



Büyükbaş Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilir Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritaların Oluşturulması

Hasan Ertop^{1*}, Atılğan Atılğan², Burak Saltuk³, Ercüment Aksoy⁴

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü., Isparta/Türkiye
(ORCID: 0000-0003-0987-5885) hasanertop@hotmail.com

²Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Alanya-Antalya/Türkiye
(ORCID:0000-0003-2391-0317) atilgan.atilgan@alanya.edu.tr

³Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Alanya-Antalya/Türkiye
(ORCID: 0000-0001-8673-9372) burak.saltuk@alanya.edu.tr

⁴Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Antalya, Türkiye,
(ORCID: 0000-0001-7313-0891), ercumentaksoy@akdeniz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 9 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 17 Nisan 2022)

ATIF/REFERENCE: Ertop, H., Atılğan, A., Saltuk, B. Aksoy, E., (2022). Büyükbaş Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilir Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritaların Oluşturulması *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 530-540.

Öz

Bu çalışmada, Türkiye'deki büyükbaş hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz enerjisi potansiyeli yardımıyla iller bazında elektrik enerjisi miktarı belirlenerek, elde edilebilecek elektrik enerjisinin kullanılan elektrik enerjisini karşılama yüzdelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bununla birlikte iller bazındaki biyogaz tesisleri haritalandırılmış ve elektrik enerjisi elde etmek için büyükbaş hayvansal atıkların işlenebileceği biyogaz tesisleri de haritalandırılarak, bu haritalar kıyaslanmaya çalışılmıştır. Elde edilen değerler, konuyla ilgili literatür bilgileri ile karşılaştırılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Araştırmada Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2020 yılı verileri dikkate alınarak, 81 ilde bulunan süt sığırısı ve et sığırısı sayılarına bağlı olarak, üretilebilecek biyogaz enerjisi ve biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Türkiye'de büyükbaş hayvansal atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi miktarının 2361063163 MJ olduğu ve bu biyogaz enerjisinin yaklaşık 656375,63 MWh elektrik enerjisine eşdeğer olduğu belirlenmiştir. Elektrik enerjisi üretim potansiyelinin belirlenmesi ile illerin kullandığı elektrik enerjisini hangi yüzde ile karşılayabileceği, bu yüzdelerin enerji planlamalarında değerlendirilebileceği ve ayrıca bununla birlikte elde edilen haritaların ise biyogaz tesislerine yapılacak olan yatırım planlamalarına da katkı sağlayabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Büyükbaş, Biyogaz, Elektrik Enerjisi, Harita

Establishment of Numerical Maps by Determining the Biogas and Electricity Production Potential Obtainable from Cattle Waste

Abstract

In this study, it is aimed to determine the percentage of electricity that can be obtained by determining the amount of electrical energy on the basis of provinces, with the help of the biogas energy potential that can be produced from cattle animal waste in Turkey. In addition, the existing biogas facilities on the basis of provinces have been mapped and the biogas facilities where cattle wastes can be processed to obtain electrical energy have also been mapped and these maps have been tried to be compared. The obtained values were compared with the literature on the subject and necessary calculations were made. In the study, considering the data of the Turkish Statistical Institute for the year 2020, the amount of biogas energy that can be produced and the amount of electrical energy that can be obtained from biogas, depending on the number of dairy and beef cattle in 81 provinces, were tried to be calculated. In the study, it was determined that the potential amount of biogas energy that can be obtained from animal wastes is 2361063163 MJ and this biogas energy is equivalent to approximately 656375,63 MWh electrical energy. By determining the electrical energy production potential, it can be said with what percentage the provinces can meet the electrical energy they use. It is foreseen that these percentages can be evaluated in energy planning, and that the maps obtained together with this will contribute to the investment planning to be made in biogas facilities.

Keywords: Cattle, Biogas, Electrical energy, Map.

* Sorumlu Yazar: hasanertop@hotmail.com

1. Giriş

Sanayileşme ve nüfus artışı ile birlikte enerji ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Fosil yakıtlar dünyanın enerji ihtiyacında büyük paya sahiptir ve özellikle çevre kirliliği ve küresel ısınma olmak üzere mevcut çevre problemlerine sebep olmaktadır. Enerji üretiminde fosil yakıtların yaygın olarak kullanılması ve bu yakıt rezervlerinin ömrünün kısıtlı olması ile tüm dünyada yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan trend artmaktadır (Abdeshahian ve ark., 2016).

Fosil kökenli enerji kaynaklarının kısıtlı olması, tüm dünyada alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çalışmalara ağırlık verilmesine neden olmuştur. Bu kapsamda Türkiye her zamankinden daha fazla konuya eğilmek durumundadır. Çünkü yoğun ihtiyaca karşılık, mevcut enerji kaynaklarından yeterince yararlanma noktasında arzu edilen seviyede değildir. Bu ihtiyacı karşılamada, bilhassa tarım ve hayvancılık alanında gelişmiş ülkelerde bugün yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak biyogazın önemli bir yeri vardır (Topaloğlu ve İmren, 2011).

Biyokütle sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamasıyla birlikte, dünya nüfusunun tamamında enerji güvenliği de sağlar. Bununla birlikte biyokütleden enerji elde edilmesi proseslerinde meydana gelen CO₂, fotosentez yoluyla organik maddelerin büyümesi ve gelişmesiyle atmosferden alınan CO₂'ye eşdeğer olduğundan biyokütle enerjisinde karbon nötrdür böylelikle sera gazı emisyonlarını da azaltmış olur. Bunun yanı sıra, kullanılabilirlik ve iyi bilinen dönüşüm teknolojileri nedeniyle biyokütle, ihtiyacı karşılamak ve enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla çok yakın bir sürede önemli enerji kaynaklarından biri olacaktır (Ekpeni ve ark., 2014).

Biyokütle, direkt yanabilen veya yakıtlara dönüştürülebilen odun ve diğer bitkiler ya da hayvan atıklar olarak tanımlanabilir (Fanchi ve Fanchi, 2011). Başka bir deyişle biyokütle, biyolojik orjinli, fosil olmayan organik madde kütlesi olarak tanımlanır. Tarım ve orman ürünleri, hayvansal ve bitkisel atıklar, deniz bitkileri, endüstriyel ve evsel atıklar biyokütle hammaddesidir (Anonim, 2006; Acaroğlu, 2007; Öztürk, 2008).

Biyokütle devamlılığı olan bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Bu sebeple, biyogaz tesisleri kırsal bölgeleri kalkındırabilecek olmasından dolayı sosyal ve ekonomik bir öneme sahiptir. Ayrıca, hayvan işletmelerinde ortaya çıkan atıkların biyogaz teknolojisi ile değerlendirilmesi atık kontrolünün belirli standartlar içerisinde değerlendirilmesine de katkı sağlayabilecektir.

Biyogazdan elektrik ve ısı elde edilmesi ekonomik gelir sağlar (Yürük ve Erdoğan, 2015). Bununla birlikte biyogaz üretim teknolojisinin çevre ve doğal dengenin korunmasına olan katkısından da söz edilebilir.

