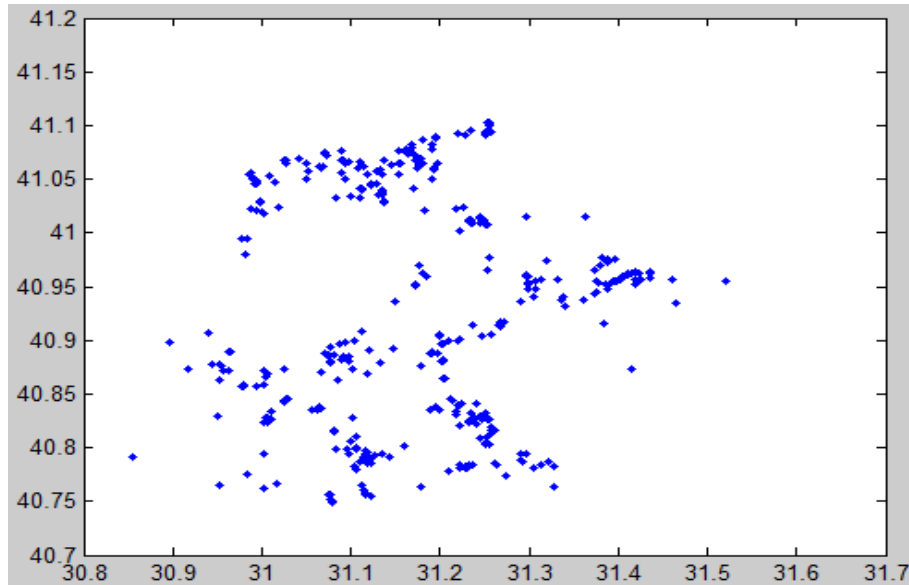
#### **4.5. DÜZCE İLİ BROİLER KÜMES KOORDİNATLARININ K-MEANS İLE KÜMELENMESİ**

Türkiyedeki broiler (et tavuğu yetiştiriciliği) üretiminin %5,29'unu Düzce ilindeki broiler üretimi oluşturmakta olup Düzce ilinin ilçelere göre mevcut olan broiler işletme ve kümes sayıları Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Veriler Düzce İli Tarım İl Müdürlüğünden alınmıştır.

**Çizelge 4.3.** Düzce İlinin İlçelere Göre Broiler İşletme ve Kümes Sayıları

İLÇE	İŞLETME SAYISI	KÜMES SAYISI
MERKEZ	147	157
AKÇAKOCA	171	180
CUMAYERİ	10	17
ÇİLİMLİ	28	32
GÖLYAKA	15	19
GÜMÜŞOVA	11	11
KAYNAŞLI	17	24
YIĞILCA	74	87
TOPLAM	473	527

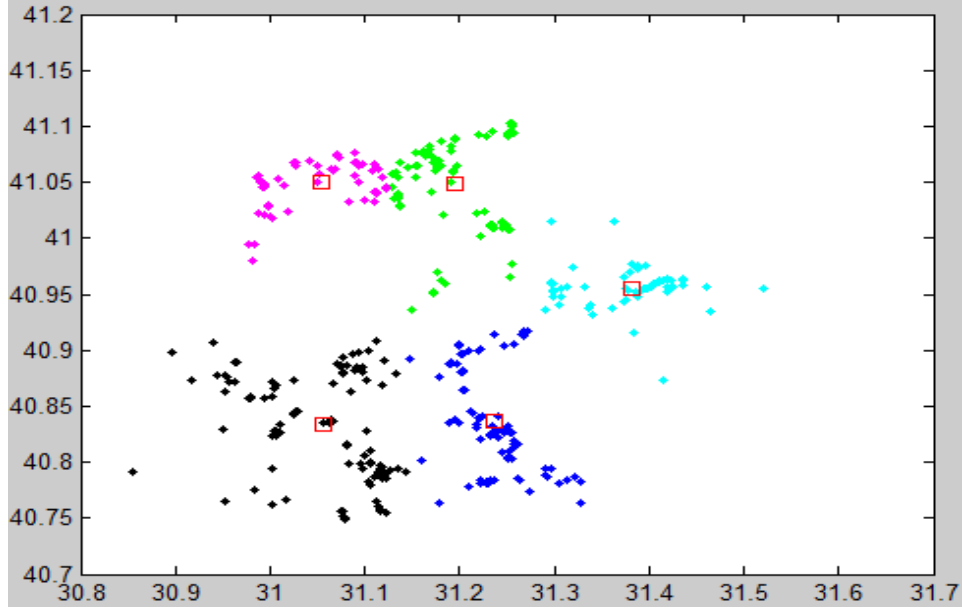
Düzce ilinde toplam 527 adet kümes ve 473 adet işletme bulunmaktadır. Yapılan çalışmada bu işletmelere ait 473 adet koordinat bilgisi kullanılmıştır. Düzce için büyük bir problem teşkil eden bu kanatlı hayvan yetiştiren işletmelerin atıklarının toplanarak bir biyogaz tesisine aktarılmak istenmesi durumunda biyogaz tesisinin kurulabileceği konum belirlenmeye çalışılmıştır. Problemin bu konumların hepsine en yakın tesisi bulmak için modellenmesi durumunda 473 değişkenli bir problem olacaktır. Bu optimizasyon probleminin pratik olarak çözümü hem çalışma zamanı hem de problemin kodlanması bakımından oldukça zordur. Bu sebeple bu konumların kümeleme yöntemleri ile bulunması amaçlanmıştır.



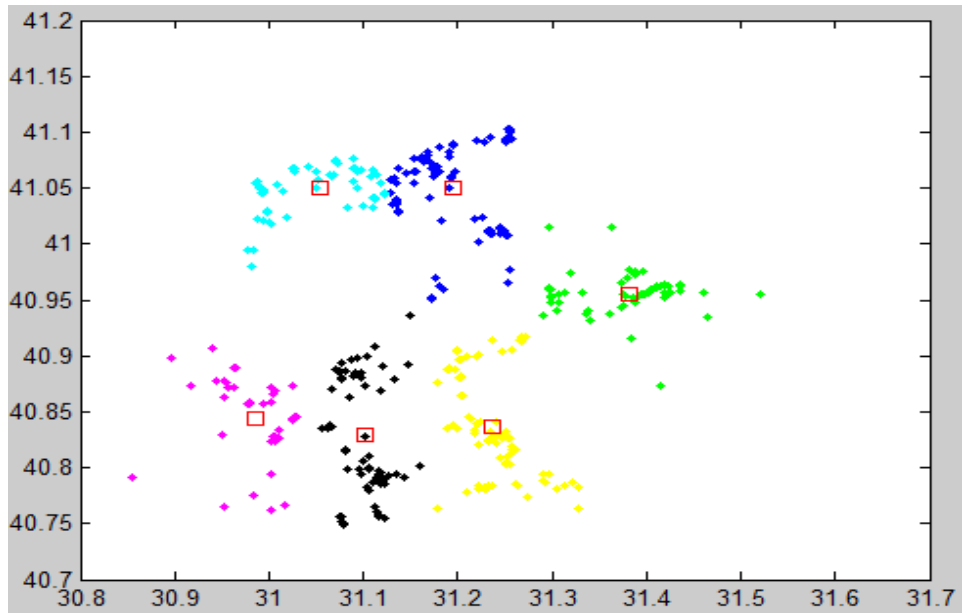
**Şekil 4.3.** Düzce İli Broiler Kümes Koordinat Bilgileri

Bu konumların koordinatları çizdirildiğinde (Şekil 4.3) en fazla 9 küme olacağı görülmektedir.

