



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 14.04.2023  
Kabul Tarihi : 06.06.2023

Received Date : 14.04.2023  
Accepted Date : 06.06.2023

### SİVAS İLİ TARIMSAL ATIKLARININ BİYOKÜTLE ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE SAYISAL HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

#### DETERMINING THE BIOMASS ENERGY POTENTIAL OF AGRICULTURAL WASTES IN SIVAS AND CREATING DIGITAL MAPS

Ayben POLAT BULUT\* (ORCID: 0000-0003-0151-8680)

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Sivas, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ayben POLAT BULUT, aybenpolat@cumhuriyet.edu.tr

#### ÖZET

Enerji, insanoğlunun hayatını devam ettirebilmesi için gerekli olan zorunlu ihtiyaçlardan biridir. Ancak günümüzdeki hızlı kentleşme, sanayileşme ve nüfus artışıyla birlikte mevcut enerji kaynakları gün geçtikçe azalmaktadır. Bu nedenle, biyokütle enerjisi de son dönemlerde dikkat çeken sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olmuştur. Biyokütle enerjisi tarımsal, hayvansal, ormansal ve kentsel atıklardan elde edilen yenilenebilir, temiz, çevre dostu ve ekonomik bir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada 2022 yılında Sivas ili için tarımsal atıklardan elde edilebilecek elde edilebilir enerji potansiyeli (EEP) TUIK verileri kullanılarak hesaplanmış ve ArcGIS programı kullanılarak hazırlanan sayısal haritalar ile sunulmuştur. Tarımsal atıklardan Sivas ili için toplam 4017 TJ EEP' nin temin edilebileceği bu enerji ile de Sivas' ın nüfusunun % 48' inin enerji ihtiyacının karşılanabileceği belirlenmiştir. Tarımsal atıklardan temin edilen en yüksek EEP' ye sahip ilçenin Şarkışla olduğu görülmüştür. Tarımsal atık kaynaklı biyokütleden üretilen enerji ile Sivas' ın enerji ihtiyacının % 70' inden fazlasının karşılanabileceği belirlenmiştir. Sivas' ta üretilen tarımsal ürünler arasında EEP' ye % 33 ile en büyük katkıya ise buğdayın sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokütle enerjisi, Sivas, tarımsal atık

#### ABSTRACT

Energy is one of the obligatory needs for human beings to continue their lives. However, with today's rapid urbanization, industrialization and population growth, available energy resources are decreasing day by day. For this reason, biomass energy has become one of the sustainable and renewable energy sources that have attracted attention recently. Biomass energy is a renewable, clean, environmentally friendly and economical energy source obtained from agricultural, animal, forestry and urban wastes. In this study, the obtainable energy potential (EEP) that can be obtained from agricultural wastes for Sivas province in 2022 was calculated using TUIK data and presented with digital maps prepared using ArcGIS program. It has been determined that a total of 4017 TJ EEP for Sivas province can be obtained from agricultural wastes, and with this energy, the energy needs of 48% of Sivas's population can be met. The district with the highest EEP obtained from agricultural wastes is Şarkışla. It has been determined that more than 70% of Sivas's energy needs can be met with the energy produced from biomass originating from agricultural waste. Among the agricultural products produced in Sivas, it has been observed that wheat has the biggest contribution with 33% to the EEP.

**Keywords:** Biomass energy, Sivas, agricultural waste

## GİRİŞ

Enerji, insan hayatında vazgeçilmez bir role sahiptir (Desta vd., 2020). Nüfus artışı ve ekonomik gelişmeye bağlı olarak küresel enerji talebi hızla artmakta ve bu talebin yaklaşık % 88' i fosil yakıtlara dayanmaktadır (Desta vd., 2020; Achinas vd., 2017). Küresel enerji ihtiyacına en büyük katkıyı ise toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 18,1' ine karşılık gelen temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları yapmaktadır (Desta vd., 2020). Fosil yakıt kullanımı, atmosfere sera gazları (GHG) ve özellikle karbondioksit (CO<sub>2</sub>) saldıdığı için önemli bir küresel endişe kaynağıdır. Karayolu taşımacılığı için petrol tüketimi şu anda en büyük CO<sub>2</sub> emisyonu kaynağıdır ve dünya çapındaki CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 23' ünden sorumludur (Ben-Iwo, 2016). Fosil yakıtların sürekli kullanımı ve sera gazlarının (GHG' ler) çevre üzerindeki etkisi, biyolojik kaynaklardan alternatif yakıt üretimine yönelik araştırma çabalarını başlatmıştır (Achinas vd., 2017). Artan enerji talebi, fosil yakıtların yüksek maliyetleri, azalan fosil yakıt rezervleri ve fosil yakıt kullanımının sera etkisine katkısı sonucunda biyokütle, fosil yakıtlara temiz bir alternatif enerji kaynağı olarak küresel açıdan giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Duku vd., 2011).