Barınaklarda gübre hem iç alanlarda hem de dış alanlarda yüksek oranda çevre kirliliğine neden olmaktadır (Anonim, 1996). Barınak içerisindeki gübre taşıma sistemi, iç alandaki

kokunun ve kirliliğin yayılımı ile direkt ilişkilidir. Dış alanda gübrenin hatalı taşınması, uygun şekilde depolanmamasından kaynaklı etkiler de çevre kirliliğine birinci ölçüde sebep olan ve kirliliği arttıran nedenlerdir (Atılğan ve ark., 2006). Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek şekilde ortadan kalkmaktadır ve çok daha değerli bir organik gübre formuna gelmektedir. Biyogaz tesislerinde açığa çıkan en kötü sera gazlarından biri olan metan gazı yakılarak CO₂'e dönüştürülmektedir. Biyogaz, hayvan gübrelerinden meydana gelen insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin yüksek ölçüde etkinliğinin kaybolmasını ve daha sağlıklı, hijyenik yaşam alanlarının oluşmasına neden olmaktadır (Yürük ve Erdoğan, 2015).

Dünya, nüfusun hızla yükselmesi ile birlikte artan besin ihtiyacının karşılanabilmesi için son asırda yoğun şekilde tercih edilen tarımsal kimyasallardan kaynaklanan çevre ve toprak kirliliği ile yüz yüzedir (Atılğan ve ark., 2007). Bu sebeple, kimyasal gübrelerin kullanımının olanaklar ölçüsünde azaltılması gelecek nesiller için çevre sağlığı açısından son derece önemlidir.

Biyogaz, ülkemizde hayvancılığın gelişmesine pozitif ivme kazandırmakla birlikte suni gübreye olan ihtiyacı azaltarak, sürdürülebilir kalkınmaya katkı da sağlamakta ve ülkemizin dışarıya olan enerji bağımlılığı yükünü de hafifletmektedir (Öztürk, 2005; Tolay ve ark., 2008).

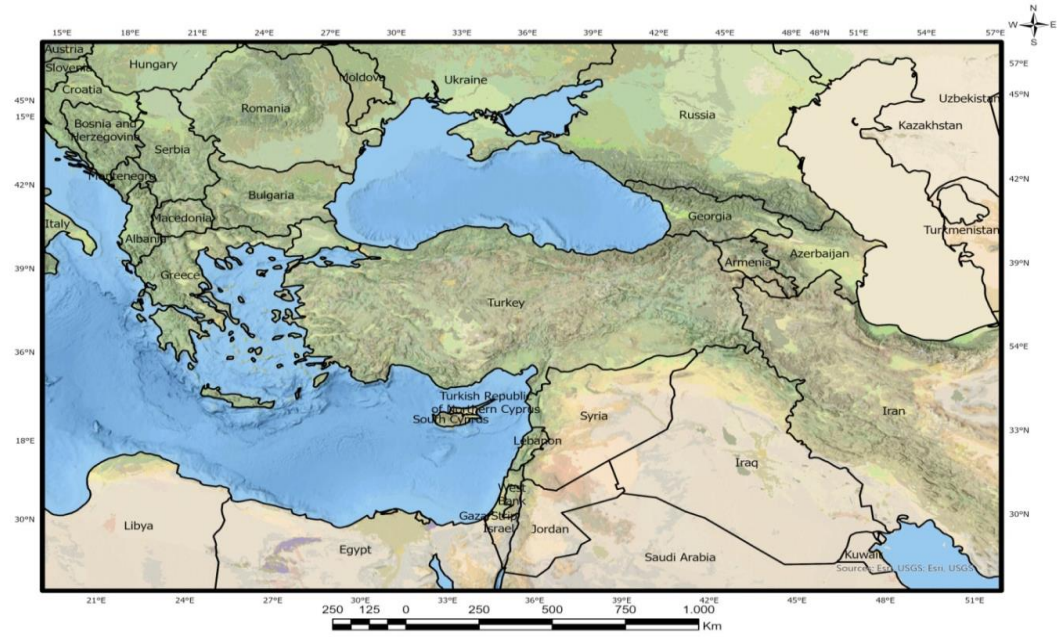
ABD ve Avrupa ülkelerinde farklı büyüklüklerde binlerce faaliyet gösteren biyogaz üretim tesisleri bulunmaktadır ve bu tesislerin sayıları hızla yükselmektedir (Tafdrup., 1994). Biyogaz teknolojisinin yaygın olarak kullanıldığı bu ülkelerde her çeşit organik atık bu tesislerde değerlendirilerek hem enerji sağlanmakta hem çevreye zararlı olabilecek atıklar sterilize edilerek toprak ve su kirlenmesinin önüne geçilerek doğal denge korunmakta, hem de tesislerden çıkan atık bitkisel üretimde gübre olarak kullanılmaktadır (Çağlayan ve Koçer, 2014).

Bu çalışmanın amacı, büyükbaş hayvansal atıkların biyogaz teknolojisi ile değerlendirilmesiyle elde edilebilecek elektrik enerjisini belirlemek ve dağılımını haritalandırmaktır. Bununla birlikte ayrıca, büyükbaş hayvan atıklarının alternatif bir enerji olan biyogazda kullanılabileceğini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırma Türkiye'nin (Şekil 1) 81 ilinde bulunan süt sığırları ve et sığırları işletmelerini kapsamaktadır. Araştırmada TÜİK'in 2020 yılı değerleri dikkate alınarak, süt sığırları ve et sığırları varlığı büyükbaş hayvan varlığı olarak değerlendirilmeye alınmıştır. Büyükbaş hayvan varlığının çalışmada kullanılmasında, günlük gübre üretim miktarının ve bu gübrenin biyogaz üretiminde kullanılabilirliğinin diğer hayvan sınıflarına göre daha yüksek olması etkili olmuştur.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu
(Figure 1. Location of the research area)

2.2. Metot

Büyükbaş hayvanlardan elde edilebilecek yaş gübre ve elde edilebilecek biyogaz enerjisi potansiyelinin hesaplanmasında birim hayvan için gübre üretimi, gübrenin kuru madde oranı, uçucu kuru madde oranları, gübrenin metan üretim oranına ait değerler ve bu büyükbaşlardan ortaya çıkan gübrenin kullanılabilirliği (Ekinci ve ark., 2010) 'a göre hesaplanmıştır.

$$YG=HS \times MYG \times 365$$

Burada:

YG: Yaş Gübre Miktarı (kg/yıl)

HS: Büyükbaş Sayısı (adet)

MYG: Büyükbaş Başına Ortalama Günlük Gübre Üretimi (kg/gün-hayvan)

ME= $YG * KM * UKM * MO * Kullanım\ Yüzdesi$
Burada:

ME: Elde edilebilir metan gazının enerji değeri (MJ)

YG: Yaş Gübre Miktarı (kg/yıl)

KM: Katı Madde Oranı (%)

UKM: Uçucu Kuru Madde Oranı (%)

MO: Hammadde özgül metan üretim oranı ($m^3\ CH_4/kg\ UKM$)