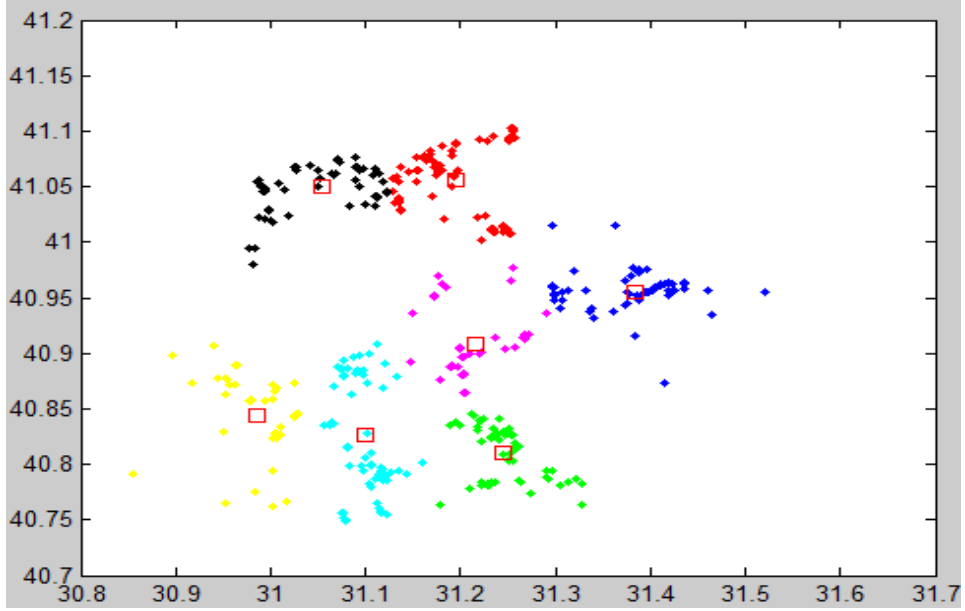
Öncelikli olarak bu konumlar kullanılarak Matlab'da K-Means kümeleme algoritması ile tesisler  $k=5$ ,  $k=6$ ,  $k=7$ ,  $k=8$  küme sayısına göre kümelendi. Bu kümeleme sonrası oluşan kümeler ve bu kümelerin merkezleri Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



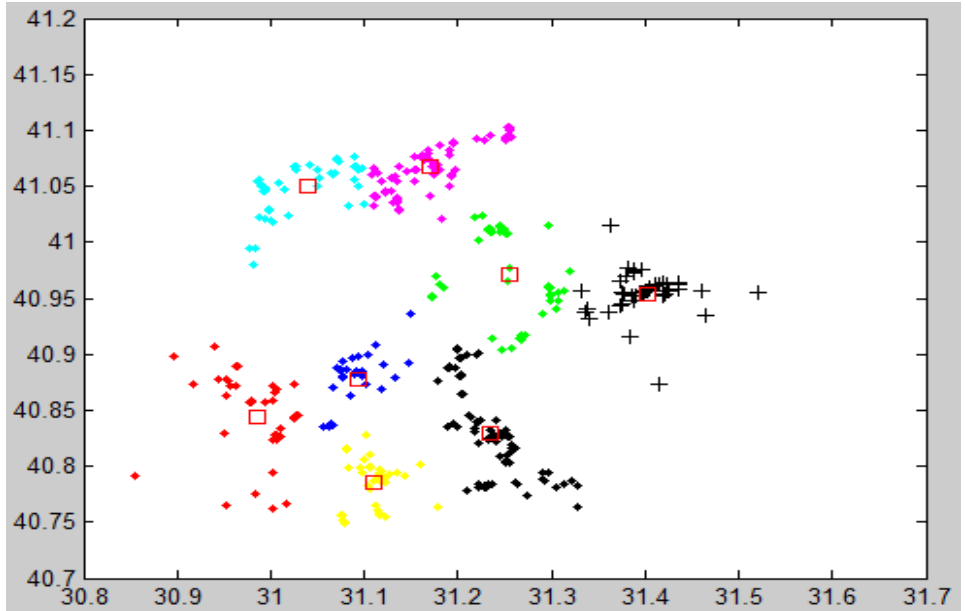
Şekil 4.4. K-Means Algoritmasının ( $k=5$ ) İçin Oluşturduğu Küme



Şekil 4.5. K-Means Algoritmasının ( $k=6$ ) İçin Oluşturduğu Küme



**Şekil 4.6.** K-Means Algoritmasının (k=7) İçin Oluşturduğu Küme



**Şekil 4.7.** K-Means Algoritmasının (k=8) İçin Oluşturduğu Küme

Matlab’da K-Means kümeleme algoritması Düzce ilinde bulunan broiler yetiştiriciliği işletmelerinin koordinatları için k=5, k=6, k=7, k=8 olmak üzere kümeleme yapılmıştır. Hazırlanan Matlab programı kümeleme sayısına göre 100 ‘er kez çalıştırılarak sonuçlar bir excel dosyasına atılmıştır. Excel dosyasındaki bu verilere göre küme sayısına göre yapılan küme merkezlerinin koordinatlarının ortalaması Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

K-Means ile küme sayısına göre yapılan kümeleme işleminde ayrıca bu kümelere dahil

olan işletmelerinin kapasiteleri toplamı da dikkate alınarak simulated annealing algoritması ile yapılacak olan biyogaz tesisin konumu belirlenecektir.

