



Trakya bölgesinde hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi ve sayısal haritaların oluşturulması

Determination and digital mapping of biogas energy potential of animal manures in Thrace region

Esra TINMAZ KÖSE^{1*}

¹Çevre Mühendisliği Bölümü, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye.
etinmaz@nku.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 13.08.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 18.11.2016
* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2016.33600
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Dünya nüfusundaki artış, mevcut kaynakların sürekli olarak azalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte sınırlı miktardaki doğal kaynakların kullanımının devam edilebilmesi için, kullanımlarının sınırlandırılması ve bunların yerine yeni kaynak arayışlarına gidilmesi gün geçtikçe zorunlu hale gelmiştir. Yeni kaynak arayışı sonucunda, ortaya çıkan organik içerikli atıklardan biyogaz üretimi, alternatif kaynak olarak değerlendirilebilmektedir. Biyogaz üretiminde organik atıkların kullanılıyor olması hem atık bertarafı hem de atıklardan enerji eldesi konularında etkin bir atık yönetim adımı ortaya koymaktadır. Biyogaz üretiminde kullanılan organik atıkların başında hayvan gübreleri gelmektedir. Hayvan gübrelerinden biyogaz üretilirken, atığın fermantasyon süreci içerisinde olgunlaşarak tarlaya erken atılması mümkün olabilmektedir. Böylece biyogaz üretim süreci, organik içerikli atıkların hem enerji üretimi amaçlı kullanımına, hem de atıkların toprak iyileştirici olarak toprağa kazandırılmasına imkân vermektedir. Bu yönleriyle hayvan gübrelerinin biyogaz üretiminde kullanılması tarım alanlarındaki verimliliği olumlu yönde etkilemekte ve etkin bir atık yönetim sürecinin oluşmasını sağlayabilmektedir. Bu çalışma kapsamında, Trakya Bölgesi'nde hayvan gübrelerinden oluşabilecek biyogaz potansiyelinin ortaya konulması ve haritalandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nden temin edilen büyükbaş, küçükbaş, ve kümes hayvanları sayılarına ait veriler baz alınarak hayvan gübrelerinden elde edilebilecek biyogaz (metan) miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca hesaplanan biyogaz miktarlarının enerji değerleri değerlendirilmiştir. TÜİK verilerine göre Trakya Bölgesi'ndeki 2015 yılına ait hayvan sayıları; büyükbaş için 443.057 adet, küçükbaş için 1,033,578 adet ve kümes hayvanları için 1,445,380 adet olarak belirlenmiştir. Bu değerler baz alındığında hayvan gübrelerinden üretililecek biyogazın enerji eşdeğer 2,427.81 TJ/yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyogaz, Biyogaz potansiyeli, Biyometanizasyon, Enerji, Hayvansal atık.

Abstract

The increase in world's population keeps reducing the natural resources. However, the usage of the limited resources must be restricted in order to sustain their usage for longer time and the search for alternative resources is inevitable. At the end of the search for new sources, biogas production from organic wastes can be evaluated as alternative source. Use of organic waste for biogas production provides waste treatment as well as energy generation from wastes which can be considered as an efficient waste management step. The most commonly organic waste used in biogas production is animal wastes. While using animal manure using for biogas production, maturing and using as cropland earlier in the field can be possible, during fermentation process. Thus, biogas production process both leads to energy generation from organic wastes and usage of wastes in soil as fertilizer. As a consequence of these aspects, biogas production from animal wastes enhances the agricultural yields and develops an efficient waste management process. In this study, to evaluate and mapping the potential of biogas from animal wastes in Thrace Region was aimed. For this purpose, the biogas (methane) amounts were calculated by the help of the data for number of small cattle, cattle, and poultry animals provided by Turkish Statistics Agency (TÜİK). Furthermore, the energy equivalents of the calculated biogas amounts were evaluated. According to the data obtained from TÜİK, the number of animals in Thrace Region, in 2015, was 443.057 for cattle animals, 1,033,578 for small cattle animals, and 1,445,380 for poultry animals. Based on these values, energy equivalent of biogas can be produced from animal wastes was calculated as 2,427.81 TJ/year.

Keywords: Animal waste, Biogas, Biogas potential, Biomethanization, Energy

1 Giriş

Dünya nüfusundaki hızlı artışla birlikte mevcut enerji kaynaklarındaki sürekli azalış, sınırlı miktardaki doğal kaynakların kullanılabilirliğinin devamı için bir takım önlemlerin alınmasını, bu kaynakların kullanımının sınırlandırılmasını ve bunların yerine yeni kaynak arayışlarına gidilmesini gün geçtikçe zorunlu hale getirmiştir [1],[2].

Doğal enerji kaynaklarındaki azalma ve yeni kaynak arayışı sonucunda organik içerikli atıklardan biyogaz üretimi alternatif kaynak olarak değerlendirilmektedir. Biyogaz üretiminde organik atıkların kullanılıyor olması hem atık bertarafı hem de

atıklardan enerji eldesi konularında etkin bir atık yönetim adımı oluşturmaktadır [3].

Biyogaz, organik maddelerin fermantasyonu sonucu oluşan, organik maddenin yapısına ve prosese göre değişiklik göstermekle birlikte, renksiz, yanıcı, %60-70 oranında CH₄, %30-40 oranında CO₂ ve düşük miktarda H₂S, N, H, CO, içeren gazdır. Biyogazın yakıt eşdeğeri 0.60-0.65 L petrol/m³ biyogazdır [4],[5].

Biyogaz üretiminin sürdürülebilir bir yapı içinde düşünülmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, hangi materyalin biyogaz üretimine uygun olduğu, biyogazın ne amaçla kullanılabileceği, kullanım potansiyelinin olup olmadığı, fermentasyon ürünün

kullanılabilirliği gibi konuların bilinmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Atıkların enerji potansiyellerinden faydalanmak amacıyla atıktan enerji elde edilebilen teknolojilerin geliştirilip kullanılması ile fosil kaynak kullanımı olmaksızın enerji sağlanabilirken aynı zamanda depolanacak atık miktarının azaltılması, depolama alanlarında bozunma sonucu oluşan sızıntı sularının yüzeysel ve yeraltı sularını kirletmesi, depo gazlarının atmosfere zararlı emisyon vermesi gibi olumsuz çevresel etkilerin minimuma indirilmesi Dünya genelinde kabul gören önemli bir atık yönetimi adımdır. Bu aşamada, atık içindeki organik fraksiyonun değerlendirilmesi için biyometanizasyon teknolojileri önemli bir alternatif olarak sunulmaktadır [6]. Bu nedenle, arıtma çamurları, hayvansal ve tarımsal atıklar gibi organik içerikli atıkların biyometanizasyon ve kompostlaştırma ile geri kazanımı, depolanacak atık miktarının azaltılması, toprak, hava ve su kirliliğinin önlenmesi bakımından büyük önem taşımaktadır.

Çeşitli bitki atıkları, organik içerikli evsel katı atıklar, evsel/kentsel ve endüstriyel arıtma çamurları ve hayvan gübrelere, biyogaz üretiminde kullanılan organik atıkların başında gelmektedir. Biyogaz üretiminde organik atıkların kullanılıyor olması hem atık bertarafı hem de atıklardan enerji eldesi konularında etkin bir atık yönetim adımını oluşturmakta, gübrenin fermantasyon süresi içinde erken olgunlaşarak toprağa kazandırılmasına imkan vermekte ve tarım alanlarında verimliliği artırmaktadır [1].

Geniş bir kullanım alanı olan biyogaz, küresel iklim değişikliğine karşı bir önlem niteliğinde olmakla birlikte, ısı ve elektrik üretimi ve akaryakıt olarak kullanılabilirdiğinden enerji amacıyla dışa bağımlılığı azaltırken aynı zamanda, atık arıtım yöntemi olması, toprak iyileştirici olarak tarımsal üretimde verimliliği arttırması yönlerinden gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Enerji bitkileri üretimiyle bölgesel gelişime ve kırsal kalkınmaya katkı sağlanırken, biyogaz üretimi ile atıkların toplanıp, işlenmesi, elde edilen ürünün toprak iyileştirici olarak pazarlanması, ısı, elektrik, akaryakıt olarak kullanılması, istihdam yaratabilmesi ve böylelikle ekonomiye katkı sağlanması atıkların biyogaz üretiminde kullanılmasının diğer önemli avantajlarıdır [7].

