


Niğde İlinin Hayvansal ve Tarımsal Atık Miktarlarının ve Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi

Ruhullah Ali Mert¹ , Öznur Begüm Gökçek^{1*} 

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği, Niğde

(Alınış / Received: 19.07.2023, Kabul / Accepted: 09.11.2023, Online Yayınlanma / Published Online: 30.12.2023)

Anahtar Kelimeler

Biyokütle Enerjisi,
Hayvansal Atıklar,
Tarımsal Atıklar,
Elde Edilebilir Enerji
Potansiyeli,
Hayvansal ve Tarımsal Atık
Miktarı

Öz: Gelişen teknoloji, ekonomik gelişmeler, nüfus artışı ile birlikte enerjiye olan ihtiyaca karşılık, fosil kaynaklardaki azalma ve bu kaynakların oluşturduğu çevre kirliliği problemlerinin ortaya çıkması yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve yaygın kullanımını kaçınılmaz kılmıştır. Bu çalışmanın amacı Niğde ilindeki hayvansal ve seçilen tarımsal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyellerini belirlemektir. Bu kapsamda 2020 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) verileri kullanılmıştır. Çalışmada, Niğde ve ilçelerindeki toplam hayvan sayısına göre hayvansal atık miktarı, teorik biyogaz ve elde edilebilir enerji potansiyeli hesapları yapılmıştır. Sonrasında seçilen tarımsal ürünlerin teorik biyokütle potansiyeli, yıllık üretim miktarı ve yapılan kabullere göre her bir atığın elde edilebilir enerji potansiyelleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hayvansal atık potansiyelinin en fazla olduğu ilçe Altınhisar olarak belirlenmiştir. Niğde ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilir enerji potansiyelinin elektrik enerjisi üretimi cinsinden değeri 212.034,278 MWh/yıl'dır. Seçilen tarımsal atıklarından elde edilebilecek enerji potansiyelinin en fazla olduğu ilçe ise Bor olup, Niğde ilinin seçilen tarımsal atıklarından elde edilebilir enerji potansiyelinin elektrik enerjisi üretimi cinsinden değeri 3.849,599 MWh/yıl olduğu belirlenmiştir.

Investigation of Waste Amount and Energy Potential of Niğde Province in terms of Biomass

Keywords

Biomass Energy,
Animal Wastes,
Agricultural Wastes,
Obtainable Energy Potential,
Amount of Animal and
Agricultural Waste

Abstract: In response to the need for energy with developing technology, economic developments and population growth, the decrease in fossil resources and the emergence of environmental pollution problems caused by these resources have made the effective and widespread use of renewable energy resources inevitable. The aim of this study is to determine the energy potential that can be obtained from animal and selected agricultural wastes in Niğde province. In this context, 2020 Turkish Statistical Institute (TUİK) data was used. In the study, the amount of animal waste, theoretical biogas and obtainable energy potential were calculated according to the total number of animals in Niğde and its districts. Afterwards, the theoretical biomass potential of the selected agricultural products, the annual production amount and the obtainable energy potential of each waste were calculated according to the assumptions made. According to the results obtained, the district with the

highest animal waste potential was determined as Altunhisar. The value of the energy potential of Niğde province that can be obtained from animal waste in terms of electrical energy production is 212,034.278 MWh/year. The district with the highest energy potential that can be obtained from the selected agricultural wastes is Bor, and the value of the energy potential that can be obtained from the selected agricultural wastes of Niğde province in terms of electrical energy production has been determined to be 3,849.599 MWh/year.

*İlgili Yazar, email: begumgokcek@ohu.edu.tr

1. Giriş

Dünya üzerinde hızla artmakta olan nüfusa bağlı olarak enerji ihtiyacı da artmakta ve küresel bir sorun haline gelmektedir. Sanayileşmenin artması, insanların hayat kalitesini yükseltmek istemeleri bu enerji ihtiyacının temel sebepleri arasında yer almaktadır. Dünya üzerinde artan bu enerji ihtiyacı ülkemizin de gündeminde bulunmaktadır [1,2]. Enerji ihtiyacını karşılayabilen kaynaklar üç kısımda incelenebilmektedir. Bunlar fosil yakıtlar, yenilenebilir enerji kaynakları (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji vb.) ve nükleer enerji kaynaklarıdır [3]. Güncel olarak kullanılan yakıtların temeli fosil kaynaklı (linyit, ham petrol, doğal gaz vb.) yakıtlardır. Fosil yakıtlar dünyada elektriğin %60'ını karşılarken, yenilenebilir enerji kaynakları 2020 yılının ilk çeyreğinde küresel elektrik ihtiyacının %26-28'ini karşılamaktadır [4]. Türkiye Elektrik İletişim A.Ş'nin yayınladığı 2020 yılı verilerine göre, Türkiye'de üretilen elektrik enerjisinin %58'inin fosil kaynaklardan %42'sinin ise yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığı görülmektedir. Bununla beraber bilinmelidir ki fosil yakıtlar dünya üzerinde sınırlı kaynaklar olup ve fosil yakıtlara bağımlılık devam ettikçe bu kaynakların azalması ve yok olma tehlikesi de oluşabilmektedir [5].

