



## Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi <https://dergipark.org.tr/tr/pub/vyuyumfd>



### Elazığ İlinde Bitkisel Kökenli Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi Amacıyla Değerlendirilmesi

Samet Sevgili<sup>a,\*</sup>, Nilüfer Nacar Koçer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1293-7522

<sup>b</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2563-1514

#### ÖZET

Son yıllarda enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları, alternatif yakıt seçeneklerinin uygulanabilirliği, enerji kullanımının yol açtığı çevre sorunları için aranan/üretilen çözümler, dünyadaki enerji gündeminde yer edinen başlıca konulardır. Bu konularla ilgili olan ve enerji kullanımı konusunda günümüzde kendine önemli bir yer edinen biyokütle enerjisi; çevre duyarlılığı ve enerji verimliliği, sürdürülebilir kalkınma kapsamında değerlendirilmeye uygun potansiyeliyle ön plana çıkmaktadır. Elazığ ili coğrafi konumu sebebiyle büyük bir bitkisel ürün çeşitliliğine sahiptir. Bu çalışmada, Elazığ ilinin bitkisel üretiminden kaynaklanan kullanılabilir tarımsal atık miktarı ve bu atıkların enerji potansiyeli biyokütle açısından teorik olarak hesaplanmıştır. Atık potansiyeli yüksek olan ürünlerin ildeki üretimi fazla olduğundan bitkisel üretimden kaynaklanan atık miktarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Elazığ ili için kullanılabilir atık potansiyeline sahip olan üretim materyalleri biyokütle ve enerji potansiyelinin belirlenmesi amacıyla seçilmiş ve hesaplamalarda Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'na ait 2018 yılı bitkisel üretim istatistikleri ile farklı kurum ve araştırmacılar tarafından belirlenmiş olan katsayıları kullanılmıştır. Elazığ'da yetiştiriciliği yoğun şekilde yapılan gıda olarak tüketilen ürünlerin teorik kuru biyokütle miktarı tarla bitkileri için 147 041.178 ton yıl<sup>-1</sup> ve toplam ısıl kapasitesi 2 696 862.28 GJ yıl<sup>-1</sup>, meyve ağaçlarının budama atıkları için kuru biyokütle potansiyeli 190 170.742 ton yıl<sup>-1</sup> ve toplam ısıl kapasitesi 3 725 145.38 GJ yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sera atıkları için sırasıyla 1 994.59 ton yıl<sup>-1</sup> ve 34 506.3399 GJ yıl<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokütle, Elazığ, Isıl değer, Yenilenebilir enerji.

### Evaluation of Vegetable Original Agricultural Biomass in Potential and Energy Production in Elazığ Province

Samet Sevgili<sup>a,\*</sup>, Nilüfer Nacar Koçer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of Environmental Eng., Faculty of Engineering, Fırat University, Elazığ, Turkey, ORCID: 0000-0003-1293-7522

<sup>b</sup>Department of Environmental Eng., Faculty of Engineering, Fırat University, Elazığ, Turkey, ORCID: 0000-0003-2563-1514

#### ABSTRACT

In recent years, energy efficiency, renewable energy sources, the applicability of alternative fuel options, and the solutions sought and produced for the environmental problems caused by energy use are the main issues occupying a significant place in the world energy agenda. Biomass energy, which is related to all of the above-mentioned issues and has become increasingly important in today's energy use, has the suitable potential for sustainable development, environmental awareness, and energy efficiency. Agricultural biomass waste-origin energy production is one of the main focal points of renewable energy. A large amount of plant waste is released at the end of agricultural production. Due to its geographical location, Elazığ has a wide range of plant products. In this study, we calculated the potential biomass energy from plant production and the amount of usable agricultural waste in Elazığ Province. Since the production of products with high waste potential is intensive in the province, it is crucial to determine the amount of waste from plant production. In determining the Elazığ biomass and energy potential, generation materials that have the available waste potential were selected and crop production statistics from Turkey Statistical Institute (TSI) of 2018 and conversion factors determined by different institutions and researchers were used in the calculations. Theoretical dry biomass amount of crops intensively cultivated to be consumed as food in Elazığ, for field crops 147 041.178 tons year<sup>-1</sup> and total thermal capacity 2 696 862.28 GJ year<sup>-1</sup>, for fruit trees dry biomass potential of pruning wastes 190 170.742 tons year<sup>-1</sup> and total thermal capacity is calculated as 3 725 145.38 GJ year<sup>-1</sup>. These values were found to be 1 994.59 tons year<sup>-1</sup> and 34 506.3399 GJ year<sup>-1</sup> for frame wastes, respectively.

**Keywords:** Biomass, Elazığ, thermal value, renewable energy.

## 1. Giriş

Tarım ürünleri tüm dünyada insanların ve hayvanların besin ihtiyacını karşılamasının yanı sıra sanayi için ham madde kaynağı ve önemli bir ihraç ürünüdür. Ayrıca nüfusun hızla artması ve sanayileşme, enerji gereksinimini de beraberinde getirmektedir. Herhangi bir çevre kirliliğine neden olmaksızın sürekli bir enerji ihtiyacının sağlanabilmesi için sürdürülebilir enerji kaynaklarının mevcut olması gereklidir. Biyokütle enerjisi tükenmeyen bir kaynaktır ve özellikle zirai alanlar için sosyo-ekonomik bakımdan önemli bir değere sahiptir [1-4]. Ayrıca bitki yetiştirilmesi, güneş var olduğu sürece devam edeceği için biyokütle tükenmeyen bir enerji kaynağıdır. İlaveten önemli bir enerji kaynağı olarak görülmesinin sebebi her yerde yetiştirilebilmesi özellikle de kırsal alanlar için sosyo-ekonomik ilerlemelere yardımcı olmasıdır [5].

Son senelerde nüfus artışı, şehirleşme, hızlı sanayileşme ve yaşam standartlarının iyileşmesi gibi nedenler enerji tüketimini arttırırken, enerji kaynaklarının hızla azalmasına yol açmıştır. Dünyadaki enerji tüketimi son 100 yılda yaklaşık olarak 17 kat artmıştır. Tüm bunların sonucu olarak, enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla dünyadaki biyokütle çalışmaları hızlanmaya başlamıştır. Bu etkilerinin yanı sıra biyokütlenin ekonomik ve çevresel açıdan avantajlı özellikleri de düşünüldüğünde biyoenerji konusuna olan ilgi giderek artmaktadır. Dünyadaki dördüncü büyük enerji kaynağı olması sebebiyle biyokütle, önemli bir enerji kaynağı durumundadır. Birçok gelişmiş ülke gelecekteki en önemli enerji kaynağı olarak biyoenerjiyi önermektedir. Örneğin; İsveç enerjisinin büyük bir kısmını (%16) biyokütleden elde etmektedir. Benzer şekilde Finlandiya da biyokütle enerjisinden önemli ölçüde yararlanırken, Avusturya enerjisinin %13'ünü biyokütleden sağlamaktadır [6].