Tablo. 1. Hayvan türüne göre biyogaz prosesi için kabul edilen gübre miktarı ve özellikleri (Ekinci ve ark., 2010)
(Table 1. The amount and properties of animal manure accepted for the biogas process) (Ekinci et.all 2010)

Hayvan Türü	Birim hayvan için gübre üretimi (kg/hayvan-gün)	KM (kuru madde) (%)	Hammadde özgül metan üretim oranı ($m^3\ CH_4/kg\ UKM$)	UKM (Uçucu kuru madde) (%)	Hayvan Gübresinin Kullanılabilirliği (%)
Süt Sığırı	43,00	13,95	0.18	83,36	50
Et sığırı	29,00	14,66	0.33	84,65	50

Araştırma alanında elde edilebilecek potansiyel 1 MJ biyogazın elektrik enerjisi eş değeri 0,000278 MWh olarak hesaplanmıştır (Anonim, 2021a). Bu değerler sonucunda iller bazında elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi sonucu elde edilebilir elektrik enerjisi eş değeri hesaplanmış ve bu elde edilebilir elektrik enerjisinin, illerde tüketilen elektrik enerjisini

ne oranda karşılayabileceği belirlenmiştir. ARCGIS programında, araştırma alanında bulunan biyogaz üretim tesislerinin konumlarına ve üretim kapasitelerine ait harita ve büyükbaş hayvansal atıklarından elde edilebilecek elektrik enerjisinden yola çıkılarak illerde kurulabilecek olan biyogaz üretim tesislerinin konumlarına ve üretim kapasitelerine yönelik harita oluşturularak yorumlanmaya çalışılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İller bazında süt sığırı varlığı Tablo 2’de ve iller bazında et sığırı varlığı Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırma alanındaki süt sığırlarının illere göre dağılımı (adet)
(Table 2. Distribution of dairy cattle in the research area by provinces (number))

İl	Süt Sığırı (Adet)	İl	Süt Sığırı (Adet)	İl	Süt Sığırı (Adet)
ADANA	131903	GİRESUN	69820	SAMSUN	214377
ADİYAMAN	91474	GÜMÜŞHANE	50604	SİİRT	26401
AFYON	236341	HAKKARİ	32433	SİNOP	57390
AĞRI	218477	HATAY	80065	SİVAS	241312
AMASYA	90989	ISPARTA	87309	TEKİRDAĞ	85847
ANKARA	232241	MERSİN	83356	TOKAT	177495
ANTALYA	102901	İSTANBUL	56641	TRABZON	96202
ARTVİN	45065	İZMİR	481530	TUNCELİ	23782
AYDIN	258913	KARS	324521	ŞANLIURFA	182212
BALIKESİR	310886	KASTAMONU	178253	UŞAK	85889
BİLECİK	22355	KAYSERİ	182170	VAN	106160
BİNGÖL	81289	KIRKLARELİ	91628	YOZGAT	157914
BİTLİS	56764	KIRŞEHİR	91956	ZONGULDAK	52354
BOLU	85660	KOCAELİ	63176	AKSARAY	198899
BURDUR	139527	KONYA	537837	BAYBURT	49671
BURSA	127257	KÜTAHYA	114107	KARAMAN	53792
ÇANAĞKALE	139112	MALATYA	97388	KIRIKKALE	33393
ÇANKIRI	103976	MANİSA	141328	BATMAN	71761
ÇORUM	145069	KAHRAMANMARAŞ	110777	ŞIRNAK	44146
DENİZLİ	188397	MARDİN	70205	BARTIN	35028
DİYARBAKIR	348791	MUĞLA	172745	ARDAHAN	205199
EDİRNE	104823	MUŞ	201296	İĞDIR	86072
ELAZIĞ	117602	NEVŞEHİR	69116	YALOVA	7198
ERZİNCAN	58862	NİĞDE	141337	KARABÜK	32476
ERZURUM	512167	ORDU	89403	KİLİS	7378
ESKİŞEHİR	102593	RİZE	12275	OSMANİYE	51720
GAZİANTEP	92447	SAKARYA	103858	DÜZCE	33843

Tablo 3. Araştırma alanındaki et sığırlarının illere göre dağılımı (adet)
(Table 3. Distribution of beef cattle in the research area by provinces (number))

İl	Et Sığırı (Adet)	İl	Et Sığırı (Adet)	İl	Et Sığırı (Adet)
ADANA	59836	GİRESUN	16832	SAMSUN	58106
ADİYAMAN	24806	GÜMÜŞHANE	16979	SİİRT	4797
AFYON	76668	HAKKARİ	1959	SİNOP	11754
AĞRI	88256	HATAY	27432	SİVAS	64816
AMASYA	53853	ISPARTA	21413	TEKİRDAĞ	17447
ANKARA	218613	MERSİN	21071	TOKAT	42115
ANTALYA	25406	İSTANBUL	16850	TRABZON	19311
ARTVİN	14372	İZMİR	98700	TUNCELİ	4051
AYDIN	62979	KARS	118459	ŞANLIURFA	108778
BALIKESİR	71682	KASTAMONU	38433	UŞAK	19430
BİLECİK	7466	KAYSERİ	67901	VAN	33423
BİNGÖL	17463	KIRKLARELİ	18666	YOZGAT	33582
BİTLİS	13230	KIRŞEHİR	93718	ZONGULDAK	14906
BOLU	14623	KOCAELİ	27471	AKSARAY	60479
BURDUR	20126	KONYA	149706	BAYBURT	16817
BURSA	52181	KÜTAHYA	23547	KARAMAN	7783
ÇANAĞKALE	23561	MALATYA	30419	KIRIKKALE	17535

ÇANKIRI	19880	MANİSA	35878	BATMAN	22094
ÇORUM	35021	KAHRAMANMARAŞ	39752	ŞIRNAK	13561
DENİZLİ	32457	MARDİN	11715	BARTIN	4801
DİYARBAKIR	145853	MUĞLA	37731	ARDAHAN	40919
EDİRNE	12544	MUŞ	39815	İĞDIR	33266
ELAZIĞ	44526	NEVŞEHİR	15061	YALOVA	3163
ERZİNCAN	25015	NİĞDE	8313	KARABÜK	10013
ERZURUM	129154	ORDU	21008	KİLİS	2311
ESKİŞEHİR	28783	RİZE	2940	OSMANİYE	7886
GAZİANTEP	46806	SAKARYA	35645	DÜZCE	12551

Büyükbaş hayvan varlığına ait çizelgeler incelendiğinde; araştırma alanının 10298926 adet süt sığırları ve 3088269 adet et sığırlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Süt sığırları varlığı olarak %5,22 ile Konya ilinin ilk sırada; %4,97 ile Erzurum ilinin ikinci sırada ve %0,06 ile Yalova ilinin son sırada bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte et sığırları varlığı olarak ise;