Fosil yakıtların kullanıldığı proseslerinin çoğunda atmosfere sera gazları kontrolsüz bir şekilde salındığından çevre kirliliğine neden olmaktadır. Kyoto Protokolü ile tüm AB üye ülkeleri dahil olmak üzere sanayileşmiş ülkelerde sera gazı emisyonlarının azaltılması ile ilgili zorunlu hedefler belirlenmiştir. Evrensel ve yasal olarak bağlayıcılığı olan ilk küresel iklim anlaşması olan Paris Antlaşması ile AB, 2030 yılı İklim ve Enerji Çerçevesine uygun olarak sera gazı emisyonlarının azaltılması için çaba göstermektedir. Gösterilen bu çabalar Avrupa Yeşil Mutabakatı ile devam etmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2050'de karbon nötr bir Avrupa yaratmak ve "Sınırdaki karbon düzenlemesi" ile temiz bir enerji sistemine geçiş için çalışmalar yapılmasını hedeflemektedir. Bu hedef ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem arz etmektedir. Sağladıkları sürdürülebilir enerji ve düşük sera gazı emisyonlarından dolayı biyokütle enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre son yıllarda daha fazla ilgi çekmektedir. Biyokütleden elde edilen biyogaz, son yıllarda önem kazanmış, Hindistan ve Çin gibi büyük ülkeler biyogaz üretimine önem vermeye başlamışlardır [6]. Çevrede belli başlı sorunlara (sağlık sorunları, koku vb.) yol açabilecek olan bu atıkların bertaraf edilmeden geri kazanılması hem dünya için hem de ülkemiz için büyük önem taşımaktadır. Atıkların bertaraf edilmesi yerine anaerobik proseslerde kullanmak ve enerji üretmek iklim değişikliğine karşı bir önlem de olabilmektedir. Atıkların fermantasyonu sonucu elde edilen biyogazın saflaştırma prosesi sonrası metan içeriğinin %90'nın üzerine çıkarılması fosil yakıtların kullanımını ve sera gazı emisyonlarını %60-80 oranında düşürebilmektedir [7]. Bu koşullar altında biyokütleden biyogaz üretimi yenilenebilir enerji kaynakları arasında ön plana çıkmaktadır [8].

Biyogaz, anaerobik şartlar altında organik atıkların parçalanması sonucu oluşmaktadır. Anaerobik arıtım üç aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar hidroliz, asit oluşum aşaması ve metan oluşum aşamasıdır [9]. Hidroliz aşamasında proteinler, karbohidratlar ve lipitler aminoasit gibi yüksek molekül ağırlıklı organik maddeler daha küçük yapılara parçalanırlar. İkinci aşama olan asit üretim basamağında asit üreten bakteriler organik maddeyi alkollere ve asetik asitlere dönüştürürler. Son olarak metan oluşum aşamasında ise metanojenler oluşan asit ve karbondioksiti metana dönüştürürler [10]. Bu proses sonucu ortaya metan içeren yanıcı ve doğalgaz benzeri bir gaz çıkmaktadır. Anaerobik prosesler doğada birçok farklı ortamda gerçekleşebilmektedir. Örneğin bu prosesler bataklıklar, sıvı gübre çukurları ve deniz tabanları gibi doğal ortamlarda gerçekleşebilmektedir. Biyogazın içeriğinde metan (%50-75), karbondioksit (%25-50) ve eser miktarda hidrojen, hidrojen sülfür ve azot gibi gazlar bulunabilmektedir [11, 12].

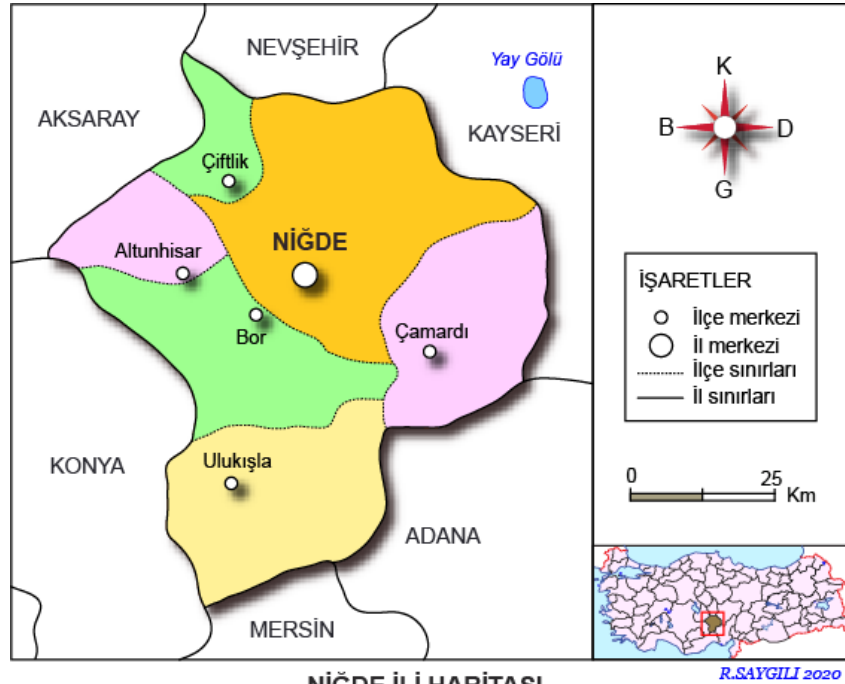
Biyogaz üretimi için birçok farklı organik atık, anaerobik proseslerde ham madde olarak kullanılabilir. Kullanılan organik atıklar, evsel organik katı atık, hayvansal atıklar, tarımsal atıklar, gıda sanayi atıkları ve biyolojik atıklar olarak sınıflandırılabilir. Biyogazın temel bileşeni metandır ve genel olarak biyogazın ısı değerini ifade etmektedir. Biyokütleden üretilen biyogazın ve içeriğinde bulunan metan gazının kullanılması hem organik atık bertarafı için hem de enerji üretimi için çevreci bir yaklaşım sunmaktadır. Aynı zamanda biyogaz üretimi sonucu anaerobik proseslerden çıkabilecek fermante olmuş sıvı ürün (dijestat), tarlalarda gübre olarak da kullanılabilir. Gübre olarak kullanılabilmesinin avantajlarından biri fermantasyon sonucu patojen mikroorganizmaların tamamına yakınının yok olmasıdır [13].