**Çizelge 4.4.** K-Means ile belirlenen küme merkezleri koordinatları ortalaması

Küme Sayısı	Küme No	Küme Merkezleri	
		X	Y
k = 5	1	31.048716	40.836629
	2	31.060911	41.021499
	3	31.236045	40.837304
	4	31.188258	41.049374
	5	31.381543	40.954914
k = 6	1	31.019175	40.869461
	2	31.054939	41.019994
	3	31.143021	40.897365
	4	31.202562	41.012929
	5	31.245016	40.850346
	6	31.386584	40.954843
k = 7	1	31.022746	40.840011
	2	31.088040	40.907606
	3	31.105833	40.953594
	4	31.193051	40.904901
	5	31.230241	40.940347
	6	31.202465	41.054193
	7	31.395225	40.954464
k = 8	1	31.004626	40.844147
	2	31.084785	40.878348
	3	31.093814	40.924679
	4	31.143769	40.949060
	5	31.215838	40.903556
	6	31.225276	40.957547
	7	31.220372	41.048947
	8	31.400979	40.953717

#### 4.6. SIMULATED ANNEALING (TAVLAMA BENZETİMİ)

Simulated Annealing – SA (Tavlama Benzetimi – TB) algoritmasının optimizasyon problemlerine uygulanması ile ilgili çalışmalar, 1983 yılında Kirkpatrick ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur. Bu yöntem gerçek hayatta metaller üzerine uygulanan tavlama işleminden esinlenerek ortaya çıkmıştır. Tavlama işlemi bir katının sıcaklığının belirli bir maksimum dereceye kadar arttırılarak tekrar yavaş yavaş azaltılması işlemi olarak tanımlanır. Bu işlemler sırasında düzensiz yapıdaki atomlar gruplar halinde düzene girerek kristal yapıyı oluşturmaktadırlar. Yani süper kafes yapısı elde edilir. Soğutma işlemi, dış sıcaklığı ani olarak sıfıra düşürmek suretiyle yapılırsa kristal yapıda geniş dağılımlı düzensizlikler ve yapısal bozukluklar meydana gelir. Yani kafes yapısında düzensizlikler oluşur ve süper kafes meydana gelmez. Bu olay hızlı soğutma (quenching) olarak tanımlanır [38,39].

SA algoritması; pek çok değişkene sahip fonksiyonların en küçük veya en büyük değerlerinin bulunması ve özellikle pek çok yerel minimum değere sahip doğrusal olmayan fonksiyonların minimum değerlerinin bulunması için tasarlanmış, bir stokastik arama yöntemidir. Algoritma geçerli bir çözümden başlayarak rastgele yeni durumlar üretir ve bu durumlar için maliyet fonksiyonunu hesaplar [40].

SA güçlü bir optimizasyon tekniğidir ve büyük kombinasyonlu problemleri optimum veya global çözüme yeteneği vardır. Bu metot yerel optimum çözümü garanti eden optimizasyon tekniklerine benzer. SA, yerel optimumları atlama işlemini de yapar [41].

SA, gezgin satıcı problemi [Bonomi ve Lutton, 1986], ağ tasarımı problemi [Friesz ve diğ., 1992], makine çizelgeleme problemi, [Matsuo ve diğ., 1987; Matsuo ve diğ., 1989], karesel atama problemi [Wilhelm ve Ward, 1987], serim bölümlenme ve serim boyama problemi [Johnson ve diğ., 1989 - Johnson ve diğ., 1991] gibi çeşitli kombinatoriyal en iyileme problemlerine başarıyla uygulanmıştır.

SA'nın özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Olasılıklı bir arama tekniğidir.
- Çok sayıda karar seçeneklerini değerlendirir.
- Optimale yakın çözüm verir.
- Gereksiz kısıtlayıcı varsayımlar yoktur.

Problemlerde kısıtlar varsa; çözüm kümesi bu kısıtları sağlamalı veya kısıtları sağlamayan çözümler uygun bir ceza fonksiyonu dikkate alınarak çözüm uzayına dahil edilmelidir [42].

Mevcut durumu  $i$  ve enerjisi  $E_i$  olan katının, mevcut durumu bir hareket mekanizması kullanılarak bir sonraki  $j$  durumuna küçük bir değişiklikle dönüştürülür. Böylece son durumun enerjisi  $E_j$  olmaktadır. Eğer  $(E_j - E_i)$  enerji farkı sıfıra eşit veya daha küçükse,  $j$  durumu yeni mevcut çözüm olarak kabul edilir. Eğer enerji farkı sıfırdan büyükse,  $j$  durumu Eş.4.3'de verilen belirli bir olasılıkla kabul edilir. Bu eşitlikteki  $T$  ısı banyosunun sıcaklığını ve  $k_B$  "Boltzman sabiti" olarak bilinen fiziksel bir sabiti ifade etmektedir [43].

$$(\text{Kabul Olasılığı})P = \exp \left[ \frac{E_i - E_j}{k_B \cdot T} \right] \quad (4.3)$$

Katıların bu tavlama sürecinde geçirdiği durumları benzetebilmek için Metropolis vd (1953) tarafından "Metropolis Algoritması" geliştirilmiştir. Eğer sıcaklık yeteri kadar yavaş azaltılırsa, katı her sıcaklıkta ısıl dengeye ulaşabilir. Metropolis algoritmasında ısıl dengeye ulaşabilmek için, verilen bir sıcaklık değerinde oldukça fazla sayıda geçişler üretilir. Isıl denge, "Boltzmann dağılımı" ile karakterize edilmektedir. Eş.4.4'de ifade edilen bu dağılım, katının  $T$  sıcaklığında  $E_i$  enerjili  $i$  durumunda olma olasılığını vermektedir.

$$P_T\{X = i\} = \frac{1}{Z(T)} \exp \left[ \frac{-E_i}{k_B \cdot T} \right] \quad (4.4)$$

4.4 eşitliğindeki  $X$ , katının mevcut durumunu gösteren olasılıklı bir değişkendir.  $Z(T)$  ise "bölme fonksiyonudur" ve Eş.4.3' te verilmektedir.

$$Z(T) = \sum_j \exp \left[ \frac{-E_j}{k_B \cdot T} \right] \quad (4.5)$$

4.5 eşitliğinde mümkün tüm durumların toplamı dikkate alınmakta ve Boltzman dağılımı SA algoritmasının analizinde önemli bir rol oynamaktadır [43].

Tavlama süreci ile kombinatoriyal optimizasyon problemleri arasındaki benzerlik şöyle açıklanabilir: Katının farklı durumları, problemdeki mümkün farklı çözümlere ve sistem enerjisi problemin amaç fonksiyonuna karşılık gelmektedir. Yer durumu global optimumu, yarı-kararlı durum ise yerel optimumu göstermektedir.

SA algoritması aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

S başlangıç çözümü alınır.

$T > 0$  başlangıç sıcaklığı alınır.

Soğuma gerçekleşmediği sürece döngüye devam edilir.

L defa aşağıdaki işlemi gerçekleştirilir.

