



Kahramanmaraş İlinin Biyogaz Potansiyelinin Farklı Modeller Kullanılarak Belirlenmesi

Ömer Faruk AY¹, Ahmet KAYA^{2*}

Öz: Bu çalışmada Kahramanmaraş ilinin hayvansal atıklardan üretilebilecek teorik biyogaz potansiyeli ve elektrik enerjisi üretimi, literatürde verilen beş farklı model kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan modeller sonucunda, Kahramanmaraş ilinin teorik biyogaz potansiyelinin 37.5 milyon m³ ile 137 milyon m³ aralığında olduğu hesaplanmıştır. Biyogaz potansiyel miktarından elde edilebilecek yıllık toplam elektrik enerjisi ise en az 94.8 GWh iken en fazla 264.8 GWh olarak hesaplanmıştır. Bu enerji ile yaklaşık 34 286 ile 95 769 arasında değişen konutun enerji ihtiyacının karşılanabildiği tespit edilmiştir. Kullanılan modeller sonucunda Onikişubat ve Elbistan ilçelerinin en fazla biyogaz ve enerji üretim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, enerji, hayvansal atık, Kahramanmaraş.

Determination of Biogas Potential of Kahramanmaraş Province Using Different Models

Abstract: In this study, the annual theoretical biogas potential and electrical energy production which can be produced from animal wastes of Kahramanmaraş province have determined by using five different models given in the literature. As a result of the models used, the theoretical biogas potential of Kahramanmaraş province has been calculated between 37.5 million and 137 million m³. The annual total electricity energy that can be obtained

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Ahmet Kaya: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, kaya38@ksu.edu.tr, [OrcID 0000-0001-9197-3542](https://orcid.org/0000-0001-9197-3542)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, omerfarukay3523@hotmail.com, [OrcID 0000-0003-4963-7881](https://orcid.org/0000-0003-4963-7881)

from the biogas potential amount has been calculated 94.8 GWh at least and 264.8 GWh at the most. It has been determined that the energy needs of the houses ranging between 34 286 and 95 769 can be covered with this energy. As a result of the models used, Onikişubat and Elbistan districts are determined to have the highest biogas and energy production potential.

Keywords: Biogas, energy, animal waste, Kahramanmaraş.

Giriş

Biyogaz enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en ekonomik enerji türlerinden olup dünyada çok uzun yıllardır kullanılan kaynaklardan birisidir. Günümüz modern toplumlarında enerjiye olan ihtiyacın artması ve fosil yakıtların tükenme eğilimine gitmesi, araştırmacıların yenilenebilir enerji kaynakları üzerine araştırmalar yapmalarına sebep olmuştur. Bu araştırmaların merkezinde olan enerji türü ise, çevresel zararı az olan biyogazdır (Öztuncay,2009). Biyogaz, organik materyallerin (gübre, bitkiler, çöp, yemek artığı, kimyasal atıklar, vb.) anaerobik koşullarda biyokimyasal fermantasyon ve mikrobiyolojik faaliyet sonucu parçalanması ile elde edilen yamı bir gaz karışımıdır. Bileşiminde %40–75 metan (CH₄), %25–60 karbondioksit (CO₂), %2 hidrojen sülfür (H₂S) ve azot (N) bulunur (Yeşilkaya, 2013). Biyogaz üretiminde birçok ham madde kullanılabilir. Ancak göz önüne alınması gereken, ham madde içeriğinin kolaylıkla metana dönüşümünün sağlanabilmesidir (Avan, 2014). Hayvan atıkları içindeki inorganik malzemeler (taş, metal, plastik vb.) ayrıştırılır ve karışım mümkün olduğunca fiziksel ve hücre bazında parçalanarak ufalanır ve çürütücü tanklara beslenir. Bakteriler ve diğer bazı mikro organizmalar kullanılarak çürütücü içindeki biyokütle ayrıştırılarak fermente edilir. Fermantasyon sürecinin nihai ürünleri olarak, oksijen, metan (% 45-70) ve karbon dioksit (% 25-55) oluşur (URL-1). Çürütücü içinde oluşan biyogaz **ısı ve elektrik enerjisinin aynı anda üretilebildiği kojenerasyon tesisine gelir**. Kojenerasyon tesisine gelen yüksek saflıkta metan gazı içeren biyogaz, termik makineler ile yakılıp ısı üretilir. Buradan da gaz türbinleriyle elektrik üretilir. Gaz türbiniyle üretilen bu elektrik şebekelere aktarılır. Elektrik üretiminde kullanıldıktan sonra oluşan atık ısı ise, ısı geri kazanımıyla hanelerin ısıtılmasında kullanılabilir (URL-2).

Türkiye’de biyogaz ile ilgili çalışmalar 1957 yılında başlamıştır. 1963 yılında 7 tanesi Eskişehir’de olmak üzere toplam 8 biyogaz tesisi kurulmuştur. 1975 yılından sonra Toprak Su Araştırma Enstitüsü ve 1980’li yıllarda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü kapsamında yürütülen biyogaz üretimi çalışmaları uluslararası bazı anlaşmalarla desteklenmiştir. 1982 yılında ortalama 1000’e yakın biyogaz tesisi faaliyete geçmiştir. Ancak birçoğu kapanmıştır. Günümüzde ise biyogaz kullanarak elektrik üreten yüzün üzerinde santral bulunmaktadır. İstanbul başta olmak üzere Ankara, Adana, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Antalya, Konya, Kırıkkale, Bursa, Mersin, İzmir, Afyonkarahisar, Erzincan, Kocaeli, Aksaray, Şanlıurfa, Tekirdağ, Kayseri, Konya, Gaziantep, Aydın, Çorum, Kırklareli, Kahramanmaraş, Düzce, Hatay, Trabzon, Malatya, Osmaniye, Elazığ, Isparta, Sivas, Niğde, Tokat, Karaman, Uşak, Amasya ve Bolu illerinde biyogaz santrali bulunmaktadır. En büyüğü 34MW ve

en küçüğü de 0.12MW gücündedir. Bu tesisler arasında en büyük kapasiteye sahip olan Odayeri Çöp Gazı Biyogaz Santrali tesisi İstanbul'da bulunmaktadır. En küçük kurulu güce sahip biyogaz tesisi ise Bursa'da bulunmaktadır. Biyogaz ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir. Özellikle Türkiye'nin bazı Üniversitelerin Teknik Eğitim, Fen, Mühendislik Fakülteleri'nde ve Fen Bilimleri Enstitülerinde birçok çalışma yapılmaktadır (Yeşilkaya,2013; Yılmaz,2019)