Bu çalışmada Niğde ilinin hayvansal atıklardan ve seçilen tarımsal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelini araştırılması hedeflenmektedir. Bu amaçla, Niğde ilinde bulunan hayvansal atıklardan ve tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıklardan elde edilebilir teorik biyogaz miktarları ve enerji potansiyelleri hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Niğde ili coğrafi olarak İç Anadolu bölgesinin güneydoğusunda 37.963188 enlem ve 34.659554 boylamlarında yer almaktadır. Yüz ölçümü olarak 7.312 km²'dir. Niğde ilinin toplamda merkez ilçe dahil olmak üzere 6 ilçesi bulunmaktadır. Şekil 1'de Niğde İli ve ilçeleri görülmektedir.



NİĞDE İLİ HARİTASI

Şekil 1. Niğde ili haritası

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) 2020 yılına ait verileri kullanılmıştır [14]. Bu çalışmanın ilk aşamasında Niğde ilinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayısı üzerinden yaş gübre miktarı hesabı yapılmış ve elde edilen biyogaz potansiyeli belirlenmiştir. Sonrasında, seçilen tarımsal ürünlerin teorik biyokütle potansiyeli, yıllık üretim miktarı ve yapılan kabullere göre her bir atığın elde edilebilir enerji potansiyelleri hesaplanmıştır. Niğde İl'inde 2020 yılına ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığı verileri Tablo 1'de verilmektedir. Toplam büyükbaş hayvan varlığı 186.767 adet olup, en fazla yetiştiricilik Merkez ilçe ve Bor ilçesindedir. Küçükbaş hayvan varlığı 696.137 adet olup, en fazla yetiştiricilik merkez ilçesindedir (Tablo 1). Tablo 1'deki verilen bilgilere göre, Niğde İl genelinde bulunan hayvanların %44'ü kanatlı, %43'ü küçükbaş, %13'ü ise büyükbaş hayvan olarak oranlanmaktadır.

Tablo 1. Niğde ili toplam hayvan mevcutları
İlçeler Bazında Hayvan Mevcutları

İlçe	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı Hayvanlar
Merkez	96.643	213.326	285.688
Altunhisar	9.163	51.479	7.331
Bor	39.478	113.695	250.230
Çamardı	5.280	76.391	8.534
Çiftlik	16.000	45.000	19.560
Ulukışla	6.004	77.303	13.501
Toplam	172.568	577.194	585.744

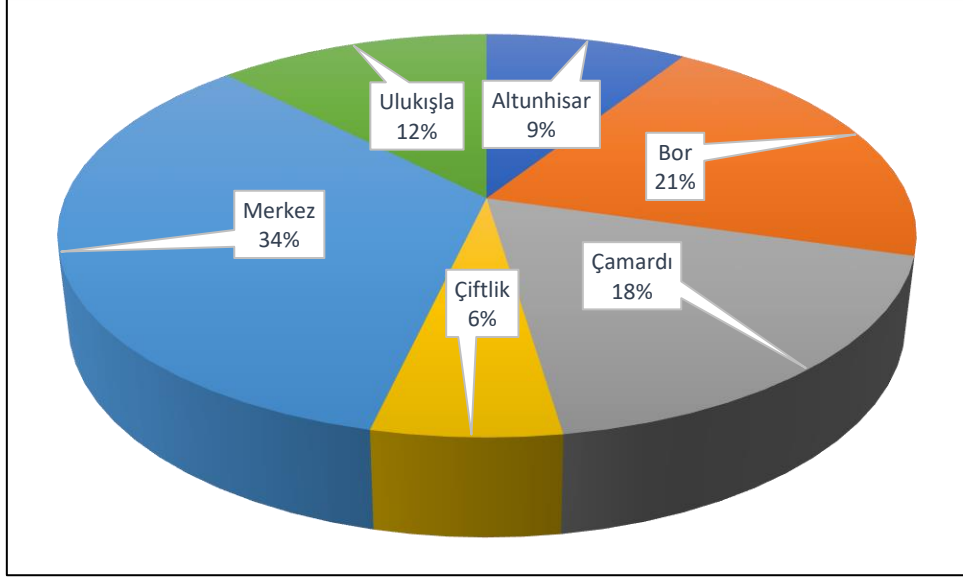
Hayvan gübresi, katı dışkı, sıvı dışkı ve yataklık malzemesinden oluşur. Bu atığın, ortalama %75'i su, %17'si organik maddeler ve % 6'sı ise inorganik maddedir. Büyükbaş hayvanlar için atığın günlük 20-25 kilogramı katı ve 10-12 litresi ise sıvı gübre olarak kabul edilmiştir. Hayvanın cinsine, yaşına, beslenme yoğunluğuna ve besin türüne bağlı olarak bu değerler değişmektedir [15]. Hayvan gübresinden biyogaz oluşumu hesabı, aşağıdaki formüller kullanılarak gerçekleştirilmiştir [16].

Elde edilebilir atık miktarı (EEA)=Hayvan sayısı (HS)*hayvan başına yıllık yaş gübre (YYG)*elde edilebilirlik (EE)

Elde edilebilir biyogaz potansiyeli (EEBP)= EEA*1 ton yaş gübreden elde edildiği kabul edilen biyogaz miktarı (BM)

