

Adana İlindeki Tarımsal Biyokütle Potansiyelinin Elektrik Enerjisi İkamesinde Kullanım Durumu

M. Emin BİLGİLİ¹

¹Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 01321, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0002-4191-0540>

*Sorumlu yazar: eminbilgili@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 12 Mayıs 2020

Kabul tarihi: 8 Haziran 2020

Online Yayınlanma: 15 Haziran 2020

Anahtar Kelimeler:

Yenilebilir enerji kaynağı

Bitkisel atıklar

Hayvansal atıklar

Biyokütle potansiyeli

Enerji eşdeğeri

Adana

ÖZET

Bu çalışmada, 2019 yılı verilerine göre Adana ilindeki elektrik enerjisi ikamesinde, kullanılabilir biyokütle potansiyeli araştırılmıştır. Araştırmada, Tarım ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu verileri, yörede yürütülen bir projenin güncellenen sonuçları ve önceki çalışmaların verileri kullanılmış; bitkisel ve hayvansal kaynaklı biyokütle analizleri dikkate alınmıştır. Çalışmada ayrıca potansiyel teşkil eden bitkisel ve hayvansal kaynaklı ürünlerden türetilen verilerin biyokütle enerjisine katkısı ve durumu da incelenmiştir. Türkiye'deki atık miktarına göre Adana'da mevcut bitkisel ve hayvansal artıkların sırasıyla %5 ve %1'e eşit olduğu tahmin edilmektedir. Adana'nın yıllık toplam biyokütle potansiyeli yaklaşık 23.56 PJ olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyel, ilin %34 düzeyindeki enerji talebini karşılamaktadır. Bu durum, mevcut tüketilen enerjiye göre %95 oranında CO₂ emisyonu azaltımını sağlamakta ve sertifikalandırılmaktadır. Biyogaz tesislerinden elde edilecek gübre ile ildeki tarım arazilerinin tümüne 240 kg/ha uygulanabilecek miktarda organik madde sağlanabilmektedir. Çalışmada, elektrik enerjisi ikamesi, globalde biyogaz eldesi sonrası kimyasal gübre ikamesi ve CO₂ emisyonu azaltımı gibi kazanımların haricinde Türkiye'nin enerji hedeflerine uygun bir çalışma olduğu söylenebilir. Bu konu; çalışanlarına, yatırımcılara, politika üreticilerine ve karar vericilere veri seti olarak önerilebilir.

Usage of Agricultural Biomass Potential in Electricity Substitution in Adana Province

Research Article

Article History:

Received: 12 May 2020

Accepted: 08 June 2020

Published online: 15 June 2020

Keywords:

Renewable energy source

Vegetal wastes

Animal wastes

Biomass potential

Energy equivalent

Adana

ABSTRACT

In this study, the biomass potential available in electricity energy substitution in Adana province was investigated according to 2019 data. "The Ministry of Agriculture and Forestry", "The Ministry of Energy and Natural Resources" and "Turkish Statistical Institute" data were used along with the results of a project and previous studies conducted in the region. Plant and animal originated biomass analysis were also applied. The condition and contribution of potential vegetative and animal originated biomass were examined. Adana province produces 5% and 1% of plant and animal residues of Turkey respectively where the total annual biomass potential was calculated to be about 23.56 PJ. This potential can meet 34% of the province's energy demand. This can result in a 95% certifiable CO₂ emission reduction compared to the current consumed energy. The organic fertilizer produced in biogas plants can be used to supply 240 kg / ha of organic material to all agricultural fields in the province.

The electricity energy substitution, chemical fertilizer substitution obtained after biogas production and CO₂ emission reduction gains are also in parallel with Turkey's energy targets. The produced dataset are available to be used by investors, policy makers and decision makers.

To Cite: Bilgili ME. Adana İlindeki Tarımsal Biyokütle Potansiyelinin Elektrik Enerjisi İkamesinde Kullanım Durumu.

