

# Konya İlinin Toplanabilir Bitkisel Artık ve Hayvansal Atık Kaynaklı Metan Potansiyeli

Fatma Didem TUNÇEZ<sup>1</sup>, Süleyman SOYLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KTO Karatay Üniversitesi, Enerji Yönetimi Bölümü, Konya

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya

**\* Sorumlu Yazar**

s.soylu@selcuk.edu.tr

**Yayın Bilgisi:**

Geliş tarihi: 27.09.2022

Kabul Tarihi: 13.12.2022

**Anahtar kelimeler:** Metan, Hayvansal Atıklar, Bitkisel Artıklar, Yenilenebilir Enerji, İklim Değişikliği

**Keywords:** Methane, Animal Manure, Crop Residues, Renewable Energy, Climate Change

## Özet

Nüfusun artması ve insanların, refahını sağlayan araçlara alışması; daha çok üretime, daha çok üretim ise daha çok enerjiye ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Kısıtlı kaynak olan fosil yakıtların bir gün tükenecek olması endüstriyel üretimin önünde çözüm bekleyen en büyük tehditlerden birisidir. Bir diğer tehdit ise fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazlarıdır. Endüstrileşme ile birlikte fosil yakıt kullanımına paralel olarak atmosferde bulunan sera gazı konsantrasyonu da hızla artmıştır. Bu durumun ise iklim değişikliğine neden olduğu kabul edilmektedir. Sürdürülebilir üretim ve sürdürülebilir çevre için enerji üretiminin sera gazı oluşturmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması gerektiği artık bilinmektedir. Türkiye'nin de taraf olduğu Paris iklim anlaşması ile sözleşmeyi imzalayan ülkeler sera gazlarını azaltma taahhüdü altına girmişlerdir.

Nüfus artışının bir başka sonucu ise, gıdaya olan ihtiyacın artması ve bu ihtiyacın karşılanması için tarım işletmelerinin çok büyük endüstriyel işletmelere dönüşmesidir. Bu işletmelerin problemlerinden biri ise üretim sırasında oluşan atık ve artıklardır. Gerek endüstriyel hayvancılık tesislerinden kaynaklanan atıklar gerekse bitkisel artıklar; havayı, suyu ve toprağı kirlettiği gibi zararlı patojenlerin de yayılmasına neden olmaktadır. Tarımsal atık ve artıklarının açık ortamda çürümesi, önemli sera gazları arasında yer alan metanın atmosfere karışmasına neden olmaktadır.

Biyogaz tesisleri bir taraftan organik atıkların bertarafını sağlarken diğer taraftan ortaya çıkan metan gazını enerjiye dönüştürerek aynı anda birçok probleme çözüm getirmektedir. Fosil yakıtlara alternatif olabilecek bir enerji kaynağı olarak biyogaz ve biyokütle yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımının artırılması, hem sosyal sorumluluk çerçevesinde daha çevreci yaklaşımlarla üretim yapabilmek, hem de rekabet edebilir ve sürdürülebilir gelişme için zaruri olacaktır.

## Methane Potential of Collectable Vegetable Residue and Animal Waste in Konya Province

### Abstract

Population growth and people getting used to the means of their well-being; more production causes more energy to be needed. The fact that fossil fuels, which are a limited resource, will one day run out is one of the biggest threats to industrial production. Another threat is greenhouse gases from fossil fuels. Greenhouse gas concentration in the atmosphere has increased rapidly in parallel with the use of fossil fuels along with industrialization. This situation is considered to cause climate change. It is now known that energy production must be met from renewable energy sources that do not generate greenhouse gases for sustainable production and a sustainable environment. Paris climate agreement, to which Turkey is also a party, the countries that signed, have committed reducing greenhouse gases.

Another consequence of population growth is the increase in the need for food and the transformation of agricultural enterprises into very large industrial enterprises in order to meet this need. One of the problems of these enterprises is the waste and residues that occur during production. Wastes from both industrial livestock facilities and plant residues; As it pollutes the air, water and soil, it also causes the spread of harmful pathogens. The decomposition of agricultural wastes and residues in the open environment causes methane, which is among the important greenhouse gases, to mix into the atmosphere.

Biogas facilities provide the disposal of organic wastes on the other hand maintain solutions to many problems by converting the resulting methane gas into energy. Increasing the utilization of biogas and biomass fuels as an energy source, to be an alternative to fossil fuels, will be essential both to produce with environmentally friendly approaches within the framework of social responsibility and for competitive and sustainable development.

Konya province has the largest land area of the country with an area of 40,838 decares. Agriculture is carried out in 18,590,788 decares of this area. Konya is Turkey's largest animal and plant production center in Turkey with 946,144 cattle, 2,843,229 ovine animals and 11,234,107 poultry.

In this study, the methane potential of Konya, the largest agricultural center of Turkey, to be obtained from collectible agricultural wastes is determined as 102,061,996 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/year.

## 1.Giriş

Onsekizinci yüzyılda tüm dünyada 1 milyarı bulmayan insan nüfusu hızlı bir artış göstererek günümüzde 8 milyar civarında olmuştur (Foster, 2008; UNFPA, 2022). Yapılan projeksiyonlara göre 2050'li yıllarda nüfusun 10 milyarın üstüne çıkması beklenmektedir (UN, 2015). Nüfus artışının getirdiği en büyük problem ise gıdaya olan ihtiyacın artmasıdır. Dünya nüfusunun 10 milyarı aşması halinde bugünkü tarımsal üretimin de yüzde 70 oranında artırılması gerektiği bilinmektedir (Odegard, 2014). Geleneksel yöntemlerin bu sorunu çözemeyeceğini gören insanoğlu endüstriyel tarım işletmeleri kurarak ve verimliliği artırarak gıda temini sorununu çözmeye çalışmaktadır. Gıda temini için kurulan endüstriyel hayvancılık tesislerinin en büyük problemlerinden biri ise aile işletmelerinde problem olmayan hayvan dışkılarıdır. Hayvan sayısına bağlı olarak artan dışkı miktarı kötü kokuya, görüntü kirliliğine ve haşerelerin çoğalmasına sebep olmasının yanında su, toprak ve hava kirliliğine de neden olmaktadır. Yağışlarla birlikte depolama alanlarında oluşan sızıntı suları yüzeysel ve yeraltı sularına karışmakta, karıştığı bu suların kalitesini düşürmekte hatta miktara bağlı olarak kullanılamaz hale getirebilmektedir. Fermente olmayan hayvan dışkılarının tarım alanlarında kullanılması sonucunda dışkıda bulunan patojenler bitkiye geçmekte ve bu bitkilerle beslenen insanların sağlığını tehdit etmektedir. Herhangi bir işlem görmeyen çiftlik hayvanı dışkılarının gübre olarak tarım arazilerinde kullanılması toprakta verimliliği düşürmektedir. Başka bir sorun ise açık alanlarda toplanan bu dışkılardan kaynaklanan metan gazıdır. Metan aynı hacimdeki karbondioksitten 20 kat daha fazla sera etkisine neden olmaktadır (IPCC, 2001).

Sanayi devrimi ve endüstrileşme sonucunda Dünyada enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. 1965 yılında Dünya'da 155.22 EJ olan birincil enerji tüketimi yaklaşık % 360 artarak 2021 yılında 557.10 EJ olmuştur (BP, 2022). Birincil enerji tüketiminin % 83'ü fosil yakıtlardan karşılanmaktadır (BP, 2022). Fosil yakıtlar kısıtlı kaynak olup gün geçtikçe azalmaktadır. Diğer yandan enerjiye olan küresel talep maliyetleri ile beraber artmaktadır. Fosil yakıtların enerji için kullanılması ise atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunu her geçen gün arttırmaktadır. Atmosfere bırakılan antropojenik kaynaklı karbondioksit miktarı 1750'li yıllarda 1 Gton civarında iken 2020 yılında 350 Gton civarında olmuştur. Buna bağlı olarak atmosferik karbondioksit miktarı 1750'li yıllarda 280 ppm civarında iken 2020 yılında 420 ppm civarında olmuştur (NOAA, 2021).

İklim değişikliği, uç hava olaylarının şiddetinde, frekansında, uzunluğunda, zamanlamasında ve alansal dağılışında önemli

değişikliklerin gerçekleşmesine neden olmaktadır (Türkeş ve Erlat, 2018). Günümüzde dünyanın birçok bölgesine benzer şekilde Türkiye'de de şiddetli yağışlar da artışlar gözlenmiş; bazı aşırı hava olaylarında da önemli değişiklikler ortaya çıkmıştır. Türkiye'de son çeyrek yüzyılda, hem sıcaklık rejimi bariz bir şekilde daha ılıman ve sıcak koşullara doğru değişmiş, hem de sıcak hava dalgalarının şiddeti ve frekansında dikkate değer değişimler gerçekleşmiştir (Kuglitsch ve ark., 2010; Türkeş, 2012; Türkeş ve Erlat, 2018). İklim modelleri gelecek yüzyılda Dünya'nın pek çok yerinde ekstrem iklim ve hava olaylarının şiddet ve yoğunluğunda artışlar gerçekleşeceğini göstermektedir.