Rastgele bir  $S'$  oluşturulur.  $S$  nin komşusu olmalıdır.

$$\Delta E = \text{maliyet}(S') - \text{maliyet}(S)$$

$\Delta E \leq 0$  ise,

$$S = S'$$

$\Delta E > 0$  ise,

$$e^{-\Delta E/kT} \text{ olasılığı ile } S = S'$$

$$T = rT$$

S döndürülür.

Başlangıç çözümü rastgele seçilebilir ya da mevcut bir çözüm kullanılabilir.  $T = rT$  sıcaklığın düşürülmesi içindir.  $r$  sabit bir sayı olup 0-1 aralığındadır. Değeri deneysel olarak belirlenir. Yukarıda verilen algoritma SA'nın genel olarak elde edilmiş algoritmasıdır. SA yönteminin en önemli özelliklerinden birisi, parametrelerinin problemden probleme değişebilmesidir. Bu özelliği sayesinde değişik problemlere uygulanması mümkündür.

Benzetim tavlama algoritmasının temel adımları Şekil 4.8'de gösterilmiştir [44].



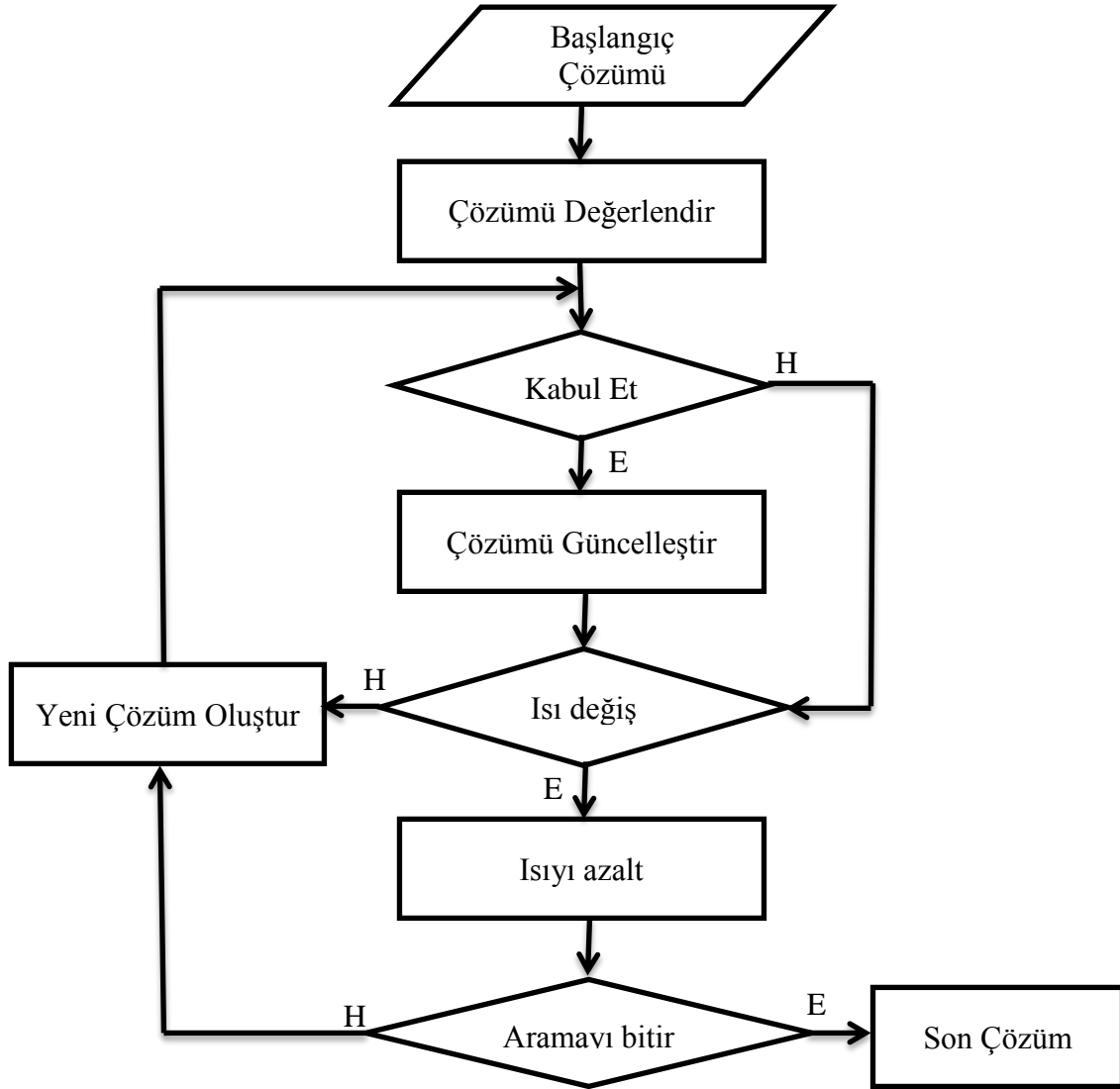
Begin

- Mmkn bir çözüm seç(eski),
  - Başlangıç sıcaklığını seç (t=100),
  - Sıcaklık azatlım fonksiyonunu seç f(t),
- repeat:
- repeat:-
  - Komşu arama fonksiyonuna göre en iyi komşuyu seç
  - Yeni zm hesapla(yeni)
- if(yeni-eski)<0 then yeniyi eskiyle değiştir
- else
- düzgün dağılıma sahip rassal sayı ret (r)
- if  $\exp(-(\text{yeni-eski})/t) > r$  then yeniyi eskiyle değiştir
- endif
- endif
- until önceden belirlenmiş iterasyon sayısı kadar
- $t=f(t)$
- Until( $t < 0.0$ ) durdurma koşulu sağlanana kadar

End

#### şekil 4.8. Benzetim Tavlama Algoritması Temel Adımları

Simulated Annealing diğer sezgisel yöntemlerle (genetik algoritma, tabu arama ve yapay sinir ağları v.b.) karşılaştırıldığında; SA'nın gcl yanları olarak diğer yöntemlere göre problemlere daha kolay uygulanabilirliği ve pek çok kombinatoryal en iyileme problemleri için iyi sonuçlar sağladığı görülmektedir. SA'nın zayıf tarafları ise, problemlerin çözümü için yüksek bilgisayar zamanına ihtiyaç duyması ve parametre seçiminin dikkatli bir şekilde yapılması ihtiyadır. SA'nın performansı büyük oranda parametrelerine bağlıdır. Bu nedenle SA için uygun parametrelerin belirlenmesi önemli bir konudur. Geleneksel olarak, SA için gerekli parametrelerin belirlenmesi deneme yanılma yöntemiyle veya bazı deneysel verilere dayanılarak belirlenmektedir. Ancak son zamanlarda parametre seçiminin sistematik olarak belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır [45].



