

SERA ATIKLARINDAN BİYOGAZ ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENEREK SAYISAL HARİTALARININ OLUŞTURULMASI: ANTALYA İLİ ÖRNEĞİ

DETERMINING THE BIOGAS ENERGY POTENTIAL FROM GREENHOUSE WASTES AND CREATING MAPS: THE CASE OF ANTALYA PROVINCE

Atılğan ATILGAN 

Prof. Dr. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü,
Isparta-Türkiye

Burak SALTUK 

Doç. Dr. Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Siirt, Türkiye

Hasan ERTOP 

Ardahan Tarım ve Ormancılık İl Müdürlüğü, Ardahan, Türkiye

Ercüment AKSOY 

Öğr. Gör. Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Antalya, Türkiye

Geliş Tarihi / Received: 29.09.2020
Kabul Tarihi / Accepted: 28.10.2020

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.270

ÖZET

Artan enerji ihtiyacı ile birlikte atıklardan elde edilecek enerji çalışmaları da önem kazanmaktadır. Bu çalışmada seracılığın çok yoğun bir şekilde yapıldığı Antalya ili seçilmiştir. Antalya ilindeki seralarda domates, biber ve patlıcan bitkilerinin serada oluşturdukları atıklardan elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bu biyogaz enerji değerlerinin haritaları oluşturulmuş ve bu enerjinin sera ısıtmasında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, konuyla ilgili literatür bilgileri ile kıyaslanarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada, 2019 yılı verileri kullanılarak mevcut potansiyel biyogaz enerjisi miktarı hesaplanmış, haritalar oluşturulmuş ve bu enerjinin diğer enerji kaynaklarına eşdeğer enerji seviyeleri hesaplanmaya çalışılmıştır. Araştırma alanındaki seralarda yıllık 488597,20 kg atık elde edilebileceği ve bu atıklardan elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin yıllık 8035073,43 MJ olduğu hesaplanmıştır. Sera yetiştiriciliğinde üretimin istenilen miktar ve kalitede sağlanabilmesi için ısıtma yapılması gerekmektedir. Bu nedenle sera yetiştiriciliğinde ısıtma önemli bir yer tutmakta ve üretim maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu açıdan seralarda yetiştirilen ürünlerden arta kalan atıklardan elde edilebilecek potansiyel enerjinin sera ısıtmasında kullanılabileceği ve ısıtma maliyetlerini düşürerek örtü altı yetiştiriciliğine ekonomik bir kazanç sağlayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi ile oluşturulan haritaların enerji planlamalarında kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antalya, Sera, Biyogaz enerjisi, Sayısal harita (ArcGIS)

ABSTRACT

With the increasing need for energy, energy studies to be obtained from waste gain importance. In this study, the province of Antalya, where greenhouse cultivation is carried out intensely, was selected. It has been tried to determine the potential biogas energy that can be obtained from the waste generated by tomato, pepper and eggplant plants in greenhouses in Antalya. Maps of these biogas energy values were created and the usability of this energy in greenhouse heating was investigated. In the study, the amount of potential biogas energy available was calculated using the data of 2019, and maps were created and the energy levels of this energy equivalent to other energy sources were tried to be calculated. It has been calculated that 488597,20 kg of waste can be

obtained annually in the greenhouses in the research area and the potential biogas energy that can be obtained from these wastes is 8035073.43 MJ per year. In greenhouse cultivation, heating is required to ensure the desired amount and quality of production. Therefore, heating has an important place in greenhouse cultivation and constitutes a large part of production costs. In this respect, it is thought that the potential energy that can be obtained from the wastes left over from the products grown in greenhouses can be used in greenhouse heating and can provide an economic benefit for greenhouse cultivation by reducing heating costs. In addition, it is predicted that maps created by determining the biogas energy potential can be used in energy planning.