İklim değişikliğine insan faaliyetleri sonucunda oluşan sera gazlarının neden olduğu bilim adamları tarafından kabul edilmektedir. Dünyada sera etkisine neden olan ve Kyoto protokolünde sera gazı olarak tescil edilen bileşikler; karbondioksit, metan, nitrozoksit, hidroflorür karbonlar, perfloro karbonlar, sülfürhekzaflorid gibi gazlardır. Atmosferde sera gazlarının artması yerkürenin yüzeyinden geri yansıyan kızılötesi ışınların daha fazla tutulmasına ve dengeyi bozacak şekilde yerkürenin ısınmasına neden olmaktadır. Küresel ısınma ise iklim değişikliğine çok uygun bir alt yapı hazırlamaktadır.

En önemli antropojenik sera gazı karbondioksittir. Bunu metan gazı takip eder. Metanı küresel ısınmanın ikinci büyük nedeni hâline getiren etken, atmosferi aynı hacimdeki karbondioksitten 20 kat daha fazla ısıtma potansiyeline sahip olmasıdır (IPCC, 2001). Bir başka deyişle; bir kg metan emisyonu, 25 kg karbondioksit emisyonuna eş değerdir (Yaylı ve Kılıç, 2020). Metan gazının %40'lık kısmı atmosfere doğal kaynaklardan salınırken kalan %60'lık kısmı ise insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

Antropojen metan oluşumunda en büyük pay tarım sektöründür. Su ile kaplanmış alanlarda yetiştirilen tarım ürünleri ve çiftlik hayvanları antropojen metan emisyonlarının dörtte birinden fazlasına neden olur. Metan, geniş getiren hayvanların çıkardığı gazlarla veya gübre çukurlarında olduğu gibi, pirinç gibi mahsuller üretilen su altında kalan tarlalarda meydana gelen bakteriyel çürüme işlemlerinde de oluşur. Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesinin (National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA) yer sistemi araştırma laboratuvarının küresel izleme bölümü, 1983'ten beri küresel olarak dağıtılmış bir hava örnekleme sahaları ağında metan ölçmektedir. Atmosferdeki metan konsantrasyonu 1983 yılında 1630 ppb civarında iken 2021 yılında 1900 ppb civarındadır (NOAA, 2022).

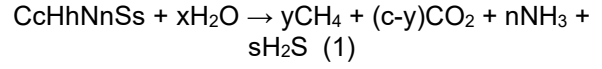
Atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunun artması sonucunda küresel ısınma meydana gelmektedir. Dünyanın ortalama yüzey sıcaklığındaki değişim incelendiğinde ortalama

sıcaklığın sanayi devrimi öncesine göre 1,2 °C arttığı, son yüzyılın en sıcak 20 yılının 1997 yılı sonrasında, en sıcak 10 yılını ise 2005 yılı sonrasında yaşadığımız görülmektedir. Meteorolojik kayıtlara göre 2016 yılı 0.98 °C'lik sapma ile en sıcak yıl olmuştur (NASA, 2022).

Antropojenik sera gazlarının azaltılabilmesi için yapılması gerekenlerin başında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de biyogazdır. Biyogaz tesisleri bir taraftan organik atıkların bertarafını sağlarken diğer taraftan ortaya çıkan metan gazını enerjiye dönüştürerek aynı anda birçok probleme çözüm getirmektedir.

Biyogazı oluşturan anaerobik çürütme, organik maddelerin ayrışmasının metan üretimi için serbest oksijenin yokluğunda gerçekleştiği ve farklı organik atıkların arıtılması için yaygın olarak kullanıldığı kendini kanıtlamış bir atık enerji teknolojisidir (Zhang ve ark. 2016; Lovato ve ark. 2017). Biyogaz tesislerinde, organik atıklar (Khalid ve ark. 2011), lignoselülozik atıklar (Sawatdeenarunat ve ark. 2015) ve arıtma çamurları (Kepp ve ark. 2000) metan üretimi amacıyla hammadde olarak kullanılmaktadır. Biyogaz üretimi, biyokütleden enerji üretimi için çevre dostu bir stratejidir ve fermantasyon atıkları, toprak düzenleyici olarak kullanılabilir. Organik

maddelerin anaerobik şartlarda çürümesiyle oluşan tepkime teorik olarak eşitlik (1) şeklinde gerçekleşir.



Biyogaz tesislerinde biyogaz oluşumu; geviş getiren hayvanların işkembelerinde, deniz tabanlarında, bataklıklarda ve gübre çukurlarında gerçekleşen prosesin bir benzeridir. Biyogaz oluşumu Şekil 1'den de görüleceği üzere hidroliz, asit oluşturma (asetojenez) ve metan oluşturma (metanojenez) olmak üzere 3 ana evrede gerçekleşmektedir (Şekil 1). Oksijensiz bozunmanın bu aşamaları aslında tek bir proseste eş zamanlı olarak gerçekleşir. Proseste bir olumsuzluk oluşmaması için her bir bozunma aşamasının birbiri ile çok uyumlu olması gerekmektedir.

Biyogaz potansiyelinin belirlenmesine yönelik araştırmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Atelge (2021), ARIMA model kullanarak Türkiye'nin 2023, 2030 ve 2053 yılları için sığır gübresinden biyogaz üretim potansiyelini sırasıyla 2 876, 3 899 ve 6.239 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplamışlardır. Aktaş ve ark. (2015), Tekirdağ İli'nde hayvansal atık kaynaklı biyogazdan elektrik üretim potansiyelinin belirlenmesi çalışmasında Tekirdağ İlinin metan gazı potansiyelini yılda 30 milyon m<sup>3</sup> olarak hesaplamışlardır. Özer (2017), Ardahan İlinin tarım ve hayvancılık artıklarından kaynaklı metan potansiyelini 81 milyon m<sup>3</sup> olarak hesaplamıştır



Şekil 1. Biyogaz oluşum aşamaları

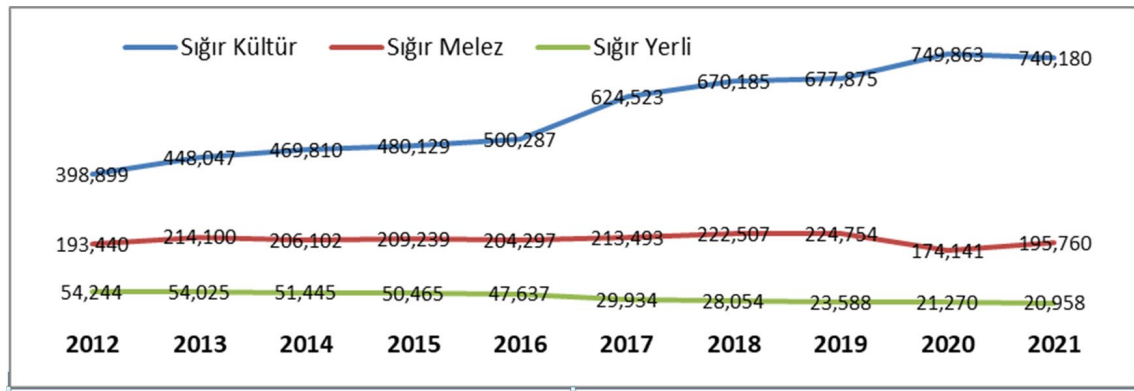
Son yıllarda bu potansiyele yönelik bölgede Biyogaz santralleri ve bu yolla elektrik üretimine yönelik girişimler hız kazanmıştır. Bu çalışma ile Ülkemizin en büyük tarım merkezi olan Konya İlinin toplanabilir tarımsal artık ve hayvansal atıklardan elde edilebilecek metan potansiyelini ortaya konulması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Konya, 40.838.000 dekar yüzölçümü ile Türkiye'nin en büyük yüzölçümüne sahip ili olup;

18.590.788 dekar alanda tarım yapılmaktadır (TÜİKb, 2021). Konya'da 956.898 büyükbaş, 2.843.229 küçükbaş, 11.234.107 adet kümes hayvan sayısı ile Türkiye'nin en büyük hayvansal ve bitkisel üretim merkezi konumundadır (TÜİK, 2021). Bu yönü ile gerek hayvansal gerekse bitkisel üretimde ve bunlardan doğan atık maddeler yönü ile çok önemli yere sahiptir. Ayrıca büyükbaş hayvan ırklarının son on yıllık değişimi incelendiğinde hayvan sayısında artışta saf kültür ırkın öne çıktığı diğer ırklarda düşüş olduğu da görülmektedir. Büyükbaş ve kümes hayvan artıkları yanı sıra bölgede yaygın üretimi yapılan hububat ve ayçiçeği hasat artıkları ile şekerpancarı hasatı



Şekil 2 Konya İli Büyükbaş Hayvan İrklarının Son On Yıllık Değişim Grafiği (TÜİK, 2021)

Konya ilinin yaygın ve toplanabilir tarımsal artıklar ve hayvansal atıklardan elde edilebilecek metan potansiyeli; hayvan dışkılarından elde edilebilecek metan potansiyeli, tahıl ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli, sebze hasat artıklarından edilebilecek metan potansiyeli, örtü altı sebze hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli ve meyve veren ağaçların budama artıklarından elde edilebilecek metan potansiyelinin toplanmasıyla bulunmuştur.