**Şekil 4.9.** Tavlama Benzetimi Akış Şeması

#### **4.7. SIMULATED ANNEALING İLE OPTİMUM TESİS KONUMLARININ BELİRLENMESİ**

Yapılan bu çalışmada Düzce ili kanatlı hayvan atıkları bakımından önemli bir biyogaz potansiyeline sahip olduğu ve bu miktarlardaki hayvansal atığın doğal çevre ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturmayacak şekilde bertaraf edilmesi için bu atıklarının toplanarak bir biyogaz tesisine aktarılmak istenmesi durumunda biyogaz tesisinin kurulabileceği konum belirlenmeye çalışılmıştır. Düzce iline kurulabilecek kanatlı hayvan atıklarından biyogaz üretimi yapacak biyogaz tesisinin simulated annealing ile optimum tesis konumunun bulunması hedeflenmektedir. Mevcut olan 473 adet

işletmenin koordinat bilgilerine göre öncelikli olarak Matlab’da K-Means kümeleme algoritması ile kümesler k=5, k=6, k=7, k=8 küme sayısına göre kümelere ayrılarak bu kümelerin küme merkezleri ve bu kümelerin toplam kanatlı üretim kapasiteleri göz önüne alınmıştır.

Biyogaz tesisinin küme merkezlerine olan uzaklığının minimum olacağı bir konumu belirleyebilmek için kullanacağımız fonksiyon  $f_{min}$  olsun. “ $(X_b, Y_b)$ ” küme merkezlerinin koordinatları, “KKT” kümelere ait nesnelerin kapasitelerinin toplamı ve “ $(X_T, Y_T)$ ” biyogaz tesisinin koordinatları olmak üzere  $f_{min}$  eşitlik 4.6 kullanılarak bulunabilir.

$$f_{min} = \sum_{i=1}^n KKT(i) \sqrt{(X_T - X_{b(i)})^2 + (Y_T - Y_{b(i)})^2} \quad (4.6)$$

Hazırlanan Matlab programı fonksiyonun minimum değerini buldurabilmek için 100 ‘er kez çalıştırılmıştır.

**Çizelge 4.5.** Biyogaz Tesisinin (k=5) Kümeleme İçin En İyi ve En Kötü Konumu

	Tesis Konumu		Küme Sayısı	Küme Merkezleri		Küme Kapasiteleri
	X	Y		X	Y	
En kötü	31.159711	40.899863	1.küme	31.235815	40.837292	2068295
			2.küme	31.381951	40.954860	1049000
			3.küme	31.055613	40.833788	2694929
			4.küme	31.054581	41.050506	1168644
			5.küme	31.194947	41.049062	1661454
En iyi	31.176183	40.904075	1.küme	31.157416	41.056981	2255154
			2.küme	31.200126	40.801648	2376907
			3.küme	31.017273	40.893072	2120346
			4.küme	31.381951	40.954860	1049000
			5.küme	31.201788	40.905001	840915

**Çizelge 4.6.** Biyogaz Tesisinin (k=6) Kümeleme İçin En İyi ve En Kötü Konumu

Tesis Konumu		Küme Sayısı	Küme Merkezleri		Küme Kapasiteleri	
X	Y		X	Y		
En kötü	31.165302	40.910825	1.küme	31.403455	40.954076	885000
			2.küme	31.056395	40.834296	2725154
			3.küme	31.244084	40.953699	1027214
			4.küme	31.051629	41.050592	1102044
			5.küme	31.240089	40.816145	1591880
			6.küme	31.180284	41.068010	1311030
En iyi	31.147392	40.901550	1.küme	31.378656	40.955295	1076000
			2.küme	31.139743	41.055071	2699898
			3.küme	31.102673	40.791413	1152929
			4.küme	31.245740	40.828108	1663970
			5.küme	30.984556	40.855349	967800
			6.küme	31.137658	40.894826	1081725

**Çizelge 4.7.** Biyogaz Tesisinin (k=7) Kümeleme İçin En İyi ve En Kötü Konumu

Tesis Konumu		Küme Sayısı	Küme Merkezleri		Küme Kapasiteleri	
X	Y		X	Y		
En kötü	31.172024	40.910199	1.küme	31.403455	40.954076	885000
			2.küme	31.113086	40.799424	1204972
			3.küme	31.038835	41.050162	937344
			4.küme	31.241942	40.817001	1569280
			5.küme	31.171250	41.066016	1475730
			6.küme	31.244084	40.953699	1027214
			7.küme	31.022033	40.855940	1542782
En iyi	31.146831	40.901169	1.küme	31.107874	40.796745	955200
			2.küme	31.034503	40.762655	255729
			3.küme	31.378656	40.955295	1076000
			4.küme	31.139743	41.055071	2699898
			5.küme	31.137658	40.894826	1081725
			6.küme	31.245740	40.828108	1663970
			7.küme	30.984461	40.863080	909800

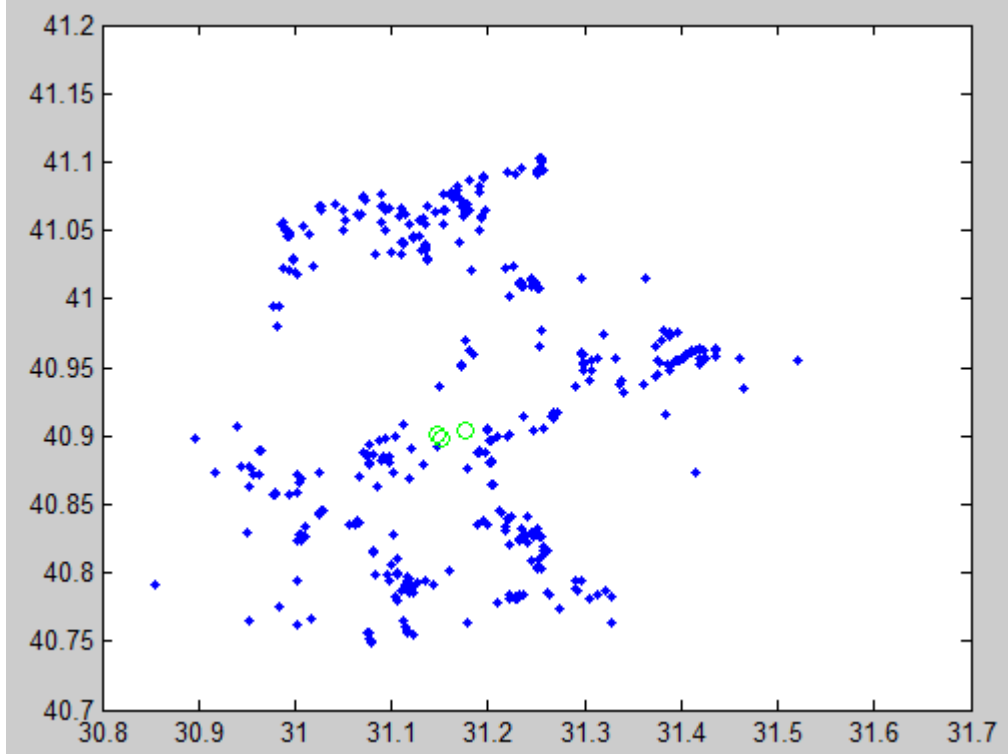
**Çizelge 4.8.** Biyogaz Tesisinin (k=8) Kümeleme İçin En İyi ve En Kötü Konumu