Biyokütle, bitkilerden ve hayvanlardan elde edilen tüm organik maddeler için kullanılan bir terimdir. Biyokütle kaynakları arasında odun ve odun atıkları, tarımsal ürünler ve bunların yan ürünleri, kentsel katı atıklar, hayvansal atıklar, gıda işleme atıkları, su bitkileri ve algler bulunur. Ekonomik ve çevresel değerleri nedeniyle bu kaynaklar için rekabet eden kullanımlar vardır. Biyokütle, güç, ısı ve buhar üretmek ve ulaşım yakıtlarının üretimi için kullanılabilir. Ayrıca gıda işleme, hayvan yemi ve ağaç işleme endüstrileri tarafından da kullanılır (Duku vd., 2011). Biyokütle enerjisi klasik ve modern olmak üzere iki şekilde üretilmektedir. Klasik biyokütle enerjisi ormanlardan elde edilen odunun pişirme ve ısınma gibi kullanımlar için doğrudan yakılmasıdır. Modern biyokütle enerjisi ise odun, tarımsal atıklar, hayvansal atıklar, organik atıklar gibi biyokütle kaynaklarının piroliz, fermantasyon, gazlaştırma gibi teknolojiler ile ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülmesi ve ayrıca sıvı ve gaz yakıtlar elde edilmesidir (Aybek vd., 2015). Biyokütle, önemli bir alternatif enerji kaynağıdır ve kirlilik ve doğal kaynakların tükenmesi gibi çevresel sorunlara yol açmaz. Yaygın olarak bulunur ve nispeten kısa sürede yenilenir (Kory's vd., 2019). Küresel olarak, temiz enerjiye olan artan talep, azalan yakıt rezervleri ve ham petrole bağımlılığın azaltılmasına yaptığı katkı nedeniyle, biyokütle enerjisi fosil yakıtların uygun ikamesi olarak her zamankinden daha da çekici hale gelmektedir. Biyokütle enerjisi, petrol üreten ülkelere bağımlılığı azaltır ve istihdam yaratarak ek gelir kaynağı sağlar ve kırsal ekonomileri destekler (Ben-Iwo, 2016).

Biyogaz, yanıcı bir metan gazı üretmek için insan atıkları, hayvan atıkları ve kentsel atıkları kullanan yenilenebilir bir enerji teknolojisidir (Desta vd., 2020). Biyogaz, ısı ve güç üretmek için geleneksel yakıtların yerini alabilen çok taraflı bir yenilenebilir enerji kaynağıdır; ayrıca otomobillerde gaz yakıt olarak da kullanılabilir (Achinas vd., 2017). Aynı zamanda temiz ve yenilenebilir bir enerjidir ve % 60 - 70 metan (CH<sub>4</sub>) ve % 30 - 40 karbondioksit (CO<sub>2</sub>), % 1-5 hidrojen ve eser miktarda nitrojen, hidrojen sülfid, oksijen ve su buharı içerir. Biyogaz, anaerobik parçalanma sürecinde oksijen yokluğunda biyolojik olarak parçalanabilir malzemeler üzerinde hareket eden metanojenik bakteriler tarafından üretilir. İklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının çevresel etkilerinin en aza indirilmesine katkıda bulunur. (Desta vd., 2020). 1 m<sup>3</sup> biyogaz enerjisinin 4700-5700 kcal.m<sup>-3</sup> arasında ısı enerjisi sağlamaktadır. 1 m<sup>3</sup> biyogaz enerjisi; 0,62 litre gazyağı, 1,46 kg odun kömürü, 3,47 kg odun, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek ve 4,70 kWh elektrik enerjisi eşdeğerindedir. Ayrıca 1 m<sup>3</sup> biyogaz enerjisine 0,66 litre motorin, 0,75 litre benzin ve 0,25 m<sup>3</sup> propan eşdeğerdir (Demir vd., 2018). 1 GWh enerji üretimi için kömür, doğalgaz ve biyokütle kullanılması durumunda sırasıyla 888 ton CO<sub>2</sub>/GWh, 499 ton CO<sub>2</sub>/GWh ve 26 ton CO<sub>2</sub>/GWh CO<sub>2</sub> emisyonları oluşmaktadır (Erdoğan, 2020) ve biyokütlenin kömürden 34 kat ve doğalgazdan 19 kat daha az sera gazı emisyonu yaydığı ve küresel ısınmaya daha az katkı sağladığı görülmektedir.

Bu çalışmada, 2022 yılı için Sivas ilinde bazı tarımsal atıklardan elde edilebilecek biyokütle enerjisi her ilçe için ayrı ayrı hesaplanarak bölgesel dağılımı belirlenmiş ve sayısal haritalar ile ifade edilmiştir. Tarımsal atık kaynaklı biyokütlenin ilin enerji ihtiyacına katkısı belirlenmiştir. Ayrıca yapılan çalışma uygulamaya geçirildiği durumda hem atıklar çevre için bir tehdit oluşturmadan değerlendirilerek geri kazanılmış olacak hem de çevre dostu bir enerji kaynağı olan biyogaz enerjisi üretilmektedir. Böylelikle hem fosil yakıtların meydana getirdiği çevre kirliliği önlenmiş, doğal kaynaklar korunmuş olacak hem de kısmen de olsa fosil yakıtların tükenmesinin önüne geçilecektir