1. Giriş

Türkiye'nin yaklaşık 78 milyon hektarlık yüzölçümünün yarısı tarımsal uygulamalar için kullanılmaktadır. Bu alanın 23.76 milyon hektarlık kısmında ekim-dikim yapılmaktadır. Bu miktar, Türkiye'yi dünyanın en büyük tarım ülkelerinden biri olarak göstermektedir. Milli gelirin %6.9'luk kısmı tarımla sağlanmaktadır [1]. Türkiye'nin toplam kullanılan tarım arazisinin yaklaşık %40.8'i ekili alan, %10.7'si nadas alanı, %10.6'sı meyve ağacı ve sebze alanları, %37.9'u da mera ve çayrlardan oluşmaktadır [2]. Adana ili, sahip olduğu coğrafya sayesinde gelişmiş bir ekonomiye sahiptir. İlin ekonomisi, gelişmekte olan endüstri için enerji açığını karşılamak ve genişletmek amacıyla yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır.

Biyokütle, ilde kullanılabilir alternatif, yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Bitkisel ve hayvancılık faaliyetlerine bağlı olarak elde edilen tarımsal kalıntılardan, biyokütle enerji teknolojilerine göre biyoyakıt, bioelektrik ve biyoyürünler elde edilebilmektedir [3]. Biyokütlenin ana teknolojileri Gökçöl ve ark. [4] tarafından açıklanmıştır. Biyokütle potansiyelinin bölgesel dağılımı ve türüne göre analiz değerleri incelendiğinde Türkiye'deki toplam miktarının 2002-2003 veri dönemi göz önünde bulundurularak 363.1 PJ/yıl olduğu belirtilmiştir [5]. 1999 yılında, Kaygusuz ve Türker [6]'e göre ülkenin toplam enerji tüketimindeki biyokütlenin payı %10 seviyesindeydi. Türkiye toplam enerji üretiminin yaklaşık %37'sini yurtiçi birincil kaynaklardan karşılamakta olup; bunun da %57'si biyokütle bazı yakıtlardır [7-9].

Türkiye'nin toplam biyokütle enerji potansiyeli yaklaşık 1 344 PJ olup; bunun yaklaşık olarak 714 PJ'si Türkiye'nin kullanılabilir biyokütle potansiyeli miktarıdır [10, 11 ve 12]. Yıllık kuru tarımsal kalıntı potansiyelinin yaklaşık 360 Tg (Teragram) olduğu, bu değer 260 Tg ham yakıtlara eşit kabul edilebilir olduğu ifade edilmektedir. Tarımsal atık miktarının 467-623 PJ/yıl olduğunu ve bu değer Türkiye enerji tüketiminin %22-27'sine denk olduğu belirtilmektedir [13].

Türkiye'nin tüm illeri için Aybek ve ark. [14] ve Avcıoğlu ve Türker [15], atık potansiyel haritasını çıkarmışlardır. Sığır sayısı, küçük ruminant ile kümes hayvanları ve ayrıca çeşitli kriterlere göre biyogaz miktarı hesaplanmıştır. Türkiye'nin 2009

yılı tarım sayımına göre yıllık biyogaz enerji potansiyeli 2.18 milyar m³ olduğu tespit edilmiştir. Bunun %68'i sığır, %5'i küçük ruminant ve %27'si kanatlılardan sağlanan toplam biyogaz potansiyeline dayalı biyogaz enerji denkliliğinin yaklaşık 49 PJ olduğu tahmin edilmektedir. Bilgen ve ark. [16] ile Yelmen ve ark. [17], Türkiye'deki biyokütle potansiyeli ve teknolojileri için son çalışmaları ile bir perspektif sunmuşlardır. Türkiye'nin son yıllardaki biyokütle potansiyeli ve durumu hakkındaki çalışmalarında, mevcut bitkisel atıkların 142.4 Mton/yıl ve ülkenin toplam biyokütle potansiyelinin yaklaşık 668 PJ/yıl olduğu tespit edilmiştir [18].