Biyokütle, değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik metotlarla çevrede fazla miktarda bulunan tarımsal kökenli ürünlerden elde edilen, ticari niteliğe sahip, temel ve belli başlı özellikleri standardize edilmiş katı, sıvı ve gaz halde olan bitkisel kökenli enerji kaynaklarıdır. Biyokütle fosil olmayan biyo-kökenli organik madde kitlesidir. Ana bileşeni karbonhidratlar olan bitkisel veya hayvansal menşeli tüm tabii maddeler biyokütle enerji kaynağı olarak, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak ifade edilmektedir. Biyokütle, 100 yıllık zaman diliminden daha kısa sürede kendini yenileyebilen, orman ürünleri, besin endüstrisi atıkları, suda ve karada yetişen bitkiler ve hayvan atıkları ile kentsel atıkları içeren bütün organik maddeler olarak da tanımlanmaktadır [7].

Yenilenebilir enerji, başta enerji sağlama konusunda güvenilir olması ve sera gazı emisyonlarını azaltması gibi çeşitli sebeplerle enerji sektörünün önemli bir parçası haline gelmiştir. Yüzyıllardır klasik ve çoğunlukla evsel ısıtmada yer edinen biyokütle, enerji teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte ulaşımda ve elektrik üretiminde de kullanılmaya başlanmış ve yatırımlara kamu teşviklerinin sağlanması ile de hızlı bir ilerleme göstermiştir. Bitki ve hayvanların organik madde miktarı biyokütle anlamına gelmektedir [8-10]. Biyokütle, kimyasal enerjiye fotosentez yolu ile dönüştürülen depolanmış güneş enerjisini bünyesinde bulundurmaktadır. Yani, yüzyıllık zaman diliminden daha kısa sürede yenilenebilir olan, karada ve suda yetişen bitkileri, hayvanlara ait atıkları, orman ürünlerini ve besin endüstrisi ile kentsel atıkları kapsayan tüm organik materyaller biyokütle olarak kabul edilir. Karada veya denizde bulunan bitkisel ve hayvansal biyokütle kaynakları içerisinde karbonhidrat bitkileri, odun, bitkisel atıklar, yağlı tohum bitkileri, elyaf bitkileri, hayvan atıkları ile endüstriyel ve kentsel atıklar yer almaktadır [2, 11, 4].

Çeşitli avantajları ile biyokütle enerjisi ön plana çıkmaktadır. Bu avantajlar şöyle sıralanabilir [12].

- Hemen hemen her yerde yetiştirilebilmesi
- Elde edilme ve dönüşüm teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Tüm büyüklükteki enerji üretimleri için uygun olması
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması
- Depolanabilir olması
- 5-35 °C arasındaki sıcaklıkların yeterliliği
- Sosyoekonomik gelişmelerde önemli olması
- NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> salınımları çok düşük olduğu için çevre kirliliği oluşturmaması

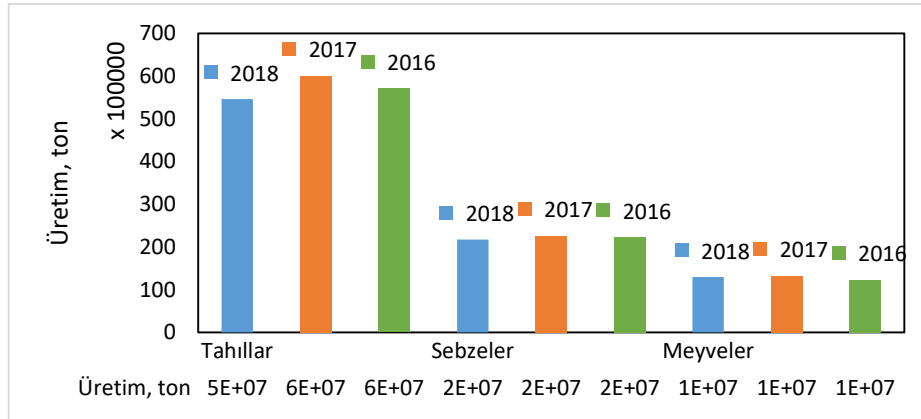
- Diğer enerji kaynaklarına kıyasla daha az oranda sera etkisine neden olması
- Atmosferde CO<sub>2</sub> dengesinin sağlanmasına yardımcı olması
- Asit yağmurlarına yol açmamasıdır [12].

Biyokütle; elektrik ve ısınma amacıyla doğrudan kullanılabilmesi gibi katı, gaz ve sıvı yakıtta da dönüştürülebilmektedir. Biyokütle olarak tarım endüstri ve orman artıkları kullanılabilen fakat şeker kamışı ve ağaç gibi enerji üretilen bitkiler yalnızca enerjiye dönüştürülerek kullanılmak üzere üretilmektedir [11].

Günümüzde en önemli problemlerden biri enerjidir ve enerji üretiminin çevreyi etkilediği bilinmektedir. Enerji türüne bağlı olarak çevreye olan etki değişmektedir. Ulusal gelirinin önemli bir kısmını tarımdan sağlayan Türkiye gibi ülkeler, tarımsal atıkları ve diğer kaynakları en verimli şekilde kullanmak durumundadır [11].

Ülkemiz 24 milyon hektarlık tarıma elverişli arazi ve 1 milyon hektarlık su ile kaplı alanı ile 769 632 kilometrekarelik yüzölçümüne sahiptir ve birçok farklı bitki türünün tarımsal üretimi için elverişlidir. Yüzölçümü oranı bakımından en yüksek tarımsal alana sahip olan dünyadaki 15 ülke arasında 4. sırada yer almaktadır. Toplam tarımsal alanın %38.4'ünü ekili alan oluştururken %44.1'i orman alanı ve %7.1'i de meyve ve sebzeler için ekim alanı olarak kullanılmaktadır. TÜİK'e göre ülkemizdeki tarım alanlarının %66.4'ünde tarla bitkileri, %14.3'ünde meyve ve %3.4'ünde sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır. Üretimimizin en fazla kısmını tahıllar, yumrulu bitkiler ve yağlı tohum bitkileri oluşturmaktadır [4]. Tarımsal üretim kapasitesine ilave olarak ülkemizde değerlendirilemeyen ve %15.8'e ulaşan orana sahip olan nadas alanı ve üretimden arta kalan çok fazla tarımsal atık bulunmaktadır [13]. Ülkemizde 2017 ve 2018 yıllarında üretime ait olan veriler Şekil 1'de görülmektedir [14].

Tarihsel olarak, tarım sektörü Türkiye'nin en büyük iş alanı olmuştur ve ülkenin GSYİH'sına, ihracatına ve endüstriyel büyümesine büyük katkıda bulunmaktadır. Ülke geliştikçe tarımın önemi azalmaktadır ancak yine de toplam üretim ve istihdamın diğer birçok ülkeden daha büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. 1995 yılı için tarımsal hammadde (tarımsal sanayi hariç) ihracatı 2.3 milyar USD olmuştur. Bu değer toplam Türk ihracatının %10.7'sini oluşturmaktadır. Aynı yıl tarım, ülke gayri safi yurtiçi hasılanın %16.4'ünü oluşturmuştur [15].



Şekil 1. Türkiye genelindeki bitkisel üretim değerleri

Ülkemizde enerji talebindeki hızlı artışa rağmen üretim kaynaklarının planlanması yeterli ölçüde yapılamamıştır. Üretimde karşılanamayan talep, enerji çeşitlerinin ithal edilmesiyle sağlanmaktadır. Petrol ve doğalgaz, enerji alanında ülkemizi dışa bağımlı hale getiren kaynakların ilk sırasında yer almaktadır. Sonuç olarak pek çok ülkeye kıyasla ülkemiz, yüksek fiyatlarla enerji tüketen bir ülkedir [4].