Teorik biyogaz potansiyeli ve elektrik enerjisi üretimi ile ilgili literatürde farklı kabuller ve farklı denklemler kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır; Park ve ark. (1981), hayvan gübrelerinden elde edilebilecek yıllık biyogaz miktarlarını araştırmışlardır ve araştırma sonucunda bir sığırdan yılda 91.1 m³, bir tavuktan ise 2.6 m³ biyogaz elde edilebileceğini belirlemişlerdir. Mandal ve ark. (1997), çalışmalarında farklı hayvan gübrelerini belirli oranlarda birbirine karıştırarak 37⁰C'de 90 gün bekleme süresi ve manyetik karıştırıcı ile günde iki defa 2-3 dakika karıştırma yaparak, biyogaz üretimini incelemişlerdir. Bunun sonucunda at gübresinin biyogaz üretim kapasitesinin diğer hayvan gübrelerine göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Hammad ve ark. (1998), çalışmalarında metan üretimi için farklı hayvan gübrelerini kullanmışlardır. Üretilen biyogaz içindeki metan yüzdesini %57-65 olarak bulmuşlardır. Metan üretimi için sığır gübresinin en iyi hayvan gübresi olduğunu belirlemişlerdir. Akbulut ve Dikici (2004), Elazığ ilinin hayvan varlığından yararlanarak biyogaz enerji potansiyelini araştırmışlardır. Yapılan hesaplamalarda teorik biyogaz potansiyeli 118 434 m³ gün⁻¹ ve elektrik enerjisi eşdeğerini ise 575 440 kWh gün⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Güç (2010), Uşak ilinin biyogaz potansiyelini incelemiştir. Yaptığı hesaplamada Uşak ilinin yıllık 27 milyon m³ yıl⁻¹ teorik biyogaz potansiyelinin bulunduğunu ve bu potansiyelin değerlendirilerek yaklaşık olarak 67 GWh elektrik enerjisi elde edilebileceğini hesaplamıştır. Yokuş (2011), Sivas ilindeki hayvansal gübrelerden yararlanarak yıllık teorik biyogaz miktarı 41 milyon m³ ve enerji eşdeğeri 917 TJ olarak belirlemiştir. Avcıoğlu ve Türker (2012), Türkiye'de bulunan hayvansal gübre potansiyelini teorik olarak hesaplayarak yaklaşık 121 milyon ton yıl⁻¹ atık üretildiğini belirlemişlerdir ve bu gübreden oluşan teorik biyogaz potansiyelini ise yaklaşık 2 milyar m³ olarak hesaplamışlardır. Öçal (2013), Eskişehir ilinin biyogaz potansiyelini teorik olarak araştırmıştır. Büyükbaş hayvan gübre potansiyelinin değerlendirilmesi ile günlük yaklaşık 0.3 GWh enerji üretilebileceğini teorik olarak elde etmiştir. Özsoy ve Alibas (2015), Bursa ilinin hayvan gübresinden teorik biyogaz potansiyelinin yaklaşık 52 milyon m³ olduğunu ve bunun enerji değerinin yaklaşık 400 GWh olduğunu hesaplamışlardır. Ulusoy ve ark. (2015), Bursa ilinin tarımsal organik atık kaynaklı biyogaz potansiyelini bu potansiyelin araçlarda yakıt olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Toprakçioğlu (2016), çalışmasında Siirt ilinin Kurtalan ilçesinde günlük 11 000 m³ biyogaz kapasitesi olan 1 MW'lık elektrik enerjisi üretim kapasitesi bulunan bir tesis kurulumu planlayarak Siirt ve Batman illerinin teorik biyogaz potansiyelini incelemiştir. Abdeslahian ve ark. (2016), Malezya'nın biyogaz potansiyelini teorik olarak araştırmışlar ve bu enerji değerinin yaklaşık 4.6 milyar m³ olduğunu ve biyogazdan elde edilen elektrik enerjisini ise 8 270 GWh olarak belirlemişlerdir. Çevik (2016), Çanakkale ilinin biyogaz potansiyelini teorik olarak araştırmıştır. İlin toplam teorik biyogübre potansiyelini 394 719 ton yıl⁻¹, teorik biyogaz potansiyelini ise yaklaşık 61 milyon m³ yıl⁻¹ olduğunu hesaplamıştır. Baran ve ark. (2017), Adıyaman ilinde küçükbaş, büyükbaş ve kanatlı hayvan varlıkları kullanılarak yapılan hesaplamada yıllık yaklaşık olarak 15 milyon m³ teorik biyogaz potansiyeline sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen

biyogazın değerlendirilmesi ile yaklaşık 70.5 GWh enerji üretiminin mümkün olduğunu belirlemiştir. Ersoy (2017), Türkiye’de bulunan hayvansal gübre potansiyelini teorik olarak hesaplayarak Türkiye’nin 8.41 milyar m³ yıl⁻¹ teorik biyogaz potansiyeli ve 5.04 milyar m³ yıl⁻¹ ise biyometan potansiyeli olduğunu hesaplamıştır. Elde edilen biyometan enerji üretimi ile Türkiye’nin 2015 yılında tükettiği 265.72 milyar kWh yıl⁻¹ enerjinin kişi başı tüketimindeki miktarının % 2’sini karşılayabileceğini hesaplamıştır. Aşçı (2018), Hatay ilinde bölgede bulunan hayvan sayısından yola çıkarak teorik biyogaz potansiyelini araştırmıştır. Hatay ilinde mevcut şartlar altında hayvansal gübrelerden yıllık yaklaşık olarak 52 milyon m³ lük teorik biyogaz üretileceği belirlenmiş ve bu biyogazın değerlendirilmesi ile 244.31 GWh enerji üretimi gerçekleşeceği sonucuna ulaşmıştır. Kandemir ve Açıkkalp (2019), Bilecik ilindeki hayvanların sayısının ve gübrelerinin 2011- 2017 yılları arasındaki değişimini tespit etmiştir. Hayvansal gübrelerden elde edilebilecek teorik biyogaz ve biyogazdan üretilebilecek elektrik enerjisi eşdeğerinin 2017 yılında yaklaşık 280.5 GWh ile en fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada ise Kahramanmaraş’ta bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan varlığından faydalanılarak yıllık teorik biyogaz üretim potansiyeli ve bu potansiyel kullanılarak yıllık elektrik üretim miktarları literatürde kullanılan beş farklı model ile tespit edilmiştir. Farklı modeller kullanılarak elde edilen teorik enerji üretimi ile Kahramanmaraş ilinin enerji ihtiyacının hangi oranda karşılanabileceği belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Akdeniz bölgesinde yer alan Kahramanmaraş ili; Afşin, Andırın, Çağlayancerit, Dulkadiroğlu, Ekinözü, Elbistan, Göksun, Nurhak, Onikişubat, Pazarcık ve Türkoğlu ilçelerinden oluşur. Bu çalışmada, teorik biyogaz üretim potansiyeli hesaplanmasında Kahramanmaraş İlinde 2018 yılında bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan varlığı dikkate alınmıştır. Kahramanmaraş İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 1 Nisan 2019 tarihinde ziyaret edilmiş ve çalışma kapsamında kullanılacak verilere ulaşılmıştır. Elde edilen verilere göre hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kahramanmaraş ili büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları

İLÇELER	Büyükbaş (Adet)	Küçükbaş (Adet)	Kanatlı Kümes (Adet)	Toplam (Adet)
AFŞİN	33 250	61 000	49 502	143 752
ANDIRIN	21 500	51 000	25 775	98 275
ÇAĞLAYANCERİT	2 100	33 000	7 628	42 728
DULKADİROĞLU	26 500	25 000	23 063	74 563
EKİNÖZÜ	7 750	11 912	7 642	27 304
ELBİSTAN	38 500	70 600	61 736	170 836
GÖKSUN	19 000	62 000	52 633	133 633
NURHAK	2 200	23 000	7 335	32 535
ONİKİSUBAT	32 550	163 224	66 353	262 127
PAZARCIK	12 000	180 000	24 551	216 551
TÜRKOĞLU	15 890	72 600	59 766	148 256
TOPLAM	211 240	753 336	385 993	1 350 569

Hayvan sayılarından yararlanılarak literatürdeki farklı modellerin kullanılmasıyla, farklı miktarlarda biyogaz potansiyeli ve elektrik enerjisi üretim miktarı elde edilmektedir. Bu çalışmada, literatürde kullanılan farklı modellerle Kahramanmaraş ili biyogaz potansiyeli ve elektrik enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan modeller Çizelge 2’de verilmiş, bu modellerde kullanılan bazı değerler ise Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Literatürde Verilen Farklı Modeller ve Kabuller

Denklemler	Model-I (Akbulut ve Dikici, 2004)	Model-II (Yokuş, 2011)	Model-III (Abdeshahian ve ark, 2016)	Model-IV (Çevik, 2016)	Model-V (Baran ve ark, 2017)
Gübre Miktarı (GM) (t y ⁻¹)	GM=HS×YGÜM	GM=HS×YGÜM	GM=HS×YGÜM	GM=HS×YGÜM	GM=HS×YGÜM
Katı Gübre Miktarı (GM _{katı}) (t y ⁻¹)	-	GM _{katı} =GM×KMO×EE	GM _{katı} =GM×KMO×EE	-	-
Biyogaz Miktarı (BM) (m ³ y ⁻¹)	BM=GM×HGEB	BM=GM _{katı} ×BDO	BM=GM _{katı} ×BDO	BM=GM×HGEB	BM=GM×HGEB
Biyogazın Enerji Değeri (BED)	4.7 kWh	BED=BM×BED (MJ kg ⁻¹) (BED= 22.7 MJ m ⁻³)	6 kWh m ⁻³	2.58 kWh	4.7 kWh
Yıllık Toplam Elektrik Üretim Miktarı (EÜ) (kWh)	EÜ=BM×BED	EÜ=BED×1000÷3600× EÜV _{net} (EÜV _{net} =0.4)	EÜ=BM × BED ×EÜV _{net} (EÜV _{net} =0.3)	EÜ=BM×BED	EÜ=BM×BED

HS: Hayvan Sayısı; **YGÜM:** hayvan başına yıllık gübre üretim miktarı (ton yıl⁻¹);

KMO: Katı madde oranı (%); **EE:** Elde edilebilirlik oranı (%);

BDO: Katı gübre biyogaz dönüşüm oranı; **HGEB:** hayvan gübresinden elde edilen biyogaz (m³);

BID: Biyogazın birim ısı değerini; **EÜV_{net}:** Net Elektrik Üretim Verimi (%)

Literatürde kullanılan modeller incelendiğinde;

Her bir modelde; gübre miktarları (GM), hayvan sayısı (HS) ile hayvan başına yıllık gübre üretim miktarları (YGÜM) çarpılarak bulunmuştur. Modellerde hayvan başına yıllık gübre üretim miktarı (YGÜM) farklı alınmıştır (Çizelge 3). Biyogaz miktarı üretiminde Model I, Model IV, Model V doğrudan gübre miktarını kullanırken, Model II ve Model III katı gübre miktarını (GM_{katı}) kullanmışlardır. Model II ve Model III katı gübre miktarını (GM_{katı}) hesaplarken, gübre miktarını (GM), katı madde oranını (KMO) ve elde edilebilirlik (EE) oranlarını çarparak elde etmiştir. Bu iki modelde gübre miktarı (GM) ve katı madde oranları (KMO) farklılık gösterirken elde edilebilirlik oranları (EE) aynı alınmıştır (Çizelge 3). Model V gübrenin yaklaşık 3⁻¹’ünün meralarda kaybolduğunu kabul ederken, Model I ve Model IV hesaplamalarında gübre kaybının olmadığını, Model II ve Model III ise gübre elde edilebilirlik oranlarını (EE) kullandığı görülmüştür. Modellerde; biyogazın enerji değerini (BED) Model II, biyogaz miktarı (BM) ile biyogazın ısı değerini (BID) çarpılarak bulmaktadır, diğer modellerde farklı sabit değerler alınmaktadır. Alınan sabitler (BED, EÜV_{net}) Çizelge 2’de verilmiştir.

Literatürde teorik biyogaz üretimi ile ilgili hesaplamalar yapılırken bazı kayıplar olduğu kabul edilmektedir. Bu kayıplardan bazıları aşağıda verilmiştir;

- Hayvan atığı toplamada, bazı hesaplamalarda gübre kaybının olmadığı kabul edilirken, bazı hesaplamalarda gübrenin yaklaşık 3⁻¹’ünün meralarda kaybolduğu kabul edilmiştir (Baran ve ark, 2017).