Türkiye açısından yenilenebilir enerjinin önemi ve geleceği, Türkiye'de 2023 hedefleri kapsamında 34 bin MW hidroelektrik, 20 bin MW rüzgâr enerjisi, 5 bin MW güneş enerjisi, 1000 MW jeotermal enerji ve 1000 MW biyokütle enerjisi üretilmesi planlanmaktadır. Kısacası 2023 yılında Türkiye'de tüketilen toplam elektriğin yaklaşık üçte birinin (1/3) yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi öngörülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Adana ilinin elektrik enerjisi ikamesinde, faydalanılabilir tarımsal biyokütle potansiyelini değerlendirmektir. Adana ili verileri kullanılarak hayvansal ve bitkisel biyokütle potansiyelleri, miktarları ve enerji amaçlı kullanım durumu değerlendirilmiştir. Tüm bu araştırmaların potansiyel biyokütle için önemli olduğu görülmektedir. İlde devreye alınacak teknolojilere, ek olarak, değerlendirilebilir biyokütlenin ilin enerji tüketimine potansiyel katkısı belirlenmiştir. Bu teknolojiler sonucu CO₂ emisyonu azaltımı ve kimyasal gübre yerine biyogaz eldesi, organik gübre kazanımı olacaktır.

2. Materyal ve Metot

Adana ili lokasyon olarak, 36°30'-38°25' kuzey enlemleri ile 34°48'-36°41' doğu boylamları arasında ve Akdeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Verimli tarım alanlarından oluşan Şekil 1'de gösterilen yeredir. İlde, yazları sıcak-nemli, kışları ılık ve yağışlı geçer. Tarımsal ürünler için yeterli yağış ve sıcaklık mevcuttur. Hayvansal üretim için koşullar da yeterlidir.

Adana ili önemli bir tarım potansiyeline sahip olup; ekilebilir alanlar ve bağ-bahçe ile sebze alanları ülkesel bazda ciddi bir paya sahiptir. Yöre, ayrıca soya fasulyesi, yer fıstığı ve mısır üretiminde 1. sıradadır. Türkiye'de, pamuk

üretiminin %41'i, yer fıstığı üretimini %90'ı, soya üretimini %91'i, susamın %80'ni, gülün %100'ü, anasonun %65'i, karpuz üretimini %29'u, sebzelerin %26'sını, domatesin %22'si, turunçgillerin %90'ı, muz üretimini %100'ü, üzümün %18'i, zeytinin %16'sı Akdeniz bölgesinde yetişmektedir [2]. Adana ili hayvancılık açısından da önemli bir potansiyele sahiptir.



	Nüfus (Kişi)	Tarım Alanı (ha)	Elektrik Tüketimi (kWh/yıl)
Adana	2 220 125	498 143	6 706 804
Türkiye	82 382 000	23 763 000	303 674 400
	Sığır	Koyun+Keçi	Kanatlı
Hayvan (adet)	265 040	807 900	7 236 248
Atık (kg/yıl)	856 145 460	97 311 555	245 792 912
Enerji (MJ/yıl)	11 174 839	2 540 318	6 974 374
	Bahçe	Tarla	Sebze
Atık (kg/yıl)	39 169 000	2 403 947 000	528 470 000
Enerji (MJ/yıl)	689 374 400	22 803 333 384	45 712 655

Şekil 1. Adana İli Haritası

Tablo 1. Adana İli biyokütle potansiyeli (2019)

TÜİK, 2019 yılı verilerine göre ilin nüfus yoğunluğu (kişi) ve il bazında tüketilen elektrik enerjisi miktarları (kWh) ve tarım alanları (da) Tablo 1'de görülmektedir [19]. İlin enerji tüketimine tekabül eden ya da kişi başına düşen ihtiyaç büyüklüğü hakkında fikir vermek bu bakımdan önemlidir.