%7,07 Ankara ilinin ilk sırada; %4,85 ile Konya ilinin ikinci sırada ve %0,06 ile Hakkari ilinin son sırada bulunduğu belirlenmiştir. Araştırma alanındaki et sığırları ve süt sığırları büyükbaş hayvan varlığından yola çıkılarak elde edilebilecek potansiyel biyogaz miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Araştırma alanında elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi miktarı (MJ)
(Table 4. The potential amount of biogas energy that can be obtained in the research area (MJ))

İl	Elde Edilebilir Toplam Biyogaz Enerji (MJ)	İl	Elde Edilebilir Toplam Biyogaz Enerji (MJ)	İl	Elde Edilebilir Toplam Biyogaz Enerji (MJ)
ADANA	34635337,78	GİRESUN	15116876,55	SAMSUN	47807682,11
ADIYAMAN	20402066,24	GÜMÜŞHANE	11992288,41	SİİRT	5376361,26
AFYON	55438618,40	HAKKARİ	5752083,13	SİNOP	11974509,02
AĞRI	55015815,10	HATAY	19097161,85	SİVAS	53686379,44
AMASYA	26617997,93	ISPARTA	18982523,98	TEKİRDAĞ	17882789,44
ANKARA	85530069,73	MERSİN	18259073,82	TOKAT	38283527,29
ANTALYA	22409125,22	İSTANBUL	12955975,74	TRABZON	19987717,37
ARTVİN	10517407,19	İZMİR	100488906,60	TUNCELİ	4784473,63
AYDIN	56179397,51	KARS	78980907,98	ŞANLIURFA	53506776,55
BALIKESİR	66602833,39	KASTAMONU	37610006,93	UŞAK	18319480,54
BİLECİK	5290233,91	KAYSERİ	44640264,52	VAN	24682044,66
BİNGÖL	17137553,40	KIRKLARELİ	19096589,11	YOZGAT	33217694,92
BİTLİS	12191587,12	KIRŞEHİR	35417112,65	ZONGULDAK	11830447,42
BOLU	17240003,47	KOCAELİ	16331402,43	AKSARAY	45779562,94
BURDUR	27280987,93	KONYA	120792933,60	BAYBURT	11803920,83
BURSA	32213046,95	KÜTAHYA	23846922,85	KARAMAN	10522828,26
ÇANAĞKALE	27957315,60	MALATYA	22590060,95	KIRIKKALE	9285690,51
ÇANKIRI	21388010,27	MANİSA	30990885,16	BATMAN	16576185,23
ÇORUM	31419642,62	KAHRAMANMARAŞ	26812176,87	ŞIRNAK	10190676,10
DENİZLİ	37981047,12	MARDİN	14071067,14	BARTIN	6794312,03
DİYARBAKIR	88904864,24	MUĞLA	36553104,36	ARDAHAN	42575008,39
EDİRNE	19937147,29	MUŞ	41694616,70	İĞDIR	21348332,04
ELAZIĞ	28967970,33	NEVŞEHİR	14617392,86	YALOVA	1867897,52
ERZİNCAN	15090469,02	NİĞDE	25017971,22	KARABÜK	7504756,95
ERZURUM	112121935,00	ORDU	19238708,50	KİLİS	1712803,53
ESKİŞEHİR	23090458,05	RİZE	2653520,44	OSMANİYE	10204802,52
GAZİANTEP	25330136,10	SAKARYA	24785507,31	DÜZCE	8279384,30

Tablo 4 incelendiğinde, elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin 2361063163 MJ ve elde edilebilecek toplam biyogaz enerjisinin %5,11'inin Konya, %4,75'inin Erzurum ve %0,07'sinin Kilis ilinde bulunduğu görülmektedir. Toplam elde edilebilir biyogaz enerjisi varlığında Konya ilinin en yüksek paya sahip olmasında toplam hayvan varlığının etkisi ile beraber özellikle süt sığırlarının günlük gübre üretiminin 43,00 kg/hayvan-gün olmasından kaynaklı olarak 537837 adet

süt sığırının etkisinden bahsedilebilir. Atılğan ve ark., 2021; Antalya ilindeki toplam hayvansal atıklardan elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin 45570947,23 MJ ve çalışmaya dahil olan büyükbaş hayvan varlığından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin 36100661,62 MJ olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmamız sonucunda Antalya ilinde elde edilebilecek biyogaz enerjisi miktarı 22409125,22 MJ'dir. Antalya ili için 2020 yılı Türkiye İstatistik Kurumu büyükbaş hayvan sayısı verilerinin 2019 yılı verilerine göre azalması da

dikkate alındığında; araştırmamızın Atılgan ve ark., 2021'nin çalışması ile paralellik gösterdiği düşünülebilir ve bununla birlikte biyogaz enerjisi elde edilmesi için diğer hayvansal atıkların da değerlendirilmesinin gerekliliğinden bahsedilebilir. Ardahan ili için toplam hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisi potansiyeli 2019 yılı için 66055457,42 MJ olarak hesaplanmıştır (Atılgan ve ark., 2020). Ancak araştırmamız sonucunda Ardahan ili için hesaplanan büyükbaş hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisinin

42575008,39 MJ olduğu belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak biyogaz enerjisi elde ederken farklı hayvansal atıkların beraber değerlendirilmeye alınmasının gerekliliğinin bir kez daha ne çıktığı söylenbilir.

Elde edilebilecek toplam potansiyel biyogaz enerjisinden yola çıkılarak elde edilebilecek potansiyel elektrik enerjisi miktarı Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Araştırma alanında elde edilebilecek potansiyel elektrik enerjisi miktarı (MWh)
(Table 5. The potential amount of electrical energy that can be obtained in the research area (MWh))

İl	Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi (MWh)	İl	Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi (MWh)	İl	Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi (MWh)
ADANA	9628,62	GİRESUN	4202,49	SAMSUN	13290,54
ADİYAMAN	5671,77	GüMüşHANE	3333,86	şİİRT	1494,63
AFYON	15411,94	HAKKARİ	1599,08	şİNOP	3328,91
AĞRI	15294,40	HATAY	5309,01	şİVAS	14924,81
AMASYA	7399,80	İSPARTA	5277,14	TEKİRDAĞ	4971,42
ANKARA	23777,36	MERSİN	5076,02	TOKAT	10642,82
ANTALYA	6229,77	İSTANBUL	3601,76	TRABZON	5556,59
ARTVİN	2923,84	İZMİR	27935,92	TUNCELİ	1330,08
AYDIN	15617,87	KARS	21956,69	şANLIURFA	14874,88
BALIKESİR	18515,59	KASTAMONU	10455,58	UşAK	5092,82
BİLECİK	1470,69	KAYSERİ	12409,99	VAN	6861,61
BİNGÖL	4764,24	KIRKLARELİ	5308,85	YOZGAT	9234,52
BİTLİS	3389,26	KİRşEHİR	9845,96	ZONGULDAK	3288,86
BOLU	4792,72	KOCAELİ	4540,13	AKSARAY	12726,72
BURDUR	7584,11	KONYA	33580,44	BAYBURT	3281,49
BURSA	8955,23	KÜTAHYA	6629,44	KARAMAN	2925,35
ÇANAKKALE	7772,13	MALATYA	6280,04	KIRIKKALE	2581,42
ÇANKIRI	5945,87	MANİSA	8615,47	BATMAN	4608,18
ÇORUM	8734,66	KAHRAMANMARAş	7453,79	şIRNAK	2833,01
DENİZLİ	10558,73	MARDİN	3911,76	BARTIN	1888,82
DİYARBAKIR	24715,55	MUĞLA	10161,76	ARDAHAN	11835,85
EDİRNE	5542,53	MUş	11591,10	İĞDIR	5934,84
ELAZIĞ	8053,10	NEVşEHİR	4063,64	YALOVA	519,28
ERZİNCAN	4195,15	NİĞDE	6955,00	KARABÜK	2086,32
ERZURUM	31169,90	ORDU	5348,36	KİLİS	476,16
ESKİşEHİR	6419,15	RİZE	737,68	OSMANİYE	2836,94
GAZİANTEP	7041,78	SAKARYA	6890,37	DÜZCE	2301,67