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun Türkiye'de yürürlüğe girmesiyle ve özel sektörün de katkıları ile 2000'li yıllarda başlayan biyokütle kaynaklarına dayalı olan enerji üretimine yönelik araştırmalar artmaya devam etmiştir. Bu kanun ile belirlenen teşvikler biyokütle yatırımlarını da

kapsamaktadır. En yüksek kapasiteye sahip olan kaynak, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan Biyokütle Potansiyel Atlası (BEPA)'na göre %78'lik oranla bitkisel atıklardır. Türkiye'nin Yenilenebilir + Atık + Atık Isıdan elektrik enerjisi üretimi 2017 yılında birincil enerji kaynakları içindeki %1'lik payı ile 2972.3 GWh'tir. 2017 yılındaki Türkiye Elektrik İletim A.Ş (TEİAŞ)'ın yayınlanan faaliyet raporuna göre bu oranda bir önceki yıla kıyasla %25.3'lük bir artış elde edilmiştir [4].

Türkiye'de biyokütle, orman ve tarımsal kalıntılara dayalı gelişmiş kırsal enerji hizmetleri sağlama potansiyeline sahiptir. Türkiye'nin önemli biyokütle enerji kaynakları ve hayvansal katı atıklarının potansiyeli belirlenmiş ve termal üretim sistemlerinde elektrik ve termal enerji üretmek için bunların yakıt kaynağı olarak potansiyeli araştırılmıştır. Bazı araştırmacılar tarafından biyokütle sistemlerinin kullanım verimliliğini artırmayı amaçlayan bir dizi araştırma yapılmıştır [16-21].

Türkiye'nin biyokütle potansiyelinin yıllık olarak 109.4 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Ülkemiz ormanlarında 5-7 milyon ton yıllık atık odunsu biyokütlenin (talaş, yaprak, yonga, kabuk, dal vb.) olduğu belirtilmektedir. Sap (mısır, ayçiçeği, kolza, pamuk, domates vb.), kabuk-kılıf (soya, domates, pirinç, fındık, yer fıstığı, ceviz vb.), sap-saman (arpa, buğday, yulaf, çavdar vb.) ve meyve çekirdeklerinden oluşan tarımsal atıklar, endüstriyel atıklar (prina vb.), hayvansal atıklar (küçükbaş, büyükbaş, kanatlı gübreleri vb.), (50-65 milyon ton) ülkemiz için önemli olan diğer biyokütle kaynaklarıdır. Tarımsal üretimden geriye kalan atıkların büyük bir kısmı Türkiye'de doğrudan yakılmakta ya da tarlada bırakılmaktadır. İşlemden geçmemiş ham hayvansal ve çiftlik atıklarının tarım arazilerine uygulanması neticesinde atık içinde bulunan zararlı etkenler tarım toprağının verimliliğini düşürmekle kalmamakta aynı zamanda çevre kirliliğine sebep olmaktadır [22-27].

Ülkemizde önemli biyokütle enerjisi kaynakları arasında tahıllara ait tozlar, buğday sapı ve fındık kabuğu gibi çeşitli tarımsal atıklar bulunmaktadır. Yaklaşık olarak yılda  $2,6 \times 10^7$  ton buğday sapı tarlalarda ya yakılmakta ya da sürülerek toprağa karıştırılmaktadır. Buğday sapının üst ısıl değeri, yüksek verimli kömürün ( $28 \text{ MJ kg}^{-1}$ ) ısıl değerinin yarısına eşittir. Bu şartlarda ülkemizin enerji amaçlı olarak değerlendirilmeyen buğday saplarından  $1,3 \times 10^7$  ton kömüre eş değer enerji kaybı meydana gelirken üst ısıl değeri  $19,2 \text{ MJ kg}^{-1}$  olan fındık kabuğu içinde benzer bir durum yaşanmaktadır [28, 4].

Tahıllardan elde edilmiş olan bitkisel biyokütle atıkları ülkemizde daha çok hayvanları beslemek ve hayvanlar için altlık malzemesi olarak kullanılmakta, budama atıkları ısınma amaçlı olarak yakılmakta veya toz haline getirilerek altlık maddesi olarak kullanılmaktadır. Sebzelere kaynaklanan atıklar ise genellikle tarlada bırakılmakta ve toprağın organik madde ihtiyacını karşılamak, su tutma kabiliyetini iyileştirmek ve erozyonu kontrol etmek için değerlendirilmektedir. Ülkemizde bitkisel atıkların dağınık olarak yer alması, atıkların enerji amaçlı değerlendirilmesini kısıtlamaktadır [4].

## 2. Materyal ve Yöntem

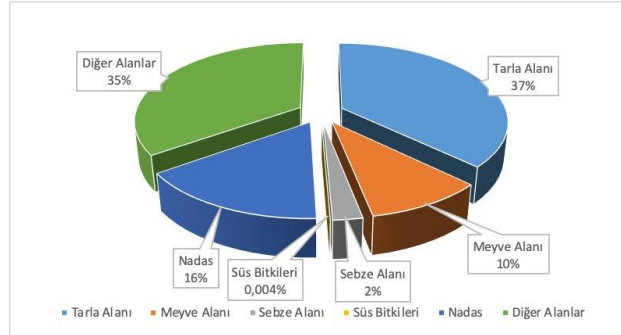
Bu çalışmada; 2018 yılı TÜİK verileri baz alınarak Elazığ ilinin teorik kullanılabilir bitkisel biyokütle potansiyeli ve bu biyokütleden elde edilecek enerji miktarı teorik olarak hesaplanmıştır.

### 2.1. Elazığ İlinde Tarımsal Üretim

Elazığ'da sosyal ve ekonomik hayatta tarım, önemli bir yere sahiptir. Endüstri ve hizmet sektörlerindeki ilerlemelere rağmen tarım hala ana sektör olma niteliğini devam ettirmektedir. Tarla bitkileri üretimi, il ekonomisine önemli katkısı olan tarımsal uygulamaların başında gelmekte olup bunu sırasıyla hayvancılık, bağ-bahçe ziraatı takip etmektedir. İlin ekolojik ve ekonomik şartları, hayvancılık öncelikli olmak üzere bitkisel-hayvansal üretimin ikisinin de uygulanmasına olanak sağlamaktadır [29].

Elazığ ilinde 2018 yılı TÜİK verilerine göre; 1 864 239 dekar ekilen alan bulunmakta olup, ekilen alanlar toplam alanların %65'ini oluşturmaktadır. İlin sınırları içinde kalan toplam tarım alanlarının 1 063 916 dekarını ekili tarla alanı oluşturmaktadır. Bu alanlarının toplam alana oranı %37'dir. Nadas alanları 452 814 dekar, sebze alanları 69 088 dekar ve meyve alanları da 278 300 dekar olup, toplam alanın sırasıyla %16, %2, %10'luk bir bölümünü oluşturmaktadır (Şekil 2) [14].

Elazığ ilinde bitkisel üretim faaliyetlerinde; kuru koşullarda hububat eldesi, sulu koşullarda endüstriyel ve yem bitkilerinin üretimi, ekolojik durumun uygun olduğu yerlerde ise bağ-bahçe üretimi yapılmaktadır. Bitkisel üretimin yapıldığı bölgelerde tarımsal işletmeler, orta ve küçük ölçektedir fakat daha çok aile işletmeciliği şeklindedir. Sulu tarım yapılan yerlerde pancar, pamuk ve sebze, hububatla nöbetleşe bir şekilde yetiştirilmektedir [29].