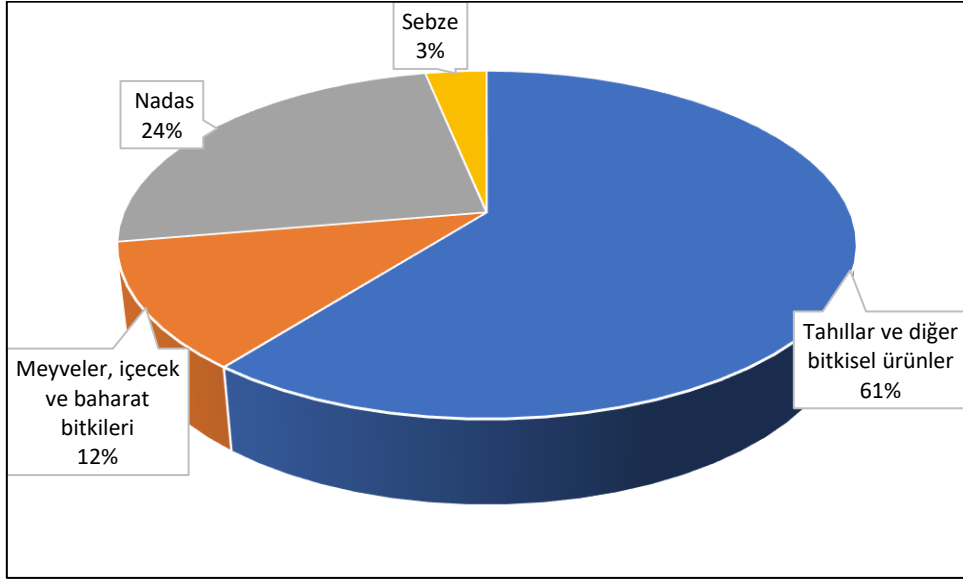
Ortalama olarak, büyükbaş hayvandan 9,94 ton/yıl, küçükbaş hayvandan 0,82 ton/yıl ve kanatlı hayvandan ise 0,029 ton/yıl gübre elde edilir. Büyükbaş hayvan gübrelerinin % 65'inin, küçükbaş hayvanların % 13'ünün ve kümes hayvanlarının % 99'unun meralarda kaybolduğu kabul edilmektedir [17, 18, 19, 20]. Mezofilik (35°C) ve tam karışımli sürekli reaktörlerde gerçekleştirilen koşullarda 1 ton yaş büyükbaş hayvan gübresinden 33 m³, küçükbaş hayvan gübresinden 58 m³ ve kanatlı hayvan gübresinden 78 m³ biyogaz elde edilebildiği kabul edilmiştir [19, 21, 22]. Hayvansal atıkların ısı değerinin 22,7 MJ/m³ olduğu kabul edilmiştir [23]. 1 m³ biyogazın, 4,7 kWh elektriğe eş değer olduğu kabul edilmiştir [17, 24].

2020 yılı TUİK verilerine göre Niğde il genelinde, yaklaşık olarak 2.757.798 dekar tarımsal alan bulunmaktadır. Bu arazilerin %34'ü il merkezinde, %21'i Bor, %18'i Çamardı, %12'si Ulukışla, %9'u Altunhisar ve %6'sı Çiftlik ilçelerinde bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Niğde İli 2020 yılı ekilebilen tarım alanı (dekar)

2020 TÜİK verilerine göre, Niğde İlindeki ekili alanların %61'inde tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, %12'sinde meyveler, içecek ve baharat bitkileri ve %3'ünde ise sebze ekilidir. Niğde İl genelindeki ekilebilir alanların ürün grubuna göre oranları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Niğde İli 2020 yılı ürün grubuna göre ekilebilen tarım alanı oranı

2020 yılı TÜİK verilerine göre, Niğde il merkezi ve ilçelerinde toplam 1.728.886 ton ürünün yaklaşık %38'ini tahıl grubundan buğday oluştururken onu %14 ile arpa %10 ile patates ve meyvelerden ise yaklaşık %14 ile elma takip etmektedir. Niğde İli ve ilçelerindeki tahıl, meyve ve mahsullerinin üretim miktarları sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Niğde İlçelerine göre seçilen tahıl ürünleri üretimi miktarları (ton)

İlçe	Tahıllar						
	Buğday	Arpa	Çavdar	Patates	Şeker Pancarı	Mısır	Yonca

Altunhisar	82.957	13.702	6.510	8.320	159	2.990	5.500
Bor	90.774	52.589	19.000	12.300	12.328	27.300	24.500
Çamardı	116.188	35.661	32.800	3.000	0	520	610
Çiftlik	50.467	4.403	37.100	35.490	0	1.200	760
Merkez	268.715	57.211	24.630	122.810	1.757	28.710	29.400
Ulukışla	63.296	83.524	30.000	900	1.185	1.240	2510
Toplam	672.397	247.090	150.040	182.820	15.429	61.960	63.280

Tablo 3. Niğde İlçelerine göre seçilen meyve ve sebze ürünleri üretimi miktarları (ton)

ilçe	Meyveler ve Sebzeler				
	Üzüm	Elma	Kiraz	Lahana	Domates
Altunhisar	4.500	7.660	260	0	1.710
Bor	11.580	50.920	320	7.500	16.000
Çamardı	3.110	55.010	4.790	10	0
Çiftlik	1.660	5.010	400	0	0
Merkez	7.910	83.480	1.190	7.200	3.750
Ulukışla	5.540	33.070	19.180	4.110	0
Toplam	34.300	235.150	26.140	18.820	21.460

Elde edilen bu verilere göre tarımsal ürün atıklarından teorik biyokütle potansiyeli, teorik enerji potansiyeli ve elde edilebilir enerji potansiyeli aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

Teorik biyokütle potansiyeli (TBP) = Ton Olarak Yıllık Üretilen Ürün Miktarı (YÜM)* Atık-Ürün Oranı (AÜO) * (100-Ürünün Nemi/100)

Teorik enerji potansiyeli (TEP)= TBP*Alt ısı değer (AID)

Elde Edilebilir Enerji Potansiyeli (EEP)= TBP * AID * EE

Seçilen tahıl, meyve ve sebzelerin yıllık üretim miktarı, ürün-atık oranı, nem bilgisi, alt ısı değeri ve kullanılabilirlik [25] ile ilgili yapılan kabuller Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Seçilen tahıl, meyve ve sebzelerin yıllık üretim miktarı, ürün-atık oranı, nem bilgisi, alt ısı değeri ve kullanılabilirlik değerleri [3, 26].