Evsel atıksu ön arıtma tesislerindeki atıklardan kişi başına oluşacak günlük gaz miktarı 0.015-0.022 m³ arasında iken ikincil arıtma tesislerinde ise bu değer yaklaşık olarak 0.028 m³/kişi-gün'dür. Oluşan biyogazın metan içeriği %65 ve ısı değeri ise yaklaşık olarak 22.4 MJ/m³'dür [8]. 1 m³ biyogazın ısı değerinin 4700-5700 kcal/m³ olması durumunda bu ısı miktarı, 0.43 kg bütan gazının, 0.62 litre gazyagının, 1.46 kg odun kömürünün, 12.3 kg tezeğin ve 4.70 kWh elektriğin sağladığı enerjiye denktir [9]. 1 m³ biyogazın enerjisi, 60-100 watt'lık bir ampulü 6 sa. 1 beygir gücü kapasiteli motoru 2 sa. çalıştırmak için gereken enerjiye 0.7 kg ham petrole, ve 1.25 kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir [10].

Nüfus artışı, sanayileşme, refah seviyesinin artması ve teknolojik ilerlemeler nedeniyle gelişmiş ülkelerde ağırlıklı olmak üzere tüm Dünya'da enerji kaynaklarına olan ihtiyaç günden güne artış göstermektedir [11]. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın çalışmasına göre enerji politikalarının ve enerji ihtiyacının karşılanma durumunun günümüzdeki gibi devam etmesi halinde, 2007-2030 yılları arasında enerji ihtiyacında %40'luk artış öngörülmektedir. Buna göre, enerji talebi artışının %1.5 oranında olduğu düşünülürse, 2007 yılındaki enerji ihtiyacı 12 milyar TEP (ton petrol eşdeğeri) düzeyindeyken

2030 yılına gelindiğinde bu ihtiyacın 16.8 TEP düzeyine ulaşmış olacağı tahmin edilmektedir. Belirtilen yıllar arasında, enerji ihtiyacındaki artışın %75'inden daha fazla miktarının mevcut durumda olduğu gibi fosil yakıtlar kullanılarak sağlanacağı öngörülmektedir [12].

Günümüzde, gelişmiş ülkelerde, farklı yenilenebilir enerji kaynakları kullanılabilir. Petrol ve doğalgaz gibi fosil enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalıyor olması, fiyat artışları, temin edilen enerjinin güvenilirliği gibi konular, enerji politikalarının oluşturulması aşamasında, yeni enerji kaynakları arayışına neden olmuş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji yelpazesinde yer almaya başlamasının önünü açmıştır [13]. Dünya genelinde 2020 yılında yenilenebilir kaynaklardan yapılacak üretim 2.3-3.3 MTEP (milyon ton petrol eşdeğeri) sınırlarında bulunacaktır [14].

Ülkemizde enerji ihtiyacının %86'sı fosil kaynaklardan karşılanmakta ve %73'ü ithal edilmektedir [15]. Enerji talebinin karşılanmasında dışa bağımlı olmak ekonomik olarak baskı unsuru olmaktadır. Enerji kanunundaki düzenlemelerle en yüksek teşvikler biyokütle ve güneş enerjisine verilmişken en düşük teşvikler rüzgâr enerjisi ile hidroelektrik enerjisine verilmektedir [16].

Biyogaz ve biyometanizasyon konusunda literatürde pek çok çalışma olmakla birlikte sıklıkla kullanılan materyal hayvansal atıklar ve bitki atıklarıdır. Evsel ve endüstriyel atıksu arıtma çamurlarının biyogaz üretiminde kullanılmasına yönelik laboratuvar ölçekli çalışmaların sayısı nispeten daha azdır.

Atıksu arıtma çamurlarından biyogaz üretim veriminin arttırılması amacıyla uygulanan teknolojiler arasında termokimyasal yöntemler ve bakteri ilaveleri [17], enzim ekleme, ultrasonik arıtma ve hijyenizasyon [18], farklı atıklar ve çamurlarla karıştırma [19],[20] mezofilik [21],[22] ve termofilik [22] şartlar altında işletim gibi uygulamalar literatürde yer almıştır.

Çin'de domuz gübresinin sebze atıklarının bir arada kullanıldığı bir biyometanizasyon tesisi verilerine göre, atmosfere salınan H₂S, SO₂, NO₂, NH₃, CO, ve C₂H₄ gibi hava kirletici emisyonlarda azalma olduğu belirlenmiş ve ayrıca gübre ve sebze atıklarının birlikte kullanılması ise biyogaz veriminde %32.4'lük bir artış olduğu belirlenmiştir [20]. Hindistan'da zirai atık, hayvan gübresi ve endüstriyel atıkların biyogaz potansiyeli 40.734 mm³/yıl ve biyogazın enerji değeri 25.700 MW olarak bulunmuştur [23]. Japonya'da hayvan gübresinin biyogaz üretim miktarı 60 m³ lük bir termofilik reaktörde incelenmiş ve üretilen biyogazın 15 kW gücündeki jeneratörde elektrik üretimi için kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır [24]. Ontario'da sığır çiftliklerinde kurulan 120 MW'lık elektrik üretim kapasiteli tesislerde, hammadde miktarındaki değişimlerin biyogaz veriminin %10-80 arasında etkilendiği kaydedilmiştir [25]. Finlandiya, İsviçre ve Danimarka'da sığır gübresinden elde edilebilecek minimum ve maksimum biyogaz miktarları sırasıyla 197.6x10³-438x10³; 214.1x10³-462x10³ ve 242.2 x10³-509x10³ m³/yıl olarak hesaplanmıştır [26]. İran'ın mezbahe atıklarından biyogaz üretim potansiyeli 2011 yılı için 54 milyon m³'tür [27]. Malezya'da ise hayvansal atıklardan üretilen elektrik enerjisi miktarı, 2012 yılında 8.27x10⁹ kWh/yıl'dır [28].

Ülkemizdeki biyogaz çalışmaları her ne kadar 1980'lerden önce başlamış olsa da 2000'li yıllarda öneminin daha net anlaşılmasıyla birlikte konu ile ilgili çalışmalara hız verilmiştir. 2004 yılında öncelikle tavuk çiftliklerinde, ardından küçükbaş ve büyükbaş çiftliklerinde hayvansal atıklardan biyogaz

üretimi hız kazanmaya başlamış, 2005 yılından sonra pek çok biyometanizasyon tesisi kurulmuştur [9].

Literatürdeki çeşitli çalışmalar, Ülkemizde hayvansal atıklardan üretilen biyogaz enerji değerinin 3 ile 3.5 milyar m³/yıl arasında olduğunu göstermektedir [9]. Kentsel katı atıkların biyogaz potansiyelinin 4.850 milyon kWh/yıl olduğu ve işlenen tarım alanların %1'inin enerji bitkisi yetiştirilmesi için kullanılması halinde biyogaz potansiyelinin 25.95 milyar kWh/yıl olacağı ve hayvan gübresinin biyogaz potansiyelinin ise 14.26 milyar kWh/yıl olduğu belirlenmiştir [29]. Ülkemizin 2009 yılına ait TÜİK tarafından belirlenmiş tavuk sayılarından yararlanılarak biyogaz potansiyelinin 390 milyon m³ olduğu hesaplanmıştır [30]. İğdir il için hayvansal atık kaynaklı yıllık biyogaz enerjisi potansiyelinin 21.441 milyon m³ olduğu belirlenmiştir [31]. Elazığ'da hayvan potansiyelinin biyogaz üretiminde kullanılması durumunda günde elde edilebilecek elektrik enerjisi gelirinin yaklaşık 74 milyar TL olduğu ortaya konulmuştur [32]. Muş ili ilçeleri genelinde yapılan çalışma sonuçlarına göre günlük toplam gaz verimleri Merkez'de 228.529 m³/gün, Varto'da 183.118 m³/gün, Bulanık'ta ise 129.046 m³ /gün olarak hesaplanmıştır [33]. Çanakkale'nin biyogaz potansiyelinin belirlenmesi için yapılan çalışmada büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarından ve bu hayvanların gübre miktarları hesaplanarak yıllık toplam 96,934,753 m³ miktarında biyogaz elde edilebileceği hesaplanmıştır [34].