Bu çalışmanın verileri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayımlanan verilere ayrıca Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre hesaplanmıştır. Veriler, Türkiye'de biyokütle kaynakları, bitkisel ve hayvansal üretim değerleri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğünden sağlanmıştır. İstatistik verileri TÜİK verilerinden kullanılabilir hale getirilmiştir. Değerlendirmede, 3 hayvan türü (sığır, koyun ve kanatlı) ve 3 bitkisel ürün türünden (5 tarla, 15 bahçe ve 17 sebze) veriler alınmıştır. Bunların

dışındakilerden önemli bir kalıntı potansiyeli elde edilmemektedir. Hayvan gübrelerinden elde edilen enerjinin kullanımının artırılması için anaerobik sistemi önermişlerdir [20]. Nihai ürün, metan (%55-75) ve karbondioksit (%25-45) karışımı olan biyogazdır. Bitkisel kalıntılar için, ısıl üretim yöntemi, doğrudan yakma enerji üretimi için uygun yöntem olarak tercih edilmiştir. Biyogaz üretim sürecinde aşağıdaki prosedür izlenmiştir. Yılda toplam gübre miktarı tahmini olarak Eşitlik (1) ile hesaplanmaktadır [20]. İstatistiksel verilere göre her bir türün sayısı ve gübre miktarları, ildeki hayvan türlerinin günlük beslenme ve gübre biriktirme alışkanlıklarına bağlı olarak belirlenmiştir. Sırasıyla bir sığır, koyun ve kanatlı için gübre miktarı ortalama 15 kg/gün, 3 kg/gün ve 0.074 kg/gün'dür [15].

Atıkların mevcudiyeti, hayvanların barınaklarda kalma süreleri hesaba katılarak sığırlar için %55, küçük ruminantlar için %13 ve kümes hayvanları için %99 olarak seçilmiştir [15]. Bulunabilirlik, hayvancılık koşullarına göre değişen, toplanabilir bir gübre fraksiyonu ölçüsüdür [20].

$$HGM = HS * BHYGM * K \quad (1)$$

Burada; HGM: Hayvan gübresi miktarı (ton/yıl); HS: hayvan sayısı (adet); BHYGM, bir hayvanın yıllık gübre miktarı (ton/yıl); K, Kullanılabilirlik (%) olmaktadır.

Hayvan gübresinden elde edilen toplam enerji, toplam kuru gübre miktarı ile biyogazın ısıtma değeri çarpılarak belirlenmiştir (Eşitlik 2). Katı madde çarpınları, kanatlı, küçük ruminant ve sığır için sırasıyla %25, %23 ve %11.5 olarak alınmıştır [21]. Biyogaz üretim miktarı birim ton kuru gübreden yaklaşık 200 m³ olarak kabul edilmiştir. Biyogazın ısıtma değeri 22.7 MJ/m³ olarak dikkate alınmıştır [20 - 22].

$$EE = HGM * TKİ * BKD \quad (2)$$

Burada; EE, Enerji eşdeğeri (MJ/yıl); HGM, Hayvan gübresi miktarı (ton/yıl); TKİ, Toplam katı içerik (%); BKD, Biyogazın kalorifik değeri (MJ/ton) olmaktadır.

Bitkisel artıklardan elde edilebilecek enerji miktarının tahmini için, mevcut bitkisel atık miktarı ilk olarak Eşitlik (3) ile artık miktarları, bazı referans katsayıları ile bitkisel üretim değerleri çarpılarak hesaplanmıştır [23]. Daha sonra artıkların enerji içeriği Eşitlik (4) kullanılarak hesaplanmıştır. Tarımsal artık için

türlerin kalorifik değerleri güncellenen projedeki veriler esas alınmış olup; kalorifik değerler MJ/kg olarak belirlenmiştir. Her bir sebze türü artıklarının ısı değerleri bomba kalorimetre kullanılarak ölçülmüştür [24]. TS ISO 1928 standardına göre kalorimetre yöntemi esas alınmıştır. Isıl değerlerini hesaplamak için en az 4 ölçüm yapılmış ve ilgili türlerin kalorifik değerlerini elde etmek için tespitlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. En düşük ve en yüksek değerlerin kalorifik değerleri 10.3 ile 21.8 MJ/kg arasında değişmiştir [20, 24].