Hayvan dışkılarından elde edilebilecek metan potansiyeli hesaplanırken yalnızca büyükbaş ve yumurta tavuğu dikkate alınmıştır. Diğer çiftlik hayvanlarının sayılarının az veya dışkılarının toplanması mümkün olmadığından, hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Hayvancılık artıklarından kaynaklı metan potansiyelinin belirlenmesi için eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$\text{HDKMP} = \text{HKDM} * \text{UKM} * \text{MV} \quad (2)$$

HDKMP = Hayvan dışkıları kaynaklı metan potansiyeli ( $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{yıl}$ )

HKDM = Hayvan kaynaklı dışkı miktarı (ton/yıl)  
 UKM = Uçucu katı madde (%)  
 MV = Metan verimi ( $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{ton UKM}$ )

Hayvanlardan kaynaklı dışkı miktarının hesaplanabilmesi için eşitlik 3 kullanılmıştır.

$$\text{HKDM} = \text{HS} * \text{HBDM} * \text{TO} \quad (3)$$

HS = Hayvan sayısı (adet)  
 HBDM = Hayvan başına dışkı miktarı (ton/yıl)  
 TO = Toplanabilirlik oranı (%)

Farklı hayvan türlerinden farklı miktarda dışkı elde edildiği gibi aynı türde olan hayvanların yaşına, büyüklüğüne, cinsine ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak değişik miktarlarda dışkı elde edilir. Bu nedenle büyükbaş hayvanlardan elde edilebilecek dışkının hesaplanması için büyükbaş hayvanlar; ırk, cinsiyet ve yaş olarak gruplanmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu 2021 yılı verilerinden elde edilen büyükbaş hayvan sayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** 2021 Yılı büyükbaş hayvan sayıları (TÜİK, 2021)

Büyükbaş Hayvan Yaşı	Büyükbaş Hayvan Sayısı (Adet)	
	0-1 Yaş	2 Yaş Üstü
Saf Kültür Sığırlar (Sağmal)	95 685	436 212
Saf Kültür Sığırlar (Besi)	102 128	106 155
Kültür Melezi Sığırlar (Sağmal)	24 975	102 379
Kültür Melezi Sığırlar (Besi)	26 355	42 051
Yerli Sığırlar (Sağmal)	2 781	10 734
Yerli Sığırlar (Besi)	3 161	4 282

Büyükbaş hayvanlardan kaynaklanacak dışkı miktarının belirlenebilmesi için Konya bölgesinde bulunan çiftliklerde araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda hayvanlardan kaynaklanan dışkıları tartılarak hayvan sayısına bölünmüş ve Çizelge 2'de verilen sonuçlara

ulaşmıştır. Yaptıkları çalışmalarda büyükbaşlardan kaynaklanan dışkı miktarını Avcioğlu ve Türker (2012), 20,0 kg/gün, Abdeshahian ve ark. (2016), 22,5 kg/gün, Atelge (2021), 14,5 kg/gün, Özer (2017), 37,5 kg/gün, Köse (2017), 43,0 kg/gün olarak kabul etmişlerdir.

**Çizelge 2.** Irklarına göre büyükbaş hayvanlardan kaynaklanan dışkı miktarı

Büyükbaş Hayvan Yaşı	Dışkı miktarı (Kg/gün-büyükbaş hayvan)	
	Buzağı (0-1 yaş)	Yetişkin (1 yaş üstü)
Saf Kültür Sığırlar (Sağmal)	9	39
Saf Kültür Sığırlar (Besi)		32
Kültür Melezi Sığırlar (Sağmal)	7	29
Kültür Melezi Sığırlar (Besi)		24
Yerli Sığırlar (Sağmal)	4	15
Yerli Sığırlar (Besi)		14

Türkiye İstatistik Kurumu 2021 yılı verilerinden elde edilen tavuk sayıları Çizelge 3'de verilmiştir.

**Çizelge 3.** 2021 Yılı tavuk sayıları (TÜİK, 2021)

Tavuk Türü	Tavuk Sayısı (Adet)
Yumurtacı Tavuk	9 475 624

Tavuklardan kaynaklanacak dışkı miktarının belirlenebilmesi için Konya bölgesinde bulunan tavuk çiftliklerinde araştırmalar yapılmış ve Çizelge 4'de verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Yaptıkları çalışmalarda kümes hayvanlarından kaynaklanan dışkı miktarını Avcioğlu ve Türker (2012), 80-100 g/gün, Abdeshahian ve ark.(2016), 450 g/gün, Özer (2017), 137 g/gün, Köse (2017), 180 g/gün olarak kabul etmişlerdir.

**Çizelge 4.** Tavuk türüne göre dışkı miktarı

Tavuk Türü	Dışkı miktarı (g/ gün-tavuk)
Yumurtacı Tavuk	155

Hayvansal dışkıların toplanabilirliği, hayvanların kapalı alanlarda bulunma süreleri ve bu alanlardaki atık toplama ve biriktirme düzenekleriyle ilişkilidir. Konya bölgesinde saf

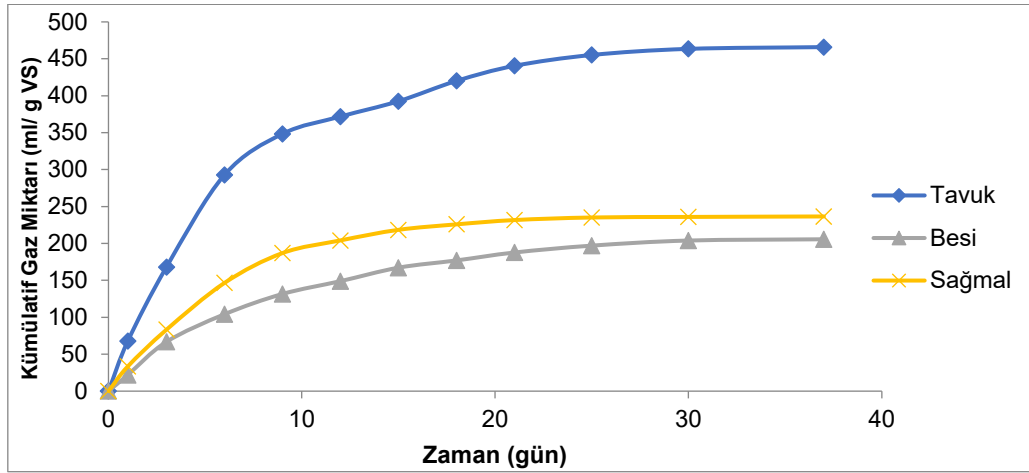
kültür ırk büyükbaş hayvancılık genellikle modern büyük çiftliklerde yapılırken yerli ırk büyükbaş hayvancılık ise küçük aile işletmelerinde yapılmaktadır. Kültür melezi ırk büyükbaş hayvancılık ise daha çok orta ölçekli işletmelerde yapılmaktadır. Büyük işletmelerde hayvanlar genellikle modern ahırlarda, otlatma yapılmaksızın tutulmakta iken orta ölçekli işletmelerde kısmen otlatma yapılmakta, küçük aile işletmelerinde ise uzun sürelerde otlatma yapılmaktadır. Biyogaz potansiyelinin belirlenebilmesi için şu kabuller yapılmaktadır. Saf kültür ırkının genellikle modern çiftliklerde olduğu düşünüldüğünde hayvan dışkılarının % 85'inin toplanabildiği varsayılmıştır. Melez ırkta canlı et ihtiyacının karşılanması için beslenen hayvanlar kısmen otlatmaya çıkarılmakta süt üretimi yapan hayvanlar ise daha çok kapalı alanlarda tutulmaktadır. Bu durum dikkate alındığında melez ırkının dışkılarının % 75'ninin toplanabildiği varsayılmıştır. Yerli ırkın mümkün olduğunca otlatmaya çıkarıldığı göz önünde bulundurulduğunda, katı dışkılarının % 30'unun toplanabildiği varsayılmıştır. Endüstriyel tavukçuluğun sadece kapalı kümeslerde yapıldığı göz önünde bulundurulursa dışkılarının tamamının toplanabildiği kabul edilmiştir. Çizelge 5'de hayvan dışkılarının toplanabilme oranları verilmiştir.