Tesis Konumu		Küme Sayısı	Küme Merkezleri		Küme Kapasiteleri	
X	Y		X	Y		
En kötü	31.168072	40.898745	1.küme	31.192182	41.073369	1057280
			2.küme	31.251411	40.963059	788714
			3.küme	31.022033	40.855940	1542782
			4.küme	31.113086	40.799424	1204972
			5.küme	31.100634	41.055145	750500
			6.küme	31.001265	41.039161	605294
			7.küme	31.403455	40.954076	885000
			8.küme	31.236969	40.824668	1807780
En iyi	31.151054	40.897964	1.küme	31.293275	40.783644	353500
			2.küme	31.038835	41.050162	937344
			3.küme	31.042793	40.823723	2189429
			4.küme	31.404680	40.954028	865000
			5.küme	31.225459	40.818724	1244880
			6.küme	31.151131	40.897557	893325
			7.küme	31.170644	41.066480	1461630
			8.küme	31.265617	40.970887	697214

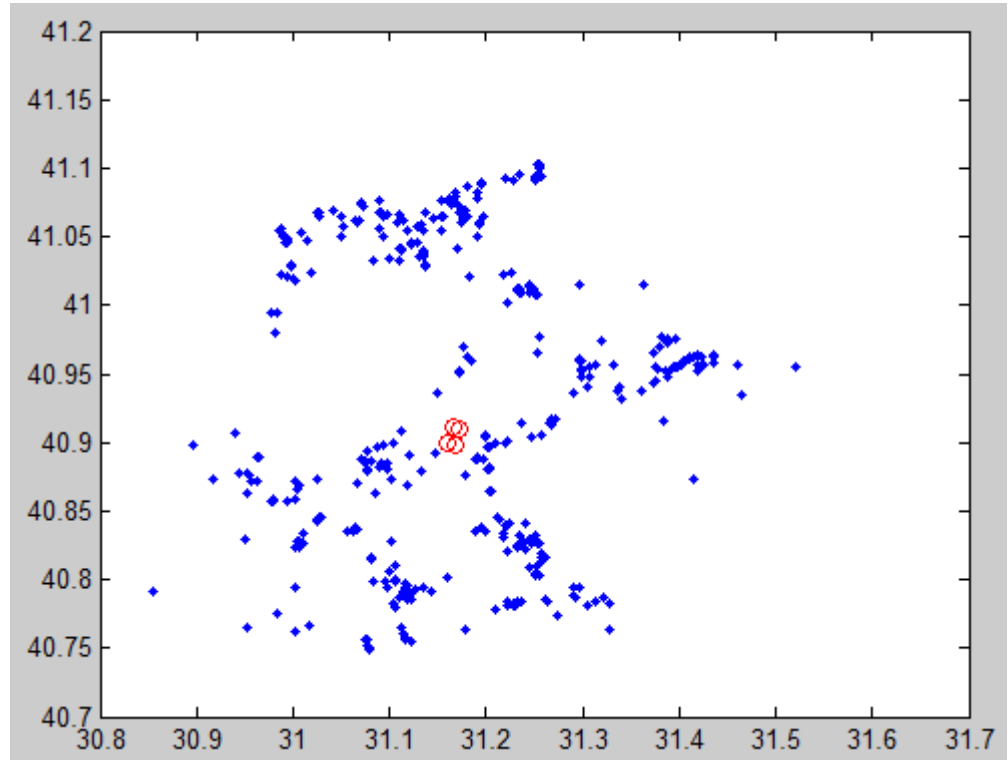
Bu çalışma sonucunda k=5, k=6, k=7 ve k=8 için yapılan kümeleme ve bu kümelerin kapasitelerine bağlı olarak biyogaz tesisinin olası en iyi ve en kötü konumu Çizelge 4.9'da gösterilmektedir.

**Çizelge 4.9.** Küme Sayılarına göre Biyogaz Tesisinin En iyi ve En Kötü Konumları

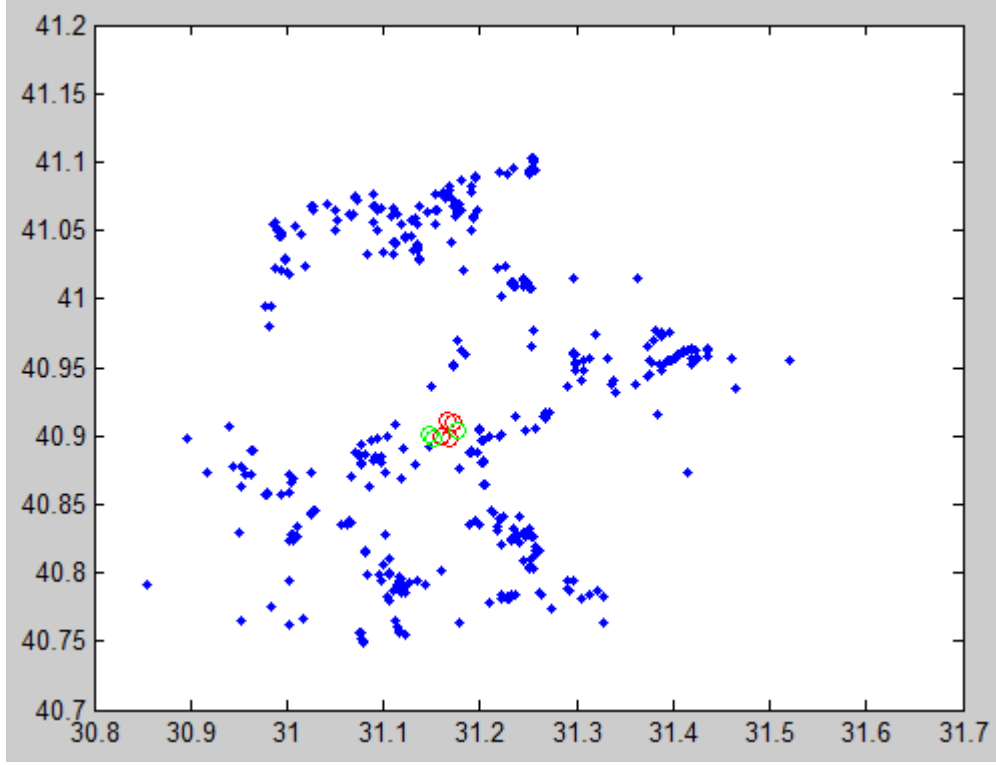
Küme Sayısı	En kötü		En iyi	
	X	Y	X	Y
k=5	31.159711	40.899863	31.176183	40.904075
k=6	31.165302	40.910825	31.147392	40.901550
k=7	31.172024	40.910199	31.146831	40.901169
k=8	31.168072	40.898745	31.151054	40.897964