Bu çalışma kapsamında, Trakya Bölgesi'ndeki Kırklareli, Tekirdağ ve Edirne illerinin ilçeleri bazında hayvan sayılarına ve hayvansal atık miktarlarına bağlı olarak oluşabilecek biyogaz potansiyeli hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar sayısal haritalara işlenmiştir.

Trakya Bölgesi'nde nüfusun hızla artması ve sanayileşmenin yüksek ivme kazanmış olması beraberinde pek çok çevre sorunu getirmekle birlikte aynı zamanda Bölge'nin enerjiye olan ihtiyacının da artmasına neden olmuştur. Bu ihtiyacı karşılamak adına, yenilenebilir enerji kaynağı olarak, Bölge sınırları içindeki hayvan gübrelerinden üretilen biyogazın kullanılması, geleneksel elektrik enerjisi üretim sistemlerine olan ihtiyacın azalması, doğal kaynakların ve çevrenin korunması açısından olumlu kazanımlar sağlayabilecektir. Bu nedenle, bu çalışma, Bölge'deki hayvan gübrelerinin bertarafının sağlanması ve enerji ihtiyacının karşılanabilmesi adına alternatif bir enerji kaynağının potansiyelini ortaya koymaktadır.

2 Materyal ve yöntem

Bu çalışma kapsamında, Ülkemizin kuzey batısında yer alan Trakya Bölgesi genelindeki hayvansal atıkların metan cinsinden biyogaz potansiyeli ve metanın enerji değeri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen Trakya Bölgesinde, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri ve bunlara bağlı olan toplam 28 ilçe yer almaktadır.

Araştırmada, materyal olarak, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) [35] Trakya Bölgesi'nde yer alan illere ve ilçelere ait 2015 yılı hayvan sayıları verileri kullanılmıştır. TÜİK tarafından büyükbaş hayvan olarak nitelendirilen hayvanlar yerli, kültür ve melez sığır ve manda olmak üzere dört cins, küçükbaş hayvan olarak nitelendirilenler merinos ve yerli koyun ile kıl ve tiftik keçi olarak dört cins ve kümes hayvanları ise yumurta ve et tavuğu, ördek, hindi ve kaz olarak beş cinstir.

Bu verilere dayanılarak 2015 yılı için Bölge'deki illerin toplam hayvan sayıları ile Trakya Bölgesi'ndeki ve Türkiye'deki toplam hayvan varlığı (TÜİK) [35] içindeki oransal değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Trakya Bölgesi'ndeki toplam 395.591 adet büyükbaş hayvan, Türkiye'deki toplam büyükbaş hayvan varlığının %0.108'ini, 1,033,578 adet küçükbaş hayvan, toplam küçükbaş hayvan varlığının %2.81'ini ve 1,445,380 adet kümes hayvanı, toplam kümes hayvanı varlığının %3.93'ünü oluşturmaktadır. Bölge içindeki büyükbaş hayvan dağılımının en yüksek değeri %39 ile Edirne'ye ait iken küçükbaş hayvan dağılımının en yüksek olduğu il Kırklareli'dir. Tekirdağ, %58 oran ile kümes hayvanı sayısının en fazla olduğu ildir.

Biyogaz potansiyelinin hesaplanmasında ahırda kalma süresi dikkate alınarak belirlenen kullanılabilirlik (erişebilirlik) değerleri, birim hayvan için gübre üretimi, gübrenin kuru madde ve uçucu kuru madde oranları ve gübrenin metan üretim oranına ait değerler çeşitli çalışmalardan elde edilen literatür [30]-[39] verilerine göre belirlenmiştir.

Oluşacak gübre miktarının hesaplanması için hayvan türlerine göre birim hayvan gübre üretim miktarları (kg/hayvan-gün) kabulü yapılmıştır. Yaş gübreden oluşan metan miktarının hesabı amacıyla gübrenin kuru (katı) madde ve uçucu kuru madde oranlarına ait kabuller yapılmıştır. Birim gübre üretimi, kuru madde ve uçucu kuru madde oranları büyükbaş (yetişkin ve genç hayvan için ayrı ayrı), küçükbaş ve kümes hayvanları için ayrı ayrı belirlenmiştir. Kullanılabilirlik (erişebilirlik) hayvanların barınaklarda kalma süreleri dikkate alındığında, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları için sırasıyla %50, %13 ve %99 olarak kabul edilmiştir [36]-[40]. Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda kabul edilen değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Biyogazın %60 metan içeriğine sahip olması durumunda enerji değerinin 22.7 MJ/m³ ve buna bağlı olarak 1 m³ metan gazının enerji değerinin 36 MJ olacağı kabulü ile hayvan gübresinden elde edilecek biyogazın enerji değeri hesaplanmıştır [38],[41]-[43].

Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarından elde edilebilecek metanın enerji değeri ile Trakya Bölgesi'nin toplam enerji değerini gösteren sayısal veriler, Jenks optimizasyon metodu (Jenks doğal ayrımılık programı) ile sınıflandırılarak ve sınıf değerlerine göre renklendirilerek, Arcgis programında Trakya Bölgesi ilçeleri bazında oluşturulan dört harita üzerinde yorumlanmıştır.

Tablo 1: Trakya Bölgesi'ndeki hayvan sayılarının illere göre dağılımı ve Türkiye'deki hayvan sayısına oranı.

İller	Büyükbaş	% Oran- Trakya	% Oran- Türkiye	Küçükbaş	% Oran- Trakya	% Oran- Türkiye	Kanatlı	% Oran- Trakya	% Oran- Türkiye
Edirne	155.467	39	11.11	346.634	34	8.31	298.585	21	0.96
Kırklareli	101.071	26	7.22	398.916	39	9.56	302.484	21	0.97
Tekirdağ	139.053	35	9.94	288.028	28	6.90	844.311	58	2.70
Toplam	395.591	100	1.08	1,033,578	100	2.81	1,445,380	100	3.93

Tablo 2: Çalışmada biyogaz potansiyelinin hesaplanması amacıyla kabul edilen değerler.

Hammadde	Birim hayvan için gübre üretimi (kg/hayvan-gün)	Kullanılabilirlik, %	KM (Kuru madde, % gübre miktarı)	UKM (Uçucu kuru madde, % KM)	Metan üretim oranı (m ³ CH ₄ /kg UKM)
Büyükbaş gübresi					
Yetişkin	43.00	50	13.95	83.33	0.18
Genç-yavru	2.48		8.39	44.23	0.33
Küçükbaş gübresi	2.40	13	27.50	83.64	0.30
Kümes hayvanı gübresi	0.18	99	25.88	77.27	0.35

3 Bulgular ve tartışma

Trakya Bölgesi'nde yer alan iller ve ilçeleri bazında büyükbaş hayvan sayıları, hayvan gübrelerinden elde edilebilecek metan miktarı ve metanın enerji değeri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 3, 4 ve 5'te verilmiştir.

Trakya Bölgesi'nde büyükbaş hayvan sayıları, elde edilebilecek metan miktarı ve metanın enerji değeri Tablo 3'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre büyükbaş hayvan sayısının en düşük olduğu Tekirdağ'ın Marmara Ereğlisi İlçesi'nde elde edilebilecek metan miktarı 352.903 m³/yıl ve enerji değeri ise 12.70 TJ/yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilebilecek metan miktarının en yüksek olduğu yer Tekirdağ'ın Malkara İlçesi'dir ve buradan elde

edilebilecek metanın enerji değeri 221.36 TJ/yıldır. Trakya Bölgesi'nde, büyükbaş hayvan gübrelerinden elde edilebilecek toplam metan miktarı 52,737,339 m³/yıl ve metanın enerji değeri 1,898.54 TJ/yıl (45,337.24 TEP/yıl) olarak belirlenmiştir.