## MATERYAL VE METOD

### Çalışma Alanı

Sivas yüz ölçümü bakımından Türkiye' nin en büyük ikinci ilidir (Belen vd., 2020) ve ülke topraklarının yaklaşık % 3,67' sine sahiptir (Bulut ve Canbaz, 2022). Şekil 1' de görüldüğü gibi ilin merkez ilçesiyle birlikte toplam 17 ilçesi bulunmaktadır (Bulut ve Canbaz, 2019). Sivas 2.848.000 ha, yüzölçümüne sahiptir. Bu alanın 805.209 hektarı işlenen tarım arazisidir. (Bulut, 2016). Sivas ili, % 43'ü tarım, % 42'si çayır-mera, % 12'si orman ve fundalık ve % 3'ü de tarım dışı alanlardan oluşmaktadır (Altuntaş ve Aslan, 2019). İç Anadolu Bölgesi' nin Yukarı Kızılırmak bölümünde yer alan Sivas 35° 50' ve 38° 14' doğu boylamları ile 38° 42' ve 40° 16' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Bulut, 2023). Genellikle engebeli bir topoğrafyaya sahip olup 1200-1500 m deniz seviyesinden yüksekliktedir (Bulut, 2023; Karakuş vd., 2015). İl genelinde karasal iklim hakimdir (Bulut, 2023; Bulut ve Canbaz, 2022) ve kış mevsimi genellikle kar yağışlı, soğuk ve sert, yaz mevsimi ise sıcak, kurak ve kısadır. Gece ve gündüz arasındaki ve yaz ve kış mevsimleri arasındaki sıcaklık farkları büyüktür. İlk bahar ve son bahar mevsimleri genellikle yağışlıdır ve yıllık yağış miktarı 442,8 mm' dir. Yağışın maksimum olduğu aylar Nisan ve Mayıs iken, Temmuz ayında ise yağış minimum seviyededir (Bulut, 2016).



Şekil 1. Sivas İli Haritası

### Veri

Sivas ilinin 2022 yılındaki tarımsal biyokütle potansiyelini belirlemek için gerekli olan yıllık tarımsal ürün miktarları Türkiye İstatistik Kurumu' ndan (TUIK) temin edilmiştir ve Tablo 1' de sunulmuştur. Çalışma 13 tarla bitkisi ve 11 bahçe bitkisi olmak üzere toplam 24 tarımsal ürün için yapılmıştır. Sayısal haritaların oluşturulmasında ise ArcGIS programı kullanılmıştır. Her ilçeye karşılık gelen veriler excel formatında ArcGIS e aktarılmıştır. Daha sonra ArcGIS te "classification" aracılığıyla verilerdeki en yüksek ve düşük değerlere göre manuel sınıflandırma yapılarak renklendirilmiştir. Sonuç çıktı haritaları görselleştirilmiştir.

### Metot

Türkiye' nin tarımsal atıklarından teorik biyokütle potansiyeli (TBP) ve elde edilebilir enerji potansiyeli (EEP) hesabı için sırasıyla Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)' de verilen formüller kullanılmıştır (Görgülü, 2019; Avcıoğlu vd., 2019).

$$TBP = UM \times AO \times \left[ \frac{100-N}{100} \right] \quad (1)$$

$$EEP = TBP \times AID \times EE \quad (2)$$

Eşitlik 1' de UM; ton olarak yıllık üretilen ürün miktarını, AO; ürün/atık oranını (tarımsal ürünlerin kullanılmayan kısımlarının ürün miktarına oranı) ve N; ürünün ortalama nemini göstermektedir. Eşitlik 2' de AID; ortalama alt ısı değeri (MJ/kg) ve EE; ortalama elde edilebilirlik yüzdesini göstermektedir (Görgülü, 2019).

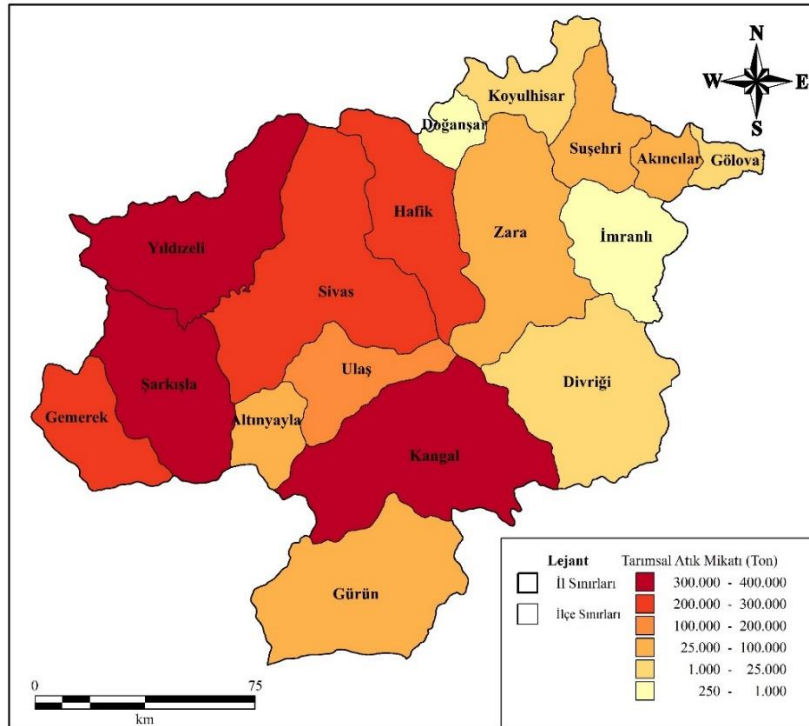
**Tablo 1.** TUIK 2022 Yılı Verilerine Göre İlçelere ait Tarımsal Üretim Çeşitleri ve Miktarları