Keywords: Antalya, Greenhouse, Biogas energy, Digital map (ArcGIS)

GİRİŞ

Dünya nüfusunun artmasına paralel olarak ve sanayinin gelişmesi enerji talebini artırmakta olup mevcut enerji arzı bu talebi karşılayamamasından dolayı enerji fiyatları yükselmektedir. Buda gittikçe enerji kullanımını artması anlamına gelmektedir. Dünya enerji ihtiyacını karşılamak için yoğun bir şekilde kullanılan fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olmaları nedeniyle ilerleyen yıllarda gerekli enerji ihtiyacını karşılamada sıkıntılar çekileceği açıkça görülmektedir. Hızlı bir şekilde artan enerji ihtiyacının karşılanması için ülkemizde ve Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep hızlı bir şekilde artış göstermektedir (Yağlı ve Koç, 2019).

Toplumların ekonomik kalkınma, sosyal gelişim ve yaşam kalitesinin belirleyici faktörlerinin başında enerji ve enerji kullanımı gelmektedir. Günümüzde enerji ihtiyacı, gelişen teknoloji, demografik ve ekonomik büyüme nedeniyle, Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de artmaktadır (Tunc ve ark., 2006; Acaroğlu, 2007; Akova, 2008; Toklu ve ark., 2010; Yüksel, 2010; Karayılmazlar ve ark., 2011; Yılmaz, 2012; Koç ve Şenel 2013).

Dünya’da ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı fosil kaynaklardan (petrol, kömür, doğal gaz) karşılanmaktadır (Anonim, 2015). Türkiye üretebileceğinden üç katı fazla enerjiyi tüketmektedir ve ithal enerji ihtiyacı %70’in üzerindedir. Türkiye’nin temel enerji kaynaklarını ise linyit, hidroelektrik ve biyokütle enerjileri oluşturmaktadır.

Türkiye’nin gelecek yıllar için oluşturulmuş enerji tüketim ve üretim senaryolarına göre, 2020 yılına kadar hem üretim hem de tüketim oranlarında hızlı bir artış beklenmektedir. Türkiye enerji ve çevre politikalarında yeterli değişikliğe ve düzenlemelere gitmez ise, 2020 yılı sonunda hala enerjisini ithal eden bir ülke olarak kalacaktır (Anonim, 2011).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyogaz enerjisinin çevre dostu olması ve maliyet açısından ekonomik olması günden güne önemini arttırmıştır (Kaya ve ark., 2005; Altıkat ve Çelik, 2012)

Biyogaz üretimi atık yönetimi açısından; organik atıkların kullanılması, atık bertarafı ve atıklardan enerji elde edilmesi yönünden etkin bir adım olarak karşımıza çıkmaktadır (Tınmaz Köse, 2017).

Ülkemizdeki organik atıklar genel toplam atıkların % 65’i dir. Bu nedenle ülkemiz çok büyük bir organik atık kapasitesine sahiptir. Bu atıklar kontrolsüz bir şekilde çevreye atılmakta ve çürümeye terk edilmektedir. Bu nedenle çevre kirliliği oluşturmaktadır. Böylece bu atıkların değerlendirilmesi hem çevre kirliliği açısından hem de enerji ihtiyacı açısından önem kazanmaktadır (Anonim, 2014).

Biyogaz; orman ürünleri, evsel ve endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar ve hayvan gübresi gibi birçok organik atıktan oluşmuş yanıcı bir gaz karışımı olup, dönüştürülmüş enerji olarak tanımlanır (Ergür ve Okumuş, 2010).

Hayvansal ve bitkisel atıkların biyogaz üretiminde değerlendirilmemesi sebebiyle bu atıklar ya gübre olarak kullanılmakta ya da yakılmaktadır. Genel olarak atıkların yakılması ve ısınmada kullanılması daha yaygındır. Bu şekilde hem ısısal verim az olmakta hem de yakıldıktan sonra atıklar gübre olarak kullanılamamaktadır (Koçer ve ark., 2006).