Şekil 2. Elazığ ilinde tarım alanlarının dağılımı [14]

## 2.2. Atık Miktarı ve Enerji Potansiyelinin Hesaplanması

Ürün üretim miktarı ile atık ürün oranı olarak belirlenen ve Tablo 1’de verilen değerler dikkate alınarak tarla atıklarının miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde atık miktarı ve atıkların enerji üretimi amacıyla kullanılabilirlik oranı hesap edilmiş, enerji üretimi amacıyla değerlendirilebilecek atık potansiyeli bulunmuştur (Denklem 1).

$$AM = \ddot{U}M \times A\ddot{U}O \times KO \quad (1)$$

Burada; AM = atık miktarı (kg),  $\ddot{U}M$  = üretim miktarı (kg),  $A\ddot{U}O$  = atık/ürün oranı ( $kg_{atık}/kg_{ürün}$ ) ve  $KO$  = kullanılabilirlik oranı’dır (%).

Tablo 1. Tarla ürünleri atık ürün oranı ve kullanılabilirlik değerleri [30]

Ürünler	Atıklar	Atık ve Ürün Oranı, $kg_{atık}/kg_{ürün}$	Kullanılabilirlik, %
Arpa	Saman	0.95	15
Buğday	Saman	0.98	15
Şeker pancarı	Sap	0.51	50
Mısır	Sap	2.10	60
	Sömek	0.64	60
Yulaf	Saman	0.75	15

Atıkların enerji potansiyeli diğer bir deyişle atıklardan üretilebilecek enerji miktarı, atık miktarına ve atığın ısı değerine göre hesaplanmıştır (Denklem 2). Bazı tarımsal materyallerin ısı değerleri ve kül içerikleri Tablo 4’de verilmiştir.

$$EP = AM \times ID \quad (2)$$

Burada; EP= enerji potansiyeli (MJ), AM= atık miktarı (kg) ve ID= atık ısı değeri’dir ( $MJ \text{ kg}^{-1}$ ).

Bahçe bitkilerinin budama atıkları miktarı; meyve ağacı ile ağaç başına budama atık oranı çarpılarak elde edilmiştir. Aynı şekilde belirlenen bu miktar ile kullanılabilirlik oranı da çarpılarak enerji üretimi amacıyla kullanılabilir olan budama atık potansiyeli hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Budama atığı oranları ve kullanılabilirlik değerleri [30]

Ürünler	Atıklar	Atık oranı, $kg_{atık}/kg_{ürün}$	Kullanılabilirlik, %
Antepfıstığı	Budama	4.8	80
Armut	Budama	1.5	70
Ayva	Budama	1.40	70
Badem	Budama	0.28	80
Ceviz	Budama	0.43	80
Elma	Budama	1.43	70
Erik	Budama	1.64	70
Kayısı	Budama	2.84	80
Kiraz	Budama	1.15	70
Şeftali	Budama	1.30	70
Üzüm	Budama	0.58	70
Vişne	Budama	1.20	80

Seracılık atıkları, sera alanı ile birim alanda yetişen ürünlere bağlı olarak belirlenmiş kuru bazda atık miktarının çarpımı ile hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Seracılık atıklarının birim alan başına kuru bazda atık miktarları

Seracılık	Atıklar	Atık oranı, $kg_{atık}/kg_{ürün}$
Biber	Sap	928
Domates	Sap	1 073
Fasulye	Sap	62
Salatalık	Sap	305
Karpuz	Sap	260
Kavun	Sap	245
Patlıcan	Sap	873
Soğan	Sap	145

Seracılık atıklarının hesaplanmasında kullanılabilirlik oranı %100 olarak alınmıştır. Çünkü bu atıkların tamamı bulunduğu ortamdan uzaklaştırılmakta ve toplanabilmektedir. Tarlada bırakılmamaktadır veya başka amaçla (hayvan yemi vb.) kullanılmamaktadır.

Tablo 4. Bazı tarımsal materyallerin ısı değerleri ve kül içerikleri [30, 31]

Ürünler	Isıl değer, $MJ kg^{-1}$	Kül içeriği	Ürünler	Isıl değer, $MJ kg^{-1}$	Kül içeriği
Mısır Koçanı	18.40	1.20	Yerfıstığı	20.74	6.00
Ayçiçeği Sapı	14.20	1.90	Kabuğu		
Zeytin Çekirdeği	19.50	3.20	Arpa Samanı	17.50	10.30
Badem Kabuğu	19.38	4.80	Pirinç Samanı	16.70	15.50
Pamuk Sapı	18.20	5.35	Tütün Tozu	16.10	19.10
			Pirinç Kabuğu	12.98	22.40

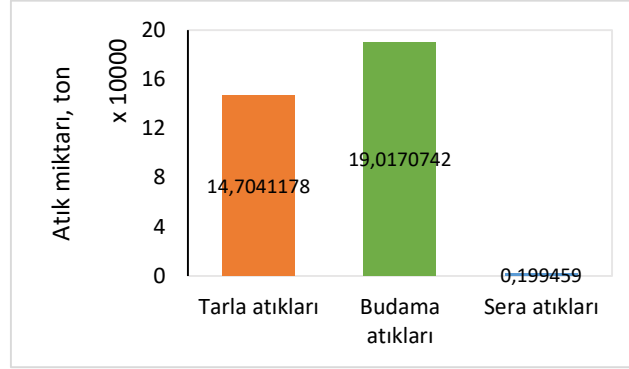
### 2.3. Tarımsal Atık Miktarı ve Enerji Potansiyeli

Şekil 3 ve Şekil 4'de sırasıyla Elâzığ ilinde tarımsal üretim neticesinde açığa çıkan bitkisel kökenli biyokütle miktarı ve enerji potansiyeli verilmiştir. Tarımsal kökenli bitkisel biyokütle; tarla atıkları, meyve bahçeleri budama atıkları ve sera atıkları olmak üzere üç grupta değerlendirilmiştir. Tarla atıkları miktarı 147 041.178 ton olup, enerji potansiyeli 2 696 862.28 GJ (755.121438 GWh) değerine karşılık gelmektedir (Tablo 8). Meyve bahçelerinden açığa çıkan budama miktarı 190 170.742 ton olup, enerji potansiyeli 3 725 145.38 GJ (1 043 040.71 GWh) değerine karşılık gelmektedir. Seralarda yapılan

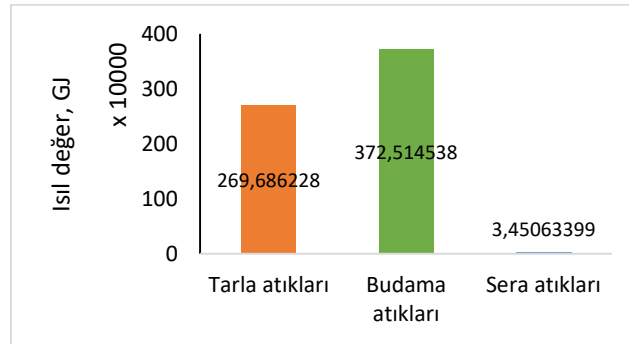


bitkisel üretim sonucunda açığa çıkan atık miktarı 1 994.59 ton olup, enerji potansiyeli 34 506.3399 GJ (9.66177517 GWh) değerine karşılık gelmektedir. Elazığ ilinde 2018 yılında yapılan tarımsal üretim sonucunda 339 206.512 ton tarımsal atık açığa çıkmıştır. Bu atıkların teorik toplam enerji değeri 6 456 514 GJ (1 807.82392 GWh) düzeyindedir.