Tarımsal Ürünler	İLÇELERDEKİ TARIMSAL ÜRÜN ÜRETİM MİKTARLARI, Ton																
	Akıncılar	Altınyayla	Divriği	Doğuşar	Gemerek	Gölova	Gürün	Hafik	Kangal	Koyulhisar	Suşehri	Ulaş	Yıldızeli	Zara	İmranlı	Şarkışla	Merkez
Buğday	975	16123	7637	158	13902	1015	35163	32140	129160	1569	16103	29316	72632	25011	645	50925	106715
Mısır	508	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3813	0	143	0	0	0	0
Arpa	9927	26871	4114	52	20085	1664	21818	3749	73933	1430	4137	17903	28145	3657	116	75429	32400
Çavdar	94	96	2	0	268	0	904	116	336	47	41	76	124	17	0	215	839
Yulaf	0	8486	366	17	612	46	4609	1580	15116	67	33	3901	2367	1857	53	4861	14226
Kuru Fasülye	49	0	24	9	63	29	8	0	0	9	425	0	40	15	0	43	241
Nohut	73	4	50	0	766	22	3245	43	1983	5	65	4	270	13	4	328	86
Mercimek	0	0	2	0	40	0	1	0	277	0	1	0	10	0	0	16	25
Patates	435	17838	1206	0	15048	0	233	48232	54019	188	1891	5305	65595	10715	0	47749	65981
Şeker Pancarı	16135	20659	0	0	180954	233	0	142218	27047	0	8688	95115	203286	13084	0	190595	39755
Ayçiçeği	290	43	158	0	1212	0	351	597	2074	0	11	986	1977	870	0	19219	1373
Lahana	0	0	0	0	0	0	33	30	0	0	228	0	20	0	0	0	250
Domates	1030	21	117	0	410	42	86	276	15	939	3054	64	442	66	23	190	404
Kayısı	23	0	299	0	25	0	10255	16	267	28	60	29	0	29	0	40	476
Kiraz	9	6	19	2	6	3	26	2	58	49	62	27	3	20	8	78	202
Antep Fıstığı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0
Ceviz	86	9	225	9	234	77	290	40	17	151	56	0	13	45	8	75	4
Badem	1	0	13	0	0	3	34	2	0	0	18	0	0	0	0	0	1
Fındık	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
Elma	71	93	449	25	192	35	315	69	316	159	270	176	398	135	32	228	2754
Armut	19	17	86	23	10	11	54	3	42	25	59	18	39	93	19	163	1023
Erik	0	9	55	0	5	0	0	2	102	21	32	62	16	14	14	60	767
Şeftali	0	0	30	0	0	0	0	0	0	16	14	0	2	0	0	13	0
Üzüm	0	0	94	0	463	0	329	0	0	35	118	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	29725	90275	14946	286	234395	3180	77754	229115	304762	4747	39207	152985	375522	55641	922	390227	267522

Tarımsal ürünlerin atık/ürün oranları (AO), nem içerikleri (N), alt ısıl değerleri (AID) ve atığın kullanılabilirlik oranı değerleri Tablo 2’ de, TÜİK verilerine göre 2022 yılı için ilçelere ait tarımsal ürün miktarları ise Şekil 1’ de görsel olarak sunulmuştur.