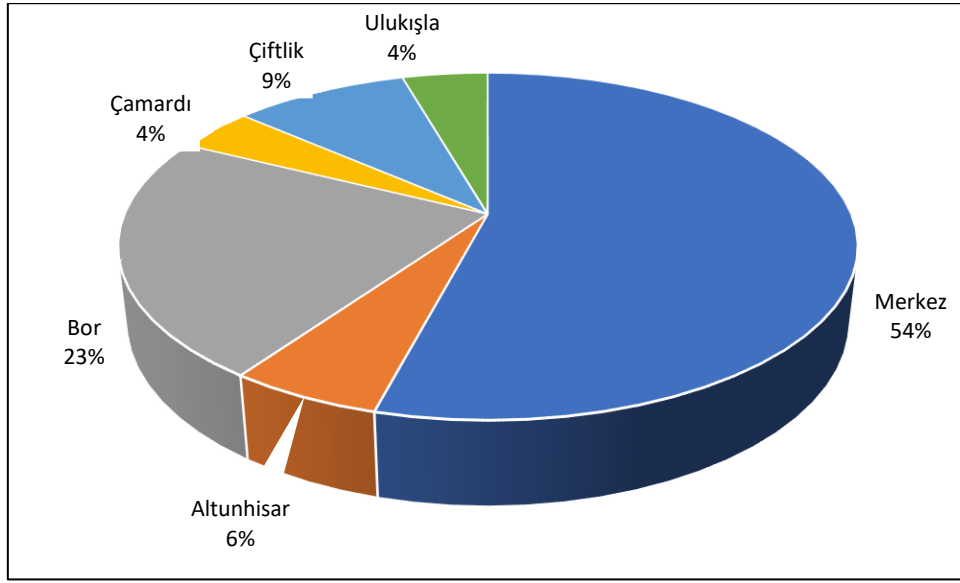
	YÜM (Ton)	AÜO	Nem (%)	Kullanılabilirlik (%)	AID (MJ/kg)
Buğday	672.397	1,130	13	15	16,700
Arpa	247.090	1,220	13	15	18,500
Çavdar	150.040	0,990	15	15	17,400
Patates	182.820	0,450	60	95	13,600
Şeker Pancarı	15.429	0,130	75	15	16,600
Mısır	61.960	1,880	16	60	17,000
Üzüm	34.300	0,420	45	80	18,000
Elma	235.150	0,190	40	80	17,800
Kiraz	26.140	0,190	40	80	21,700

Lahana	18.820	2,500	85	95	12,400
Domates	21.460	0,300	85	95	19,500

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Hayvansal atıkların potansiyeli

Niğde ilçelerindeki hayvan sayısının göz önünde bulundurulmasıyla hesaplanan hayvansal atık miktarı ve kullanılabilir miktarları Tablo 5'te verilmiştir. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların toplam atık miktarı yılda 1.237.404 tondur. Hayvan varlığının %56'sını oluşturan büyükbaş hayvanlardan elde edilen gübre, bu miktarın %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Kullanılabilir atık miktarının ilçeler bazında oransal dağılımına bakıldığında, merkez ilçesi %54 ile en yüksek oranda yer almaktadır. Bor ilçesi ise % 23 ile ikinci sırada yer almaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Kullanılabilir atık miktarının ilçelere göre oransal dağılımı

Tablo 5. Niğde ilçelerine göre hayvansal atık potansiyeli ve kullanılabilen atık miktarları

İlçe	Toplam atık (ton/yıl)			Kullanılabilen atık (ton/yıl)		
	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı Hayvanlar	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı Hayvanlar
Merkez	960.631,400	174.927,320	8.570,640	624.410,400	22.740,550	22.513,150
Altunhisar	91.080,220	42.212,780	219,930	59.202,140	5.487,661	5.432,780
Bor	392.411,300	93.229,900	7.506,900	255.067,400	12.119,890	11.998,690
Çamardı	52.483,200	62.640,620	256,020	34.114,080	8.143,281	8.061,850
Çiftlik	159.040	36.900	586,8	103.376	4.797	4.749,030
Ulukışla	59.679,76	63.388,46	405,03	3.8791,84	8.240,5	8.158,09

Toplam	1.715.326	473.299,08	17.572,32	1.114.962	61.528,88	60.913,59
--------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------

Niğde'nin ilçelerine göre elde edilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Niğde İlçelerine göre büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklarından elde edilen biyogaz üretim potansiyeli

İlçeler Bazında Yıllık Yaş Gübreden Biyogaz Üretim Hesabı (m3/Yıl)			
İlçe	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı Hayvanlar
Merkez	20.605.544	1.318.951,993	1.756.025,395
Altunhisar	1.953.670,720	318.284,361	423.757,213
Bor	8.417.222,810	702.953,446	935.897,674
Çamardı	1.125.764,640	472.310,274	628.824,128
Çiftlik	3.411.408	278.226	370.424,340
Ulukışla	1.280.130,850	477.948,988	636.331,395
Toplam	36.793.741	3.568.675,063	4.751.260,144

Niğde ilinin hayvansal atıklardan elde edilen yıllık biyogaz enerjisi potansiyelinin günümüzde kullanılan enerji kaynaklarındaki eşdeğeri Tablo 7'de verilmiştir. İl genelinde yılda elde edilebilecek biyogaz miktarının yaklaşık 212 milyon kWh elektrik enerjisine ve 1 trilyon MJ ısı enerjisiye eşdeğer olduğu belirlenmiştir.