Büyükbaş hayvansal atıkların biyogaz teknolojisi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilebilecek biyogaz miktarının yaklaşık 656375,63 MWh elektrik enerjisine eş değer olduğu belirlenmiştir. Isparta'daki hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogazın rtaltı ısıtılmasında değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada büyükbaş hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisinin 49751,36496 MWh elektrik enerjisine eş değer olduğu belirlenmiştir (Gökdoğan, 2019). Isparta ilinde elde edilebilecek olan 5277,14 MWh elektrik enerjisinin seraların ısıtılmasında kullanılabilirdiği gibi Isparta ili için 68.349 MWh/yıl (Anonim, 2021b) tüketime sahip olan tarımsal sulama elektriği için de değerlendirilmesi düşünülebilir. Çalışma alanında elde edilebilecek biyogaz enerjisinin Kırşehir ili için elektrik eş değer enerjisi 9845,96 MWh olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde 2017 yılı için Kırşehir ilinde büyükbaş hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisinin 56617,34106 MWh elektrik enerjisine eş değer olduğu belirlenmiştir (Boyacı, 2017). Kırşehir ili için e-ISSN: 2148-2683

yapılan elektrik eş değer hesaplamalarında çalışma yıllarına ait büyükbaş hayvan varlığı farklılık göstermesine rağmen araştırma değerlerinin paralellik gösterdiği varsayılabilir. Elde edilebilecek elektrik eş değer enerjisinin hayvan barınaklarının aydınlatılmasında ve ısıtılmasında kullanılmasının hayvancılık faaliyetlerine pozitif bir ivme kazandırabileceği de unutulmamalıdır. Ayrıca; elde edilebilecek elektrik enerjisinin tarımsal faaliyetler dışında da kullanımı da ön plana çıkabilecektir. Bir evin elektrik tüketime ortalama 2,333 MWh/yıl'dır (Atılgan ve ark., 2016). Buradan, toplam elde edilebilecek yıllık 656375,63 MWh elektrik enerjisi ile yaklaşık olarak 281344 adet hanenin elektrik ihtiyacının karşılanabileceği hesaplanmıştır. TEDAş 2020 elektrik cretlendirilmesine göre elektriğin mesken için kWh'lık kullanım fiyatı 0,393 TL'dir (Anonim, 2021c). Böylelikle elde edilebilecek elektriğin meskenlerde kullanılması durumunda 257955622,59 TL'lik ülke ekonomisine bir kazanım sağlanabilecektir.

İllerin 2020 yılına ait ücretlendirilen toplam elektrik kullanımını Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Araştırma alanındaki illerde 2020 yılında tüketilen elektrik miktarı (MWh) (Anonim, 2021b)
(Table 6. The amount of electricity consumed in the provinces in the research area in 2020 (MWh)) (Anonymous, 2021b)

İl	Tüketilen Elektrik (MWh)	İl	Tüketilen Elektrik (MWh)	İl	Tüketilen Elektrik (MWh)
ADANA	7152233,37	GİRESUN	699026,95	SAMSUN	3234075,51
ADIYAMAN	1200930,00	GÜMÜŞHANE	375038,44	SİİRT	453216,17
AFYON	1886172,56	HAKKARİ	287139,65	SİNOP	375012,23
AĞRI	488145,81	HATAY	4688809,62	SİVAS	1272256,30
AMASYA	604734,83	ISPARTA	976102,75	TEKİRDAĞ	7158109,69
ANKARA	14099402,63	MERSİN	5032384,93	TOKAT	863976,44
ANTALYA	7521320,37	İSTANBUL	38487633,35	TRABZON	1468069,63
ARTVİN	441803,46	İZMİR	15238973,00	TUNCELİ	127584,85
AYDIN	2731105,72	KARS	319354,09	ŞANLIURFA	5350457,55
BALIKESİR	3482514,90	KASTAMONU	1038918,89	UŞAK	1790708,05
BİLECİK	2027587,44	KAYSERİ	3821507,97	VAN	1049140,03
BİNGÖL	303740,41	KIRKLARELİ	2077281,82	YOZGAT	706857,55
BİTLİS	365624,90	KİRŞEHİR	431521,17	ZONGULDAK	1185105,80
BOLU	1082602,02	KOCAELİ	10180000,80	AKSARAY	1135282,06
BURDUR	847753,77	KONYA	6853342,70	BAYBURT	103415,28
BURSA	11380871,27	KÜTAHYA	1594982,73	KARAMAN	885767,32
ÇANAKKALE	2761636,28	MALATYA	1620659,13	KIRIKKALE	546870,99
ÇANKIRI	514466,02	MANİSA	4309129,63	BATMAN	904625,39
ÇORUM	845249,19	KAHRAMANMARAŞ	3782632,36	ŞIRNAK	644324,59
DENİZLİ	3434409,70	MARDİN	2038947,28	BARTIN	666283,21
DIYARBAKIR	2858333,05	MUĞLA	3199645,15	ARDAHAN	130666,35
EDİRNE	1027479,39	MUŞ	402178,76	İĞDIR	206595,14
ELAZIĞ	1250648,70	NEVŞEHİR	764513,59	YALOVA	758130,24
ERZİNCAN	634339,51	NİĞDE	1242426,64	KARABÜK	590448,73
ERZURUM	893633,87	ORDU	1290030,34	KİLİS	490723,00
ESKİŞEHİR	3033934,89	RİZE	745654,82	OSMANİYE	4048250,84
GAZİANTEP	8153338,12	SAKARYA	3779110,38	DÜZCE	989702,75

İllerin elektrik tüketimine ait çizelge incelendiğinde, toplam elektrik tüketiminin 233436614,8 MWh olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, 38487633,35 MWh ile İstanbul’un Türkiye genelindeki elektrik kullanımının %16,49’unu oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 15238973 MWh ile İzmir’in %6,53 ve 103415,28 MWh ile Bayburt’un