**Tablo 2.** Tarımsal Ürünlerin Nem, Ürün/Atık, Alt Isıl Değer ve Elde Edilebilirlik Değerleri

Tarımsal Ürünler	Nem, (M), (%)	Ürün/Atık Oranı (AO)	Alt Isıl Değer, (AID), (MJ/kg)	Elde Edilebilirlik (A), (%)	Referanslar
Buğday	13	1,13	16,7	15	Görgülü, 2019
Mısır	15	1,5	15,48	60	Duku et al., 2011
Arpa	15	0,75	1,75	16	Avcıoğlu, 2019, Karaca, 2019
Çavdar	15	0,99	17,4	15	Görgülü, 2019; Avcıoğlu, 2019
Yulaf	12	0,37	17,4	15	Görgülü, 2019; Ozturk and Bascetincelik, 2006
Kuru Fasulye	5	1,45	14,7	15	Görgülü, 2019; Özdil and Çalışkan, 2022
Nohut	15	1,3	15,6	90	Görgülü, 2019
Mercimek	15	1,67	17,1	10	Ünal and Alibaş, 2006; Karaca, 2019; Öztürk and Başçetincelik, 2006
Patates	60	0,45	13,6	95	Görgülü, 2019
Şeker pancarı	80	0,4	17	50	Ünal ve Alibaş, 2006
Ay çiçeği	27	2,1	15,6	60	Avcıoğlu, 2019
Lahana	85	2,5	12,4	95	Görgülü, 2019
Domates	85	0,3	19,5	95	Görgülü, 2019
Kayısı	40	0,19	20	80	Avcıoğlu, 2019; Görgülü, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022
Kiraz	40	0,19	21,7	80	Avcıoğlu, 2019; Görgülü, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022
Antep fıstığı	35	0,44	18,5	80	Avcıoğlu, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022
Ceviz	38	0,44	19	50	Görgülü, 2019
Badem	38	0,61	18,2	80	Avcıoğlu, 2019; Görgülü, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022
Fındık	40	3,34	19	80	Avcıoğlu, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022
Elma	40	0,19	17,8	80	Avcıoğlu, 2019; Görgülü, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022
Armut	38	0,22	18,2	80	Avcıoğlu, 2019; Görgülü, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022
Erik	40	0,35	17,3	80	Karaca, 2019; Ünal ve Alibaş, 2006
Şeftali	40	0,4	18,2	80	Avcıoğlu, 2019; Görgülü, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022
Üzüm	45	0,42	18	80	Avcıoğlu, 2019; Görgülü, 2019; Özdil ve Çalışkan, 2022