Tablo 8’de yazılan değerler Tablo 5, 6 ve 7’de gösterildiği gibi tarla atıkları, budama atıkları ve sera atıkları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bulunan değerlerin genel toplamı alınarak Elazığ’daki tarımsal atık miktarı ve ısıl değerleri bulunmuştur. Sonuçlar Tablo 8’de sunulmuş ve Şekil 3 ve 4’deki gibi grafikleri çizilmiştir.



Şekil 3. Elazığ ili toplam tarımsal atık miktarı



Şekil 4. Elazığ ilinde tarımsal atıklardan enerji üretim potansiyeli

Tablo 5. Tarla atıkları için atık miktarının ve enerji potansiyelinin hesaplanması

Ürünler	Üretim, ton (A)	Atık ve Ürün Oranı (B)	Kullanılabilirlik (C)	Atık Miktarı, ton, (D=AxBxC/100)	Atık Isıl değeri, MJ kg <sup>-1</sup> (E)	Enerji Potansiyeli, GJ, (F=DxEx1000/1000)	Enerji Değeri, GWh, (Fx0.00028)
Arpa	104168	0.95	15	14 843.94	17.5	259 768.95	72.735306
Buğday	84 914	0.98	15	12 482.358	17.9	223 434.208	62.5617783
Şeker Pancarı	106990	0.51	50	27 282.45	18.8	512 910.06	143.614817
Mısır	73 353	2.1	60	92 424.78	18.4	1 700 615.95	476.172467
Yulaf (Dane) Kuru	68	0.75	15	7.65	17.4	133.11	0.0372708
Toplam	369493			147 041.178	90	2 696 862.28	755.121438

Tablo 6. Budama atıkları için atık miktarının ve enerji potansiyelinin hesaplanması

Ürünler	Üretim, ton (A)	Atık Oranı (B)	Kullanılabilirlik (C)	Atık Miktarı, ton, (D=AxBxC/100)	Atık Isıl değeri, MJ kg-1 (E)	Enerji Potansiyeli, GJ, (F=DxEx1000/1000)	Enerji Değeri, GWh, (Fx0.00028)
Antepfıstığı	37	4.8	80	142.08	20.7	2 941.056	0.82349568
Armut	5 025	1.5	70	5 276.25	18	94 972.5	26.5923
Ayva	459	1.4	70	449.82	18.15	8 164.233	2.28598524
Badem	2 155	0.28	80	482.72	19.38	9 355.1136	2.61943181
Ceviz	2 163	0.43	80	744.072	19.4	14 434.9968	4.0417991
Elma	13 776	1.43	70	13 789.776	18.1	249 594.946	69.8865848
Erik	4 497	1.64	70	5 162.556	20.2	104 283.631	29.1994167
Kayısı	51 775	2.84	80	117 632.8	20.3	2 387 945.84	668.624835
Kiraz	4 386	1.15	70	3 530.73	18.8	66 377.724	18.5857627
Şeftali	3 147	1.3	70	2 863.77	20.4	58 420.908	16.3578542
Üzüm	89 788	0.58	70	36 453.928	18.1	659 816.097	184.74507
Vişne	3 794	1.2	80	3 642.24	18.9	68 838.336	19.2747341
Toplam	181002			190 170.742	230.43	3 725 145.38	1 043.04071



Tablo 7. Sera atıkları için atık miktarının ve enerji potansiyelinin hesaplanması

Ürünler	Üretim, ton (A)	Atık Oranı (B)	Kuru Bazda Atık Oranı, (C=6908.8/A)	Atık Miktarı, ton, (D=AxBxC/100)	Atık Isıl değeri, MJ kg <sup>-1</sup> (E)	Enerji Potansiyeli, GJ, (F=DxEx1000/1000)	Enerji Değeri, GWh, (Fx0.00028)
Biber	25 659	928	0.26925445	249.868132	17.89	4 470.14088	1.25163945
Domates	59 801	1 073	0.11552984	123.963519	15.74	1 951.18579	0.54633202
Fasulye	4 322	62	1.5985192	99.1081907	17.2	1 704.66088	0.47730505
Hıyar	21 083	305	0.3276953	99.9470664	16.2	1 619.14247	0.45335989
Karpuz	17 900	260	0.38596648	100.351285	16.3	1 635.72594	0.45800326
Kavun	16 941	245	0.40781536	99.914763	16.1	1 608.62768	0.45041575
Patlıcan	5 378	873	1.28464113	1 121.49171	17.76	19 917.6927	5.57695396
Soğan	10 023	145	0.68929462	99.9477202	16	1 599.16352	0.44776579
Toplam	161 107			1 994.59238	133.19	34 506.3399	9.66177517

Tablo 8. Sera atıkları için atık miktarının ve enerji potansiyelinin hesaplanması

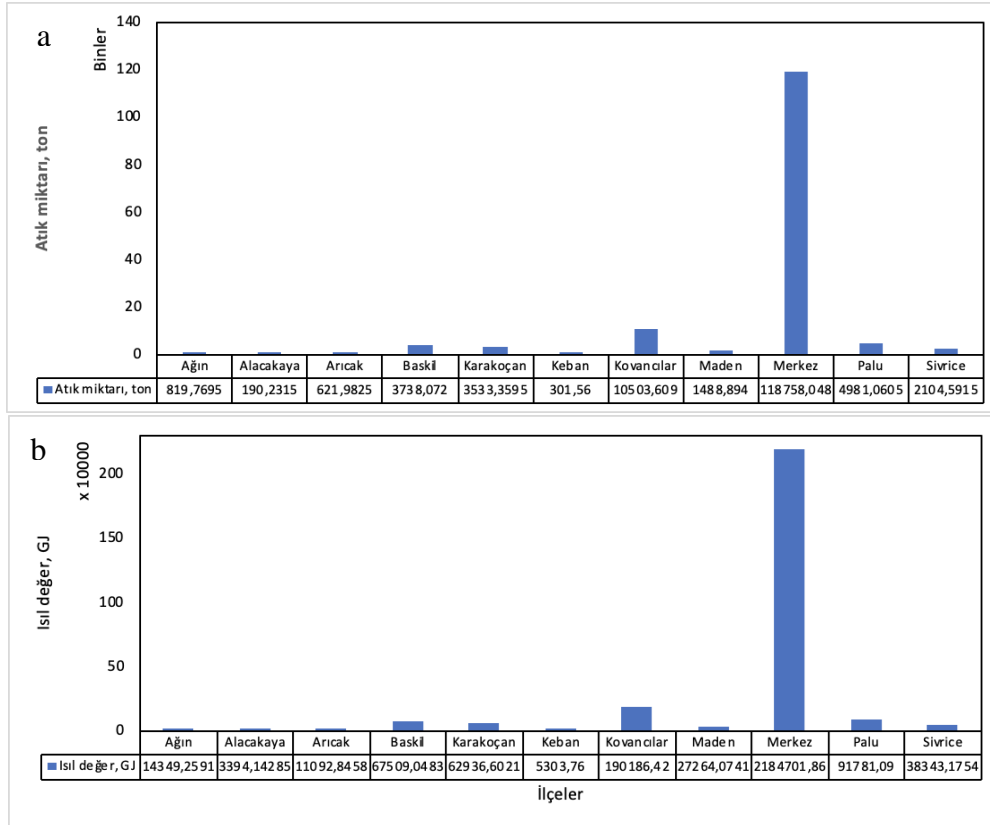
Atık Türü	Atık Miktarı, ton	Isıl Değeri, GJ	Enerji Değeri, GWh
Tarla Atıkları	147 041.178	2 696 862.28	755.121438
Budama Atıkları	190 170.742	3 725 145.38	1 043.04071
Sera Atıkları	1 994.59	34 506.3399	9.66177517
Toplam	339 206.512	6 456 514	1 807.82392