Şekil 4.10. En iyi tesis konumları (k=5,6,7,8)



Şekil 4.11. En kötü tesis konumları (k=5,6,7,8)



Şekil 4.12. En iyi ve en kötü tesis konumları (k=5,6,7,8)

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düzce ilinin hayvansal atıklarından üretilebilecek biyogaz potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma göstermiştir ki Düzce ili özellikle kanatlı hayvan atıkları bakımından önemli bir biyogaz potansiyeline sahiptir. Buna karşın bu büyük potansiyelin belirlenmesinin yanında, bu miktarlardaki hayvansal atığın doğal çevre ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturmayacak şekilde bertaraf edilmesi zorunluluğu da açıkça ortaya koyulmuştur. Biyogaz üretim teknolojisinin ilimize sağlayacağı en önemli katkı ise şüphesiz biyogaz üretiminin çevreye olan olumlu etkileri ve kullanılabilir forma dönüştürülmüş gübre çıktısıdır.

Bu çalışmada Düzce ilinde bulunan kanatlı hayvan yetiştiren işletmelerden elde edilen atıkların toplanarak bir biyogaz tesisine aktarılacak istenmesi ve büyük bir tesis kurulması durumunda bu tesisin konumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Düzce ilinde bulunan 473 adet broiler yetiştiriciliği yapan işletmenin kapasite ve konum bilgisi elde edilmiştir. Problemin bu konumların hepsine en yakın tesisi bulmak için modellenmesi durumunda 473 değişkenli bir problem olacaktır. Bu optimizasyon probleminin pratik olarak çözümü hem çalışma zamanı hem de problemin kodlanması bakımından oldukça zordur.

Bu sebeple kümeleme algoritması olarak en yaygın kullanılan gözetimsiz öğrenme yöntemlerinden biri olan ve her verinin sadece bir kümeye ait olabilmesine izin veren K-means kümeleme algoritması ile konum bilgileri kümelendikten sonra kümelere ait işletmelerin kapasitelerine bağlı olarak simulated annealing ile optimum tesis konumunun bulunması amaçlanmıştır. SA algoritması pek çok değişkene sahip fonksiyonların en küçük veya en büyük değerlerinin ve özellikle pek çok yerel minimum değere sahip doğrusal olmayan fonksiyonların minimum değerlerinin bulunması sağlayan, büyük kombinasyonlu problemleri optimum veya global çözüme yeteneğine sahip olan güçlü bir optimizasyon tekniği olmasından dolayı tercih edilmiştir.

Matlab'da K-Means kümeleme algoritması ile Düzce ilinde bulunan broiler yetiştiriciliği işletmelerinin koordinatları  $k=5$ ,  $k=6$ ,  $k=7$ ,  $k=8$  küme sayısına göre kümelere ayrılarak bu kümelerin küme merkezleri ve toplam kanatlı üretim kapasiteleri göz önüne alınarak hazırlanan Matlab programı fonksiyonun minimum değerini



buldurabilmek için 100 'er kez çalıştırılmıştır. Bu dört farklı kümeleme sonrasında da yaklaşık olarak aynı konumun bulunduğu görülmektedir. Bu konum kurulması muhtemel bir biyogaz tesisinin yaklaşık en iyi konumudur.

Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında çok geç olmadan Düzce İlinin bu potansiyeli değerlendirilmeli ve ekonomiye kazandırılmalıdır. Atıklarda bulunması muhtemel patojen bakteriler nedeniyle, atıkların taşınması ve depolanması süresince hijyen ve evre koşullarına dikkat edilmelidir.

Biyogaz retim tesislerinin ilk yatırım giderlerinin yüksek olmasına karşın kısa sreler sonunda bu masrafları karşılanarak karlı duruma gelmesi mümkündür. Biyogaz tesisinin kurulması planlanan konumlara ait arsa fiyatlarına ve üretilen elektriğin satılabilmesi için elektrik hattına yakınlığına da dikkat edilmelidir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Koçer Nacar N., Kurt G. Malatya’da Hayvancılık Potansiyeli Ve Biyogaz Üretimi. SAÜ. *Fen Bil. Der.* (2013).
- [2] Dalkılıç K., Uğurlu A., Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretimi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi* 10 (2013).
- [3] Onurbaş A., Türker U., Atasoy Z. ve Koçtürk D. *Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler-Biyoyakıtlar*. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., ISBN 978-605-5426-71-2, Ankara (2011). 493
- [4] Koçer Nacar N., Öner C. ve Sugözü İ. Türkiye’de Hayvancılık Potansiyeli Ve Biyogaz Üretimi. Fırat Üniversitesi, Doğu Anadolu Araştırmaları Merkezi, Doğu Anadolu Araştırmaları Elazığ (2006). 17-20,
- [5] Onurbaş A., Tarımda Kullanılan Sabit Patlamalı Motorlarda Çeşitli Gaz Yakıtların Kullanımını Sağlayacak Karıştırıcı Geliştirilmesi. *TÜBİTAK Doğa Dergisi* Cilt 17, Sayı 3, Ankara,(1993). 559-568
- [6] Yokuş İ., Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi (2011).
- [7] Anonim, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, [http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/biyoenerji/01-biyogaz/bg\\_isil\\_deger.html](http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/biyoenerji/01-biyogaz/bg_isil_deger.html), (Erişim Tarihi: 19 Aralık 2014).
- [8] Çanka Kılıç F., Biyogaz, Önemi, Genel Durumu Ve Türkiye'deki Yeri, *Mühendis ve Makine Dergisi* Cilt 2, Sayı 617, Kocaeli Üniversitesi (2011). 94-106
- [9] Gülen, J., and Çeşmeli Ç., Biyogaz Hakkında Genel Bilgi Ve Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 5.1: Erzincan Üniversitesi (2012) 65-84
- [10] Anonim, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> (Erişim Tarihi: 19 Aralık 2014).
- [11] Tolay M., et al., Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, UTES : (2008). 17-19
- [12] Öztürk M., Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi, *Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara, (2005). 5,8-18,21
- [13] Sabuncu Ceren, Ö., Biyogaz Üretiminin Teknik, Ekonomik ve Çevresel Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi (2010).
- [14] Dalkılıç K., İki aşamalı Termofilik Anaerobik Sistemde Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, (2013).
- [15] Ekinci M.S., Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretimi İçin En Uygun Koşulların Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, (2007).
- [16] Gül N., Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, (2006).
- [17] Bayrakçeken H, Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, (1997).
- [18] Karataş A., Tavuk Gübresinin Anaerobik Parçalanması İçin Uygun Koşulların Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi (2006).
- [19] Buğutekin A., Atıklardan Biyogaz Üretiminin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi, (2007),
- [20] Şen M., Boludaki Tavuk Çiftliklerinin Biyogaz Kapasitesinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, (2010).
- [21] Öncel S., İkizoğlu E., Öngen G., Vardar F., Tarımsal Atıkların