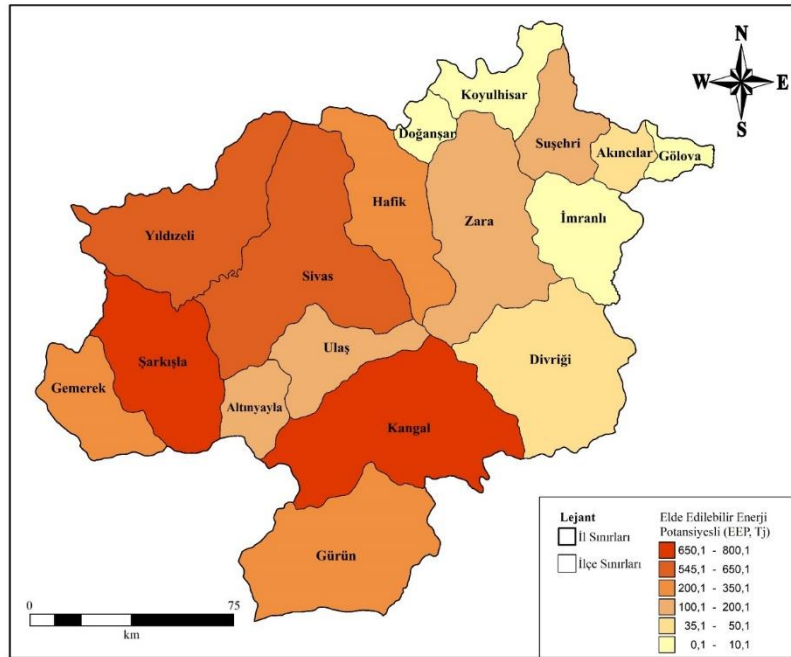


**Şekil 2.** Sivas İline ait Tarımsal Ürün Miktarları



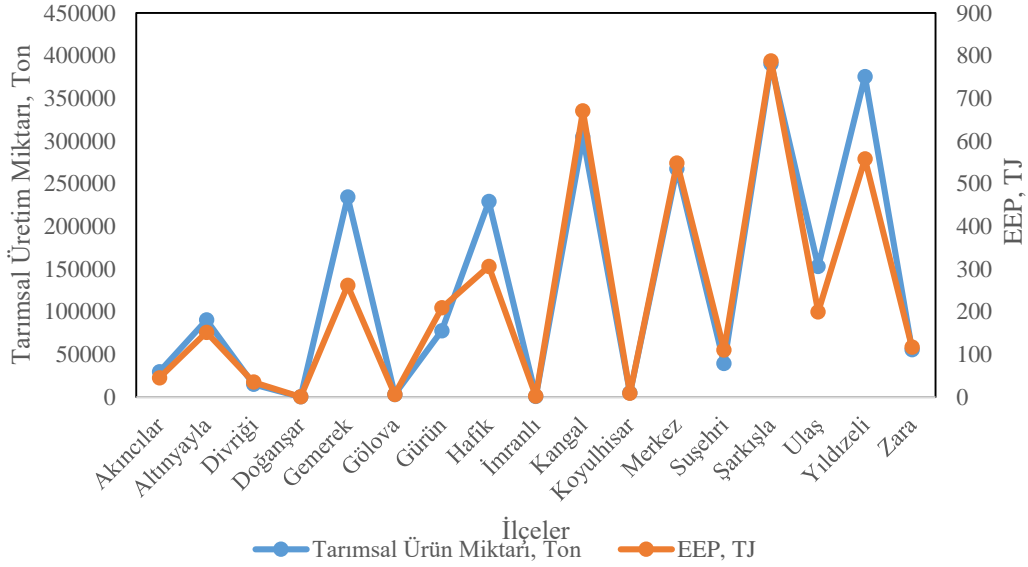
## BULGULAR VE TARTIŞMA

2022 TÜİK tarımsal üretim verilerine göre hesaplanan ilçelere ait elde edilebilir enerji potansiyelleri (EEP) Şekil 3, Şekil 4 ve Tablo 3' de sunulmuştur. 2022 yılı için Sivas ilinin toplam tarımsal üretim miktarı 2246376 ton (TÜİK, 2022), toplam EEP' si ise 4017 TJ' dur. Şekil 2 ve Şekil 4' te de görüldüğü gibi Sivas ilinin en yüksek tarımsal üretime sahip ilçesi Şarkışla' dır. Şarkışla' yı ise 375522 ton ve 304762 ton ile sırasıyla Yıldızeli ve Kangal takip etmektedir. Şarkışla, Yıldızeli ve Kangal Sivas' ta sırasıyla % 17,37 % 16,72 ve % 13,52' lik tarımsal üretim oranlarına sahiptir. Bu üç ilçenin toplam tarımsal üretim miktarı ise % 47,61' lik bir oranla Sivas ilinin toplam tarımsal ürün miktarının yaklaşık yarısını karşılamaktadır. Şekil 3 ve Şekil 4' te ise Sivas' ta en yüksek elde edilebilir enerji potansiyeline 788 TJ ile Şarkışla' nın sahip olduğu, Şarkışla' yı ise 670 TJ ve 558 TJ ile sırasıyla Kangal ve Yıldızeli' nin takip ettiği görülmektedir. Biyokütle potansiyelini belirleyen temel faktör tarımsal üretim miktarı olmasına rağmen ilçelerdeki tarımsal üretim miktarları ile biyogaz potansiyellerinin paralellik göstermemesinin nedeni olarak ise ilçelerin tarımsal üretim çeşitliliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Her tarımsal ürünün biyogaz potansiyeli için Ürün/Atık oranı, alt ısıl değer, ürünün nem içeriği gibi parametreler farklılık göstermektedir. Bundan dolayıdır ki her ürünün biyogaz potansiyeli de farklıdır. Örneğin yapılan çalışma sonucu görüldüğü üzere fındık, nohut, ayçiçeği gibi ürünler oldukça yüksek biyogaz potansiyeline sahipken şeker pancarı, domates, yulaf gibi ürünler oldukça düşük biyogaz potansiyeline sahiptir. Benzer şekilde Şekil 2 ve Şekil 3' te görüldüğü gibi en düşük tarımsal üretime ve biyogaz potansiyeline sahip ilçelerin başlıcaları ise sırasıyla Doğanşar, İmranlı ve Gölova' dır. Benzer çalışmalar farklı iller için de yapılmış olup farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin Burdur' un tarımsal atık kaynaklı EEP' si 10216 TJ (Görgülü, 2019), Adana' nın EEP' si 23560 TJ (Bilgili, 2020), Hatay' ın EEP' si ise 13363 TJ (Karaca, 2019) olarak önceki çalışmalarda ifade edilmiştir. Sonuçlardaki farklılıkların sebepleri ise başta illerdeki tarımsal üretim miktarları olmak üzere illerde üretilen tarımsal ürün çeşitleridir. Ayrıca Türkiye geneline bakıldığında da Akdeniz ve Ege bölgeleri tarımsal açıdan daha verimli olduğundan özellikle bu bölgelerdeki illerin tarımsal atık kaynaklı EEP değerlerinin ve tarımsal üretim miktarlarının daha yüksek olduğu da görülmektedir.



Şekil 3. Sivas İline ait Biyokütle Enerjisi Potansiyelleri

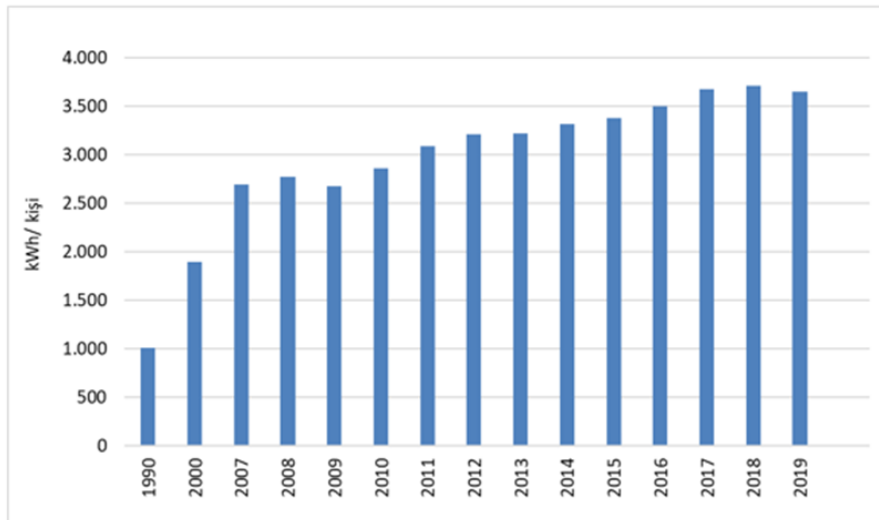
Enerji atlası verilerine göre Şekil 5' de Kişi Başı Elektrik Tüketimi Değişimi grafiğine bakıldığında 2019 yılı için 1 kişinin yıllık elektrik tüketiminin 3648 kWh olduğu görülmektedir (Enerji Atlası). Yapılan çalışmada 1 kwh' in 0,0036 GJ' e eş değer olduğu bilgisine dayanarak 4017 TJ biyogazın yıllık olarak 305913 kişinin enerji ihtiyacını karşılayacağı belirlenmiştir. TÜİK verilerine göre 634924 kişi olan 2022 yılı Sivas nüfusunun % 48' inin yıllık enerji ihtiyacının Sivas' taki tarımsal atıklardan elde edilen biyokütle enerjisi ile temin edilebileceği görülmektedir. Yine TÜİK verilerine göre 2021 yılı için Sivas' ın toplam elektrik enerjisi tüketimi 1.517.862 MWh' tir (TÜİK, 2021) ve Sivas' ın yıllık elektrik enerjisi ihtiyacının % 73,5' inin tarımsal atıklardan karşılanabileceği belirlenmiştir.