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

Elazığ ili ve ilçelerinde üretimden kaynaklanan tarla atıkları, budama atıkları ve sera atıklarının miktarları ve bu atıkların enerji potansiyeli ile bu atıklardan elde edilebilecek ısı değer miktarı bu aşamada değerlendirilmiştir.

#### 3.1. Tarla Atıkları Miktarı ve Enerji Potansiyeli

Elazığ ili ilçelerinde tarla atıkları miktarı ve enerji potansiyeli, Şekil 5’de verilmiştir. Tarla atıkları daha çok merkezde yoğunlaşmıştır, bunu çok büyük farkla Kovancılar ve Palu ilçeleri izlemiştir.

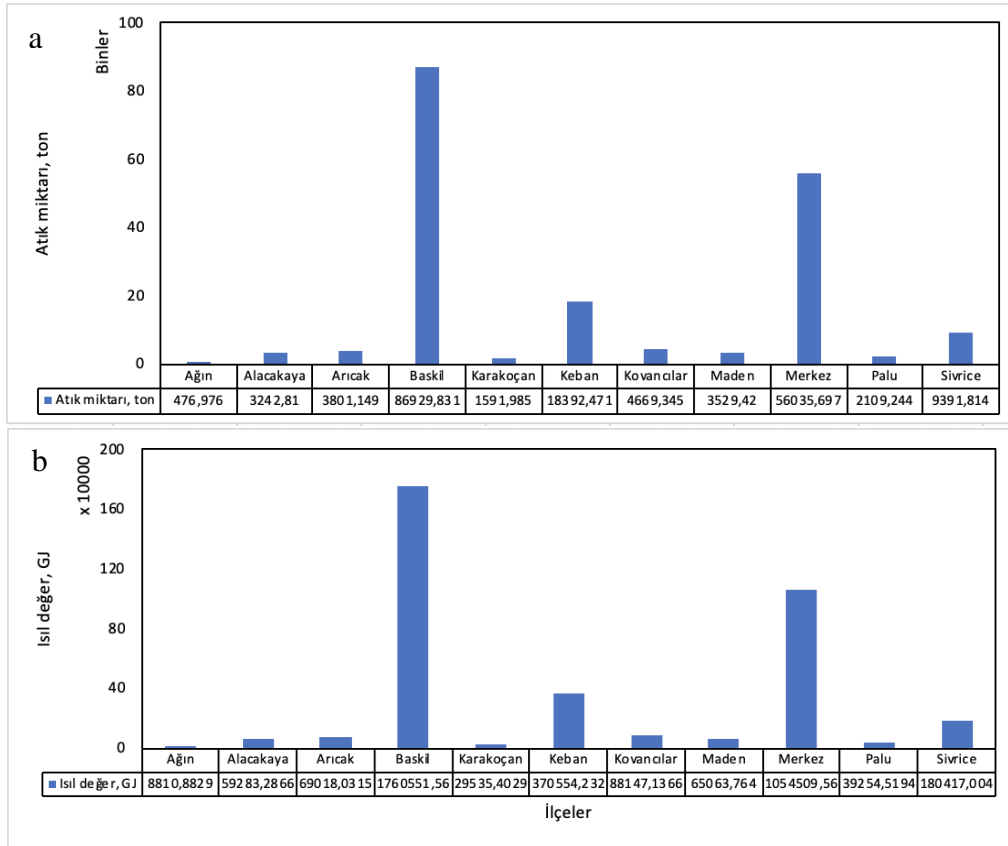


Şekil 5. Elazığ ili ilçelerinin (a) tarla atıkları miktarı ve (b) enerji üretim potansiyeli

Şekil 5’deki tarla atıklarının üretim miktarı dikkate alındığında Elazığ’da en fazla tarla atığı merkez ilçesinde üretilmektedir. Bu duruma paralel olarak tarla atıklarından elde edilebilecek ısı değeri en fazla yine merkezde olacaktır.

#### 3.2. Budama Atıkları Miktarı ve Enerji Potansiyeli

Elazığ ili ve ilçelerinde meyve bahçelerinden açığa çıkan budama atıkları miktarı ve enerji potansiyeli, Şekil 6’da verilmiştir. Budama atıkları miktarı ve enerji potansiyeli açısından değerlendirildiğinde; Baskil ilçesinin en büyük orana sahip olduğu, Merkez ve Keban ilçelerinin ise geri kalan kısmın önemli bir bölümünü oluşturduğu gözlenmiştir.

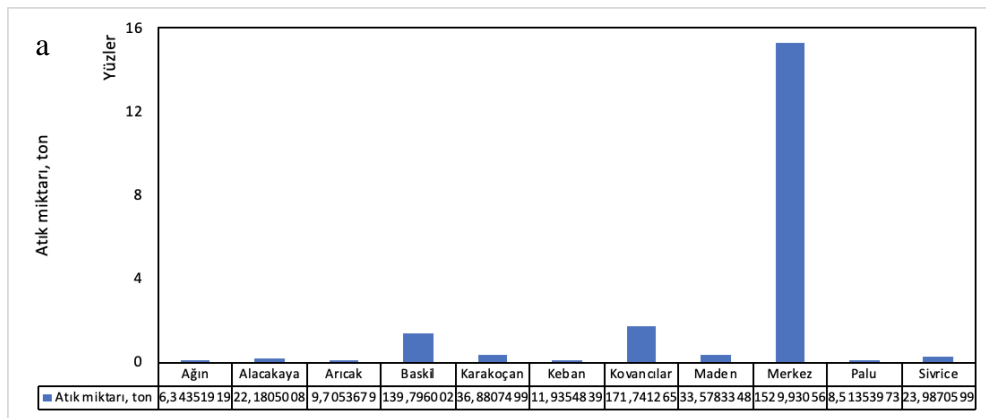


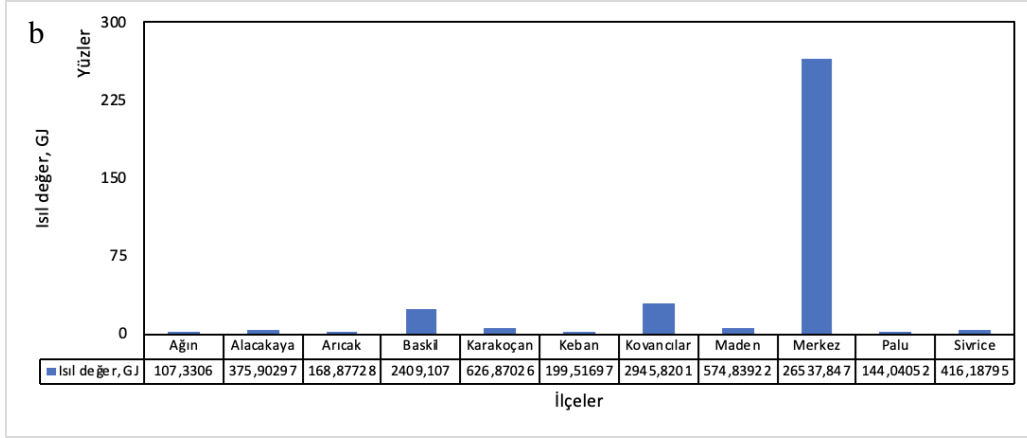
Şekil 6. Elazığ ili ilçelerinin (a) budama atıkları miktarı ve (b) enerji üretim potansiyeli