Tablo 7'ye göre Niğde'de, hayvansal atık kaynaklı biyogaz yılda yaklaşık 212.000 MWh elektrik enerjisi üretebilir. 26 MW'lık bir biyokütle enerji santrali, yılda 8.000 saat elektrik santralini çalışacağı düşünüldüğünde kurulabilir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlasına (BEPA) göre, Niğde ili Bor ilçesinde hayvansal biyokütle kaynaklı lisanslı elektrik üretim santrali bulunmaktadır. Bu santral toplam 5,335 MW kurulu güce sahiptir. Ayrıca il genelinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan 2021 Enerji Yatırımları raporunda 2,33 ve 2 MW kurulu güçlerinde 2 biyokütle enerji santrali kurulmasının planlandığı belirtilmektedir.

Niğde ilinde toplam 26 MW'lık hayvansal biyokütle kaynaklı biyogaz elektrik santrali potansiyeli bulunuyorken, bunun sadece 5,35 MW'lık yaklaşık %20'si kullanılabilir durumdadır. Bölgenin potansiyel organik atık miktarı göz önüne alındığında, önemli bir boşluk olduğu açıktır. Bu durum, bölgenin gelişimi göz önünde bulundurulduğunda yeni biyogaz enerji santrali kurmanın cazip olduğunu göstermektedir.

Tablo 7. Niğde ili genelinde üretilebilecek biyogazın ısı ve elektriksel eşdeğerleri

	Isıl Eşdeğeri (MJ/yıl)	Elektriksel Eşdeğeri (MWh/yıl)
Büyükbaş hayvan	835.217.920,700	172.930,583
Küçükbaş hayvan	81.008.923,930	16.772,773
Kanatlı hayvan	107.853.605,300	22.330,923
Toplam	10.240.80450	212.034,278

3.2. Tarımsal atıkların potansiyeli

Niğde İli ve ilçeleri için bu çalışmada seçilen tarımsal ürünlerin 2020 yılı üretim miktarı 1.728.886 tondur [14]. Seçilen tahıl ürünleri ve meyve-sebzelerin ilçelere göre teorik biyokütle potansiyelleri sırasıyla Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5'e göre, tahıl ürünlerinden elde edilebilir en yüksek biyokütle potansiyeli 99957,04 ton ile Ulukışla ilçesinin buğday üretiminden, en düşük biyokütle potansiyeli ise 5,17 ton ile Altunhisar ilçesinin şeker pancarı üretiminden elde edilmektedir. İlçelerin tahıl ürünlerinin biyokütle potansiyellerine bakıldığında en yüksek değerlerin buğday, arpa, patates ve çavdar ürünlerinde olduğu gözlemlenirken düşük değerlerin şeker pancarı ve mısır üretiminde olduğu görülmektedir.

Tablo 5. Niğde İlçelerine göre seçilen tahıl ürünlerinin teorik biyokütle potansiyeli (ton)

	Buğday	Arpa	Çavdar	Patates	Şeker Pancarı	Mısır
Altunhisar	81.555,030	14.543,300	5.478,165	1.497,600	5,168	4.721,808
Bor	96.347,520	44.253,640	3.420	399,750	19.468,380	6.306,300
Çamardı	97.772,200	6.418,980	1.066	4.737,600	-	59,280
Çiftlik	9.084,060	143,098	58.588,320	8.198,190	-	136,800
Merkez	8.733,238	90.347,610	5.689,530	14.000,340	200,298	10.766,250
Ulukışla	99.957,040	19.294,040	3.420	102,600	444,375	55,800

Tablo 6'ya göre, meyve ve sebze ürünlerinden elde edilebilir en yüksek biyokütle potansiyeli 20628,75 ton ile Çamardı ilçesinin elma üretiminden elde edilmektedir. İlçelerin meyve ve sebze ürünlerinin biyokütle potansiyellerine bakıldığında en yüksek değerlerin elma ve üzüm ürünlerinde olduğu gözlemlenirken düşük değerlerin kiraz, lahana ve domates üretiminde olduğu görülmektedir.

Tablo 6. Niğde İlçelerine göre seçilen meyve ve sebzelerin teorik biyokütle potansiyeli (ton)

	Üzüm	Elma	Kiraz	Lahana	Domates
Altunhisar	1.039,500	873,240	29,640	-	76,950
Bor	1.320,120	5.804,880	120	337,500	-
Çamardı	354,540	20.628,750	215,550	-	-
Çiftlik	622,500	225,450	-	-	-
Merkez	355,950	-	-	-	-
Ulukışla	-	-	-	-	-

İl genelindeki seçilen tarımsal ürünlerin toplam biyokütle potansiyeli değerlendirildiğinde en yüksek değerlerin buğday, arpa, elma ve patateste elde edildiği görülürken, en düşük değerlerin ise şeker pancarı ve lahana üretiminden elde edildiği görülmektedir.

Tablo 7'de Niğde İli genelinde tarımsal ürünlerin teorik enerji potansiyeline bakıldığında tahıl ürünleri açısından en yüksek enerji potansiyelinin buğday ürününden, meyve ve sebze ürünleri açısından en yüksek enerji potansiyelinin elma ürününden elde edildiği görülmektedir.