%0.04 kullanım payına sahip olduğu hesaplanmıştır. Elektrik tüketiminin metropol şehirlerde ve sanayinin öne çıktığı şehirlerde daha fazla olduğu buna karşın sanayinin ve nüfusun az olduğu şehirlerde ise daha az olduğu söylenebilir. Elde edilebilir toplam potansiyel elektrik enerjisinin kullanılan elektrik enerjisini karşılama yüzdesi Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Elde edilebilir elektrik enerjisinin tüketilen elektrik enerjisini karşılama yüzdesi (%)
(Table 7. The percentage of available electrical energy that meets the consumed electrical energy (%))

İl	Elektrik Enerjisini Karşılama Yüzdesi (%)	İl	Elektrik Enerjisini Karşılama Yüzdesi (%)	İl	Elektrik Enerjisini Karşılama Yüzdesi (%)
ADANA	0,134624	GİRESUN	0,601191	SAMSUN	0,410953
ADIYAMAN	0,472281	GÜMÜŞHANE	0,888938	SİİRT	0,329783
AFYON	0,817101	HAKKARİ	0,5569	SİNOP	0,88768
AĞRI	3,133162	HATAY	0,113227	SİVAS	1,173098
AMASYA	1,223644	ISPARTA	0,540634	TEKİRDAĞ	0,069452
ANKARA	0,168641	MERSİN	0,100867	TOKAT	1,231841
ANTALYA	0,082828	İSTANBUL	0,009358	TRABZON	0,378496
ARTVİN	0,661797	İZMİR	0,183319	TUNCELİ	1,042506
AYDIN	0,571852	KARS	6,875343	ŞANLIURFA	0,278011
BALIKESİR	0,531673	KASTAMONU	1,00639	UŞAK	0,284403
BİLECİK	0,072534	KAYSERİ	0,324741	VAN	0,654022
BİNGÖL	1,568524	KIRKLARELİ	0,255567	YOZGAT	1,306419

BİTLİS	0,926977	KİRŞEHİR	2,281686	ZONGULDAK	0,277516
BOLU	0,442704	KOCAELİ	0,044599	AKSARAY	1,121018
BURDUR	0,894612	KONYA	0,489986	BAYBURT	3,173119
BURSA	0,078687	KÜTAHYA	0,415643	KARAMAN	0,330262
ÇANAKKALE	0,281432	MALATYA	0,387499	KIRIKKALE	0,472035
ÇANKIRI	1,155736	MANİSA	0,199935	BATMAN	0,509402
ÇORUM	1,033383	KAHRAMANMARAŞ	0,197053	ŞIRNAK	0,439687
DENİZLİ	0,307439	MARDİN	0,191852	BARTIN	0,283486
DİYARBAKIR	0,864684	MUĞLA	0,31759	ARDAHAN	9,05807
EDİRNE	0,53943	MUŞ	2,882077	IĞDIR	2,872691
ELAZIĞ	0,643914	NEVŞEHİR	0,531533	YALOVA	0,068495
ERZİNCAN	0,661341	NİĞDE	0,559792	KARABÜK	0,353345
ERZURUM	3,487994	ORDU	0,414592	KİLİS	0,097032
ESKİŞEHİR	0,211578	RİZE	0,09893	OSMANİYE	0,070078
GAZİANTEP	0,086367	SAKARYA	0,182328	DÜZCE	0,232562

Ertop ve ark., 2019; tarafından yapılmış olan bir çalışmada yumurta tavukçuluğu atıklarından biyogaz teknolojisi kullanımı ile elde edilebilir elektrik enerjisinin tüketilen elektrik enerjisini karşılama oranının Erzurum'da %0,01; Kars'ta %0,004; Ardahan %0 ve Bayburt'ta %1,36 olduğu hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvansal atıklardan biyogaz teknolojisi kullanılarak elde edilebilir elektrik enerjisinin kullanılan elektrik enerjisini karşılama yüzdelerine ait çizelge incelendiğinde ise, Erzurum ilinde %3,487994, Bayburt ilinde %3,173119 ve Ardahan ilinde ise bu oran %9,05807 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkılarak, şehirlerin

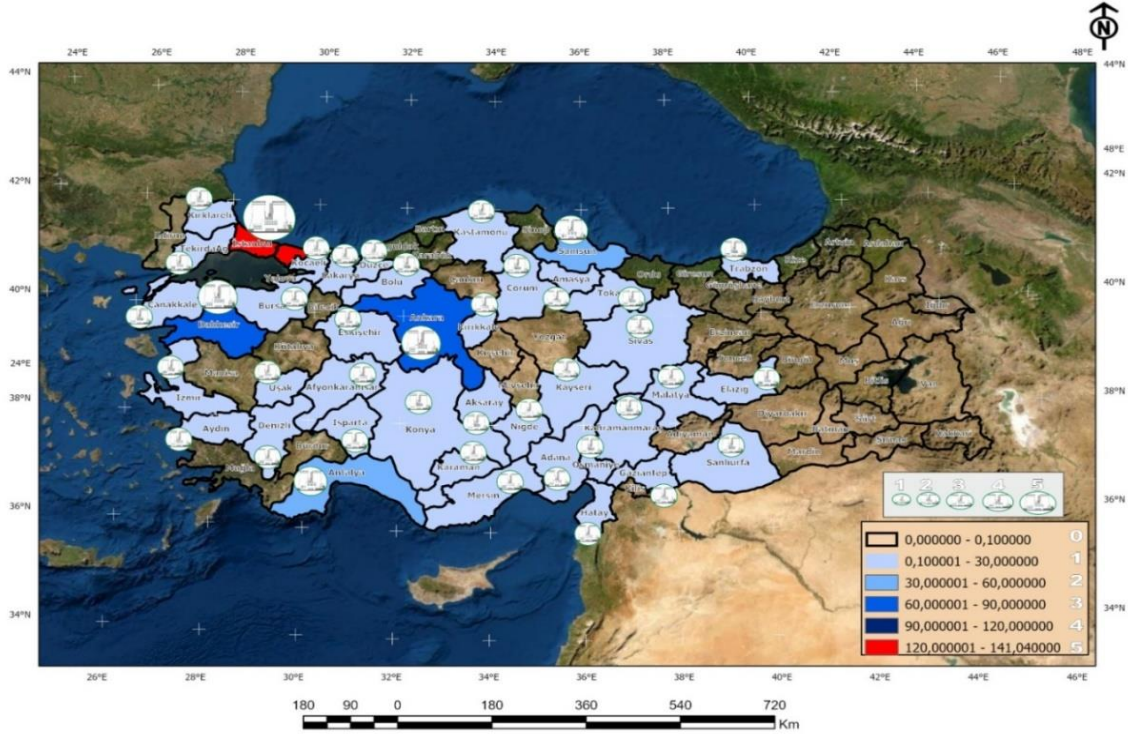
kullandıkları elektrik enerjisini sahip oldukları hayvansal atık kaynakları ile karşılama yüzdelerinde, büyükbaş sayısı ile birlikte kullanılan elektrik değerinin de etkili olduğu da düşünülmelidir. Ayrıca bu sonuçlardan, hayvansal atıklardan yararlanılarak elektrik enerjisi elde etmek için projelendirilecek bir biyogaz tesisinin öncelikle ilin hayvansal atık türüne göre düşünülmesi ve daha sonra ise diğer hayvansal ve bitkisel atıkların ilave olarak değerlendirilmeye alınabilmesi düşüncesi ile projelendirilmesi gerekliliğinden söz edilebilir. Türkiye'de bulunan 106 adet biyogaz enerji santrallerin buldukları illere göre toplam kurulu güçlerine ait bilgiler Tablo 8'de verilmiştir (Anonim, 2021d).