Enerjinin oldukça pahalı olduğu çağımızda seraların bitkilerin optimum istekleri doğrultusunda ısıtılması büyük masrafları gerektirmektedir. Bu nedenle seralarımızda sadece dondan koruma amacıyla ısıtma yapılmaktadır. Bu durum elde edilen ürünlerin verim ve kalitesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Kontrollü seralarda ısıtmanın üretim harcamaları içindeki payı % 60'lara kadar yükselmiştir. Bu payın azaltılması, tarımda önemli bir potansiyeli oluşturan seracılık sektöründe işletme karını arttırırken, ülke ekonomisine de büyük katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, sera ısıtma harcamalarını ve giderek tükenmekte olan fosil enerji kaynaklarının kullanımını en aza indirmek için seralarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına önem verilmelidir (Kendirli ve Çakmak, 2010).

Bu çalışmanın amacı Antalya ilinde sera da yetiştiriciliği yapılan domates, biber ve patlıcan atıklarından elde edilebilecek biyogaz üretim potansiyelini belirleyerek, dağılımını haritalamaktır. Bu amaçla sera atıklarının biyogaz potansiyeli ve enerji miktarı hesaplanarak ArcGIS programıyla haritalaması yapılmıştır. Araştırmada, ildeki sera atıklarının çevresel zarar vermeden yok edilmesi, seraların ısıtılmasında kullanılmasını ve enerji ihtiyacının karşılanabilmesi adına alternatif bir enerji kaynağının potansiyelini ortaya koymaktadır.

MATERYAL VE METOT

Antalya ilinin örtüaltı tarımsal biyokütle enerji potansiyelinin belirlenmesinde Türkiye İstatistik Kurumunun 2019 yılı verileri dikkate alınmıştır (Anonim, 2019). Antalya, ilinin çalışma alanı olarak seçilmesinde ilin Türkiye'de ki toplam sera alanının %36,29'unu oluşturması dikkate alınmıştır. Sera tarımsal atık materyali olarak ise domates, biber ve patlıcan sera atıkları olarak değerlendirilmeye alınmıştır. Domates, biber ve patlıcanın sera atık miktarının belirlenmesi amacıyla araştırma materyali olarak seçilmesinde serada üretim alanı en fazla ve yüksek lifli yapıya sahip olması dikkat edilmiştir. Sera atıklarından elde edilebilecek biyokütle enerji potansiyelinin belirlenmesinde, aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Karaca ve ark., 2016).

$$AM = \dot{U}M \times A\ddot{U}O \times KO$$

Burada;

AM = Atık miktarı (kg),

$\dot{U}M$ = Üretim miktarı (kg),

$A\ddot{U}O$ = Atık/ürün oranı (kg atık/kg ürün) ve

KO = Kullanılabilirlik oranıdır (%).

Atıkların enerji potansiyeli, atık miktarı ve atığın ısı değerine bağlı olarak hesaplanmıştır.

$$EP = AM \times ID$$

Burada;

EP = Enerji potansiyeli (MJ),

AM = Atık miktarı (kg) ve

ID = Atık ısı değeridir (MJ/kg)

Seralarda oluşan bitkisel atık miktarı, üretim miktarı ile atık ürün oranı olarak belirlenen, domates, biber ve patlıcan bitkileri için sırasıyla 1073 kg.da⁻¹, 928 kg.da⁻¹ ve 873 kg.da⁻¹ değerleri ile çarpılarak hesaplanmıştır. Bu çarpım sonucunda hesaplanan atık miktarı ile atıkların enerji üretimi amacıyla kullanılabilirlik oranı çarpılarak, enerji üretimi amacıyla kullanılacak atık potansiyeli Karaca ve ark. (2016)'a göre hesaplanmıştır.

Seralardan birim alan başına domates, biber ve patlıcan verimi (ton.da⁻¹) toplam verimin üretim alanına bölünmesi yolu ile hesaplanmış ve Türkiye geneli için bu değerler Bilgin ve ark., (2012)'e göre hesaplanmıştır. Seralarda ortaya çıkan atıklar, sera alanı ile birim alanda yetiştirilen ürüne bağlı olarak hesaplanmış ve kuru bazda atık miktarının çarpımı Karaca ve ark. (2016)'e göre belirlenerek, sera atıklarının tamamının bulunduğu alandan uzaklaştırılabilmesi ve toplanabilmesinden dolayı sera atıklarının kullanılabilirlik durumu %100 olarak kabul edilmiştir. Bilgin ve ark., 2012; ürünlerin ısı enerji değerlerini domates için 15,36 MJ.kg⁻¹, biber ve patlıcan

için ise $17,51 \text{ MJ.kg}^{-1}$ olarak belirtmişlerdir. Sera atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjinin hesaplanmasında bu değerler dikkate alınmıştır.