$$BAM = BÜÜ * BKKK * K \quad (3)$$

Burada, BAM, Bitkisel artık miktarı (ton/yıl); BÜÜ, Bitkisel üretim ürünü (ton/yıl), BKKK, Bitkisel tür için kalıntı katsayısı; K, Kullanılabilirlik (%) olmaktadır.

$$EE = BKM * N * KATKD \quad (4)$$

Burada; EE, Enerji eşdeğeri (MJ/yıl); BKM, Bitkisel kalıntı miktarı (ton/yıl), N, [1- Nem (%)]; KATKD, Kuru artık türlerin kalorifik değeri (MJ/ton) olmaktadır.

Yapılan analizler ildeki biyokütle potansiyeli, hayvansal ve bitkisel üretimlerden elde edilen atık miktarı ve bunların yıllık enerji eşdeğerleri ortaya konulmuştur [21].

Biyogaz üretimi sonrası arta kalan gübrenin miktarı yaklaşık olarak, Eşitlik (1) den faydalanılarak, araştırmadaki 3 hayvan türü (HGM_{1,2,3}) için hesaplanmıştır.

$$GM = HGM1 + HGM2 + HGM3 \quad (5)$$

Burada; GM, Gübre miktarı (ton/yıl), HGM_{1,2,3}; Hayvan gübresi miktarı (ton/yıl).

Adana'daki 2019 yılı elektrik enerjisi tüketim verilerine göre ve ikamesinde CO₂ emisyon hesaplanması; URL1 [25]'e göre Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi 512 ton CO₂/GWh; biyokütle enerjisinden elektrik enerjisi eldesinde 26 tonCO₂/GWh baz alınmaktadır. Bunların oranlanması ile CO₂ emisyonu hesaplanmıştır.

Mevcut CO₂ = 512 (ton CO₂/GWh) * Mevcut enerji tüketimi (GWh) (6)

Alternatif CO₂ = 26 (ton CO₂/GWh) * Biyokütleden enerji üretimi (GWh) (7)

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, ilin durumu ve kullanılabilir biyokütle potansiyeli Tablo 1'de gösterilmektedir. Türkiye'de elektrik tüketimi 3 686 kWh/kişi/yıl iken Adana ilinde 3 021 kWh/kişi/yıl olarak hesaplanmıştır. Türkiye'deki toplam hayvan sayısı 422 817 294 olup; bunların %86'si kümes hayvanı, %10'u küçük ruminantlar ve %4'ü sığırdır [2].

Adana, toplam hayvansal üretimi açısından Türkiye üretimine %9 katkı sağlamaktadır. İlde toplam hayvansal atık miktarı Türkiye'nin %4'üne tekabül eden 6 156 555 ton'dur. Türkiye'nin hayvansal atıkları potansiyeli, Tablo 1'de görüldüğü gibi hayvan sayısı, atık miktarı ile doğrudan orantılı değildir. Tablo 2'ye göre, atık potansiyelinin karakterizasyonu hayvan türlerine bağlı olarak değişir. Hayvan büyüklüğü arttıkça hayvan başına atık miktarı doğal olarak artar. Hayvan gübresi özellikleri birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Hayvansal gübrelerin fiziksel özellikleri, kilo, beslenme alışkanlıkları ve mevsime bağlı olarak değişebilir [20].

Tablo 2. Hayvansal gübrelerin fiziksel özellikleri [15, 24].

Hayvan türü	Yaş atık miktarı				
	Vücut ağırlığı (kg)	Ağırlık (%)	Ağırlık (kg/gün)	Katı içerik (%)	Atık verisi (kg/gün)
Kümes	1.5-2.3	3-5	0.08-1.6	10-90	0.074
Koyun	30-75	4-5	2-3	23-30	3
Sığır	135-800	5-6	10-30	5-25	15

Tahminlere göre, hayvan atıklarından yıllık olarak 20 689 531 MJ elde edilebilir. Bu, ilde yeni enerji teknolojilerinin kurulacağı yerler açısından anlamlıdır. Bu aşamada uygulanacak biyokütle teknolojisinin değerlendirilmesi önemlidir. Biyokütlenin faydalı bir forma dönüştürülmesi için termal veya kimyasal işlemler kullanılabilir. En çok önemli ve yaygın olarak kullanılan termal dönüşüm yöntemi biyogazın yanmasıdır.