**Çizelge 5.** Hayvan dışkılarının toplanabilme oranı

Hayvan Türü	Toplanabilme oranı
Saf kültür ırk büyükbaş hayvan dışkıları	85
Melez ırk büyükbaş hayvan dışkıları	75
Yerli ırk büyükbaş hayvan dışkıları	30
Tavuk dışkıları	100

Hayvancılık artıklarından kaynaklı metan potansiyeli hesaplanmasında gerekli olan uçucu katı madde (UKM) ve metan verimleri Geri Dönüşüm Biyogaz Laboratuvarı çalışmasından elde edilmiştir. Biyokimyasal metan üretim potansiyeli testi Şekil 3'deki şartlarda EPA 712-C-08-007 standardında OPPTS 835.3420 numaralı protokole göre gerçekleştirilmiştir.

Hayvan dışkılarının özgül biyogaz üretimi Şekil 4'de verilmiştir.

**Şekil 3.** Biyokimyasal metan üretim potansiyeli test düzeneği**Şekil 4.** Hayvan dışkılarının özgül biyogaz üretimi (ml/gUKM)

Büyükbaş hayvancılık tesislerinde süt sığırcılığı ile et ihtiyacının karşılanması için yetiştiren besi sığırcılığında farklı rasyonlarda besleme yapılmaktadır. Bu durum dışkının kuru madde içeriğini değiştirmekte dolayısıyla metan verimleri de değişmektedir. Laboratuvar çalışmaları sağmal büyükbaş hayvan dışkıları, besi büyükbaş hayvan dışkıları ve yumurtacı tavuk dışkıları olmak üzere 3 grupta yapılmıştır. Uçucu katı madde miktarı, birim uçucu katı madde miktarına düşen biyogaz miktarı,

metan oranları ve hesaplanan metan verimi Çizelge 6'da verilmiştir. Büyükbaş hayvan dışkılarının metan veriminin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda Üç ve Aybek (2021), 175 m<sup>3</sup>/ton, Şenol ve ark. (2018) 158 m<sup>3</sup>/ton, Özer (2017), 220 m<sup>3</sup>/ton, Atelge (2021), 133 m<sup>3</sup>/ton olarak bulmuşlardır. Kümes hayvanı dışkılarının metan veriminin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda Çek (2014), 229 m<sup>3</sup>/ton, Özer (2017), 250 m<sup>3</sup>/ton, Uykan (2019), 206 m<sup>3</sup>/ton olarak bulmuştur

**Çizelge 6.** Laboratuvarda elde edilen UKM, biyogaz ve metan verimi

Hayvan Türü	UKM (%)	Biyogaz Miktarı (m <sup>3</sup> /ton UKM)	Metan Oranı %	Metan Verimi (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton UKM)
Sağmal büyükbaş hayvan dışkıları	4.76	236.57	64.50	152.58765
Besi büyükbaş hayvan dışkıları	14.35	205.66	54.83	112.763378
Yumurtacı tavuk dışkıları	17.02	465.89	57.33	267.094737

Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli hesaplanırken buğday, mısır, arpa, çavdar, yulaf, ayçiçeği ve şeker pancarı dikkate alınmıştır. Diğer tarla bitkilerinin miktarı az veya artıkların toplanması mümkün olmadığından, hesaplamalara dahil edilmemiştir. Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin artıklarından kaynaklı metan potansiyelinin belirlenmesi için eşitlik 4 kullanılmıştır.

$$TBHAMP = BAM * UKM * MV \quad (4)$$

TBHAMP = Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/yıl)  
 BAM = Bitkisel artık miktarı (ton/yıl)  
 UKM = Uçucu katı madde (%)  
 MV = Metan verimi (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton UKM)

Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin yıllık hasat artıklarının belirlenebilmesi için eşitlik 5 kullanılmıştır.

$$BAM = HEA * BAT * KO \quad (5)$$

HEA = Hasat edilen alan (da/yıl)  
 BAT = Birim atık miktarı (ton/da)  
 KO = Kullanılabilirlik oranı (%)

Konya 4.083.800 hektar yüzölçümü ile Türkiye'nin alansal olarak en büyük ili olup; 1.859.079 dekar alanda tarım yapılan çok geniş bir coğrafyayı kapsamaktadır. Türkiye'de; buğday üretiminin %9'u, arpa üretiminin %15'i, yulaf üretiminin % 5'i, şeker pancarı üretiminin %32'si, mısır üretiminin % 19'u, ayçiçeği üretiminin %14'ü Konya ilinde yapılmaktadır. Tarlada yetişen tahıllar ve diğer bitkilerin 2021 yılına ait verileri Çizelge 7'de verilmiştir

**Çizelge 7.** Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin ekilen alan ve üretim miktarları (TÜİKb, 2021)

Ürün Cinsi	Hasat Edilen Alan ( da)	Üretim Miktarı (ton)
Buğday	5 732 028	1 579 839
Arpa	3 831 450	843 102
Çavdar	42 750	5 852
Yulaf	97 753	14 829
Mısır	1 241 821	1 261 475
Ayçiçeği	933 138	348 668
Şeker Pancarı	768 458	5 734 306

**Çizelge 8** Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat edilen dekar başına artık miktarı (Başçetinçelik ve ark. 2006; Toriki, 2003; Özbayram ve ark. 2021; FAO, 2016)

Ürün Cinsi	Artık Miktarı (ton/da)
Buğday sapı	0.2381
Arpa sapı	0.2231
Çavdar sapı	0.1736
Yulaf sapı	0.2146
Mısır sapı	0.3910
Ayçiçeği sapı	0.1532
Ayçiçeği kafa	0.0760
Şeker pancarı yaprağı	2.6117

Tarımsal üretime göre hesaplanan tarımsal artıkların tamamının kullanılabilirliği mümkün değildir. Dolayısıyla her tarımsal artığın kullanılabilirlik yüzdesinin belirlenmesi gerekmektedir. Kullanılabilir tarımsal artık yüzdesi ile ilgili literatür çalışması yapılmış olup literatür ortalaması Çizelge 9'da verilmiştir.

**Çizelge 9.** Tarımsal artıkların kullanılabilirlik oranları (Başçetinçelik ve ark. 2007; Başçetinçelik ve ark. 2006; DBFZ, 2011; Polat, 2021)

Ürün Cinsi	Kullanılabilirlik oranı (%)
Buğday sapı	12.8
Arpa sapı	13.5
Çavdar sapı	12.5
Yulaf sapı	12.5
Mısır sapı	56
Ayçiçeği sapı ve kafası	60
Şeker pancarı yaprağı	25

Tarımsal artıkların metan verimi uçucu katı madde içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Tarımsal artıkların uçucu katı madde (UKM) miktarı ve metan verimi ile ilgili literatür araştırma sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir.

**Çizelge 10.** Tarımsal artıkların UKM oranı ve metan verimleri (FNR, 2010; Özbayram ve ark. 2021; Şehu, 1996; Menardo ve ark. 2012; Zhurka ve ark. 2019)

Ürün Cinsi	UKM %	Metan verimi (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton UKM)
Buğday sapları	77.4	164
Arpa sapları	85.5	156
Çavdar sapları	82.4	122

Yulaf sapları	84.6	156
Mısır sapları	61.9	182
Ayçiçeği sapları	80.6	128
Ayçiçeği kafaları	74.0	138
Şeker pancarı yaprağı	12.43	313

Sebze ve meyve hasatından kaynaklanan artıkların biyogaz potansiyelinin hesaplanabilmesi için eşitlik 6 kullanılmıştır.

$$SMHAMP = SMHAM * MV \quad (6)$$

SMHAMP = Sebze ve meyve hasat artıklarından kaynaklı metan potansiyeli (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/yıl)

SMHAM = Sebze ve meyve hasat artık miktarı (ton/yıl)

MV = Metan verimi (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/ton)

Sebze ve meyve hasat artıklarının belirlenebilmesi için eşitlik 7 kullanılmıştır.

$$SMHAM = SMÜM * AO * KO \quad (7)$$

SMÜM = Sebze meyve üretim miktarı (ton)

AO = Artık oranı

KO = Kullanılabilirlik Oranı

Türkiye İstatistik Kurumu 2021 yılı verilerinden elde edilen sebze ve meyve üretim istatistikleri Çizelge 11'de verilmiştir. Üretim miktarı az olan sebzeler ile artıkları toplanması mümkün olmayan sebzeler hesaplama dahil edilmemiştir.