- Biyogaz tesislerinde üretilen enerjinin değerlendirilebilirliği, taşıma uzaklığına göre değişmektedir. Enerji gübreden üretiliyorsa 200 km, kesimhane atıklarından üretiliyorsa 700 km ve üzeri mesafelerde üretilen enerjide kayıp olduğu kabul edilmiştir (Özbaşer ve Erdem, 2013).
- Yaş hayvan gübrelerinin kurutulmasıyla, yaklaşık % 30 kütle kaybı olduğu kabul edilmektedir (URL-3).
- Hayvan atıkları içindeki inorganik malzemelerin (taş, metal, plastik vb.) ayrıştırılmasıyla kayıp yaşanmaktadır (URL-1).
- Biyogazdan elektrik enerjisi üretimi kojenerasyon sistemi ile yanma enerjisinin mekanik enerjiye dönüşümü yoluyla yapılmaktadır. Ancak kojenerasyon santrallerinin elektriksel verimi %35-40 aralığında değişmektedir (Kocabey, 2019).

Bu çalışmada farklı kayıpları gözönüne alan modeller kullanılmıştır. (Model V; Gübrenin yaklaşık 3⁻¹'ünün meralarda kaybolduğunu, Model II; Biyogaz, elektrik enerjisine dönüştürülerek değerlendirildiğinde; % 40 elektrik % 50 ısı verimi ve %10 kayıp enerjiyle çalışan bir kojenerasyon sistemiyle çalışıldığı, Model III'de ise kojenerasyon santralının elektrik veriminin %30 olduğu kabul edilmiştir. Model I, Model IV ve Model V hesaplamalarda doğrudan gübre miktarını kullanırken, Model II ve III katı gübre miktarını kullanmaktadır.)

Çizelge 3. Modellerde kullanılan Parametreler

Parametreler	Model I		Model II		Model III		Model IV		Model V	
Yıllık Gübre Üretim Miktarı (YGÜM) (t y ⁻¹)	Büyükbaş	3.6	Büyükbaş	9.855	Büyükbaş	8.213	Büyükbaş	3.6	Büyükbaş	3.6
	Küçükbaş	0.7	Küçükbaş	0.913	Küçükbaş	0.584	Küçükbaş	0.7	Küçükbaş	0.7
	Kanatlı Kümes	0.22	Kanatlı Kümes	0.037	Kanatlı Kümes	0.017	Kanatlı Kümes	0.22	Kanatlı Kümes	0.22
Katı madde oranı (KMO) (%)	-		Büyükbaş	15	Büyükbaş	25	-			
	-		Küçükbaş	30	Küçükbaş	25	-			
	-		Kanatlı Kümes	35	Kanatlı Kümes	29	-			
Elde edilebilirlik oranı EE (%)	-		Büyükbaş	50	Büyükbaş	50	-			
	-		Küçükbaş	13	Küçükbaş	13	-			
	-		Kanatlı Kümes	99	Kanatlı Kümes	99	-			
Katı gübre biyogaz dönüşüm oranı (BDO) (m ³ t ⁻¹)	-		Büyükbaş	200	Büyükbaş	600	-			
	-		Küçükbaş	200	Küçükbaş	400	-			
	-		Kanatlı Kümes	200	Kanatlı Kümes	800	-			
Hayvan gübresinden elde edilen biyogaz (HGEB)(m ³)	Büyükbaş	33	-		-		Büyükbaş	33	Büyükbaş	33
	Küçükbaş	58	-		-		Küçükbaş	58	Küçükbaş	58
	Kanatlı Kümes	78	-		-		Kanatlı Kümes	78	Kanatlı Kümes	78

Bulgular ve Tartışma

Kahramanmaraş İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden alınan verilere göre büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan sayılarından elde edilen teorik gübre miktarları, biyogaz potansiyelleri, üretilen enerji ve

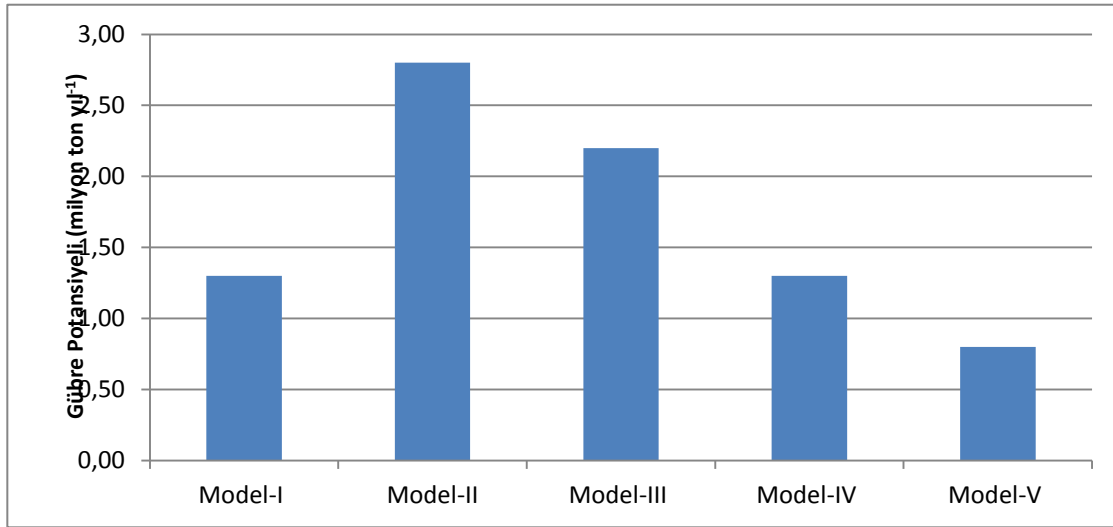
üretilen enerjinin tüketilen enerjiyi karşılama oranları hesaplanmış ve Çizelge 4, Çizelge 5, Çizelge 6 ve Çizelge 8'de verilmiştir.