Trakya Bölgesi'nde küçükbaş hayvan sayıları, elde edilebilecek metan miktarı ve metanın enerji değeri Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre en düşük küçükbaş hayvan sayısı 5.515 ile Kırklareli İli'nin Pehlivanköy İlçesi'ne aittir. Pehlivanköy'de elde edilebilecek metan miktarı 43.337 m³/yıl ve metanın enerji değeri 1.56 TJ/yıldır. Elde edilebilecek metan miktarının en yüksek olduğu yer Kırklareli Merkez İlçe'dir ve buradan elde edilebilecek metanın enerji değeri 56.76 TJ/yıldır.

Tablo 3: Büyükbaş hayvan gübresinden elde edilebilecek metan miktarı ve enerji eşdeğeri.

İl Adı	İlçe Adı	Hayvan Sayısı			Toplam Metan Miktarı		Enerji Değeri		
		Yetişkin	Genç-Yavru	Toplam	m ³ /gün	m ³ /yıl	TJ/gün	TJ/yıl	TEP/yıl
Edirne	Merkez	14,094	5,523	19,617	6,424	2,344,880	0.231	84.42	2,015.85
Edirne	Enez	10,979	3,578	14,557	4,993	1,822,609	0.180	65.61	1,566.86
Edirne	Havsa	15,971	7,403	23,374	7,297	2,663,507	0.263	95.89	2,289.76
Edirne	İpsala	14,607	7,147	21,754	6,680	2,438,116	0.240	87.77	2,096.00
Edirne	Keşan	18,326	5,026	23,352	8,321	3,037,029	0.300	109.33	2,610.87
Edirne	Lalapaşa	12,290	3,300	15,590	5,579	2,036,337	0.201	73.31	1,750.60
Edirne	Meriç	5,160	2,371	7,531	2,357	860,426	0.085	30.98	739.69
Edirne	Süloğlu	7,138	2,968	10,106	3,256	1,188,527	0.117	42.79	1,021.75
Edirne	Uzunköprü	15,144	4,442	19,586	6,880	2,511,301	0.248	90.41	2,158.91
Kırklareli	Merkez	29,649	11,042	40,691	13,506	4,929,637	0.486	177.47	4,237.91
Kırklareli	Babaeski	16,252	6,249	22,501	7,406	2,703,252	0.267	97.32	2,323.93
Kırklareli	Demirköy	4,452	2,323	6,775	2,038	743,904	0.073	26.78	639.52
Kırklareli	Kofçaz	3,604	1,332	4,936	1,642	599,168	0.059	21.57	515.09
Kırklareli	Lüleburgaz	33,621	14,618	48,239	15,347	5,601,668	0.552	201.66	4,815.64
Kırklareli	Pehlivanköy	2,224	967	3,191	1,015	370,546	0.037	13.34	318.55
Kırklareli	Pınarhisar	5,931	2,774	8,705	2,710	989,259	0.098	35.61	850.45
Kırklareli	Vize	10,828	2,671	13,499	4,912	1,792,787	0.177	64.54	1,541.22
Tekirdağ	Çerkezköy	3,254	596	3,850	1,473	537,618	0.053	19.35	462.18
Tekirdağ	Çorlu	2,383	798	3,181	1,084	395,717	0.039	14.25	340.19
Tekirdağ	Hayrabolu	11,850	9,254	21,104	5,471	1,997,089	0.197	71.90	1,716.86
Tekirdağ	Malkara	36,926	15,447	52,373	16,846	6,148,952	0.606	221.36	5,286.13
Tekirdağ	M. Ereğlisi	2,120	865	2,985	967	352,903	0.035	12.70	303.38

Tablo 3'ün devamı.

İl Adı	İlçe Adı	Hayvan Sayısı			Toplam Metan Miktarı		Enerji Değeri		
		Yetişkin	Genç-Yavru	Toplam	m ³ /gün	m ³ /yıl	TJ/gün	TJ/yıl	TEP/yıl
Tekirdağ	Muratlı	5,468	2,156	7,624	2,493	909,808	0.090	32.75	782.14
Tekirdağ	Saray	8,140	3,342	11,482	3,713	1,355,130	0.134	48.78	1,164.98
Tekirdağ	Şarköy	4,850	2,145	6,995	2,214	808,270	0.080	29.10	694.85
Tekirdağ	Ergene	6,419	2,155	8,574	2,920	1,065,959	0.105	38.37	916.38
Tekirdağ	Kapaklı	3,655	1,335	4,990	1,665	607,559	0.060	21.87	5,22.31
Tekirdağ	Süleyman Paşa	11,580	4,315	15,895	5,275	1,925,379	0.190	69.31	1,655.21
Trakya Toplamı		316,915	126,142	443,057	144,486	52,737,339	5.201	1,898.54	45,337.24

Tablo 4: Küçükbaş hayvan gübresinden elde edilebilecek metan miktarı ve enerji eşdeğeri.

İl Adı	İlçe Adı	Hayvan Sayısı	Toplam Metan Miktarı			Enerji Değeri		
			m ³ /gün	m ³ /yıl	TJ/gün	TJ/yıl	TEP/yıl	
Edirne	Merkez	38,996	840	30,6433	0.030	11.03	263.43	
Edirne	Enez	43,050	927	33,8290	0.033	12.18	290.82	
Edirne	Havsa	20,715	446	16,2780	0.016	5.86	139.94	
Edirne	İpsala	31,160	671	24,4857	0.024	8.81	210.50	
Edirne	Keşan	71,432	1,538	56,1317	0.055	20.21	482.55	
Edirne	Lalapaşa	24,435	526	19,2012	0.019	6.91	165.07	
Edirne	Meriç	32,712	704	25,7053	0.025	9.25	220.98	
Edirne	Süloğlu	19,224	414	15,1063	0.015	5.44	129.87	
Edirne	Uzunköprü	64,910	1,397	51,0067	0.050	18.36	438.49	
Kırklareli	Merkez	200,652	4,320	157,6736	0.156	56.76	1,355.49	
Kırklareli	Babaeski	26,910	579	21,1460	0.021	7.61	181.79	
Kırklareli	Demirköy	17,049	367	13,3972	0.013	4.82	115.17	
Kırklareli	Kofçaz	26,253	565	20,6298	0.020	7.43	177.35	
Kırklareli	Lüleburgaz	54,386	1,171	42,7369	0.042	15.39	367.40	
Kırklareli	Pehlivan köyü	5,515	119	4,3337	0.004	1.56	37.26	
Kırklareli	Pınarhisar	35,241	759	27,6926	0.027	9.97	238.07	
Kırklareli	Vize	32,910	709	25,8609	0.026	9.31	222.32	
Tekirdağ	Çerkezköy	13,645	294	10,7223	0.011	3.86	92.18	
Tekirdağ	Çorlu	12,118	261	9,5224	0.009	3.43	81.86	
Tekirdağ	Hayrabolu	28,540	614	22,4269	0.022	8.07	192.80	
Tekirdağ	Malkara	75,013	1,615	58,9457	0.058	21.22	506.74	
Tekirdağ	M. Ereğlisi	7,105	153	5,5832	0.006	2.01	48.00	
Tekirdağ	Muratlı	17,129	369	13,4601	0.013	4.85	115.71	
Tekirdağ	Saray	22,192	478	17,4386	0.017	6.28	149.92	
Tekirdağ	Şarköy	40,540	873	31,8566	0.031	11.47	273.86	
Tekirdağ	Ergene	20,730	446	16,2898	0.016	5.86	140.04	
Tekirdağ	Kapaklı	9,520	205	7,4809	0.007	2.69	64.31	
Tekirdağ	Süleyman Paşa	41,496	893	32,6078	0.032	11.74	280.32	
Trakya Toplamı		1,033,578	22,252	812,1920	0.801	292.39	6,982.25	

Tablo 5: Kümes hayvanı gübresinden elde edilebilecek metan miktarı ve enerji eşdeğeri.