Şekil 6'dan da görülebileceği gibi Elazığ için bahçe atıkları ısıl değeri dikkate alındığında üretilen bahçe atığı miktarı sıralamasına benzer bir sıralama gözlenmektedir. Yani bahçe atıkları değerlendirildiğinde en fazla ısıl değer, önce Baskil İlçesi'nden sonra Merkez ve Keban ilçelerinden elde edilecektir.

### 3.3. Sera Atıkları Miktarı ve Enerji Potansiyeli

Elazığ ili ilçelerinde seralardaki bitkisel üretimden açığa çıkan atık miktarı ve bu atıkların enerji potansiyeli, Şekil 7'de verilmiştir. Sera atıkları öncelikle Merkez, sonrasında ise büyük bir farkla birlikte Kovancılar ve Baskil ilçelerinde çoğunluktadır.





Şekil 7. Elazığ ili ilçelerinin (a) sera atıkları miktarı ve (b) enerji üretim potansiyeli

Diğer atık ısıl değeri grafiklerinde olduğu gibi sera atıklarından elde edilebilecek ısıl değeri söz konusu olduğunda da üretilen atık miktarına benzer bir eğilim gözlenmektedir. Yani Şekil 7’de de belirtildiği gibi sera atıklarından elde edilebilecek ısıl değeri en fazla Merkez ilçesindedir. Bu ilçeyi sırasıyla Kovancılar ve Baskıl ilçeleri takip etmektedir.

#### 4. Sonuç

Enerji, insan yaşamının vazgeçilmez bir parçasıdır ve geçmişte olduğu gibi günümüzde de hala dünya gündeminde tartışılan konuların ilk sırasında bulunmaktadır. Ülkelerin ekonomik ve sosyal olarak ilerlemesinde, toplumsal refah düzeyinin artırılmasında enerji, vazgeçilmez bir konu olmaya devam etmektedir. Sorunlara stratejik bakış açısıyla yaklaşmak, stratejik bir alan olan enerji sektöründe önemli bir zorunluluktur. Enerji alanında yalnızca muhtemel talebi karşılamaya yönelik meydana getirilecek enerji stratejilerinin hem yetersiz olacağı hem de dünyada yaygın olan eğilimlerle uyumsuzluk göstereceği görülmektedir [11].

Enerji politikalarının temel amacı sürekli, temiz, güvenilir ve ucuz enerji teminini sağlamaktır. Ayrıca üretilen enerjinin verimli şekilde kullanılmasına ilave olarak kaynak çeşitliliğinin sağlanması da önemli olmaktadır. Günümüzde biyo-bozunabilir atıkların hammadde olarak kullanıldığı çevre dostu bir enerji kaynağı olan biyokütle, önemini giderek artırmaktadır. Geri dönüşümün ve sıfır atık hedefinin dikkat çektiği günümüz şartlarında, insan ve hayvanların besin maddesi olarak yeterli katkıyı sağlamış ve yaşam döngüsünü tamamlamış, biyokütle potansiyeline sahip olan bitkilerin atık kısımlarının ekonomiyeye kazandırılması enerji arzı bakımından önemlidir [4].

Atıklara dayalı olan biyokütle enerjisi (biyogaz ve çöp santralleri) konusunda Türkiye’de birtakım çalışmalar yapılmıştır. Ormancılık potansiyeli ile ilgili yeterli bilgi bulunmasına rağmen, ormanlarımız, biyokütle enerjisi üretim potansiyeli bakımından değerlendirilmemiştir. Enerji elde edilmesi şeklindeki tarımsal üretim olanaklarına hiç odaklanılmamış ve konu tarımsal üretim planlamalarında dikkate alınmamıştır. Ayrıca, kent zararlısı olan birtakım ağaçların uygun peyzaj türleri ile değiştirilmesiyle biyokütle materyalinin kazanılması imkânı da hiç araştırılmamıştır. Kısacası, Türkiye’nin sahip olduğu biyokütle enerji potansiyeli net olarak bilinmemektedir [32].

Ülkemizin “biyokütle enerji potansiyelinin saptanması” konusu öncelikli olarak ele alınmalı ve bir proje yapılarak enerji ormancılığında, çeşitli yan ürün, atık ve artıklardan, enerji bitkileri tarımından elde edilebilecek biyokütle materyalinin çeşitleri ve bunların coğrafi bölgelere göre yıllık miktarları belirlenmelidir [33].

Türkiye’deki olası biyokütle enerji kaynakları değerlendirildiğinde, gazlaştırma, fermantasyon, anaerobik çürütme gibi uygun yöntemlerle tarım endüstrisi artıkları ile odun ve odun dışı orman ürünleri artıklarının, özellikle de toplu konutların yüksek oranlarda bulunduğu şehirlerdeki evsel ve kentsel katı atıkların, hayvan yetiştiriciliği sonucunda ortaya çıkan hayvansal atıkların, biyokütle kökenli tüm endüstriyel atıkların alternatif yakıtlara dönüştürülebileceği durumu ortaya çıkmaktadır. Bu bahsedilen

yakıt eldesi gerçekleşirse biyokütle yakıtları birleşik güç, ısı ve soğutma tesislerinde değerlendirilerek yerli kaynaklardan enerji üretiminin artmasına ve dışa bağımlılığın azalmasına olanak sağlayacaktır [11].

Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan gelişmesinin temelinde devamlı, sağlıklı, temiz, ucuz ve bağımsız enerji gereksiniminin sağlanmasına bağlı olduğu kabul edilen bir durumdur. Bu durumun da ülkenin enerji güvenliğine ve daha kapsamlı olarak da çevresel güvenliğe etkileri önemlidir. Bu noktada gerçek veriler ve ulaşılabilecek istenen hedeflerle hazırlanmış olan ve sahip olduğu değerlerin de dikkate alındığı, sosyal ve siyasi yapısının bağlı olduğu unsurlar eşliğinde sağlanacak olan sürdürülebilir enerji politikaları ile Türkiye, ekonomik bağımsızlığını artırarak kalkınma yolunda daha hızlı bir şekilde ilerleyebilecektir [33].

Bölgesel bazda enerji tüketim değerleri ve biyokütle potansiyelleri dikkate alındığında her bölgenin alternatif biyokütle potansiyeline sahip olduğu görülebilmektedir. Bölgesel kalkınmaya ve istihdama bu potansiyellerin sağlayacağı katkı düşünüldüğünde değerlendirilmelerinin gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır [11].