Uluslararası enerji ajansı (IEA) verilerine göre, Türkiye sadece hayvan gübresiyle çalışabilecek 2000 biyogaz tesisi kapasitesine sahiptir [26]. Türkiye'de bulunan lisanslı 100 adet Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Piroolitik Yağ Enerji Santrallerinin 82 adedi faal olup; bunların toplam kurulu gücü 467.37 MW'dir. Bu işletmelerin 19 adedi, kurulu gücü 79.36 MWe kısmı Akdeniz Bölgesindedir. Bunlar sırasıyla, Mersin'de 5, Adana'da 4, Antalya ve Kahramanmaraş'ta 3'er, Hatay'da 2, Osmaniye ve Isparta'da 1'er adet

bulunmaktadır [27]. Türkiye'de yıllık bitkisel atık 163 297 308 ton olup bunun %77'si tarla üretiminden, geri kalanı ise yaklaşık %23'ü bahçe üretiminden elde edilmiştir [28]. Adana ili bitkisel üretimine %5 oranında katkı sağlamaktadır.

Tablo 1 verilerine göre, ilin toprak niteliği saha üretiminde etkili olduğu sonucuna varılabilir. Bahçe ve sebze mahsulleri, tarla ürünlerinden daha az alanda üretildikleri için artık miktarı da düşüktür. İlde, en yüksek miktarda artıklar buğday, mısır, pamuk, ayçiçeği ve soyadan elde edilmiştir. İl, 1 308 418 ton/yıl miktarında verime sahip olup; %95.9'u ekili bitkilerden toplanan atıklardır. Bu, mısır, ayçiçeği, buğday, pamuk ve soyada sırasıyla %49, %23, %13, %11 ve %0.4'dür. Tahminlere göre, bitkisel atıkların belirtildiği gibi kullanılması durumunda, 5.97 Mtoe her yıl kullanılabilir. Potansiyel kullanılabilirliği yüksek olmasına rağmen, ilde, son 20 yıla kadar tarımsal atıklar genelde ısıl dönüşüm tesisleri olmadığı için doğrudan yakılarak ısıl amaçlı kullanılmaktaydı. Biyokütle ısıl dönüşüm tesisleri yoktu. Ancak birkaç işletme, yeni teknolojiler ile elektrik enerjisi elde etmek amacıyla çalışmaktadır. Ayrıca birçok yeni tesis tasarımı veya işletmeye alma aşamasındadır.

Adana'da mevcut enerji potansiyeli yüksek görünse de, lojistik sorunu, sahada büyük hacimlerin bulunmaması nedeniyle potansiyel enerji santrallerinin kapasitelerini kısıtlamaktadır. [29]. Bununla birlikte, ısıl dönüşüme dayalı enerji üretimi için en uygun koşullar, verimli bir döngüye ulaşmak için orta veya büyük ölçekli tesis kurmaktır. Küçük ölçekli uygulamalar yüksek maliyet gerektirir, büyük ölçekli enerji üretimine kıyasla yatırım ve işletme maliyeti yüksektir. Bu nedenle, harmanlama biyokütle kapasitesini artırmak için alternatif bir çözüm olabilir. İstasyonlar arası taşıma mesafesi kadar ekonomik olan merkezi tesis kavramı ve gübre içerisindeki kuru madde miktarı çözüm ister. Örneğin, kuru madde içeriği %70, ekonomik mesafe yaklaşık 40 km olmalıdır. Bu içerik %10'a düşerse, mesafe 10 km olmalıdır [30].