Tablo 8. Türkiye'de bulunan biyogaz enerji santrallerin buldukları illere göre toplam kurulu güçleri (MW) (Anonim, 2021d)
(Table 8. Total installed power of biogas power plants in Turkey according to the provinces where they are located (MW))
(Anonymous, 2021d)

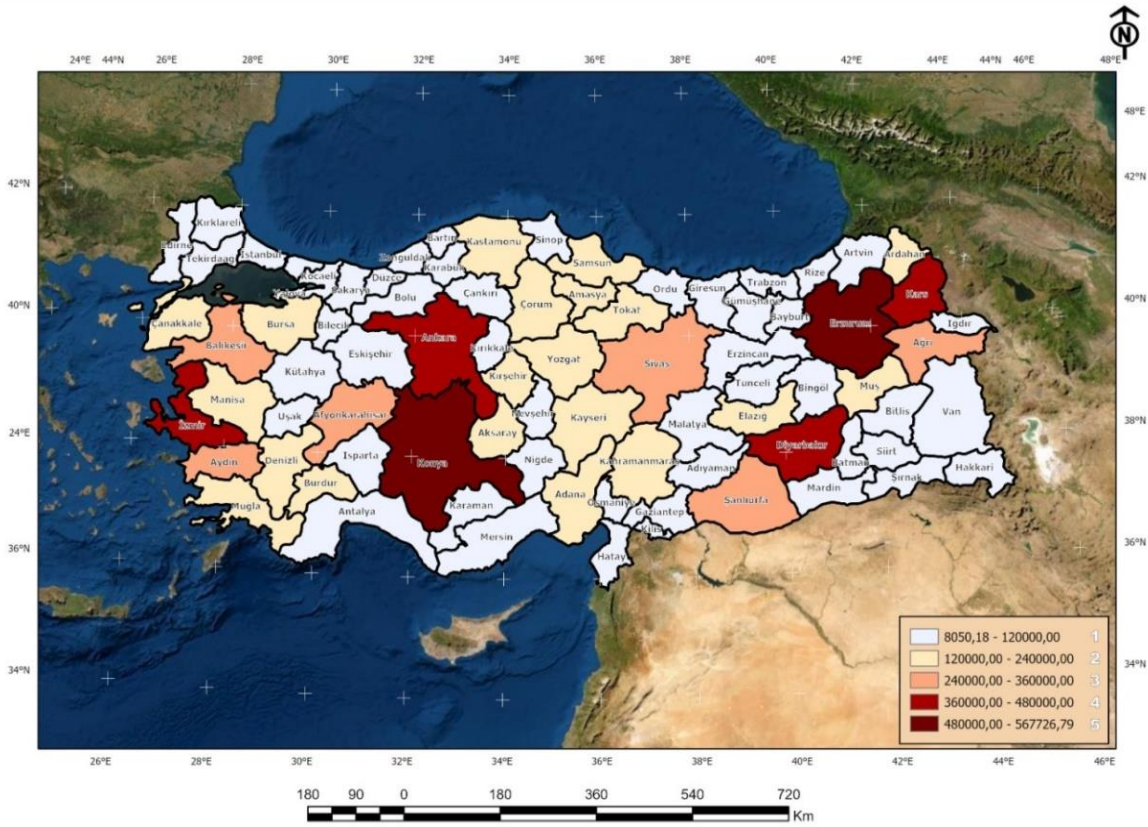
İl	Güç (MW)	İl	Güç (MW)
Adana	19,36	Kahramanmaraş	6,95
Afyonkarahisar	17,63	Karaman	1,41
Aksaray	8,89	Kastamonu	6,06
Amasya	3,84	Kayseri	5,78
Ankara	62,57	Kırıkkale	1
Antalya	32,37	Kırklareli	22,27
Aydın	22,14	Kocaeli	11,43
Balıkesir	73,47	Konya	22,3
Bolu	1,13	Malatya	8,8
Bursa	27,8	Mersin	19,34
Çanakkale	15	Niğde	2,4
Çorum	5	Osmaniye	3,12
Denizli	1,12	Sakarya	2,89
Düzce	6,39	Samsun	40,82
Elazığ	5,03	Sivas	2,83
Eskişehir	2,04	Şanlıurfa	11,44
Gaziantep	7,32	Tekirdağ	14,49
Hatay	11,31	Tokat	2,3
Isparta	2,83	Trabzon	4,24
İstanbul	141,04	Uşak	1,2
İzmir	18,07		

Tablo 8 incelendiğinde, en büyük elektrik üretim kapasitesinin 141,04 MW ile İstanbul ilinde ve en düşük üretim kapasitesinin 1 MW ile Kırıkkale ilinde bulunduğu ve bununla birlikte üretilebilecek enerjinin toplam 675,42 MW olduğu görülmektedir.

Türkiye'deki mevcut biyogaz tesislerinin dağılımı ve kapasiteleri Şekil 2'de; hayvansal atık potansiyeline göre kurulabilecek biyogaz tesislerinin dağılımı ve kapasiteleri ise Şekil 3'te verilmiştir



Şekil 2. Türkiye'deki biyogaz tesislerinin dağılımı ve kapasiteleri (Figure 2. Distribution and capacities of existing biogas plants in Turkey)



Şekil 3. Hayvansal atık potansiyeline göre kurulabilecek biyogaz tesislerinin dağılımı ve kapasiteleri (Figure 3. Distribution and capacities of biogas facilities that can be established according to animal waste potential)

Şekil 2 incelendiğinde, mevcut biyogaz tesisi kapasitesi olarak İstanbul'un ilk sırada bulunduğu görülmektedir. İstanbul ilini Balıkesir, Ankara, Samsun ve Antalya illerinin izlediği görülmektedir. Bununla birlikte 30 MW'den düşük biyogaz üretim kapasitesine sahip tesislerin ise İç Anadolu Bölgesi ve Doğu Karadeniz Bölümü harici sahil kesiminde yoğunlaştığı görülmektedir. Benzer şekilde, büyükbaş hayvansal atıkların işlenebilmesi için kurulabilecek biyogaz üretim tesislerinin bulunduğu Şekil 3 incelendiğinde ise, en yüksek üretim kapasitesinin mevcut biyogaz tesisi bulunan Konya ve Ankara illerinde kurulacak olan tesislere ait olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, mevcut biyogaz tesisinin bulunmadığı Erzurum, Kars ve Diyarbakır illerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin ise en yüksek elektrik üretim kapasitesine sahip olduğu söylenebilir.