İl Adı	İlçe Adı	Hayvan Sayısı	Toplam Metan Miktarı		Enerji Eşdeğeri		
			m ³ /gün	m ³ /yıl	TJ/gün	TJ/yıl	TEP/yıl
Edirne	Merkez	48,270	602	219,746	0.022	7.91	188.91
Edirne	Enez	5,900	74	26,859	0.003	0.97	23.09
Edirne	Havsa	83,750	1,045	381,266	0.038	13.73	327.77
Edirne	İpsala	15,490	193	70,517	0.007	2.54	60.62
Edirne	Keşan	38,500	480	175,269	0.017	6.31	150.68
Edirne	Lalapaşa	14,736	184	67,085	0.007	2.42	57.67
Edirne	Meriç	25,080	313	114,175	0.011	4.11	98.15
Edirne	Süloğlu	15,244	190	69,397	0.007	2.50	59.66
Edirne	Uzunköprü	51,615	644	234,974	0.023	8.46	202.00
Kırklareli	Merkez	23,816	297	108,421	0.011	3.90	93.21
Kırklareli	Babaeski	56,900	710	259,034	0.026	9.33	222.69
Kırklareli	Demirköy	30,725	383	139,874	0.014	5.04	120.25
Kırklareli	Koçcaz	5,103	64	23,231	0.002	0.84	19.97
Kırklareli	Lüleburgaz	146,370	1,826	666,340	0.066	23.99	572.84
Kırklareli	Pehlivanköy	7,450	93	33,916	0.003	1.22	29.16
Kırklareli	Pınarhisar	24,070	300	109,577	0.011	3.94	94.20
Kırklareli	Vize	8,050	100	36,647	0.004	1.32	31.50
Tekirdağ	Çerkezköy	2,205	28	10,038	0.001	0.36	8.63
Tekirdağ	Çorlu	85,623	1,068	389,793	0.038	14.03	335.10
Tekirdağ	Hayrabolu	75,600	943	344,164	0.034	12.39	295.87
Tekirdağ	Malkara	44,560	556	202,857	0.020	7.30	174.39
Tekirdağ	M. Ereğlisi	11,641	145	52,995	0.005	1.91	45.56
Tekirdağ	Murathı	131,925	1,645	600,580	0.059	21.62	516.31
Tekirdağ	Saray	37,640	469	171,354	0.017	6.17	147.31
Tekirdağ	Şarköy	7,105	89	32,345	0.003	1.16	27.81
Tekirdağ	Ergene	396,400	4,944	1,804,585	0.178	64.97	1,551.37
Tekirdağ	Kapaklı	9,660	120	43,977	0.004	1.58	37.81
Tekirdağ	Süleyman Paşa	41,952	523	190,984	0.019	6.88	164.18
Trakya Toplamı		1,445,380	18,027	6,579,999	0.649	0.649	5,656.69

Trakya Bölgesi'nde, küçükbaş hayvan gübrelerinden elde edilebilecek toplam metan miktarı 8,121,920 m³/yıl ve metanın enerji değeri 292.39 TJ/yıl (6,982.25 TEP/yıl) olarak belirlenmiştir.

Trakya Bölgesi'nde yer alan iller ve ilçeleri bazında kümes hayvanı sayıları, hayvan gübrelerinden elde edilebilecek metan miktarı ve metanın enerji değeri Tablo 5'te verilmiştir. Kümes hayvan sayısının en düşük olduğu yerleşim yerinin Tekirdağ'ın Çerkezköy İlçesi'nde elde edilebilecek metan miktarı 10,038 m³/yıl ve enerji değeri ise 0.36 TJ/yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilebilecek metan miktarının en yüksek olduğu yer Tekirdağ'ın Ergene İlçesi'nde elde edilebilecek metan miktarı 1,804,585 m³/yıl ve enerji değeri 64.97 TJ/yıldır. Trakya Bölgesi'nde, kümes hayvanları gübrelerinden elde edilebilecek toplam metan miktarı 6,579,999 m³/yıl ve metanın enerji değeri 236.88 TJ/yıl (5,656.69 TEP/yıl) olarak belirlenmiştir.

Trakya Bölgesi'nde iller bazında hayvan gübrelerinin enerji değerleri ve Trakya Bölgesi toplamındaki oransal dağılımı Tablo 6'da verilmiştir. Bölge'de yer alan üç il bazında hayvansal atıkların enerji potansiyeli değerlendirildiğinde, enerji üretimine en çok katkı sağlayan İl, %34.08 oran ile Edirne'dir. Kırklareli'ye ve Tekirdağ'a ait enerji üretim oranları ise %32.98 ve %32.94'tür.

Trakya Bölgesi'nde ilçeler bazında hayvan gübrelerinin enerji değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Bölgede yer alan ilçeler bazında hayvansal atıkların enerji potansiyeli değerlendirildiğinde, enerji üretiminin en yüksek olduğu ilçe Tekirdağ'ın Malkara İlçesi (249.89 TJ/yıl) ve en düşük olduğu ilçe Kırklareli'nin Pehlivanköy İlçesi'dir (16.12 TJ/yıl).

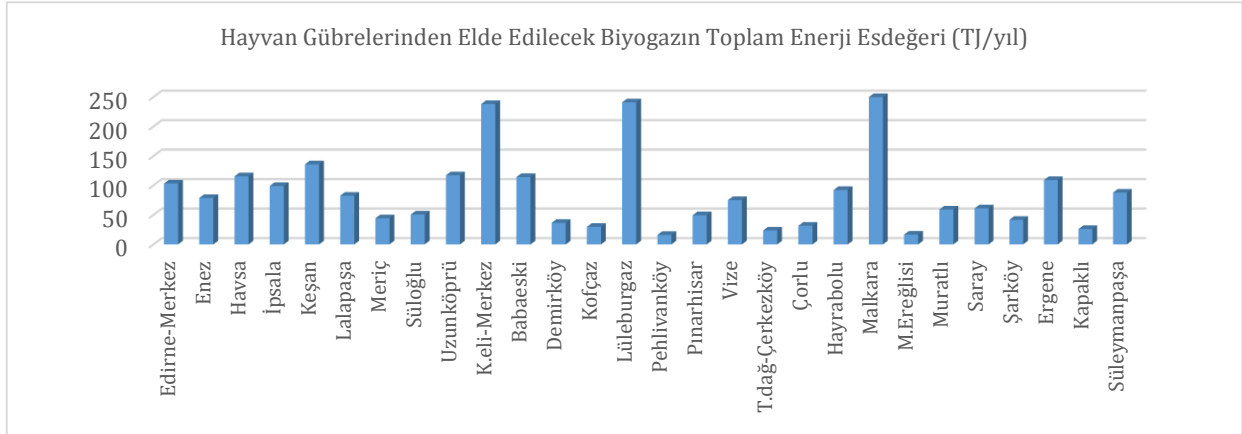
Trakya Bölgesi'nde yer alan Kırklareli, Tekirdağ ve Edirne illeri ve ilçeleri bazında, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının gübrelerinden elde edilebilecek metan

miktarlarına bağlı olarak hesaplanan enerji değerleri, hayvan türlerini ve Bölge toplamını yansıtacak şekilde beşer sınıfta değerlendirilmiş ve sırasıyla Şekil 2, 3, 4 ve 5'teki enerji haritalarında gösterilmiştir. Buna göre Trakya Bölgesi'ndeki