Kahramanmaraş ilinin ilçelere göre beş farklı model ile hesaplanan yıllık teorik gübre potansiyeli Çizelge 4'de verilmiştir. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan varlıklarından faydalanılarak yapılan farklı hesaplamalar sonucunda teorik gübre potansiyelinin tüm modellerde en fazla Onikişubat ilçesinde, en az Nurhak ilçesinde olduğu görülmüştür. Model I ve Model IV'ün hesaplamalarında teorik gübre potansiyelleri eşit çıkmıştır (1 296 291.046 ton yıl⁻¹). Model II ve Model III 'ün hesaplamalarında teorik gübre potansiyel değerinin neredeyse birbirine eşit çıktığı görülmüştür. Model II 'de, hayvan başına yıllık gübre üretim miktarı, diğer modellere oranla yüksek olduğundan en fazla gübre potansiyeline (2 783 278.045 ton yıl⁻¹) sahip olduğu görülmüştür. Model V'de ise gübrelerin yaklaşık 3⁻¹'nin meralarda kaybolduğu kabulü yapıldığından en az teorik gübre potansiyel değerine (864 194.03 ton yıl⁻¹) sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. Literatürde verilen farklı modellere göre hesaplanan teorik gübrenin ilçelere göre dağılımı

İLÇELER	Model I (ton yıl ⁻¹)	Model II (ton yıl ⁻¹)	Model III (ton yıl ⁻¹)	Model IV (ton yıl ⁻¹)	Model V (ton yıl ⁻¹)
AFŞİN	163 489.044	385 148.073	309 502.70	163 489.044	108 992.7
ANDIRIN	113 667 .05	259 360.7875	206 776.11	113 667 .05	75 778.03
ÇAĞLAYANCERİT	30 827.816	51 086.422	36 643.54	30 827.816	20 551.9
DULKADİROĞLU	113 407.386	284 811.7995	232 610.06	113 407.386	75 604.86
EKİNÖZÜ	36 406.524	87 524.833	70 729.01	36 406.524	24 270.98
ELBİSTAN	189 198.192	446 093.364	358 425.67	189 198.192	126 252.07
GÖKSUN	112 957.926	245 741.1045	193 109.997	112 957.926	75 305.25
NURHAK	24 181.37	42 936.2275	31 619.98	24 181.37	16 120.88
ONİKİSUBAT	232 896.566	472 144.0345	363 729.54	232 896.566	155 264.38
PAZARCIK	169 740.122	283 406.1115	204 073.25	169 740.122	113 160.08
TÜRKOĞLU	109 338.852	225 024.909	173 876.69	109 338.852	72 892.568
TOPLAM	1 296 291.046	2 783 278.045	2 181 096.66	1 296 291.046	864 194.03

Hayvan varlıklarından üretilen yıllık toplam gübre potansiyelinin modellere göre değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. İl genelinde teorik gübre potansiyeli yılda yaklaşık 864 bin ton ile yaklaşık 2.8 milyon ton arasında değiştiği belirlenmiştir.



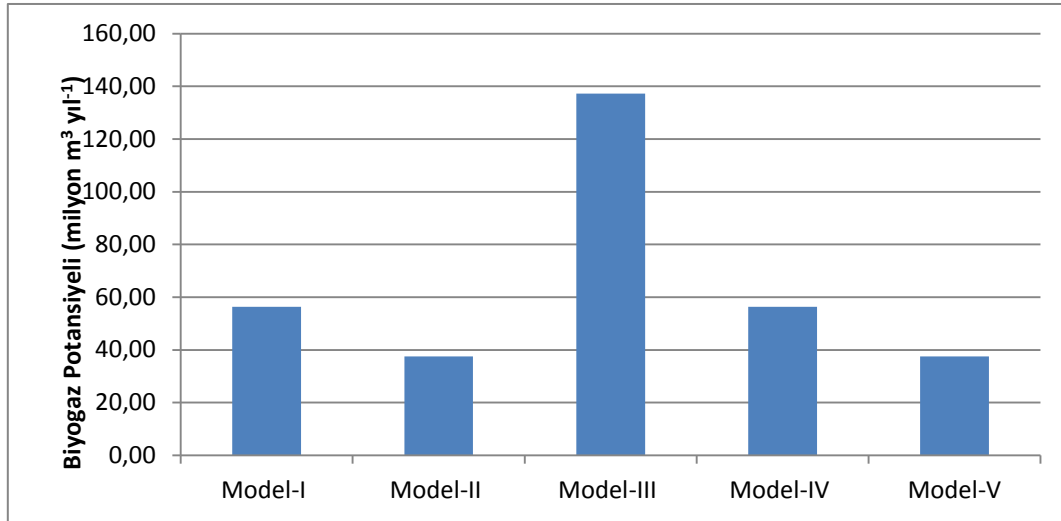
Şekil 1. Kahramanmaraş ili için literatürdeki farklı modellere göre toplam teorik gübre potansiyeli

Kahramanmaraş ilinin ilçeleri için beş farklı model ile hesaplanan yıllık teorik biyogaz potansiyel dağılımı Çizelge 5’de verilmiştir. Gübre potansiyeline bağlı olarak yapılan hesaplamalarda kullanılan beş farklı model sonucunda teorik biyogaz potansiyel değeri farklılıklar göstermiştir. Model I ve Model IV aynı denklem ve parametreleri kullandığından teorik biyogaz potansiyelleri eşit çıkmıştır ($56\,343\,117.59\text{ m}^3\text{ yıl}^{-1}$). Model II ve Model V ’nın teorik biyogaz potansiyel değerlerinin neredeyse birbirine eşit çıktığı görülmüştür. Model III ’de ise denklemlerde kullanılan katı gübre dönüşüm oranları (Çizelge 3) yüksek olduğundan en fazla değere ulaşılmıştır ($137\,286\,120.7\text{ m}^3\text{ yıl}^{-1}$). Model V ’de; 3^{-1} oranında gübre kaybı kabulü olduğu için en az ($37\,562\,078.34\text{ m}^3\text{ yıl}^{-1}$) teorik biyogaz potansiyel değerinin ortaya çıktığı görülmüştür. Model I, Model II ve Model V’e göre üretilen teorik biyogaz potansiyelinin en fazla Onikişubat ilçesinde, Model II ve Model III ’e göre ise teorik biyogaz potansiyelinin en fazla Elbistan ilçesinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Literatürde verilen farklı modellere göre hesaplanan teorik biyogazın ilçelere göre dağılımı

İLÇELER	Model-I ($\text{m}^3\text{ yıl}^{-1}$)	Model-II ($\text{m}^3\text{ yıl}^{-1}$)	Model-III ($\text{m}^3\text{ yıl}^{-1}$)	Model-IV ($\text{m}^3\text{ yıl}^{-1}$)	Model-V ($\text{m}^3\text{ yıl}^{-1}$)
AFŞİN	6 511 645.432	5 474 561.584	21 129 779.88	6 511 645.432	4 341 096.955
ANDIRIN	4 669 029.9	3 606 426.574	13 727 084.28	4 669 029.9	3 112 686.6
ÇAĞLAYANCERİT	1 602 369.648	564 604.6446	1 572 781.334	1 602 369.648	1 068 246.432
DULKADİROĞLU	4 202 776.108	4 153 636.705	16 599 148.78	4 202 776.108	2 801 850.672
EKİNÖZÜ	1 417 440.872	1 249 757.467	4 892 819.93	1 417 440.872	944 960.59
ELBİSTAN	7 546 098.976	6 349 916.125	24 482 487.64	7 546 098.976	5 030 732.58
GÖKSUN	4 864 718.228	3 383 092.542	12 372 074.18	4 864 718.228	3 243 145.452
NURHAK	1 207 746.86	507 471.0158	1 557 349.75	1 207 746.86	805 164.54
ONİKİSUBAT	10 607 696.15	6 141 287.166	21 538 278.53	10 607 696.15	7 071 797.432
PAZARCIK	8 775 729.516	3 117 150.527	8 850 428.5	8 775 729.516	5 850 486.344
TÜRKOĞLU	4 937 850.456	3 016 844.859	10 563 892.95	4 937 850.456	3 291 900.304
TOPLAM	56 343 117.59	37 564 771.97	137 286 120.7	56 343 117.59	37 562 078.34