Şekil 4. İlçelere ait Tarımsal Üretim Miktarları ve Biyokütle Enerjisi Potansiyelleri

Tablo 3. İlçelere ait Tarımsal Üretim Miktarları ve EEP Değerleri

İlçe Adı	Tarımsal Üretim miktarı, ton	EEP, TJ
Akıncılar	29725	45,0
Altınyayla	90275	152,0
Divriği	14946	35,0
Doğanşar	286	0,6
Gemerek	234295	262,0
Gölova	3180	6,4
Gürün	77754	209,0
Hafik	229115	306,0
Kangal	304762	670,0
Koyulhisar	4747	9,2
Suşehri	39207	110,0
Ulaş	152985	200,0
Yıldızeli	375522	558,0
Zara	55641	117,0
İmranlı	922	2,1
Şarkışla	390227	788,0
Merkez	267522	548,0



Şekil 5. Kişi Başı Elektrik Enerjisi Tüketimi (Enerji Atlası)

TUİK verilerine göre 2022 yılında Sivas' ta en fazla üretilen tarımsal ürünlerin sırasıyla şeker pancarı, buğday, patates ve arpa olduğu ve bu dört ürünün toplam ürün miktarının % 94' ünü oluşturduğu ve sadece şeker pancarı üretiminin tek başına toplam tarımsal üretimin % 42' sini oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek EEP' ye ise sırasıyla buğday, patates, şeker pancarı ve arpanın sahip olduğu ve bu dört ürünün toplam EEP' nin % 83' ü ve sadece buğdayın EEP' sinin toplam EEP' nin % 33' ü olduğu görülmüştür. Yine benzer şekilde ürün miktarları ile EEP' nin paralellik göstermemesinin sebebi olarak ürünlerin A/Ü oranları, alt ısıl değerleri ve nem içeriklerindeki farklılıklar görülmektedir. Çalışma sonucunda görülmüştür ki şeker pancarı üretimi oldukça yüksek olmasına rağmen enerji potansiyeli oldukça düşük bir üründür. Tarımsal atıklardan elde edilen toplam EEP' nin ise % 99' unu tarla bitkileri, % 1' ini ise bahçe bitkileri oluşturmaktadır.

## SONUÇLAR

Son yıllarda artan enerji ihtiyacı ve fosil yakıtların hızlı bir şekilde azalmasından ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı sürdürülebilir, yenilenebilir, temiz ve çevre dostu enerji kaynakları dikkat çekmeye başlamıştır. Biyokütle enerjisi de son yıllarda ilgi gören yenilenebilir, temiz, çevre dostu ve ekonomik bir enerji kaynağı olmuştur.

Bu çalışmada 2022 yılında Sivas' ın tarımsal atıklarından temin edilebilecek EEP belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda tarımsal atıklardan temin edilen EEP' nin Sivas' ın yıllık enerji ihtiyacının % 73,5' ini karşılayabileceği belirlenmiştir. Tarımsal atıklardan temin edilen EEP' nin ise % 99 gibi oldukça yüksek bir oranının tarla bitkilerinden, geri kalanının ise bahçe bitkilerinden oluştuğu görülmüştür. Sivas için tarımsal atıklardan temin edilebilecek AEP' nin 4017 TJ olduğu belirlenmiştir. Sivas' ta tarımsal atık kaynaklı en yüksek EEP' ye sahip olan üç ilçenin 788 TJ ile Şarkışla, 670 TJ ile Kangal ve 558 TJ ile Yıldızeli olduğu tespit edilmiştir. Sivas' ta en yüksek EEP' ye sahip tarımsal ürünün ise buğday olduğu yapılan çalışmada görülmüştür.