**Çizelge 11.** Sebze ve meyve üretim istatistikleri (TÜİKb, 2021)

Sebze Türü	Üretim Miktarı (ton/yıl)
Fasulye, Taze	8 726
Barbunya, Taze	459
Lahana	19 551
Karpuz	81 315
Kavun	115 212
Biber	18 005
Hıyar - Acur	18 233
Patlıcan	2 403
Domates	541 803
Kabak (Sakız, Çerezlik)	17 136
Bal Kabağı	4 556
Havuç	353 700
Turp	5 826
Patates	622 435
Çilek	51 062



Sebze ve meyve artıklarının metan potansiyelinin hesaplanabilmesi için gerekli olan ürün artık oranı, artıkların kullanılabilirlik oranı ve metan verimi için yapılan araştırma sonucunda elde edilen literatür bilgileri çizelge 12 de verilmiştir.

**Çizelge 12.** Sebze, meyve ürün artık oranı, kullanılabilirlik oranı ve metan verimleri (Kaur ve ark. 2020; FNR, 2010; BEPA, 2022)

Tür	Ürün Artık Oranı	Kullanılabilirlik Oranı	Metan Verimi (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton)
Fasulye- Barbunya, Taze	1.50	0.25	31.9
Lahana	0.05	0.25	31.9
Karpuz Kavun	0.30	0.25	31.9
Biber	0.40	0.25	31.9
Hıyar – Acur	1.00	0.25	31.9
Patlıcan	0.65	0.25	31.9
Domates	0.45	0.25	56.0
Kabak (Sakız, Çerezlik)	0.40	0.25	31.9
Bal Kabağı - Havuç Turp	0.25	0.25	31.9
Patates	0.20	0.25	31.9
Çilek	0.02	0.25	31.9

Meyve veren ağaçların budanmasından kaynaklanan budama artıklarının biyogaz potansiyelinin hesaplanabilmesi için eşitlik 8 kullanılmıştır.

$$MVABAMP = BAM * MV \quad (8)$$

MVABAMP = Meyve veren ağaçların budama artıklarından elde edilecek metan potansiyeli (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/yıl)  
 BAM = Budama artık miktarı (ton/yıl)  
 MV = Metan verimi (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/ton)

Budama artık miktarının belirlenebilmesi için eşitlik 9 kullanılmıştır.

$$BAMMVAS = MVAS * BK * KO \quad (9)$$

MVAS = Meyve veren ağaç sayısı (adet)  
 BK = Budama katsayısı (ton/ağaç-yıl)  
 KO = Kullanılabilirlik oranı

Türkiye İstatistik Kurumu 2021 yılı verilerinden elde edilen meyve veren ağaç sayısı istatistikleri Çizelge 13 de verilmiştir.

**Çizelge 13.** Meyve veren ağaç sayısı (TÜİKb, 2021)

Ağaç Türü	Ağaç Sayısı (Adet)
Elma	6 433 261
Armut	174 473
Ayva	40 841
Kayısı	156 629
Kiraz	1 878 341
Vişne	735 026
Şeftali-Nektarin	95 761
Erik	240 033
Badem	191 033
Ceviz	199 793

Meyve veren ağaçların budama artıklarının metan potansiyelinin hesaplanabilmesi için gerekli olan budama katsayısı, artıkların kullanılabilirlik oranı ve metan verimi için yapılan araştırma sonucunda elde edilen literatür bilgileri Çizelge 14 de verilmiştir.

**Çizelge 14.** Budama katsayısı, artıkların kullanılabilirlik oranı ve metan verimi (D'Aquino ve ark. 2022; Brown ve ark. 2012; Dursun, 2020; Bilandzija 2012)

	Budama Katsayısı (ton/ağaç-yıl)	Kullanılabilir oran (%)	Metan Verimi m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton
Elma	0.00234		
Armut	0.00245		
Ayva	0.00140		
Kayısı	0.00579		
Kiraz	0.00590		
Vişne	0.00537	70	45.72
Şeftali-Nektarin	0.00723		
Erik	0.00734		
Badem	0.00581		
Ceviz	0.00343		

Örtü altı bitkisel üretim artıklarından elde edilebilecek metan potansiyelinin hesaplanması için eşitlik 10 kullanılmıştır.

$$\text{ÖABÜMP} = \text{ÖABÜHAM} * MV \quad (10)$$

ÖABÜMP = Örtü altı bitkisel üretim hasat artıklarından kaynaklı metan potansiyelini (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/yıl)  
 ÖABÜHAM = Örtü altı bitkisel üretim hasat artıklarının miktarı (ton/yıl)  
 MV = Metan Verimi (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/ton)

Örtü altı bitkisel üretim hasat artıklarının belirlenebilmesi için eşitlik 11 kullanılmıştır.

$$\text{ÖABÜHAM} = \text{ÖABÜM} * \text{AO} * \text{KO} \quad (11)$$

ÖABÜM = Örtü altı bitkisel üretim miktarı (ton)  
AO = Artık oranı  
KO = Kullanılabilirlik Oranı

Türkiye İstatistik Kurumu 2021 yılı verilerinden elde edilen örtü altı bitkisel üretim istatistikleri Çizelge 15'de verilmiştir.

**Çizelge 15.** Örtü altı bitkisel ürün istatistikleri (TÜİKb,2021)

Tür	Üretim (ton)
Domates	4053
Hıyar	2787

Örtü altı bitkisel üretim artıklarının metan potansiyelinin hesaplanabilmesi için gerekli olan ürün artık oranı, artıkların kullanılabilirlik oranı ve metan verimi için yapılan araştırma sonucunda elde edilen literatür bilgileri Çizelge 16'da verilmiştir.

**Çizelge 16.** Örtü altı bitkisel ürün artık oranı, kullanılabilirlik oranı ve metan verimi (FNR, 2010; BEPA, 2022)

Tür	Artık oranı	Kullanılabilirlik Oranı	Metan Verimi m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton
Domates	0.35	0.90	56.0
Hıyar	1	0.90	31.9

#### 4.Bulgular ve Tartışma

Konya İlinin hayvansal büyükbaş ve yumurtacı tavuk dışkılarından elde edilebilecek metan potansiyeli Çizelge 17'de verilmiştir

**Çizelge 17.** Hayvan dışkılarından elde edilebilecek metan potansiyeli

Hayvan Türü	Yıllık Dışkı Miktarı (ton/yıl)	UKM (%)	Metan Verimi m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton UKM	Metan Potansiyeli (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Sağmal sığır dışkıları	6 424 701	4.92	152.59	48 232 980
Besi sığırı dışkıları	1 673 800	14.85	112.76	28 027 546
Yumurtacı tavuk dışkıları	536 083	18.02	267.09	25 801 470
Toplam				102 061 996

Hesaplamalar sonucunda, Konya İlinin yaygın tarımsal atık ve artıklardan elde edilebilecek toplam metan potansiyeli 210 708 863 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu potansiyel içerisinde hayvan dışkılarından elde edilebilecek 102 373 246 m<sup>3</sup> metan, % 48.44 ile en büyük paya sahiptir. Hayvan dışkılarından elde edilecek metanın % 74.72 si büyükbaş hayvan dışkılarından kalan kısmı ise yumurta tavukçuluğundan elde edilmektedir. Avcıoğlu ve Türker (2012), 2009 yılı verilerine göre yaptıkları araştırmada büyükbaş hayvan kaynaklı biyogaz potansiyelini 44 milyon m<sup>3</sup>/yıl, kümes hayvanlarından kaynaklı biyogaz potansiyelini 22 milyon m<sup>3</sup>/yıl olarak bulmuşlardır. Metan oranı bu çalışmaya göre kabul edilip sonuçlar 2021 yılı verilerine göre güncellendiğinde büyükbaş hayvan kaynaklı metan potansiyelini 63 milyon m<sup>3</sup>/yıl, kümes hayvanlarından kaynaklı metan potansiyelini 16 milyon m<sup>3</sup>/yıl olacağı hesaplanmıştır. Görmüş (2018), 2016 yılı verilerine göre yaptıkları araştırmada büyükbaş hayvan kaynaklı biyogaz potansiyelini 91 milyon m<sup>3</sup>/yıl, kümes hayvanlarından kaynaklı biyogaz potansiyelini 67 milyon m<sup>3</sup>/yıl olarak bulmuştur. Ersoy ve Uğurlu (2020), 2015 verilerine göre yaptıkları araştırmada Konya İlinin hayvancılık

kaynaklı metan potansiyelini senaryo 2'ye (hayvan türüne göre değişen gerçekçi gübre geri kazanım oranlarına dayalı olarak geliştirilen senaryo) göre 126 milyon m<sup>3</sup>/yıl olarak bulmuşlardır. Büyükbaş hayvanların (sığır ve manda) biyogaz üretimindeki payı %70,9, tavuklarda ise gübrelerinin biyogaz üretimindeki payının %23,8 olarak tahmin edildiğini belirtmişlerdir. Buna göre Konya İlinin büyükbaş ve tavuk dışkılarından kaynaklı metan potansiyeli 119 milyon m<sup>3</sup>tür. Bu çalışmanın sonucunda bulunan hayvan kaynaklı metan potansiyeli Avcıoğlu ve Türker (2012)'e göre yüksek, Görmüş (2018) ve Ersoy ve Uğurlu (2020)'ya göre düşüktür. Avcıoğlu ve Türker (2012)'e göre yüksek olmasının sebebi toplama oranının Türkiye'ye göre seçilmesi ve düşük tutulmasıdır. Bir diğer sebep ise metan veriminin bu çalışmadan daha düşük seçilmesidir. Görmüş (2018) ve Ersoy ve Uğurlu (2020)'ya göre düşük olmasının sebebi ise hayvanlar için dışkı miktarı, UKM ve metan veriminin bu çalışmaya göre daha yüksek seçilmiş olmalarıdır.