Biyogaz tesislerinin hayvancılığın fazla olduğu alanlardan ziyade nüfusun fazla olduğu alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bölgelerde projelendirilip inşa edilecek olan bir biyogaz tesisinin yerel ekonomiye katkı sağlayabilecek olmasının yanında hayvancılık faaliyetlerinin de artmasına sebep olabileceği varsayılabilir. Bununla birlikte, hayvansal atıkların kontrolsüz bir şekilde çevreye yayılmasının önüne geçilerek çevre sağlığının korunabileceği de bir gerçektir.

4. Sonuç

Ülkemiz biyogaz enerji potansiyeli olarak farklı zenginlikte kaynaklara sahiptir. Büyükbaş hayvan atıklarının biyogaz üretiminde değerlendirilmesi bu açıdan daha büyük önem taşımaktadır. Araştırma alanındaki büyükbaş hayvansal atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin enerji yatırımı olarak değerlendirilmesiyle ülkemizde enerji planlamasının kolaylaştırabileceği düşünülmektedir.

Araştırma sonucunda büyükbaş atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin 2361063163 MJ ve elde edilebilecek elektrik enerjisinin 656375,63 MWh olduğu belirlenmiştir.

Elde edilebilecek elektrik enerjisinin kullanılan elektrik enerjisini karşılama oranı olarak Ardahan ili oranının %9,05807 ve bu oranın Erzurum ilinde ise %3,487994 olduğu görülmektedir. Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'da ise bu oranın %0,009358 olduğu belirlenmiştir. Bu değer az olmasındaki neden olarak İstanbul'un hayvan varlığının aksine tüketilen elektrik değerinin diğer şehirlere göre oldukça fazla miktarda olması sebep gösterilebilir.

Biyokütle enerjisi için yüksek miktarda hammadde imkânı bulunan Türkiye'de, şehirlerde projelendirilecek olan biyogaz tesislerinin farklı organik atıkların değerlendirilmeye alınması düşüncesi ile planlanması gerektiği söylenebilir. Böylelikle bu şehirlerde elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının kullanılan elektrik enerjisini karşılama yüzdelerinin daha üst seviyelerde bulunması sağlanabilecek, ayrıca kurulacak olan tesisler bölge ve ülke ekonomisine pozitif ivme kazandırabilecektir.

Kaynaklar

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, 714–723, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.117>.

- Acaroğlu, M., 2007. Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Yayın No: 1253, 609s, Ankara.
- Anonim, 1996. Manure Production and Characteristic, Standard of ASAE. Engineering Practice, ASAE, EP379.1, 576-578, Michigan.
- Anonim, 2006. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Türkiye Çevre Vakfı, Yayın No:175, 368s, Ankara.
- Anonim, 2021a. Enerji Birimi Dönüştürme <https://www.birimler.info/Megajoule+birimini+Megawatt+saat+birimine+donustur.php> (Erişim: 8.11.2021)
- Anonim, 2021b. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK). Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyillik-sektor-raporu> (Erişim: 8.11.2021)
- Anonim, 2021c. Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ).2020 Yılı Ekim Ayı Elektrik Tarifeleri. https://www.tedas.gov.tr/#!tedas_tarifeler (Erişim: 8.11.2021)
- Anonim, 2021d. Türkiye'de bulunan Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri. <https://www.enerjiatlas.com/biyogaz/> (Erişim: 8.11.2021)
- Atılğan, A., Erkan, M., Saltuk, B., Alagöz, T., 2006. Akdeniz Bölgesindeki Hayvancılık İşletmelerinde Gübrenin Yaratığı Çevre Kirliliği. *Ekoloji*, 15(58): 1-7.
- Atılğan, A., Coşkan, A., Saltuk, B., Erkan, M., 2007. Antalya Yöresindeki Seralarda Kimyasal Ve Organik Gübre Kullanım Düzeyleri Ve Olası Çevre Etkileri. *Ekoloji Dergisi*, 15(62): 37-47.
- Atılğan, A., Çetin, H., Tezcan, A., 2016. Bitkisel Atıkların Biyogaz Enerji Üretiminde Kullanılması: Kumluca Örneği. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 12-15 Nisan, Antalya, 435-438.
- Atılğan A., Saltuk B., Ertop, H., Yücel, A. 2020. Determination of Potential Biogas, Electricity and Natural Gas Energy Value that can be Obtained from Animal Wastes, 4. Asia Pacific International Congress on Contemporary Studies, ISBN:978-625-7687-42-3, 12- 13 December, Subic Bay Freeport Zone, Philippines, Page: 1-14.
- Atılğan, A., Saltuk, B., Ertop, H., Aksoy, E., 2021. Determination of the Potential Biogas Energy Value of Animal Wastes: Case of Antalya. *European Journal of Science and Technology Special Issue 22*, pp. 263-272, January 2021
- Boyacı, S., 2017. Determination of Biogas Potential from Animal Waste in Kırşehir Province. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4): 447–455.
- Çağlayan, G. H., Koçer, N. N., 2014. Muş İlinde Hayvan Potansiyelinin Değerlendirilerek Biyogaz Üretimine Araştırılması. *Muş Alparlan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, (2):1, 215-220.
- Ekinci, K., Kulcu, R., Kaya, D., Yıldız, O., Ertekin, C., 2010. The Prospective of Potential Biogas Plants That Can Utilize Animal Manure in Turkey. *Energy Exploitation and Exploration*. 28 (3):187-206.
- Ekpeni, L.E.N., Benyounis, K.Y., Ekpeni, F. N., Stokes, J. and Olabi, A. G., 2014. Energy diversity through renewable energy source (RES) – A case study of biomass. *Energy Procedia*, 61, 1740 – 1747.
- Ertop, H., Atılğan, A., Yücel, A., 2019. Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilir Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Yumurta Tavukçuluğu Örneği. *Spec 3. Uluslararası Tarım, Hayvancılık ve Kırsal Kalkınma Kongresi*, 20-22 Aralık, Van, 948-960s.

- Fanchi, J. R., Fanchi, C. J., 2011. Energy in the 21st Century. World Scientific Publishing Co.Pte. Ltd. 5 Toh Tuck Link, Singapore 596224.
- Gökdoğan, O., 2019. Isparta İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerjinin Sera Isıtmasında Kullanımı. Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi, 5(1), 27-34.
- Öztürk, M., 2005. Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 5,8-18,21.
- Öztürk, H. H., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı. Teknik Yayınevi, 367s, Ankara.
- Tafdrup, S., 1994. Centralized Biogas Plants Combine Agricultural and Environmental Benefits with Energy Production, Water Science and Technology, 30:133-140.
- Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S., Reiter, R., 2008. Hayvansal atıklardan biyogaz üretimi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES, 17-19.
- Topaloğlu B., İmren V. 2011. Samsun İlinde Biyogaz Enerjisi Potansiyeli ve Uygulanabilirliği. Samsun Sempozyumu, 13 Ekim 2011, Samsun.
- Yürük, F., Erdoğan, P., 2015. Düzce İlinin Hayvansal Atıklardan Üretilen Biyogaz Potansiyeli Ve K-Means Kümeleme İle Optimum Tesis Konumunun Belirlenmesi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, Cilt 4, Sayı 1, 47-56.