URL5 [31]'e göre, Türkiye'nin yıllık toplam enerji tüketimi 2017'ye göre 6 623 PJ'dir. Bu tüketimin 995 PJ'sinin Akdeniz Bölgesinde kullanıldığı tahmin edilmektedir. Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8.6 Mtoe ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1.5-2 Mtoe olduğu tahmin edilmektedir. [32], Adana ilinde biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 23.56 PJ olduğu tahmin edilmektedir. İlin %34'lük enerji talebi bu potansiyel tarafından karşılanabilir, ancak bunun gerçekleşmesi zordur. Rasyonel

olarak, Adana yöresine yapılan enerji teknolojileri yatırımlarının biyokütleyi kapsamı önerilmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Adana yöresinde kullanılabilir biyokütle potansiyeli üzerinde durulmuş, 2019 yılı istatistik verilerine göre; hayvansal ve bitkisel biyokütlenin atık miktarları, biyokütle potansiyelinin enerji eşdeğeri analiz edilmiştir. Biyokütle potansiyeli literatür çalışmaları ile karşılaştırıldığında, tahminin makul olduğu görülmektedir.

Aşağıdaki sonuçlar değerlendirilmelidir:

- Adana ili Türkiye'nin toplam biyokütle enerji verimliliğine %6 katkıda bulunabilir.
- İlin toplam biyokütle potansiyeli yaklaşık 23.56 PJ/yıl olarak bulunmuştur. Bu değer ilin %34 enerji talebini karşılayabilir.
- Hayvansal üretim potansiyeli bitkisel üretime göre daha düşüktür, bu nedenle hayvansal kaynaklı enerji üretimi tabanlı biyokütle nispeten küçük ölçekli enerji teknolojileriyle elde ediliyor gibi görünmekte olup; hibrit uygulamalara ihtiyaç vardır.
- Biyogazdan elde edilebilecek kalıntı gübre olarak tarımsal alanlarda kullanılabilir. Yapılan hesaplamalara göre ildeki tüm tarım alanlarına yaklaşık 240 kg/ha gübre elde edilebileceği belirlenmiştir. Organik maddece fakir olan yerlere fayda sağlayabilir.
- İldeki tarımsal atıkların enerji ikamesinde kullanılması halinde yaklaşık olarak %95 CO₂ emisyonunun azaltımı tahmin edilmektedir.
- İlin kişi başı elektrik enerjisi tüketimi (3 021 kWh/kişi/yıl), Türkiye ortalamasına (3 686 kWh/kişi/yıl) göre bu yıl düşük gözlenmiştir. Uzun yıllık ortalamalara göre alternatif enerji kaynakları bu noktada önemlidir.
- Bu çalışma ile global ölçekte biyokütlenin çevreye zarar vermeden faydalı hale getirilmesi ve CO₂ emisyonunu azaltmak, ayrıca Türkiye'nin "Vizyon 2023" enerji hedeflerine katkı sağlayabilecek bir yaklaşım sergileyeceği belirlenmiştir.

Kaynakça

- [1]. TÜİK. Yıllık gayrisafi yurtiçi hasıla, Available at: <http://www.turkstat.gov.tr>. 2017a
- [2]. TÜİK. Agricultural Structure Statistics, Available at: <http://www.turkstat.gov.tr>. 2018.