Konya'nın tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli Çizelge 18'de verilmiştir.

**Çizelge 18.** Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli

Ürün Adı	Miktar (ton/yıl)	UKM (%)	Biyogaz Verimi [m <sup>3</sup> /ton UKM]	Metan Potansiyeli (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Mısır Sapı	271 909	61.9	182	30 632 738
Buğday Sapı	174 694	77.4	164	22 174 941
Şeker Pancarı Yaprağı	501 745	12.43	313	19 520 858
Arpa Sapı	115 398	85.5	156	15 391 722
Ayçiçeği Sapı	85 774	80.6	128	8 849 137
Ayçiçeği Kafa	42 551	74.0	138	4 345 318
Yulaf Sapı	2 622	84.6	156	346 071
Çavdar Sapı	928	82.4	122	93 257
Toplam				101 354 042

Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıklarından elde edilebilecek 101 354 042 m<sup>3</sup> metan, % 48.1 ile toplam metan potansiyeli içerisinde ikinci sırada yer almaktadır. Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıkları arasında ise en yüksek metan potansiyeli 30 632 738 m<sup>3</sup> metan ile mısır saplarınınadır. Bunu 22 174 941 m<sup>3</sup> metan potansiyeli ile buğday sapı, 19 520 858 m<sup>3</sup> metan potansiyeli ile şeker pancarı yaprağı, 15 391 722 m<sup>3</sup> metan potansiyeli ile arpa sapı, 13 194 455 m<sup>3</sup> metan potansiyeli ile ayçiçeği sapı ve kafası, 346 071 m<sup>3</sup> metan potansiyeli ile yulaf sapı ve 93 257 metan potansiyeli ile çavdar sapı takip etmektedir. Özer (2017), Ardahan İlinin biyogaz potansiyelinin belirlenmesi için buğday, arpa, çavdar, ayçiçeği, ve mısır artıklarını dikkate alarak yaptıkları çalışmada metan potansiyelini 15,3 milyon m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplamışlardır. Özbayram ve İnce (2021), yaptıkları araştırmada, Türkiye'nin buğday artıklarından kaynaklanacak metan potansiyelini 2 652 milyon m<sup>3</sup>/yıl, çavdar artıklarından

kaynaklanacak metan potansiyelini 34 milyon m<sup>3</sup>/yıl, ayçiçeği artıklarından kaynaklanacak metan potansiyelini 250 milyon m<sup>3</sup>/yıl olduğunu hesaplamışlardır. Çakal ve Çelik (2021), arpa, ayçiçeği, buğday ve mısır artıklarını dikkate alarak yaptıkları çalışmada Konya İlinin biyogaz potansiyelinin 20 662 690 m<sup>3</sup>/yıl ve metan oranının % 60 olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda bulunan tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli Özer (2018) ve Özbayram ve İnce (2021)'nin yapmış olduğu çalışma ile benzerlik gösterirken Çakal ve Çelik (2021),'e göre yüksektir. Çakal ve Çelik (2021),'e göre yüksek olmasının sebebi dekar başına atık miktarının daha yüksek seçilmesidir.

Konya'nın sebze ve meyvelerin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli Çizelge 19 'da verilmiştir.

**Çizelge 19.** Sebze ve meyvelerin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli

Ürün Adı	Artık Miktarı (ton/yıl)	Metan Verimi (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton)	Metan Potansiyeli (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Domates	60 953	56.0	3 413 359
Patates	31 122	31.9	992 784
Havuç	22 106	31.9	705 189
Kavun	8 641	31.9	275 645
Karpuz	6 099	31.9	194 546
Hıyar-Acur	4 558	31.9	144 411
Fasulye, Taze	3 272	31.9	104 385
Biber	1 801	31.9	57 436
Kabak (Sakız, Çerezlik)	1 714	31.9	54 664
Patlıcan	391	31.9	12 457
Turp	364	31.9	11 616
Bal Kabağı	285	31.9	9 084
Çilek	255	31.9	8 144
Lahana	244	31.9	7 796
Barbunya, Taze	172	31.9	5 491
Toplam			5 998 003

Sebze ve meyvelerin hasat artıklarından elde edilebilecek 5 998 003 m<sup>3</sup> metan, toplam metan potansiyeli içerisinde % 2.85 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Sebze ve meyvelerinin hasat artıkları arasında ise en yüksek metan potansiyeli 3 413 359 m<sup>3</sup> metan ile açık ara domates hasat artıklarındadır. Domates artıklarını sırası ile 992 784 m<sup>3</sup> metan ile patates, 705 189 m<sup>3</sup> metan ile havuç ve ardından diğer hasat artıkları izlemektedir.

DFBZ (2011)'ye göre Konya İlinin domates artıklarından kaynaklı (tarla+sera) biyogaz potansiyeli 107 TJ olarak bulunmuş olup bu çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Konya'nın meyve veren ağaçların budama artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli Çizelge 20'de verilmiştir.

**Çizelge 20.** Meyve veren ağaçların budama artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli

Tür	Atık Miktarı (ton/yıl)	Metan Verimi m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton	Metan Potansiyeli (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Elma	15 054	45.72	481 783
Kiraz	11 082	45.72	354 675
Vişne	3 947	45.72	126 323
Erik	1 762	45.72	56 386
Badem	1 110	45.72	35 521
Kayısı	907	45.72	29 024
Şeftali-Nektarin	692	45.72	22 158
Ceviz	685	45.72	21 932
Armut	428	45.72	13 680
Ayva	57	45.72	1 830
Toplam			1 143 312

Meyve veren ağaçların budama artıklarından elde edilebilecek 1 143 312 m<sup>3</sup> metan ile toplam metan potansiyeli içerisinde üçüncü sırada yer almaktadır. Meyve veren ağaçların budama artıklarının arasında ise en yüksek metan potansiyeli 481 783 m<sup>3</sup> metan ile elma ağacı budama artıklarındadır. Bunu sırasıyla 354 675 m<sup>3</sup> metan ile kiraz ağacı budama artıkları, 126 323 m<sup>3</sup> metan ile vişne ağacı budama artıkları ve ardından diğer budama artıkları izlemektedir. Avcıoğlu ve ark. (2019), bahçe bitkileri biyokütlesi ve enerji

potansiyeli ile ilgili yaptıkları araştırmada Türkiye'nin bahçe bitkilerinden ortalama 65.491 TJ olduğunu hesaplamışlardır. Türker ve ark.(2022), Türkiye'deki tarımsal biyokütle kalıntılarına dayalı kullanılabilir enerji potansiyelini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada Konya İlinin bahçecilik atıklarından elde edilebilecek enerji potansiyelini 685 TJ olduğunu hesaplamışlardır.

Konya'nın örtü altı bitkisel üretim hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli Çizelge 21'de verilmiştir.

**Çizelge 21.** Örtü altı bitkisel üretim hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli

Tür	Atık Miktarı (ton/yıl)	Metan Verimi m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton	Metan Potansiyeli (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Hıyar	2 508	31.9	80 015
Domates	1 277	56.0	71 495
Toplam			151 510

Örtü altı bitkisel üretim hasat artıklarından elde edilebilecek 151 510 m<sup>3</sup> metan ile toplam metan potansiyeli içerisinde son sırada yer almaktadır. Örtü altı bitkisel üretimin oldukça büyük bir kısmı yüksek gelir getirmesi ve pazarlamada sorun olmaması nedeni ile domates ve hıyar üretimi olarak gerçekleşmektedir. Nüfus artışı, gıda

krizi, tarım teknolojilerindeki gelişmeler örtü altı tarımın hızla artacağını dolayısıyla tarımsal artık miktarının da artacağını göstermektedir.