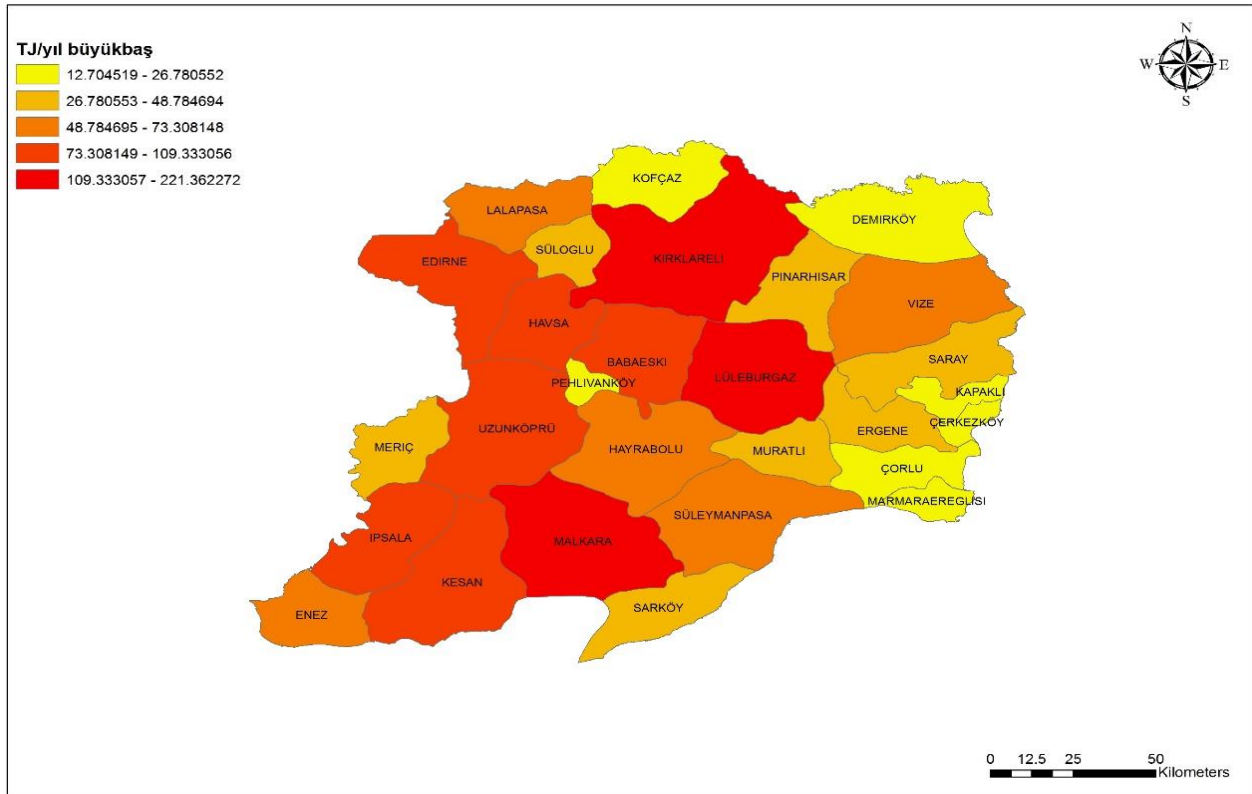
toplam hayvan varlığından elde edilebilecek biyogazın enerji potansiyeli Tj/yl değeri olarak ilçeler bazında 7 tanesi 16-36; 6 tanesi 36-61; 6 tanesi 61-99; 6 tanesi 99-135 ve 3 tanesi 135-249 sınıfında yer almıştır.

Tablo 6: Trakya Bölge'sinde iller bazında hayvan gübrelerinin enerji değeri.

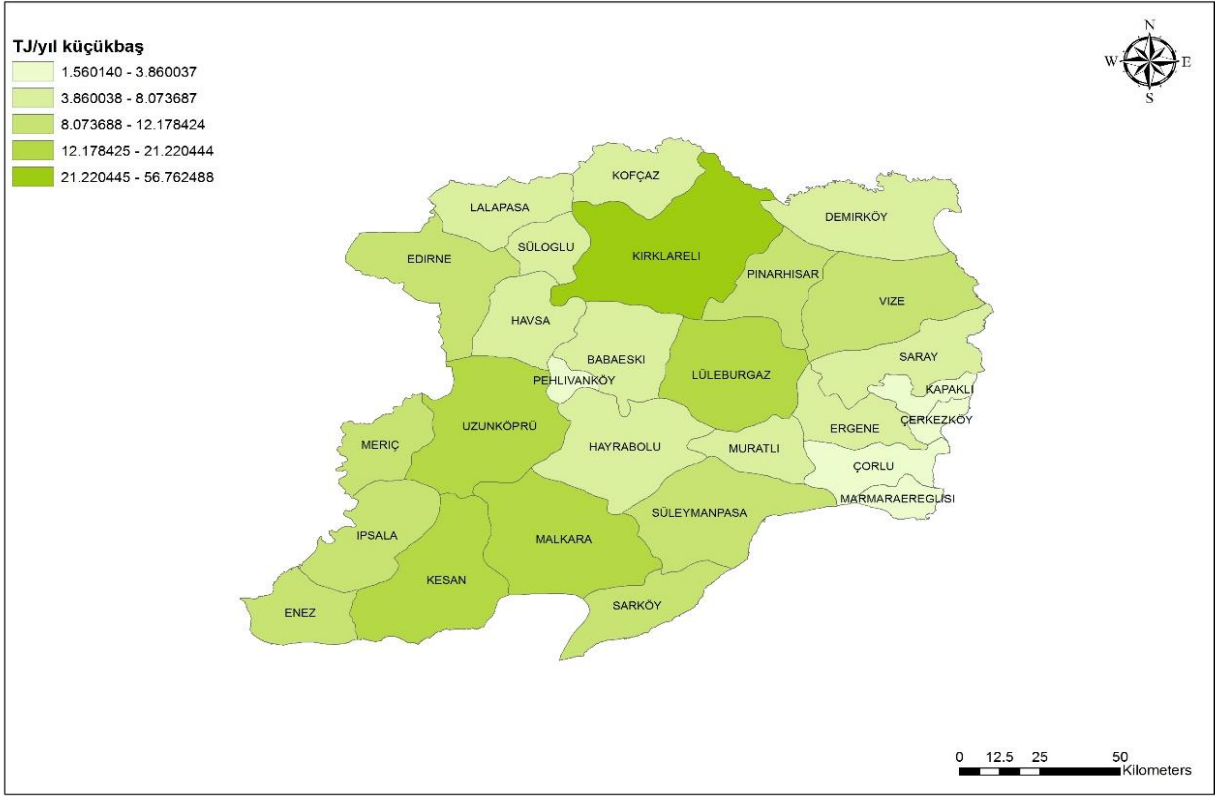
İl	Enerji Değeri, Tj/yl				Bölgesel Oranı, %
	Büyükbaş	Küçükbaş	Kümes	Toplam	
Edirne	680.50	98.06	48.93	827.49	34.08
Kırklareli	638.29	112.85	49.57	800.71	32.98
Tekirdağ	579.76	81.48	138.37	799.61	32.94
Trakya Toplamı	1,898.54	292.39	236.88	2,427.81	100.00



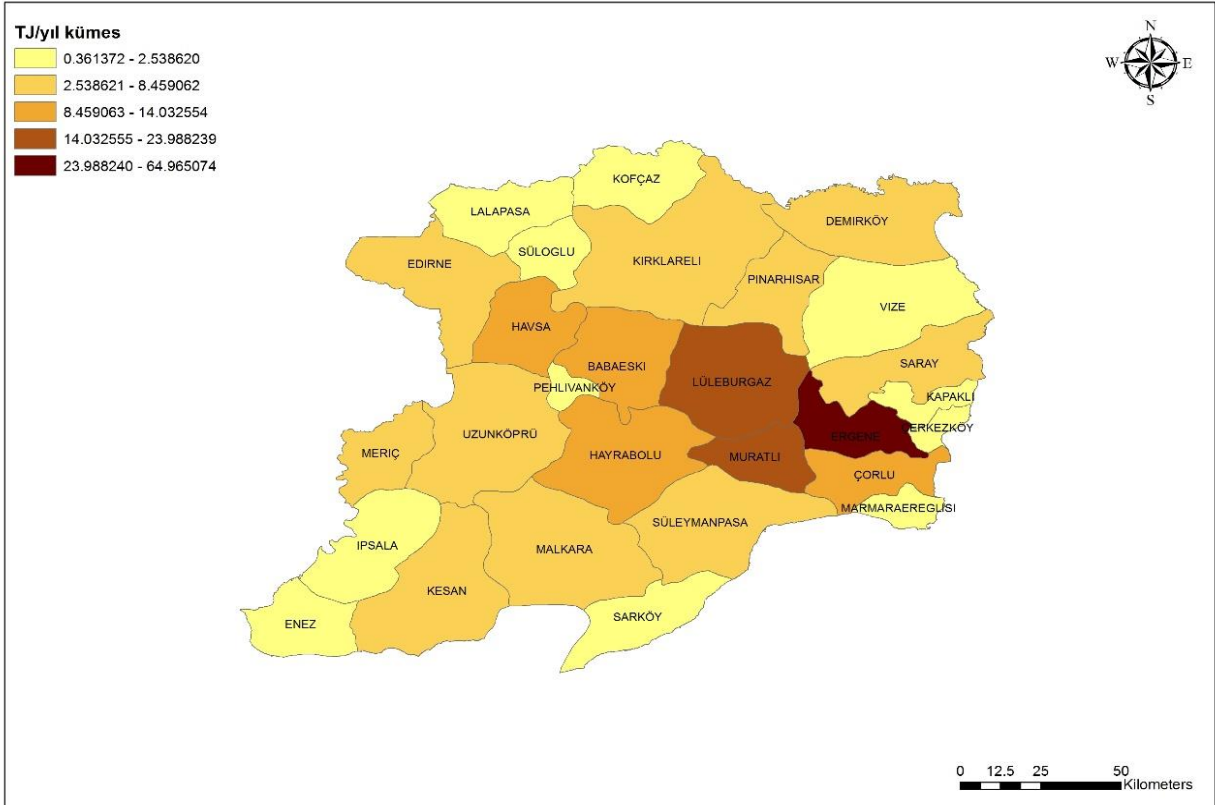
Şekil 1: Trakya Bölgesi'nde ilçeler bazında hayvan gübrelerinden elde edilecek biyogazın enerji değeri.