Tablo 7. Niğde İl'inde üretilen tahıl, meyve ve sebze ürünlerinden elde edilen teorik enerji potansiyeli

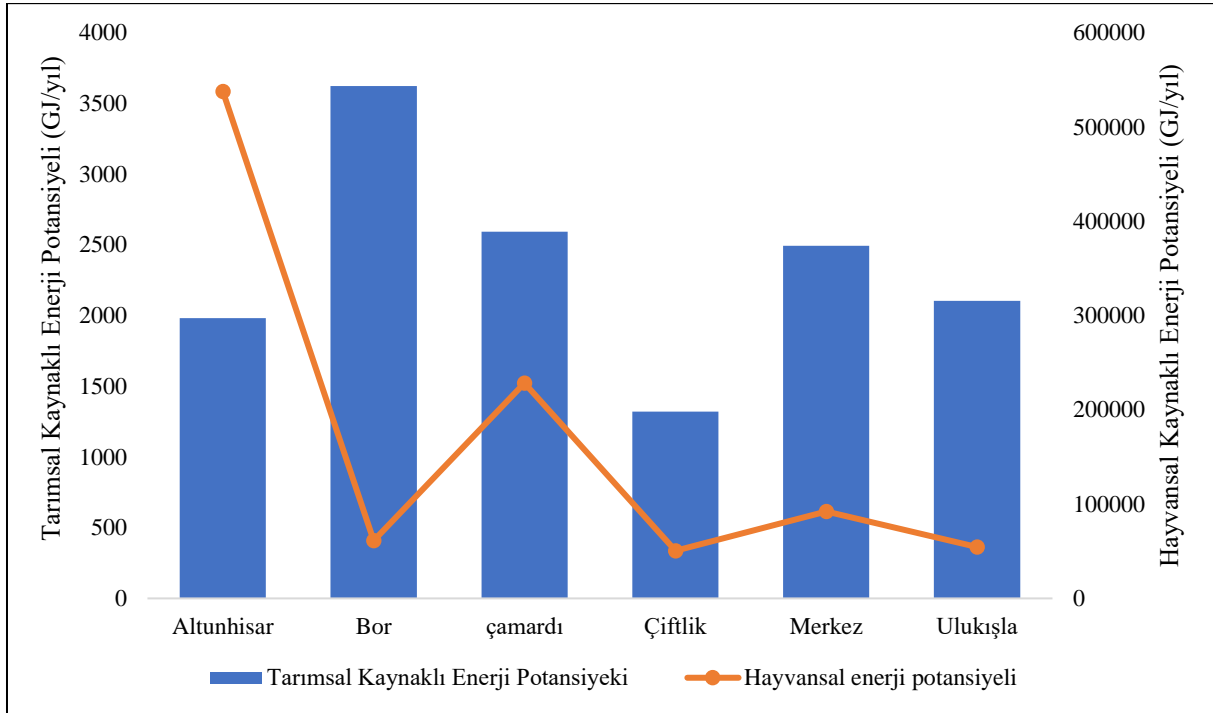
	TEP (MJ)
Buğday	11.039.259,290
Arpa	4.851.834,531
Çavdar	2.196.900,684
Patates	447.543,360
Şeker Pancarı	8.323,946
Mısır	1.663.402,944
Üzüm	142.619,400
Elma	477.166,380
Kiraz	64.665,132
Lahana	87.513
Domates	18.831,150

Tablo 8'de Niğde İli genelinde tarımsal ürünlerin elde edilebilir enerji potansiyeline bakıldığında, tahıl ürünleri açısından en yüksek elde edilebilir enerji potansiyelinin buğday ürününden, meyve ve sebze ürünleri açısından en yüksek enerji potansiyelinin elma ürününden elde edildiği görülmektedir.

Tablo 8. Niğde İl'inde üretilen tahıl, meyve ve sebze ürünlerinin elde edilebilir enerji potansiyeli

	EEP (MJ/yıl)	MWh/yıl
Buğday	165.588.889,400	1971,180
Arpa	72.777.517,970	971,254
Çavdar	32.953.510,260	405,396
Patates	42.516.619,200	118,059
Şeker Pancarı	124.859,183	100,189
Mısır	99.804.176,640	112,436
Üzüm	11.409.552	19,940
Elma	38.173.310,400	147,023
Kiraz	5.173.210,560	2,377
Lahana	8.313.735	1,255
Domates	1.788.959,250	0,450

Niğde ilçelerine göre tarımsal ve hayvansal atıkların enerji potansiyelleri Şekil 5'te görülmektedir. Grafiğe göre tarımsal atık potansiyelinin en yüksek olduğu ilçe Bor İlçesidir. Hayvansal atık potansiyelinin en yüksek olduğu ilçe ise Altunhisar ilçesidir. Her iki atık potansiyelinin en düşük olduğu ilçe Çiftlik ilçesidir.



Şekil 5. Niğde ilçelerine göre tarımsal ve hayvansal atıkların enerji potansiyelleri

4. Sonuçlar

2020 yılı TÜİK verilerinin kullanıldığı Niğde İli için yapılan bu çalışmada hem tarım hem de hayvancılık faaliyetleri sonucunda oluşacak atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyelleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda il genelinde toplam hayvansal atıklardan yıllık 1.024.080,45 GJ enerji değeri ve elektrik enerjisi üretimi cinsinden 212.034,278 MWh/yıl belirlenmiştir. Çalışma kapsamında seçilen bazı tarımsal atıklardan yıllık 14.110,76 GJ enerji değeri ve elektrik enerjisi üretimi cinsinden 3.849,599 MWh/yıl enerji potansiyelleri hesaplanmıştır. Seçilen tarımsal atıklar açısından değerlendirildiğinde en yüksek teorik enerji potansiyeli buğday ürünüde yıllık 11.039.259,29 MJ olarak belirlenmiştir. Hayvan atıkları açısından değerlendirildiğinde ise en yüksek teorik enerji potansiyeli büyükbaş hayvan atığında yıllık 835.217.920,7

MJ olarak belirlenmiştir. Tarımsal atık potansiyelinin en yüksek olduğu ilçe Bor İlçesidir. Hayvansal atık potansiyelinin en yüksek olduğu ilçe ise Altunhisar ilçesidir.

Bu çalışmada hesaplanan enerji potansiyelleri; evlerde, ocak, aydınlanma, ısınma ve sanayide; elektrik ve ısı enerjisi elde edilmesinde, tarım da ise sera ısıtmada kullanılabilir. Biyokütle enerjisinin kullanımı ile ilgili özellikle hayvansal atıklardan hesaplanan enerji potansiyeli ile ilgili yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Ancak seçilen bölgelerin ya da illerin tarımsal atık kaynaklı enerji potansiyeli hesabı ile ilgili çalışmalar daha az bulunmaktadır.