Sera atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi belirlendikten sonra, sera ısıtmasında kullanılan yakıtların eşdeğerleri ile kıyaslaması yapılmıştır. Zan Sancak ve ark., 2014; Baran ve ark., 2017; Ertop ve ark., 2018; yaptıkları çalışmalarda biyogazdan sağlanan enerji miktarının, $3,47 \text{ kg}$ oduna, $4,7 \text{ kWh}$ elektriğe ve $0,8 \text{ litre}$ benzine eş değer olduğunu ve Deviren ve ark., 2017; ise 1 m^3 biyogazın ısı enerji karşılığı olarak 0.62 m^3 doğalgazdan sağlanabilecek enerji elde edilebileceğini belirtmiştir. Yıllık biyogazdan elde edilebilecek enerjinin diğer enerji kaynakları ile kıyaslanmasında bu değerler dikkate alınmış ve maliyetler karşılaştırılmıştır.

Domates, biber, patlıcan ve toplam elde edilebilecek biyogaz enerji miktarını gösteren sayısal veriler sınıf değerlerine göre renklendirilerek ArcGIS programında ilçeler bazında oluşturulan haritalar üzerinden yorumlanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Domatesten elde edilebilecek toplam potansiyel atık miktarının yıllık $241982,96 \text{ kg}$ ve elde edilebilecek toplam potansiyel biyogaz enerjisinin yıllık $3716858,26 \text{ MJ}$ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Elde edilebilecek atık miktarının en yüksek $\%7,98$ 'inin Demre ilçesinde olduğu ve en düşük $\%2,66$ 'sının ise İbradı ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde elde edilebilecek biyogaz enerjisinin en yüksek $\%7,98$ 'inin Demre ilçesinde olduğu ve en düşük $\%2,66$ 'sının ise İbradı ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir. Araştırma alanındaki domates elde edilebilecek potansiyel atık miktarı ve biyogaz miktarları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Domatesten Elde Edilebilecek Atık Miktarı ve Elde Edilebilir Potansiyel Biyogaz Enerji Miktarları

Yerleşim	Domates Üretim Alanı (dekar)	Domates Üretim Miktarı (ton)	Elde Edilebilir Atık Miktarı (kg)	Elde Edilebilir Biyogaz Enerji (MJ)
Akseki	6	54	9657,00	148331,52
Aksu	27825	383138	14775,21	226947,23
Alanya	5465	62717	12318,04	189205,09
Demre	7058	127044	19314,00	296663,04
Döşemealtı	95	633	7146,18	109765,32
Elmalı	11200	179200	17168,00	263700,48
Finike	7335	103790	15182,95	233210,11
Gazipaşa	9612	128340	14324,55	220025,09
Gündoğmuş	0	0	0	0
İbradı	7	42	6438,00	98887,68
Kaş	19215	338655	18906,26	290400,15
Kemer	93	906	10451,02	160527,67
Kepez	16948	186428	11803,00	181294,08
Konyaaltı	1485	20465	14785,94	227112,04
Korkuteli	6885	82620	12876,00	197775,36
Kumluca	29680	390540	14120,68	216893,64
Manavgat	2790	40050	15397,55	236506,37
Muratpaşa	3500	47000	14410,39	221343,59
Serik	27400	329625	12908,19	198269,80
Toplam	176599	2421247	241982,96	3716858,26

Gündoğmuş ilçesinde ise serada domates üretimi olmadığı için atık ve biyogaz enerjisi varlığı bulunmamaktadır. Araştırma alanındaki biberden elde edilebilecek potansiyel atık miktarı ve biyogaz miktarları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Biberden Elde Edilebilecek Atık Miktarı ve Elde Edilebilir Potansiyel Biyogaz Enerji Miktarları