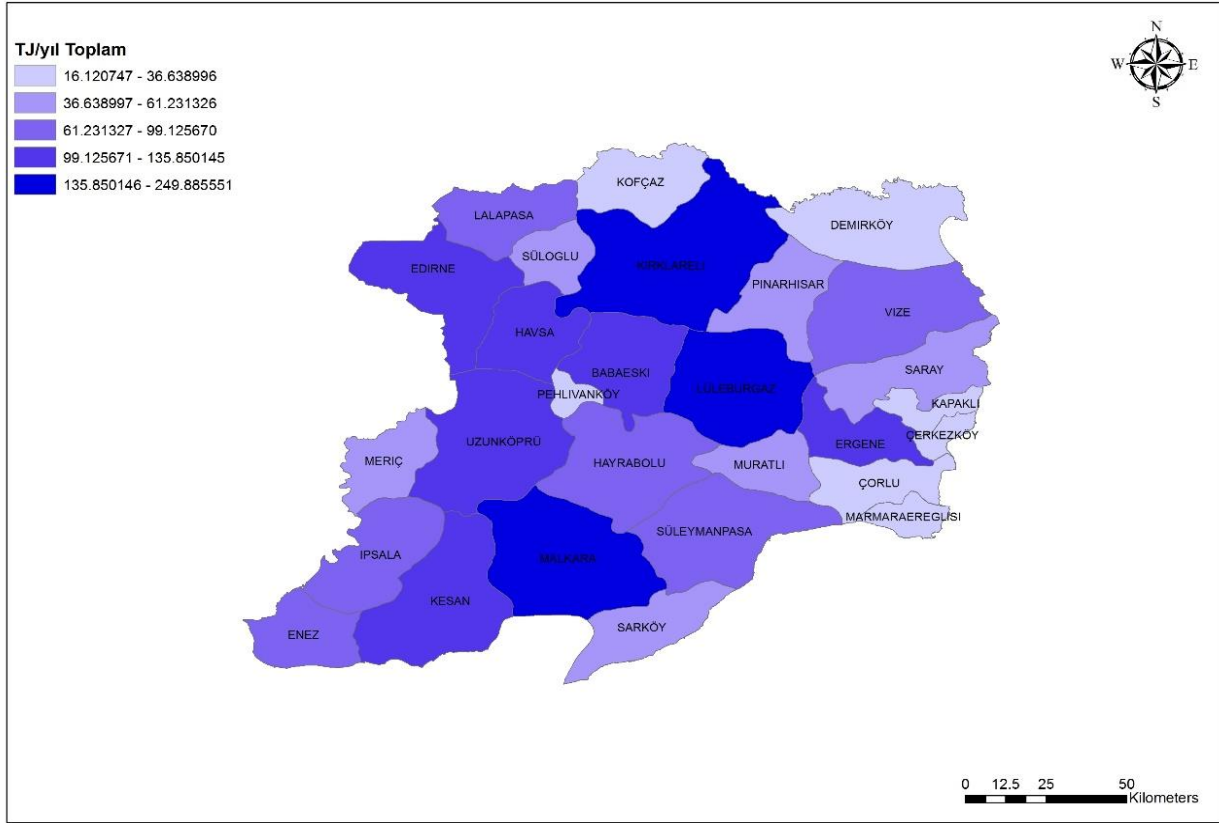
Şekil 2: Trakya Bölgesi'nde İlçeler bazında büyükbaş hayvan gübrelerinden elde edilecek biyogazın enerji değeri.



Şekil 3: Trakya Bölgesi'nde İlçeler bazında küçükbaş hayvan gübrelerinden elde edilecek biyogazın enerji değeri.



Şekil 4: Trakya Bölgesi'nde İlçeler bazında kümes hayvanı gübrelerinden elde edilecek biyogazın enerji değeri.



Şekil 5: Trakya Bölgesi'nde İlçeler bazında hayvan gübrelerinden elde edilecek biyogazın toplam enerji değeri.

4 Sonuçlar ve öneriler

Trakya Bölgesi'ndeki iller ve ilçeler bazında, TÜİK 2015 hayvan sayıları verileri kullanılarak hayvansal atıkların (gübrelerin) biyogaz üretiminde kullanılması durumunda metan üretim miktarlarının, üretilen metanın enerji potansiyellerinin hesaplanarak sayısal haritaların oluşturulması amacıyla hazırlanan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Trakya Bölgesi'nde hayvan sayısı (büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı) 2,922,015 adettir,
- Trakya Bölgesi'nde hayvansal atık (gübre) miktarı 16,680,932.76 kg/gün olarak hesaplanmıştır,
- Bölge genelinde hayvansal atıklardan elde edilecek metan miktarı 67,439,257 m³/yıl'dır,
- Trakya Bölge'sinde hayvansal atıklardan elde edilecek metanın enerji değeri 2,427.81 TJ/yıl, diğer bir deyişle 57,976.18 TEP/yıl'dır,
- Bölge'de yer alan üç il bazında hayvansal atıklardan enerji eldesi değerlendirildiğinde, enerji üretimine en çok katkı sağlayan il Edirne'dir. Edirne'ye, Kırklareli'ye ve Tekirdağ'a ait enerji üretim oranları sırasıyla %34.08 %32.98 ve %32.94'tür,
- Bölge'nin hayvansal atıklardan elde edebileceği enerji değeri değerlendirildiğinde, metandan elde edilecek enerjinin, yıllık 426,295 varil petrol eşdeğeri enerjiye

denk geldiği ve yıllık 21,314,772 dolarlık bir maddi değere sahip olduğu görülmektedir,

- Türkiye'nin günlük petrol üretiminin 100.000 varil/gün [44] olduğu dikkate alırsa, Trakya Bölge'sinde hayvansal atıklardan (gübrelerden) elde edilecek metanın enerji değerinin, Türkiye'nin petrolden edilen enerji değerinin %1.17'sine denk geldiği belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, literatürdeki mevcut verilerle karşılaştırıldığında, Bu sonuçlara göre, Bölge genelinde kurulacak olan biyometanizasyon tesisinde/tesislerinde hem hayvan gübrelerinin bertarafı sağlanmış olacak hem de biyogaz üretimin bölgenin enerji ihtiyacının karşılanmasında etkili olacaktır. Bu bağlamda, Bölge genelinde, hayvancılığın entegre çiftlikler ve/veya birlikler bünyesinde sürdürülmesinin teşvik edilmesi ile hayvan gübrelerinden biyogaz üretiminin daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.

5 Kaynaklar

- [1] Nacar Koçer N, Öner C, Sugözü, İ. "Türkiye'de hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi". *Doğu Anadolu Araştırmaları*, 4[2], 17-20, 2006.
- [2] Jiang X, Sommer SG, Christensen KV. "A review of the biogas industry in China". *Energy Policy*, 39(10), 6073-6081, 2011.
- [3] Mao C, Feng Y, Wang X, Ren G. "Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 540-555, 2015.