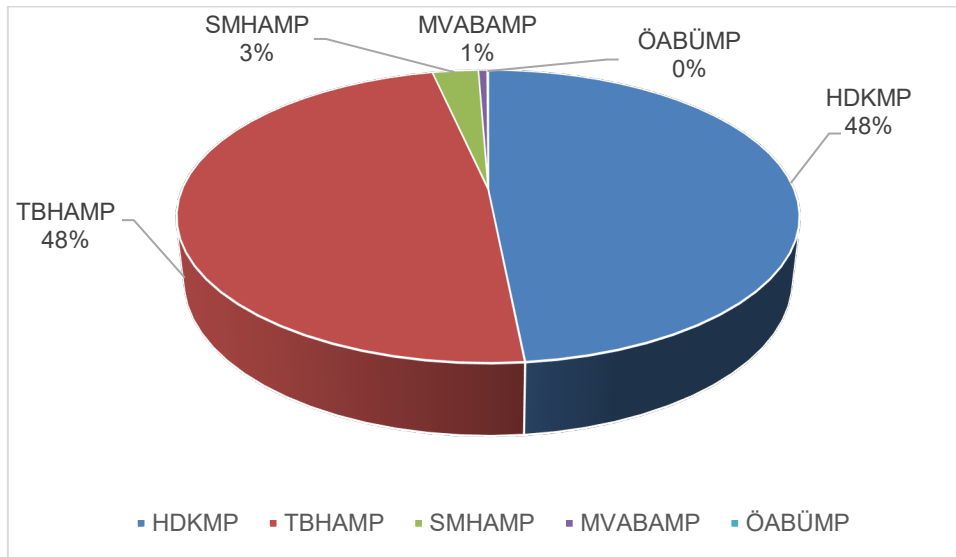
Konya'nın yaygın ve toplanabilir tarımsal atıklardan elde edilebilecek metan potansiyeli Çizelge 22'de verilmiştir.

**Çizelge 22.** Konya İli toplanabilir bitkisel artık ve hayvansal artıklardan elde edilebilecek metan potansiyeli

Metan Kaynağı	Metan Potansiyeli (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Hayvan dışkıları kaynaklı metan potansiyeli	102 061 996
Tahıllar ve diğer tarla bitkilerinin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli	101 354 042
Sebze ve meyvelerin hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli	5 998 003
Meyve veren ağaçların budama artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli	1 143 312
Örtü altı bitkisel üretim hasat artıklarından elde edilebilecek metan potansiyeli	151 510
<b>Toplam</b>	<b>210 708 863</b>

Konya İli toplanabilir bitkisel artık ve hayvansal artıklardan elde edilebilecek metan potansiyeli 210 708 863 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl olarak bulunmuştur. Şekil 5'ten görüleceği üzere toplam metanın %48'i hayvan dışkılarından, % 48'i sebze ve meyvelerin hasat artıklarından, % 3'ü sebze ve meyvelerin hasat artıklarından, % 1'i meyve veren ağaçların budama artıklarından, % 0,07'si örtü altı bitkisel üretim hasat artıklarından

kaynaklanmaktadır. DFBZ (2011)'ye göre 2009 yılı verileri dikkate alınarak yapılan hesaplamada Konya İlinin toplam tarımsal teknik biyogaz potansiyeli 21 985 TJ olarak bulunmuştur. Elde edilecek enerji miktarının bu çalışmadan yüksek olmasının sebebi teknik potansiyel hesaplanırken tüm atık ve artıkların tamamen toplandığı ve kullanılabilirliğinin varsayılarak hesaplanmasıdır.

**Şekil 5.** Konya İli Bitkisel ve Hayvansal Artıklardan Elde Edilebilecek Metan Potansiyeli

Gelecekte büyükbaş hayvan dışkılarının çevresel problemlere neden olması istenmiyorsa biyogaz tesislerinin sayısı artırılması gerekmektedir. Biyogaz tesislerinin sayısının artırılması için biyogaz üretimine daha çok teşvik verilmelidir.

Konya'nın bitkisel üretim istatistikleri incelendiğinde mısır ekiminin yapıldığı alanın son on yılda 3.3 kat artarak 382 539 dekardan 1 241 821 dekara çıktığı görülmektedir. Konya Ovası her ne kadar kurak olsa ve yer altı su seviyesi her yıl daha fazla çekilse de mısırın yüksek verimi dolayısıyla yüksek getirisi olması nedeniyle

çiftçilerin mısır ekmekten vazgeçemeyecekleri gibi ekilen alanların daha da artacağı aşıkardır. Bu durum Konya İlinde kurulacak biyogaz tesislerinin yüksek biyogaz potansiyeline sahip bitkisel hasat artıklarına kolayca ulaşılabilirliğini göstermektedir.

Konya ilinde sebze üretimi Konya Ovası Projesi kapsamında sulama projelerinin hayata geçmesi ile birlikte hızlı bir gelişme göstermiştir. Sebze üretiminde son on yılda özellikle domates üretimi ön plana çıkarken bunu kavun ve karpuz üretimi izlemiştir. Ayrıca ilimizde Çumra ve civarı Türkiye'nin havuç üretiminde önemli bir yer

tmaktadır. Konya İlinde sebze üretimi KOP projesinin tamamen hayata geçmesi ve yeni projeler ile birlikte artacağı ortadadır. Sebze hasat artıkları genellikle tarım arazilerinde bırakılmakta bu durum hem ekonomik kayba neden olurken hem de tarım arazilerinin işlenmesini zorlaştırmaktadır. Biyogaz tesislerinin kurulması ile birlikte sebze hasat artıkları ekonomik değer kazanmakta ve enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

Konya ilinin meyvecilik istatistikleri incelendiğinde son on yılda elma ve kiraz üretiminin arttığı görülmektedir. Meyve ağaçlarının budama artıkları genellikle arazide yakılmakta veya çevrede bulunan düşük gelirli konutlarda yakacak olarak kullanılmaktadır. Budama artıklarının biyogaz tesislerinde hammadde olarak kullanılması ile bu artıklar enerji olarak kazanılmaktadır.

## 5. Sonuç

Türkiye'nin enerji ihtiyacı ve organik atık ve artıklardan kaynaklanan çevresel sorunlar birlikte değerlendirildiğinde; her iki sorun için de eşzamanlı çözüm önerisi organik atık ve artıkları yenilenebilir enerji kaynağı olan metana dönüştüren biyogaz tesislerinin kurulmasıdır. Biyogaz tesislerinin bir artısı da metan üretim sürecinde ortaya çıkan fermantasyon artıklarının organik gübre olarak değerlendirilebilmesidir. Böylece tarım arazilerinde kullanılan kimyasal gübreden tasarruf edilmekte ve sürdürülebilir tarım uygulaması da gerçekleştirilebilmektedir.

Enerji piyasalarında biyogazın güçlü bir rol oynaması için istikrarlı bir arz sağlayan yeterli bir altyapının oluşturulması gerekmektedir. Biyogaz tesislerinin planlanmasında, tahmin edilen talebi karşılayacak mevcut kaynakların potansiyelinin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Araştırma sonucunda elde edilen verilerden anlaşılacağı üzere Konya İli 210 708 863 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/yıl kapasite ile önemli miktarda metan üretim potansiyeline sahiptir. Bu miktarda metan ile 6 020 TJ enerji, 1 622 milyon kWh elektrik elde edilebilir. Konya İlinde 2021 yılında konutlarda kullanılan elektrik miktarının 1 431 milyon kWh olduğu dikkate alındığında bu miktarın önemi ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin enerji güvenliği sorununun çözümünde tarımsal artık ve hayvansal atıkların değerlendirilmesi gerektiği açıktır. Bu potansiyel göz önüne alındığında, Konya İli biyogaz tesisleri kurulması için oldukça elverişlidir.

Sonuç olarak, son yıllarda ülkemizde tarımsal artıkların değerlendirildiği biyogaz sektörü hızlı bir büyüme göstermektedir. Müteşebbisler ve planlamacılar, yatırımı en iyi nereye yönlendireceklerini ve sorunların üstesinden nasıl geleceklerini bilmelidirler. Bu çalışma, sektöre yatırım yapan ve yapacak olan müteşebbislere

tesis yeri seçiminde yol gösterici olacak ve karar vericilerin daha doğru karar almasında yardımcı olacaktır. Bu çalışma; hem enerji üretiminde biyogaz sektörünün gelişmesine hem de tarımsal artıkların daha verimli kullanımına katkı sağlayacaktır.

## 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.

Aktaş, T., Özer B., Soyak, G., & Ertürk, M. C. (2015). Tekirdağ İli'nde hayvansal atık kaynaklı biyogazdan elektrik üretim potansiyelinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(1), 69-74.

Atelge, R. (2021). Türkiye'de Sığır Gübresinden Biyoyakıt Olarak Biyogaz Üretiminin Potansiyeli ve 2030 ve 2053 Yıllarında Karbon Emisyonlarının Azaltılmasına Öngörülen Etkisi. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 5(1), 56-64.

Avcioğlu, A. O., & Türker, U. (2012). Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), 1557-1561.

Avcioğlu, A. O., Dayioğlu, M. A., & Türker, U. (2019). Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey. *Renewable Energy*, 138, 610-619.

Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Karaca, C., Kaçıra, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., Güneş, K., Komitti, N., Barnes, I., Nieminen, M. (2006). A Guide on Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. Final Report Annex XIV, LIFE 03 TCY/ TR /000061, Adana.

Başçetinçelik, A., Öztürk, H., & Karaca, C. (2007). Türkiye'de tarımsal biyokütleden enerji üretimi olanakları. IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. *Bildiriler Kitabı*, s.101-109, Kayseri.

BEPA, (2022). Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası. T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Bilandzija, N., Voca, N., Kricka, T., Matin, A., Jurisic, V., (2012). Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10 (2), 292-298.

BP (2022, 1 Haziran). Statistical. 15 Haziran 2022 tarihinde <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy->

[economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html](https://www.economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html) adresinden edinilmiştir.

Brown, D., Shi, J., & Li, Y. (2012). Comparison of solid-state to liquid anaerobic digestion of lignocellulosic feedstocks for biogas production. *Bioresource technology*, 124, 379-386. ISSN 0960-8524,

Çiçek O. A (2014). Farklı Çiftlik Atıklarının Birlikte Çürütülmesi Ve Gaz Üretim Optimizasyonu. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul

D'Aquino, C. A., Santos, S. C., & Sauer, I. L. (2022). Biogas as an alternative source of decentralized bioelectricity for large waste producers: An assessment framework at the University of São Paulo. *Energy*, Volume 239, Part D, 122326. ISSN 0360-5442

Demirel, B., Neumann, L., & Scherer, P. (2008). Microbial community dynamics of a continuous mesophilic anaerobic biogas digester fed with sugar beet silage. *Engineering in Life Sciences*, 8(4), 390-398.

DBFZ, (2011). Türkiye'de Hayvansal Atıkların Biyogaz Yoluyla Kaynak Verimliliği Esasında ve İklim Dostu Kullanımı Projesi (Türk-Alman Biyogaz Projesi). Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum gemeinnützige GmbH Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig.

Dursun, N. (2020). Hayvansal Ve Bitkisel Atıklar Kaynaklı Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Malatya İli Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8 (3) , 720-727.

Ersoy, E. ve Uğurlu, A. (2020). Türkiye'nin il bazlı hayvancılık sektörünün biyogaz üretimi yoluyla sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeli. *Çevre Yönetimi Dergisi*, 255, 109858.

FAO, (2016). BEFS Assessment for Turkey: Sustainable bioenergy options from crop and livestock residues. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. ISSN 2226-6062

FNR, (2010). Handreichung Biogasgewinnung und Nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow-Prüzen. ISBN 3-00-014333-5

Foster, J.B., Ünder, H. (2008). Savunmasız gezegen: çevrenin kısa ekonomik tarihi. Epos Yayınları.

Görmüş, C. (2018). Türkiye'deki hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ

IPCC, (2001). The global warming potential of six GHGs. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kaur, G.J., Kumar, D., Orsat, V., & Singh, A. (2020). Assessment of carrot rejects and wastes for food product

development and as a biofuel. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1(12), 757-768.

Kepp U, Machenbach I, Weisz N, Solheim OE (2000). Enhanced stabilisation of sewage sludge through thermal hydrolysis - three years of experience with full scale plant. *Water Science and Technology* 42 (9): 89-96.

Khalid A, Arshad M, Anjum M, Mahmood T, Dawson L (2011). The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Management* 31: 1737-1744.

Kuglitsch, F. G., Toreti, A., Xoplaki, E., Della-Marta, P. M., Zerefos, C. S., Türkeş, M., & Luterbacher, J. (2010). Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophysical Research Letters*, 37(4).

Külcü, R. (2016). Afyonkarahisar ilinin tarımsal biyokütle potansiyelinin incelenmesi. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 1-9.

KÖSE, E. T. (2017). Trakya bölgesinde hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi ve sayısal haritaların oluşturulması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 762-772.

Lovato, G., Alvarado-Morales, M., Kovalovszki, A., Peprah, M., Kougias, PG, Rodrigues, JAD, & Angelidaki, I. (2017). Yerinde biyogaz yükseltme süreci: modelleme ve simülasyon yönleri. *Biyolojik kaynak teknolojisi* , 245 , 332-341.

Menardo, S., Airoldi, G., & Balsari, P. (2012). The effect of particle size and thermal pre-treatment on the methane yield of four agricultural by-products. *Bioresource technology*, 104, 708-714.

Nasl B. M. (2015). Büyükbaş Hayvan Dışkısından Biyogaz Üreten Bir Reaktöre Peynir altı Suyu Eklenmesinin Reaktörün Biyogaz Üretim Verimine Etkilerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

NOAA, (2021). CO<sub>2</sub> emissions vs concentrations 1751-2020. National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington. <https://www.climate.gov/media/12990>

NOAA, (2022). Trends in Atmospheric Methane. National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington. [https://gml.noaa.gov/ccgg/trends\\_ch4/](https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/)

NASA, (2022). Global Mean Estimates based on Land and Ocean Data. National Aeronautics and Space Administration, Washington. [https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/graph\\_data/Global\\_Mean\\_Estimates\\_based\\_on\\_Land\\_and\\_Ocean\\_Data/graph.txt](https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/graph_data/Global_Mean_Estimates_based_on_Land_and_Ocean_Data/graph.txt)

- Odegard, I., van der Voet, E. (2014). The future of food—Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecological Economics* 97: 51-59.
- Özbayram, E. G., & İnce, O. (2021). Comparative Assessment of Biogas Production Potential of the Most Abundant Agro-Residues in Turkey. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(68), 547-555.
- Özer, B. (2017). Biogas energy opportunity of Ardahan city of Turkey. *Energy*, 139, 1144-1152.
- Polat, M. (2021). Türkiye'nin Tarımsal Atık Biyokütle Enerji Potansiyelindeki Değişim. *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı, 19-24.
- Sawatdeenarunat, C., Surendra, K. C., Takara, D., Oechsner, H., & Khanal, S. K. (2015). Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: challenges and opportunities. *Bioresource technology*, 178, 178-186.
- Şehu, A. (1996). Bazı Buğdaygil Samanlarının İn Vivo Sindirilme Dereceleri ve Rumende Parçalanma Özellikleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 43(04).
- Şenol, H., Elibol, E. A., Açikel, Ü., & Yalçın, A. (2018). Farklı ham sığır gübresi/mezbaha atıkları karışım oranlarının biyogaz üretimi üzerindeki etkisinin araştırılması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 11-21.
- Toriki, F. (2003). Yonca ve şeker pancarı yaprağından mekanik sistemle bitki suyu eldesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 9(04).
- TÜİK, (2021a). Hayvancılık İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr>
- TÜİK, (2021b). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr>
- Türker, U., Gerdan, D., Dayıoğlu, M. & Onurbaş Avcıoğlu, A. (2022). Exploitable energy potential based on agricultural biomass residues in turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(4).
- Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32.
- Türkeş, M., & Erhat, E. (2018). Aşırı hava ve iklim olaylarında dünya ve Türkiye'de gözlenen değişiklik ve eğilimlerin bilimsel bir değerlendirmesi. *İklim Değişikliği ve Yeşil Boyut: Yeşil Ekonomi ve Yeşil Büyüme*. (Ed. Meltem Ucal), pp5-38. ISBN, 978, 605-680.
- UN, (2015). World population prospects: the 2015 revision, key findings and advance tables. United Nations Department of Economic and Social Affairs and Population Division, Working Paper No ESA/P/WP. 241.
- UNFPA Türkiye (2022, 22 Kasım). 8 milyar. 22 Kasım 2022 tarihinde <https://turkiye.unfpa.org/tr/news/8-milyar-etkinligi> adresinden edinilmiştir.
- Uykan, Z. (2019). Farklı hayvan gübreleri ve mısır silajı karışımından hazırlanan hammaddelerden biyolojik metan veriminin saptanması. (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ
- Üçok, S. & Aybek, A. (2021). Büyükbaş hayvan dışkısı ve makroalg (*Cladophora sp.*)'den biyogaz üretimi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 238-248.
- Wandrey, C., & Aivasidis, A. (1983). Zur reaktionstechnik der anaeroben fermentation. *Chemie Ingenieur Technik*, 55(7), 516-524.
- Yaylı, B., & Kılıç, İ. (2020). Süt Sığırı İşletmelerinin Küresel Isınma Potansiyelinin Tier-1 Yöntemi ile Tahminlenmesi. *Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 1(2), 79-86.
- Zhang, Q., Hu, J., & Lee, D. J. (2016). Biogas from anaerobic digestion processes: Research updates. *Renewable Energy*, 98, 108-119.
- Zhurka, M., Spyridonidis, A., Vasiliadou, I. A., & Stamatelatos, K. (2019). Biogas production from sunflower head and stalk residues: Effect of alkaline pretreatment. *Molecules*, 25(1), 164.