Gübre potansiyeline bağlı olarak hesaplanan toplam biyogaz potansiyelinin modellere göre değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir. İl genelinde yıllık teorik biyogaz potansiyeli yaklaşık 37.5 milyon m³ ile yaklaşık 137 milyon m³ arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 2. Kahramanmaraş ili için literatürdeki farklı modellere göre toplam teorik biyogaz potansiyeli

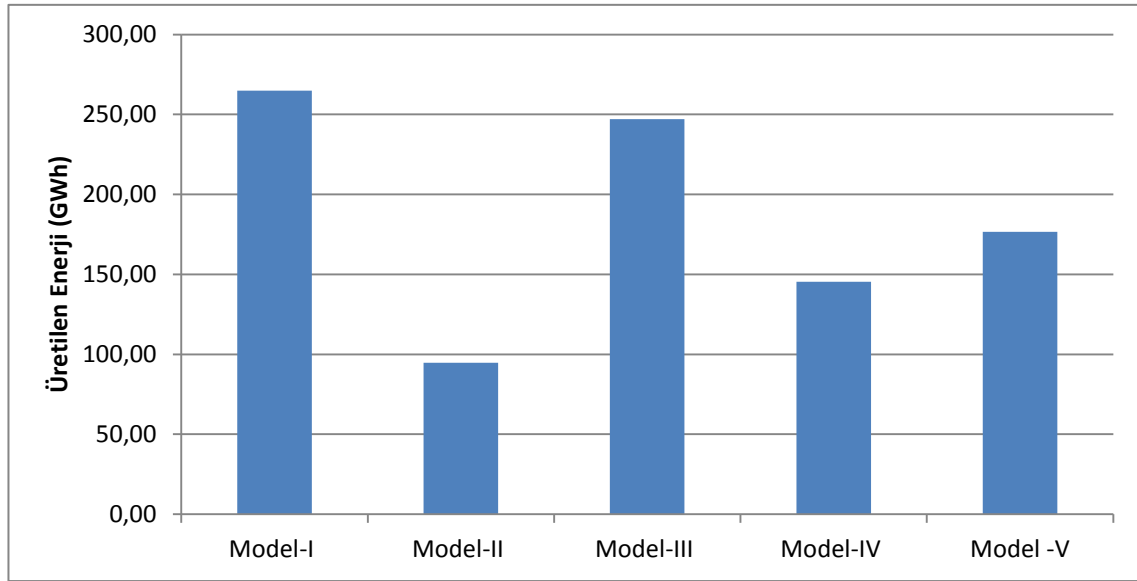
Kahramanmaraş ilinin ilçeleri için farklı modeller kullanılarak hesaplanan teorik üretilen enerji potansiyeli Çizelge 6’da verilmiştir. Biyogaz potansiyeline bağlı olarak yapılan hesaplamalarda, Model I, Model IV ve Model V’e göre üretilen enerjinin Onikişubat ilçesinde en fazla olduğu görülmektedir. Model II ve Model III’e göre ise üretilen enerjinin Elbistan ilçesinde en fazla olduğu görülmektedir. Model I ve Model IV’te biyogaz potansiyel miktarları eşit olmasına rağmen üretilen enerjinin farklı çıkmasının sebebi, biyogazın enerji eşdeğerinin farklı alınmasıdır (Model I için bu değer 4.7 kWh, Model IV için bu değer 2.58 alınmıştır). Kahramanmaraş ilinin biyogaz potansiyeline bağlı olarak hesaplanan teorik enerji üretim potansiyeli, farklı modellere göre hesaplanmış ve en fazla enerji üretiminin 264.8 GWh ile Model I’de, en az ise 94.8 GWh ile Model II’de olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Literatürde verilen farklı modeller kullanılarak yapılan hesaplamalarda üretilen enerji potansiyeli

İLÇELER	Model-I (GWh)	Model-II (GWh)	Model-III (GWh)	Model-IV (GWh)	Model-V (GWh)
AFŞİN	30.6	13.8	38.03	16.8	20.4
ANDIRIN	22.0	9.1	24.71	12.1	14.6
ÇAĞLAYANCERİT	7.5	1.4	2.83	4.1	5.0
DULKADİROĞLU	19.8	10.5	29.88	10.8	13.1
EKİNÖZÜ	6.6	3.1	8.81	3.7	4.5
ELBİSTAN	35.5	16.1	44.07	19.5	23.7
GÖKSUN	22.9	8.5	22.27	12.6	15.2
NURHAK	5.6	1.3	2.80	3.1	3.8
ONİKİSUBAT	49.9	15.5	38.77	27.3	33.2
PAZARCIK	41.2	7.9	15.93	22.6	27.5
TÜRKOĞLU	23.2	7.6	19.02	12.7	15.5
TOPLAM	264.8	94.8	247.12	145.3	176.5

Dört kişilik bir ailenin asgari yaşam standardına göre aylık elektrik tüketimi 230.4 kWh'tır (Seyhan ve Badem, 2018) . Bu değer yıllık yaklaşık 2 765 kWh'a tekabül etmektedir. Yapılan beş farklı model ile elde edilen veriler doğrultusunda Kahramanmaraş'ın yıllık biyogazdan elektrik üretim potansiyeli 94.8 GW ile 264.8 GW arasındadır. Bu durumda Kahramanmaraş ilinin biyogaz potansiyeli değerlendirildiği takdirde üretilen enerji ile yaklaşık 34 286 ile 95 769 arası konutun elektrik ihtiyacının karşılanması mümkün olabilecektir.