Biyokütlenin enerji temini için kullanılmasının birçok da avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlar arasında çevre kirliliği yaratmaması; yenilenebilir ve sürdürülebilir bir kaynak olması; yerel ve sürekliliği olan bir kaynak olması; temiz, bol bulunan, ekonomik ve çevre dostu bir kaynak olması sayılabilir. Bu tür çalışmalar uygulamaya geçirildiği takdirde hem evsel, tarımsal ve hayvansal atıklar çevre için bir tehdit oluşturmadan bertaraf edilmiş olacak hem de her geçen gün hızla tükenen fosil yakıtlar daha az kullanılarak fosil yakıtların ömrü uzayacaktır. Ayrıca fosil yakıt kullanımından oluşan çevresel kirlilikte oluşmamış olacaktır. Biyokütle atıkları atıktan enerjiye dönüştüğü için enerji üretiminin yanısıra atık bertarafı da gerçekleştirdiğinden atık yönetimine de katkı sağlanacaktır. Ayrıca Sivas' ın yıllık enerji ihtiyacının % 70' inden fazlasını karşılayabileceği göz önüne alındığında önemli bir enerji potansiyeline sahip olduğu da görülmektedir. Ancak tüm tarımsal ve hayvansal atıkların enerjiye dönüşümü gerçekçi değildir, çünkü tarımsal atıkların bir kısmı tarımsal alanlarda erozyon kontrolü, gübre, toprak iyileştirici ve hayvan yemi olarak da kullanılmaktadır.

## KAYNAKLAR

Achinas, S., Achinas, V., Euverink, G. J. W. (2017). A technological overview of biogas production from biowaste. *Engineering*, 3(3), 299-307. <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.002>

Altuntaş, E., Aslan, İ. (2009). Sivas ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin 1997-2007 yılları arasındaki değişiminin incelenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2009(2), 87-95.

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. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.053>

Aybek, A., Üçok, S., İspir, M. A., Bilgili, M. E. (2015). Türkiye'de kullanılabilir hayvansal gübre ve tahıl sap atıklarının biyogaz ve enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 12(03), 109-120.

Belen, M., Yanar, D., Erdal, G. (2020). Sivas İlinde Buğday Üretiminde Karşılaşılan Bitki Koruma Sorunlarının Belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 8(SP1), 208-214. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8isp1.208-214.4114>

Ben-Iwo, J., Manovic, V., Longhurst, P. (2016). Biomass resources and biofuels potential for the production of transportation fuels in Nigeria. *Renewable and sustainable energy reviews*, 63, 172-192. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.050>



- Bilgili, M. E. (2020). Adana ilindeki biyokütle potansiyelinin elektrik enerjisi ikamesinde kullanım durumu. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 41-47.
- Bulut, A. P. (2023). Sivas ilinde karayolundan kaynaklanan karbon ayak izinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 166-176. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1191091>
- Bulut, A. P., Canbaz, G. T. Sivas İlinde Buğday, Arpa, Şeker Pancarı ve Ayçiçeği Üretimi İçin Su Ayak İzinin Hesaplanması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 249-255. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1010315>
- Bulut, S. (2016). Sivas' ta Tahıl Tarımı, Verimlilik Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi/Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(5). DOI: 10.24925/turjaf.v4i7.531-539.647
- Demir, B., Sağlam, C., Çetin, N., Büyükkılıç Beyzi, S. (2018). Mersin ilinin hayvansal atıklardan biyogaz ve elektrik enerjisi üretim potansiyeli. *In 3rd International Mediterranean Science and Engineering Congress* (pp. 1589-1591).
- Desta, G. A., Melka, Y., Sime, G., Yirga, F., Marie, M., Haile, M. (2020). Biogas technology in fuelwood saving and carbon emission reduction in southern Ethiopia. *Heliyon*, 6(10), e04791. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04791>
- Duku, M. H., Gu, S., Hagan, E. B. (2011). A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(1), 404-415. doi:10.1016/j.rser.2010.09.033
- Enerji Atlası. <https://www.enerjiatlası.com/elektrik-tuketimi/>. 03.04.2023.
- Erdoğan, S. (2020). Enerji, çevre ve sera gazları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 277-303. Doi: 10.18074/ckuiibfd.670673.
- Görgülü, S. (2019). Burdur ilinin hayvansal ve bazı tarımsal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *El-Cezeri*, 6(3), 543-557. DOI : 10.31202/ecjse.556915.
- Karaca, C. (2019). Agricultural residues potential of Hatay. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 9-15.
- Karakus, C. B., Cerit, O. & Kavak, K. S. (2015). Determination of land use/cover changes and land use potentials of Sivas city and its surroundings using Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), *Procedia Earth and Planetary Science*, 15, 454-461. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.08.040>
- Koryś, K. A., Latawiec, A. E., Grotkiewicz, K., Kuboń, M. (2019). The review of biomass potential for agricultural biogas production in Poland. *Sustainability*, 11(22), 6515. doi:10.3390/su11226515.
- Ozturk, H. H., Bascetincelik, A. (2006). Energy exploitation of agricultural biomass potential in Turkey. *Energy Exploration & Exploitation*, 24(4), 313-330. <https://doi.org/10.1260/014459806779398802>
- Ozdil, N. T., Caliskan, M. (2022). Energy potential from biomass from agricultural crops: Development prospects of the Turkish bioeconomy. *Energy*, 249, 123770. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123770>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2022). Tarımsal üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>. 30.03.2023.
- Unal, H., Alibas, K. (2007). Agricultural residues as biomass energy. *Energy Sources, Part B*, 2(2), 123-140. <https://doi.org/10.1080/15567240600629401>