- [3]. NREL. Biomass Energy Basics. Available at: <http://www.nrel.gov/workingwithus/re-biomass.html>. 2017.
- [4]. Gökcöl C., Dursun B., Alboyaci B., Sunan E. Importance of biomass energy as alternative to other sources in Turkey, *Energy Policy* 2009; 37: 424-443.
- [5]. Öztürk HH., Bascetincelik A. Energy exploitation of agricultural biomass potential in Turkey, *Energy Explor Exploit* 2006; 24: 313-330.
- [6]. Kaygusuz K., Türker MF. Review of biomass energy in Turkey, *Energy Sources* 2002; 24 (5): 383-401.
- [7]. Balat M. The use of renewable energy sources for energy in Turkey and potential trends, *Energy Exploration & Exploitation* 2004; 22(4): 235-251
- [8]. Sürmen Y. The necessity of biomass energy for Turkish economy, *Energy Education Science and Technology* 2002; 10: 19-26.
- [9]. Demirbas A., Akdeniz F, Gullu D., Caglar A. Energy policies and sustainable energy options of Turkey up to 2010, *Energy Educ. Sci. Tech* 2001; 7: 19-36.
- [10]. Balat M. Use of biomass sources for energy in Turkey and a view to biomass potential, *Biomass Bioenergy* 2005; 29: 32-41.
- [11]. Saracoglu N. The biomass potential of Turkey for energy production: part I. *Energy Sources, Part B* 2010a; 5(3): 272-278.
- [12]. Saracoglu, N. The biomass potential of Turkey for energy production: part II. *Energy Sources, Part B* 2010b; 5(4): 384-389.
- [13]. Kar Y., Tekeli Y. The potential of biomass residues in Turkey and their importance as energy resources. *Energy Sources, Part A*. 2008; 30: 483-493.
- [14]. Aybek A, Üçok S, İspir MA, Bilgili ME. Türkiye’de kullanılabilir hayvansal gübre ve tahıl sap atıklarının biyogaz ve enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2015; 12(3): 109-120.
- [15]. Avcıoğlu AO., Türker U. Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey, *Renew. Sust. Energ. Rev* 2012; 16: 1557-1561.
- [16]. Bilgen S., Keleş S, Sarıkaya İ, Kaygusuz K. A perspective for potential and technology of bioenergy in Turkey: present case and future view, *Renew. Sust. Energ. Rev* 2015; 48: 228-239.
- [17]. Yelmen B., Çakır MT. Biomass potential of Turkey and energy production applications, *Energy Sources. Part B*. 2016; 11(5): 428-435.
- [18]. Saka K., Yılmaz İH. Agricultural biomass potential in Turkey, *Int. J. Manage. Appl. Sci* 2017; 3(2): 79-81.
- [19]. TÜİK. Agricultural Structure Statistics, Available at: <http://www.turkstat.gov.tr>. 2017b.
- [20]. Yılmaz İH., Saka K. Exploitable biomass status and potential of the Southeastern Anatolia Region, Turkey. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy* 2018; 13(1): 46-52
- [21]. Ekinci K., Külcü R, Kaya D, Yaldız O, Ertekin C., Öztürk HH. The prospective of potential biogas plants that can utilize animal manure in Turkey, *Energ. Explor. Exploit* 2010; 28: 187-205.
- [22]. Görmüş C. Türkiye’deki hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi. Master Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ. 2018.
- [23]. Hart SA. The management of livestock wastes, *J. Water Pollut. Con. F* 1960; 3: 78-80.
- [24]. Bilgili ME., Başçetinçelik A., Karaca C. Çukurova yöresindeki bazı tarımsal atık (biyokütle) potansiyelinin belirlenerek geleneksel enerji kaynaklarıyla karşılaştırılması 2008; Yayın No: TAGEM-BB-TOPRAKSU-2008/66. Tarsus.
- [25]. TKB. Kalkınma Bankası Çevre Yönetim Komitesi. 2018; R.V:1.03,V.20.06.2018. Ankara.
- [26]. URL1. IEA Bioenergy Task 37: Anaerobic Digestion Report Turkey’s Situation in Biogas. Available at: <http://task37.ieabioenergy.com/country-reports.html>. 2017.
- [27]. URL2. Available at: <https://www.enerjiatlasi.com/biyogaz/>.2017.
- [28]. URL3, Türkiye tarımsal biyokütle potansiyeli. Available at: <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>. 2019.

- [29]. URL4. Web 4. Türkiye'nin Biyokütle Santralleri. Available at: <http://enerjienstitusu.com/santraller/biyokutle-santralleri> 2017.
- [30]. Tafdrup S. Centralized biogas plants combine agricultural and environmental benefits with energy production. *Water Sci. Technol* 1994; 30: 133-141.
- [31]. BP Statistical. Review of World Energy. Available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2018-full-report.pdf>. 2018.
- [32]. URL5 <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>. 2019.