Toplam üretilen biyogaz miktarına bağlı olan enerji üretim miktarının modellere göre değişimi Şekil 3'de gösterilmiştir. İl genelinde yıllık üretilen enerji potansiyeli 94.8 GWh ile 264.8 GWh arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 3. Kahramanmaraş ili için literatürdeki farklı modellere göre toplam teorik üretilen enerji

Beş farklı model ile hesaplanan elektrik enerjisi ile Kahramanmaraş'ta bulunan Afşin – Elbistan B Termik Santrali elektrik üretim miktarları Çizelge 7'de karşılaştırılmıştır. Afşin – Elbistan Termik Santrali B ünitesi 2016 verileri göz önüne alındığında burada üretilen enerjinin neredeyse yarıdan fazlasının Model I ve Model III'e göre elde edildiği görülmüştür. Model IV ve Model V'e göre ise Afşin – Elbistan B Termik Santrali elektrik üretiminin yaklaşık üçte birinden fazlasının, Model II'de ise neredeyse dörtte birinin üretileceği görülmüştür.

Çizelge 7. Literatürde verilen farklı modeller kullanılarak hesaplanan enerji potansiyelleri ile Afşin-Elbistan Termik santrali B ünitesinin 2016 yılı üretilen enerji potansiyelinin karşılaştırılması

	Model-I (GWh)	Model-II (GWh)	Model-III (GWh)	Model-IV (GWh)	Model-V (GWh)	Afşin-Elbistan-B (GWh) (URL-4)
Üretilen Enerji	264.8	94.8	247.12	145.3	176.5	428.1

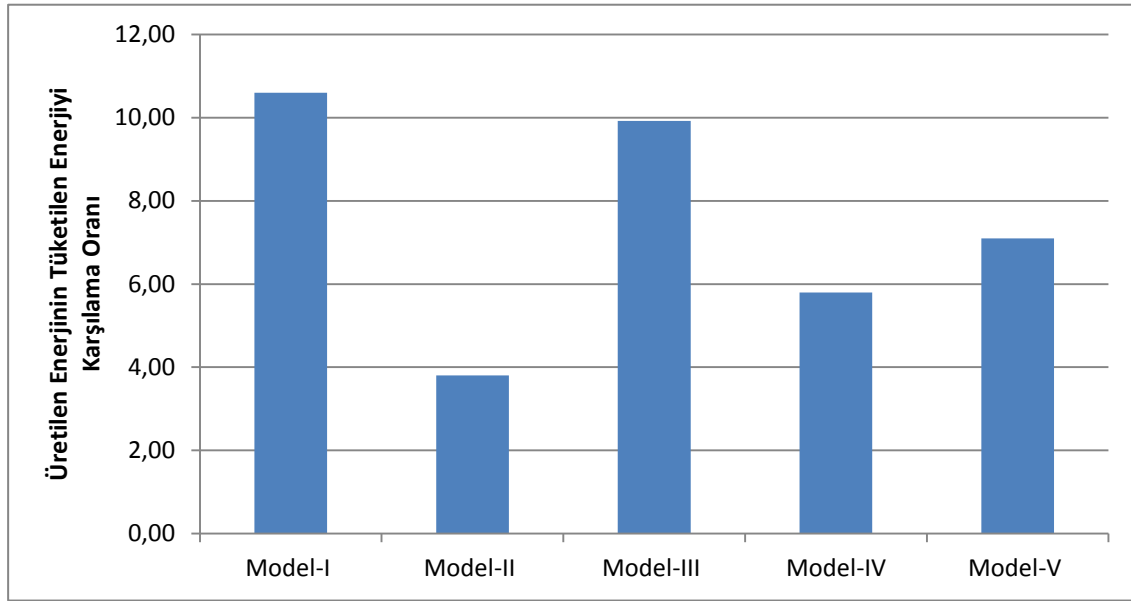
Kahramanmaraş Elektrik Dağıtım A.Ş. (Akedaş) 17 Nisan 2019 tarihinde ziyaret edilmiş ve çalışma kapsamında kullanılacak verilere ulaşılmıştır. Elde edilen verilere göre Kahramanmaraş ili 2018 yılı enerji tüketiminin ilçelere göre dağılımı ve Kahramanmaraş ili ilçeleri için farklı modeller sonucu üretilen enerjinin tüketilen enerjiyi karşılama oranları Çizelge 8’de gösterilmiştir. Model I’e göre Andırın, Çağlayancerit, Ekinözü, Göksun ve Nurhak ilçelerinde tüketilen enerjinin yarıdan fazlası; Afşin ve Pazarcık ilçelerinde dörtte birinden fazlası biyogaz ile karşılanabilmektedir. Model II’ye göre Andırın ve Ekinözü ilçelerinde tüketilen enerjinin dörtte birinden fazlası biyogaz ile karşılanabilmektedir. Model III’e göre Ekinözü ilçesinde tüketilen enerjinin tamamının, Andırın ilçesinin de tüketilen enerjinin ise neredeyse tamamının, Afşin ve Göksun ilçelerinde ise tüketilen enerjinin yarısının, Nurhak ilçesinde ise dörtte birinden fazlasının, Elbistan ilçesinin ise dörtte birinin biyogaz ile karşılanabileceği belirlenmiştir. Model IV’e göre Andırın, Ekinözü ve Nurhak ilçelerin de tüketilen enerjinin neredeyse yarısı, Çağlayancerit ve Göksun ilçelerinde ise tüketilen enerjinin dörtte birinden fazlası biyogaz ile karşılanabilmektedir. Model V’e göre ise Andırın, Ekinözü ve Nurhak ilçelerinde tüketilen enerjinin yarıdan fazlası, Afşin, Çağlayancerit ve Göksun ilçelerinin ise tüketilen enerjinin dörtte birinden fazlası biyogaz ile karşılanabilmektedir.

Çizelge 8. Kahramanmaraş İli ilçelerine göre yıllık tüketilen enerji miktarları ve üretilen enerjinin tüketilen enerjiyi karşılama oranı

İLÇELER	Tüketilen	Model-I	Model-II	Model-III	Model-IV	Model-V
	Enerji (GWh)					
	(Akedaş, 2018*)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
AFŞİN	76.17	40.1	18.11	49.93	22	26.8
ANDIRIN	26.4	83	34.46	93.60	45.5	55.3
ÇAĞLAYANCERİT	13.17	57	10.63	21.49	31.1	38
DULKADİROĞLU	1 031.66	1.9	1.01	2.90	1.04	1.27
EKİNÖZÜ	8.34	79.1	37.17	105.63	44.36	54
ELBİSTAN	178.83	19.8	9.00	24.64	10.9	13.25
GÖKSUN	41.76	54.8	20.35	53.33	29.9	37
NURHAK	6.95	82	18.70	40.29	44.6	54.7
ONİKİSUBAT	615.6	8.1	2.51	6.30	4.5	5.4
PAZARCIK	154.39	26.7	5.11	10.32	14.7	17.8
TÜRKOĞLU	337.89	6.9	2.24	5.63	3.8	4.6
TOPLAM	2 491.10	10.6	3.80	9.92	5.8	7.1

(*Akedaş= Kahramanmaraş Elektrik Dağıtım A.Ş.)