Elazığ, hem tarla bitkileri hem de meyve ağaçlarının budama atıkları bakımından dikkate değer bir bitkisel biyokütle potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada 2018 yılı içinde tarla bitkilerinden, sera atıklarından ve meyve ağaçlarının budanmasından kaynaklı olarak Elazığ ilinde 147 041.178 ton atığın olduğu teorik olarak hesaplanmıştır. Bu atıklardan oluşacak toplam ısı değer 2 696 862.28 GJ yıl<sup>-1</sup>'dir. Bir atık olarak değerlendirilen bitkisel biyokütlenin kullanılmasının mevcut enerji potansiyeline sağlayacağı fayda çok net olarak görülmektedir. Sanayi kuruluşları açısından Elazığ ilinin de içinde yer aldığı Doğu Anadolu Bölgesi, ülkemizin az gelişmiş bölgesidir. Tarım arazilerinin tarım dışı kullanılması engellenerek ve tarım potansiyeli mevcut olan atıl durumdaki kullanılmayan arazilerin üretime kazandırılmasıyla bitkisel üretim daha fazla artacak ve bu üretim neticesinde açığa çıkan bitkisel biyokütle miktarı da daha önemli miktarda olacaktır. Ülkemiz ve bölgemiz açısından tarımsal atık yönetimi çok önemlidir. Bölgede alternatif enerji kaynağı olarak temiz enerji eldesinde biyokütle potansiyelinin kullanımı hem ekonomi hem de çevre sağlığı açısından ilave değer oluşturacaktır.

## Kaynaklar

- [1] S. Bilgen, S. Keles, A. Kaygusuz, A. Sarı, K. Kaygusuz, (2008). Global Warming and Renewable Energy Sources for Sustainable Development: A Case Study in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 372-396.
- [2] G. Kurt, N.N. Koçer, (2010). Malatya İli'nin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 240-247.
- [3] E. Koç, M.C. Şenel, (2013). Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makine*, 54(639) 32-44.
- [4] H. Karabaş, (2019). Sakarya İlinin Bitkisel Biyokütle Açısından Atık Miktarının ve Enerji Potansiyelinin Araştırılması, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1), 35-43.
- [5] TÜGİAD, (2004). Türkiye'nin Enerji Sorunları ve Çözüm Önerileri, Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş., Batıkent, Ankara.
- [6] Anonim, (2011). Youth for Habitat Türkiye, Sürdürülebilir Enerji Eğitimi Kitapları, Biyokütle Enerjisi, <http://www.habitaticingenlik.org.tr/dl/yayinlar/enerji/BiyoKutle.pdf> Erişim tarihi: 01 Nisan 2011.
- [7] M. Acaroğlu, (2008). Türkiye'de Biyokütle-Biyoetanol ve Biyomotorin Kaynakları ve Biyoyakıt Enerjisinin Geleceği, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES'2008), İstanbul, Türkiye, pp. 351-362.
- [8] M. Acaroğlu, G. Kocar, A. Hepbasli, (2005). The Potential of Biogas Energy, *Energy Sources*, 27 (3), 251-259.
- [9] M. Balat, N. Acici, G. Ersoy, (2006). Trends in the Use of Biomass as an Energy Source, *Energy Source Part B*, 1, 367-378.

- [10] E. Sözen, G. Gündüz, D. Aydemir, E. Güngör, (2017). Biyokütle Kullanımının Enerji, Çevre, Sağlık ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 148-160.
- [11] E. Kapluhan, (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 30, 97-125.
- [12] S. Türe, (2001). Biyokütle Enerjisi, *Temiz Enerji Vakfı*, 1-5, Ankara.
- [13] TÜİK, (2017). Turkish Statistical Institute, Turkey's Statistical Yearbook 2017, Prime Ministry of Turkey, Ankara, Turkey.
- [14] TÜİK, (2018). Turkish Statistical Institute, Turkey's Statistical Yearbook 2018, Prime Ministry of Turkey, Ankara, Turkey.
- [15] A. Başçetinçelik, H.H. Öztürk, C. Karaca, M. Kacıra, K. Ekinci, D. Kaya, A. Baban, (2005). First Progress Report of Exploitation of Agricultural Residues in Turkey, LIFE 03 TCY/ TR /000061.
- [16] M. Acaroglu, A.S. Aksoy, H. Ogut, (1999). The Potential of Biomass and Animal Waste of Turkey and the Possibilities of These as Fuel in Thermal Generating Stations, *Energy Sources*, 21(4), 339-345.
- [17] F. Karaosmanoglu, (1999). Vegetable Oil Fuels: A Review, *Energy Sources*, 21(3), 221-231.
- [18] M.F. Türker, H. Ayaz, K. Kaygusuz, (1999). Forest Biomass as a Source of Renewable Energy in Turkey, *Energy Sources*, 21(8), 705-714.
- [19] R.C. Akdeniz, F.V. Sukan, A. Hepbasli, (2002). Evaluation of Aegean Region Agro-Industrial Wastes as a Potential Energy Source, *Energy Sources*, 24(10), 949-960.
- [20] S. Bilgen, K. Kaygusuz, A. Sari, (2004). Second Law Analysis of Various Types of Coal and Woody Biomass in Turkey, *Energy Sources*, 26(11), 1083-1094.
- [21] A. Demirbaş, F. Meydan, (2004). Utilization of Biomass as Alternative Fuel for External Combustion Engines, *Energy Sources*, 26(13), 1219-1226.
- [22] A. Başçetinçelik, H.H. Öztürk, C. Karaca, M. Kaçıra, K. Ekinci, D. Kaya, A. Baban, K. Güneş, N. Komitti, I. Barnes, M. Nieminen, (2005). Türkiye'de Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi Rehberi, Yayın No: 03 TCY/ TR /000061.
- [23] DBFZ, (2011). Deutes Biomasse Forchungs Zentrum. Ankara.
- [24] Anonim, (2012). Enerji Raporu. Yayın No:1301-6318.
- [25] Anonim, (2013). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr>.
- [26] Anonim, (2013). Güney Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Araştırması Raporu. Yayın No: TR22.
- [27] S.K. Sümer, Y. Kavdır, G. Çiçek, (2016). Türkiye'de Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(4), 379-387.
- [28] M. Balat, (2005). Use of Biomass Sources for Energy in Turkey and a View to Biomass Potential, *Biomass and Bioenergy*, 29, 32-41.
- [29] URL-1, (2020). <https://www.elazig.bel.tr/tarim-blog-246> Tarım. Erişim tarihi: 1 Ocak 2020.
- [30] A. Başçetinçelik, C. Karaca, H.H. Öztürk, M. Kaçıra, K. Ekinci, (2005). Agricultural biomass potential in Turkey, 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture, İzmir, Türkiye, pp. 195-199.
- [31] A. Başçetinçelik, C. Karaca, H.H. Öztürk, M. Kaçıra, K. Ekinci, (2005). Regional Distribution of Agricultural Biomass Potential in Turkey, 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture, İzmir, Türkiye, pp. 365-369.
- [32] S. Karayılmazlar, N. Saraçoğlu, Y. Çabuk, R. Kurt, (2011). Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75.
- [33] Çevre Dostu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile İlgili Teknolojiler-Alt Grup Raporu.