Bölgelerde ya da illerde o bölgenin iklim özelliklerine göre üretimi yapılan tarımsal ürün atıklarının enerjiye dönüştürülmesi hem ekonomik yönden hem de enerji güvenliği yönünden önem arz etmektedir. Sonuç olarak ilde enerji potansiyeli olarak değerlendirilecek hem hayvansal kaynaklı atıkların hem de tarımsal atık kaynaklı atıkların biyogaz enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi ekonomiye ve enerji güvenliğine büyük katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- [1] Taşova M, Yazarel S. 2019. Yozgat İli Hayvansal Kaynaklı Atıkların Biyogaz ve Enerji Potansiyellerinin Belirlenmesi. *International Journal of Life Sciences And Biotechnology*, 2 (1): 16-24.
- [2] Taşova M. 2019. Tokat-Erbaa İlçesindeki Hayvansal Kaynaklı Atıkların Enerji Potansiyel Değerlerinin Belirlenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 12 (1): 14-19.
- [3] Karaca C. 2015. Mapping of energy potential through annual crop residues in Turkey. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(2), 104-109.
- [4] International Energy Agency. *World Energy Outlook 2020*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020> (Erişim Tarihi 07.07.2023).
- [5] Karaca C. 2017. Hatay İlinin Hayvansal Gübre Kaynağından Üretilen Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1):34-39.
- [6] Dhar, S. Kumar, R. Kumar. 2017. A review on organic waste to energy systems in India *Bioresource Technology*, 245. 1229-1237.
- [7] Sahota, S., Shah, G., Ghosh, P., Kapoor, R., Sengupta, S., Singh, P., Vijay, V., Sahay, A. V., Vijay, K., Thakur. I. S. 2018. Review of trends in biogas upgradation technologies and future perspectives *Bioresource Technology*, 1. 79-88.
- [8] Avcıoğlu O. A., Türker U., Atasoy D. Z., Koçtürk D. 2011. Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler Biyoyakıtlar. *Nobel Akademik Yayıncılık*, 519s.
- [9] Vijin P., A. Sivaram, R., Prabhu, N., Sundaramahalingam. A. 2021. A study of enhancing the biogas production in anaerobic digestion *Mater Today Proc*, 45, pp. 7994-7999.
- [10] Kumar, K. S., Lü, F., Wong, J. W. C., Wu, D. İ. H. 2021. *Oechsner Anaerobic digestion beyond biogas Bioresource Technology*, 337. 125378.
- [11] Painuly, J. P., Rao, H., Parikh, J. 1995. A Rural Energy-Agriculture Interaction Model Applied to Karnataka State *Energy*, 20 (3), 219-233.
- [12] Gustavsson, M. 2000. *Biogas Technology. Göteborg: Göteborg University Solution in Search of Its Problem – A Study of Small-Scale Rural Technology Introduction and Integration. International Energy agency. İzmit/Kocaeli*. 253.
- [13] Çetinkaya H. 2016. *Biyogaz. Fırat Kalkınma Ajansı. https://fka.gov.tr/sharepoint/userfiles/Icerik_Dosya_Ekleri/FKA_Arastirma_Raporlari/Biyogaz.pdf* (Erişim Tarihi 09.07.2023).
- [14] Türkiye İstatistik Kurumu. 2020. *Tarımsal Üretim Miktarı Raporu 2020. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr* (Erişim Tarihi 11.07.2023).
- [15] Kocabey S. 2019. Balıkesir İli İçin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17): 234-243.

- [16] Ayhan A. 2015. Biogas production potential from animal manure of Bursa province. Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University, 29(2), 47-53.
- [17] Altıkat, S. ve Çelik, A. 2012. Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli Biogas Potential from Animal Waste of Iğdır Province. Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der, 2(1), 61-66.
- [18] Baran, M. F., Lüle, F. ve Gökdoğan, O. 2017. Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli Energy Potential Can Be Produced by Animal Waste of Adıyaman Province. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(3), 245-249.
- [19] Kaya, D., Çağman, S., Eyidoğan, M., Aydoner, C., Çoban, V., Tırıs M. 2009. Türkiye'nin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Ekonomisi. Atık Teknolojileri Dergisi, 1.
- [20] Deniz, E., Yeşilören, G., Özdemir, N., İşçi, A. 2015. Türkiye'de Gıda Endüstrisi Kaynaklı Biyokütle ve Biyoyakıt Potansiyeli. GIDA (2015) 40 (1): 47-54 doi: 10.15237/gida.GD14037.
- [21] Bayrak Işık EH, Polat F. 2018. The Biogas Potential That Can Be Obtained from The Animal Wastes of Tokat Province. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 7 (3): 93-100.
- [22] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> (Erişim Tarihi: 10.07.2023).
- [23] Başçetinçelik A., Öztürk H. H., Karaca C., Kaçıra M., Ekinci K., Kaya D. 2006. A guide on exploitation of agricultural residues in Turkey, agro-waste- exploitation of agricultural residues in Turkey Project. EU-Life Programme Project. Project No: LIFE03 TCY/TR/000061.
- [24] Yıldız, O., Sözer, S. 2004. Bazı Bitkisel Atıkların Biyogaz Teknolojisi ile Değerlendirilmesi. V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 2, 609-618.
- [25] California Energy Commission, An Assessment of Biomass Resources in California, 2015. University of California, Davis, Public Interest Energy Research (PIER) Program Interim Project Report. March 2015, CEC-500-11-020.
- [26] Avcıoğlu, A.O., Dayıoğlu, M.A., Türker, U. 2019. Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey . Renewable Energy 138, 610-619.