Farklı modeller sonucu üretilen enerjinin tüketilen enerjiyi karşılama oranları Şekil 4’ de gösterilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda biyogaz ile Kahramanmaraş ilinin yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %4 ile yaklaşık % 11 ’inin biyogaz ile karşılanabileceği belirlenmiştir.



Şekil 4. Literatürde verilen farklı modeller kullanılarak yapılan hesaplamalarda yıllık olarak üretilen enerjinin tüketilen enerjiyi karşılama oranı

Sonuç

Bu çalışmada Kahramanmaraş ilindeki hayvan (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı) atıkları kullanılarak, yıllık teorik biyogaz potansiyeli ve elektrik enerjisi literatürde beş farklı model kullanılarak incelenmiştir. Kahramanmaraş ili için yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Teorik biyogaz potansiyelinin yılda, en az yaklaşık 37.5 milyon m³, en fazla ise yaklaşık 137 milyon m³ olduğu belirlenmiştir.
- Biyogaz potansiyel miktarından elde edilebilecek yıllık toplam elektrik enerjisi en az 94.8 GWh en fazla 264.8 GWh olarak hesaplanmıştır.
- Kahramanmaraş ilinin yıllık elektrik tüketimi (GWh) ile biyogazdan üretilebilen teorik enerji karşılaştırılmıştır. Üretilen enerji ile Kahramanmaraş'ın yıllık enerji ihtiyacının %3.8 ile % 10.6 arasında karşılanabildiği belirlenmiştir.
- Biyogazdan üretilen enerji ile, dört kişiden oluşan bir ailenin yaşadığı 34 286 ile 95 769 arasında değişen konutun yıllık elektrik ihtiyacının karşılanabildiği tespit edilmiştir.

Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abdeshahian, P., Lim, J.S., Ho, W.S., Hashim, H., Lee, C.T. (2016) Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60(2016):714–723.
- Akbulut, A. ve Dikici, A. (2004) Elazığ ilinin biyogaz maliyet potansiyeli ve maliyet analizi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 2(2): 36-41.
- Aşçı, M.F., (2018), Hatay İli Biyogaz Enerji Potansiyelinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Avan, H., (2014), Tokat İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Avcioğlu, A.O. ve Türker, U. (2012) Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3) :1557-1561.
- Baran, M.F., Lüle, F., Gökdoğan, O. (2017) Adıyaman ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3): 245–249.
- Çağlayan G.H. ve Koçer N.N. 2014. Muş İlinde Hayvan Potansiyelinin Değerlendirilerek Biyogaz Üretimini Araştırılması. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1) : 2147-7930
- Çevik, A., (2016), Çanakkale İli'ndeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Ersoy, A.E., (2017), Türkiye'nin Hayvansal Gübre Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Durumu ve Biyogaz Enerjisi Potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güç, A., (2010), Büyükbaş Hayvan Atığından Biyogaz Üretimi ve Uşak İli İçin Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hammad, M., Badarneh, D., Tahboub, K.1999.Evaluating variable organic waste to produce methane. *Energy Conversion and Management*, vol. 40: 1463-1475.
- Kandemir, S.Y. ve Açıkkalp, E. (2019) Bilecik İli Hayvansal Atıklarının Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 6 (1):104-108.
- Kocabay, S. (2019). Balıkesir İli İçin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17): 234-243.
- Mandal, T. ve Mandal, N.K, (1997) Comparative study of biogas production from different waste materials. *Energy Conversion and Management*, vol.38: 679-683.
- Öçal, F., (2013), Biyogaz enerjisi üretimi ve Eskişehir İli için uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Özbaşer, F.T. ve Erdem, E.(2013) Biyogaz Üretimi ve Kullanımı *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 53(2) :115-124.
- Özsoy, G. Ve Alibas, I. (2015) GIS mapping of biogas potential from animal wastes in Bursa, Turkey. *Int J Agric & Biol Eng*, 8(1): 74–83.
- Öztuncay, M.K., (2009).Türkiye’de Biyogaz Enerjisinin Kullanılabilirliği ve Ekonomikliği , Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Park, Y. D., Lim, J. H., Park, N. J. (1981) Study On Biogas Generation From Animal Wastes. *Energy Resource and Management*, 21: 61-68.
- Seyhan, A.K. ,Badem, A. (2018) Erzincan İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması. *A K SEYHAN/APJES*, 6(1): 25-35.
- Toprakçioğlu, G., (2016). Siirt ve Batman İllerinin Biyogazdan Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyellerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.
- Ulusoy, Y., Arslan, R., Ulukardeşler, A., Kaplan, C., Kul, B., Arslan, R. (2015) Bursa İli Tarımsal Organik Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın Dizel Motorlarda Yakıt Olarak Kullanımının İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (2): 39-45
- URL-1, Erişim Adresi: <http://www.eko-denge.com/biyogaz-tesisi-nasil-calisir/>, (ErişimTarihi:20.07.2020)
- URL-2, Erişim Adresi: <https://www.muhendisbeyinler.net/biyogaz-tesisleri-ile-isi-elektrik-uretimi>, (Erişim Tarihi:18.07.2020)
- URL-3, Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, 2019, Erişim Adresi: <http://bakkakutuphane.org/upload/dokumandosya/bartin-ili-biyogaz-ve-biyokutle-potansiyelinin-hesaplanmasina-yonelik-on.pdf> (Erişim Tarihi:23 Temmuz 2020)
- URL-4, Erişim Adresi: <https://www.enerjiatlası.com/komur/afsin-elbistan-b-termik-santrali.html> (Erişim Tarihi: 06.01.2020)
- Yeşilkaya, M.Ş., (2013). Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi ve Benzinli Motorlarda Kullanılabilirliğinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Yılmaz, A., (2019) Türkiye’de Biyogaz Üretimi ve Kurulu Santrallerin Ürettiği Elektrik Enerjisi, *Ecological Life Sciences (NWSAELS)*, 14(1):12-28. DOI: 10.12739/NWSA.2019.14.1.5A0112.
- Yokuş, İ., (2011). Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.