- Değerlendirilmesinde Kullanılan Biyogaz Üreteç Tipleri, *II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, İzmir, (2003). 121-137
- [22] Eryaşar A., Kırsal Kesime Yönelik Bir Biyogaz Sisteminin Tasarımı, Kurulumu, Testi Ve Performansına Etki Eden Parametrelerin Araştırılması. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, (2007).
- [23] Topal Murat, Arslan I. Biyokütle enerjisi ve Türkiye. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, UTES'2008 243-245(2008)
- [24] Anonim, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türk-Alman Biyogaz Projesi, Türkiye'de biyogaz yatırımları için geçerli koşulların ve potansiyelin değerlendirilmesi [http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/dbfz\\_turkiye\\_biyogaz\\_potansiyel\\_raporu.pdf](http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/dbfz_turkiye_biyogaz_potansiyel_raporu.pdf), (Erişim Tarihi: 19 Aralık 2014).
- [25] Yağmur, E. Alptekin, et al., Bitkisel Ve Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretim Pilot Tesisi, *ICCI 2012 Bildiriler Kitabı*, (2012).
- [26] Deniz Y., Türkiye 'de Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın Sağlayacağı Yararlar, (1987).
- [27] Camcı Ö., Sarıca M., and Şekeroğlu A., Kafes Sisteminde Gübrenin Uzaklaştırılması ve Gübrenin Yönetimi, *Tavukçuluk Araştırma Dergisi 10* (2013).
- [28] Anonim, Türkiye İstatistik Kurumu, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/hayvancilikapp/hayvancilik.zul>, (Erişim Tarihi: 19 Aralık 2014).
- [29] Demiralay M., Çamurcu A.Y., Cure, Agnes Ve K-Means Algoritmalarındaki Kümeleme Yeteneklerinin Karşılaştırılması, *Fen Bilimleri Dergisi*, İstanbul Ticaret Üniversitesi (2005).
- [30] Özkes S. Veri madenciliği modelleri ve uygulama alanları, (2003).
- [31] Dicle C., Öztürk F., Türkiye'de İllerin Eğitim Düzeylerine Göre Kümeleme Analizi İle İncelenmesi. *Journal of Social Science 14.1* Trakya University (2012).
- [32] Ünal Y., Ekim U., Köklü M., Üniversite Öğrencilerin Ortak Zorunlu Derslerdeki Başarılarının K-Means Algoritması İle İncelenmesi, *NWSA: Engineering Sciences 6.1* (2011) 342-347.
- [33] Sarıman G., Veri Madenciliğinde Kümeleme Teknikleri Üzerine Bir çalışma: K-Means ve K-Medoids Kümeleme Algoritmalarının Karşılaştırılması, *Journal of Natural & Applied Sciences 15.3* (2011).
- [34] Silahtaroglu G., *Veri madenciliği*, Papatya yayıncılık, İstanbul, (2008) 114
- [35] Çalışkan Kırmızıgül S., Soğukpınar İ., KxKNN: K-Means ve K En Yakın Komşu Yöntemleri İle Ağlarda Nüfuz Tespiti EMO Yayınları (2008), 120-124.
- [36] Doğan, İsmet. "Kümeleme Analizi ile Seleksiyon." *Turk J Vet Anim Sci Tübitak* (2002) 47-53
- [37] Işık M., Çamurcu, A.Y., K-Means, K-Medoids Ve Bulanık C-Means Algoritmalarının Uygulamalı Olarak Performanslarının Tespiti, *Fen Bilimleri Dergisi İstanbul Ticaret Üniversitesi*, (2007).
- [38] Kirkpatrick, S., Gerlatt C.D.Jr, and Vecchi, M.P., Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220, (1983) 671-680.
- [40] Negnevitsky, M., Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems. *Addison Wesley*. (2005).
- [41] Aarts, E., Korst, J.M., Simulated Annealing and Boltzmann Machines: A Stochastic Approach to Combinatorial Optimization and Neural Computing, *John Wiley*, New York. (1989).
- [39] Karaboğa, D., *Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları*, İstanbul, Atlas Yayın Dağıtım (2004).
- [42] Çalışkan E., Orman Yol Ağı Üzerinde Odun Hammaddesi Taşımalarının Tavlama Benzetimi Yöntemiyle Optimizasyonu, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik

- Üniversitesi, (2008).
- [43] Aarts J., and Korst J., Simulated annealing and Boltzmann machines, (1989) .
- [44] Vecihi Y., Türkbey O., Tesis Yerleşim Problemlerine Sezgisel Metotlarla Yaklaşım, *Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 18.4 Gazi Üniversitesi (2003).
- [45] Şahin R., Türkbey O., Çok Amaçlı Tesis Yerleşim Problemi İçin Yeni Bir Melez Sezgisel Algoritma, *Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 25.1 Gazi Üniversitesi (2010).

# ÖZGEÇMİŞ

## *Kişisel Bilgiler*

Soyadı, adı : YÜRÜK, Fuat  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 08.07.1982 Ankara  
Telefon : 0 (505) 718 01 67  
Faks :  
E-posta : fuatyuruk@gmail.com

## *Eğitim*

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi Elektronik – Bilgisayar Eğitimi	2005
Lise	Yıldırım Beyazıt Anadolu Meslek Lisesi Telekomünikasyon Bölümü	2000

## *İş Deneyimi*

Yıl	Yer	Görev
2005-2006	Özcan Sabancı Kız Meslek Lisesi	Öğretmen
2006-2007	Düzce Ticaret Meslek Lisesi	Öğretmen
2007-2010	Bayburt Kız Meslek Lisesi	Öğretmen
2010-	Düzce Endüstri Meslek Lisesi	Öğretmen

## *Yabancı Dil*

İngilizce

## *Yayımlar*

1. Yürük F., Erdoğan P., Düzce İlinin Hayvansal Atıklardan Üretilebilecek Biyogaz Potansiyeli Ve K-Means Kümeleme İle Optimum Tesis Konumunun Belirlenmesi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi* 4.1 (2015), 47 - 56.