- [4] Speece RE. *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater.*, Tennessee, USA, Arche Press 1996.
- [5] Deublein D, Steinhäuser A. *Biogas from Waste and Renewable Resources*, ISBN: 978-3-527-32798-0, Weinheim, Germany, Wiley, 2008.
- [6] Ayol A. "Atıksu arıtma çamurlarının kurutulması, bertaraf edilmesi ve yararlı kullanım alternatifleri". *Tekirdağ İli Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesi Çalıştayı*, Ankara, Türkiye, 17 Ocak 2011.
- [7] Gürel A, Şenel Z. "Organik atıklardan biyogaz üretimi". *Uluslararası II. Trakya Bölgesi Kalkınma-Girişimcilik Sempozyumu*, İğneada, Kırklareli, 1-2 Ekim 2010.
- [8] Filibeli A, Büyükkamacı N, Ayol A. *Anaerobik Arıtma*. İzmir, Türkiye Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları No: 280, 2000.
- [9] Arıkan B. Organik Evsel Katı Atıklardan Anaerobik Ortamda Biyogaz Üretiminin Verimliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2008.
- [10] Demirel GN. "Organik atıklardan yenilenebilir enerji eldesi: biyogaz örneği". *İklim Değişikliği İle Mücadelede Sg Destekleri Bilgilendirme Toplantısı*, Ankara, Türkiye, 15 Nisan, 2005.
- [11] Yılmaz M. "Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi". *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54, 2012.
- [12] Güney Ege Kalkınma Ajansı. "Güney Ege Yenilenebilir Enerji Çalışma Raporu". Pamukkale, Denizli, Türkiye, 2011.
- [13] Elektrik İşleri Etüt İdaresi. "Biyokütle". http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx, 19.05.2016.
- [14] Acaroğlu M. "Biyokütle enerjisinin global potansiyeli. Biyoenerji politikaları". *Avrupa Birliği ve Türkiye, I. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi*, Denizli, Türkiye, 22-13 Mayıs 2003.
- [15] Doğal Hayatı Koruma Vakfı. "Yenilenebilir Enerji Projesi". Türkiye, 2011.
- [16] Çukurova Kalkınma Ajansı, "Yenilenebilir Enerji Raporu". Adana, Türkiye, 2012/03, 2012.
- [17] Park C, Lee C, Kim, S, Chen Y, Chase HA. "Upgrading of anaerobic digestion by incorporating two different hydrolysis processes". *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 100(2), 164-167, 2005.
- [18] Davidsson A, Jansen JLC. "Pre-treatment of wastewater sludge before anaerobic digestion; hygienisation ultrasonic treatment and enzyme dosing". *Vatten*, 62, 335-340, 2006.
- [19] Halisdemir B. Aktif Çamur ve Portakal Posasının Biyogaz Üretim Verimleri ve Bazı Ön İşlemlerin Biyogaz Üretim Verimine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye, 2009.
- [20] Qi X, Zhang S, Wang Y, Weng R. "Advantageous of the integrated pig biogas- vegetable green house system in North China". *Ecological Engineering*, 34(3), 175-185, 2005.
- [21] Zupancic GD, Uranjek-Zevart N, Ros M. "Full-Scale anaerobic co-digestion of organic waste and municipal sludge". *Biomass and Bioenergy*, 32(2), 162-167, 2008.
- [22] Astals S, Venegas C, Peces M, Jofre J, Lucena F, Mata-Alvarez J. "Balancing hygienization and anaerobic digestion of raw sewage sludge". *Water Research*, 46(19), 6218-6227, 2012.
- [23] Rao PV, Banal SS, Dey R, Mutmuri S. "Biogas generation potential by anaerobic digestion for sustainable energy development in India". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 2086-2094, 2010.
- [24] Aoki K, Umetsu K, Nishizaki K, Takahashi S, Kishimoto T, Tanı M, Hamamoto O, Misaki T. "Thermophilic biogas plant for dairy manure treatment as combined power and heat system in cold regions". *International Congress Series*, 1293, 238-241, 2006.
- [25] White A J, Kirk DW, Graydon JW. "Analysis of small scale biogas utilization systems on ontario cattle farms". *Renewable Energy*, 36(3), 1019-1025, 2011.
- [26] Luostarinen S. "Energy Potential of Manure in The Baltic Sea Region: Biogas Potential & Incentives and Barriers for implementation". Knowledge Report: Baltic Forum for Innovative Technologies for Sustainable Manure Management. 2013.
- [27] Afazeli H, Jafari A, Rafiee S, Nosrati M. "An investigation of biogas production potential from livestock and slaughterhouse wastes". *Renew Sustain Energy Reviews*, 34, 380-386, 2014.
- [28] Abdesshahian P, Lim JS, Ho WS, Hashim H, Lee CT. "Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia". *Renew Sustain Energy Rev*, 60, 714-723, 2016.
- [29] Özcan M, Öztürk S, Yıldırım M. "Türkiye'nin farklı kaynak türlerine göre biyogaz potansiyellerinin belirlenmesi". *IV. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye, 12-13 Mayıs 2011.
- [30] Onurbaş Avcıoğlu A, Türker Ç. "Türkiye'nin tavuk atıklarından biyogaz potansiyeli". *Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1), 21-28, 2013.
- [31] Altıkat S, Çelik A. "İğdir ilinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli biogas potential from animal waste of ığdır province". *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 61-66, 2012
- [32] Akbulut A, Dikici A. "Elazığ ili'nin biyogaz potansiyeli ve maliyet analizi". *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 36-41, 2004.
- [33] Çağlayan GH, Koçer NN. "Muş ilinde hayvan potansiyelinin değerlendirilerek biyogaz üretiminin araştırılması". *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 215-220, 2014.
- [34] Ilgar R. "Hayvan varlığına göre çanakkale biyogaz potansiyelinin tespitine yönelik bir çalışma". *Doğu Coğrafya Dergisi*, 21(35), 89-106, 2016.
- [35] Türkiye İstatistik Kurumu. "Hayvancılık İstatistikleri". <https://biruni.tuik.gov.tr/hayvancilikapp/hayvancilik.zul> 19.05.2015.
- [36] Ekinci K, Kulcu R, Kaya D, Yaldiz O, Ertekin C, Ozturk H. "The prospective of potential biogas plants that can utilize animal manure in Turkey". *Energy Exploration & Exploitation*, 28(3), 187-206, 2010.
- [37] Kahraman S. "Hayvansal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm olanakları". *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 133-139, 2006,
- [38] Aybek A, Üçok S, İspir MA, Bilgili ME. "Türkiye'de kullanılabilir hayvansal gübre ve tahıl sap atıklarının biyogaz ve enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması". *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(3), 109-120, 2015.
- [39] Onurbaşıoğlu Avcıoğlu A, Türker U. "Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey". *Renew Sustain Energy Reviews*, 16(3), 1557-1561, 16, 2012.

- [40] Yokuş İ, Onurbaşoğlu Avcıoğlu A. "Sivas ilindeki hayvansal atıklardan biyogaz potansiyelinin belirlenmesi". *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*, Samsun, Türkiye, 5-7 Eylül 2012.
- [41] Acaroğlu M. *Alternatif Enerji Kaynakları*. Ankara, Türkiye, Nobel Yayın No: 1253, 2007.
- [42] Başçetinçelik A, Öztürk HH, Karaca C, Kaçıra M, Ekinci K, Kaya D, Baban A, Güneş K, Komitti N, Barnes I, Nieminen M. "A Guide on Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. Final Report". Adana, Türkiye, Annex XIV, LIFE 03 TCY/TR /000061, 2006.
- [43] Onurbaş Avcıoğlu A, Eliçin AK. "Ankara'nın hayvansal atıklardan biyogaz potansiyeli ve uygun reaktör büyüklüğünün belirlenmesi". 26. *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*, Hatay, Türkiye, 22-23 Eylül 2010.
- [44] Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı. "TPAO 2016 Arşivi". Ankara, Türkiye, 2016.