Yerleşim	Biber Üretim Alanı (dekar)	Biber Üretim Miktarı (ton)	Elde Edilebilir Atık Miktarı (kg)	Elde Edilebilir Biyogaz Enerji (MJ)
Akseki	0	0	0	0
Aksu	1320	15200	10690,56	187191,71
Alanya	525	1628	2876,80	50372,77
Demre	8199	94315	10672,00	186866,72
Döşemealtı	8	20	2320,00	40623,20
Elmalı	120	360	2784,00	48747,84
Finike	330	2500	7034,24	123169,54
Gazipaşa	340	2520	6876,48	120407,16
Gündoğmuş	0	0	0	0
İbradı	0	0	0	0
Kaş	6995	68863	9131,52	159892,92
Kemer	10	60	5568,00	97495,68
Kepez	657	3792	5354,56	93758,35
Konyaaltı	20	193	8955,20	156805,55
Korkuteli	135	1620	11136,00	194991,36
Kumluca	13128	158961	11238,08	196778,78
Manavgat	1484	13643	8528,32	149330,88
Muratpaşa	95	593	5790,72	101395,51
Serik	6980	75700	10068,80	176304,69
Toplam	40346	439968	119025,28	2084132,66

Çizelge 2 incelendiğinde biberden elde edilebilecek toplam potansiyel atık miktarının yıllık 119025,28 kg ve elde edilebilecek toplam potansiyel biyogaz enerjisinin yıllık 2084132,66 MJ olduğu belirlenmiştir. Elde edilebilecek atık miktarının en yüksek oranda %9,44’ünün Kumluca ilçesinde olduğu ve en düşük oranda %1,95’inin ise Döşemealtı ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde elde edilebilecek biyogaz enerjisinin en yüksek %9,44’inin Kumluca ilçesinde olduğu ve en düşük %1,95’sinin ise Döşemealtı ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir. Akseki, Gündoğmuş ve İbradı ilçesinde ise serada biber üretimi olmadığı için atık ve biyogaz enerjisi varlığı bulunmamaktadır. Araştırma alanındaki patlıcan elde edilebilecek potansiyel atık miktarı ve biyogaz miktarları Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Patlıcandan Elde Edilebilecek Atık Miktarı ve Elde Edilebilir Potansiyel Biyogaz Enerji Miktarları

Yerleşim	Patlıcan Üretim Alanı (dekar)	Patlıcan Üretim Miktarı (ton)	Elde Edilebilir Atık Miktarı (kg)	Elde Edilebilir Biyogaz Enerji (MJ)
Akseki	0	0	0	0
Aksu	740	9690	11392,65	199485,30
Alanya	2450	18068	6434,01	112659,52
Demre	19	285	13095,00	229293,45
Döşemealtı	0	0	0	0
Elmalı	0	0	0	0
Finike	1215	14715	10572,03	185116,25
Gazipaşa	2720	23420	7516,53	131614,44
Gündoğmuş	0	0	0	0
İbradı	0	0	0	0
Kaş	95	760	6984,00	122289,84

Kemer	3	27	7857,00	137576,07
Kepez	740	5920	6984,00	122289,84
Konyaaltı	1528	19084	10903,77	190925,01
Korkuteli	35	280	6984,00	122289,84
Kumluca	3720	45675	10720,44	187714,90
Manavgat	560	4238	6608,61	115716,76
Muratpaşa	600	6500	9454,59	165549,87
Serik	1250	17300	12082,32	211561,42
Toplam	15675	165962	127588,95	2234082,51

Çizelge 3 incelendiğinde patlıcandan elde edilebilecek toplam potansiyel atık miktarının yıllık 127588,95 kg ve elde edilebilecek toplam potansiyel biyogaz enerjisinin yıllık 2234082,51 MJ olduğu belirlenmiştir. Elde edilebilecek atık miktarının en yüksek oranda %10,26'nın Demre ilçesinde olduğu ve en düşük oranda %5,04'inin ise Alanya ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde elde edilebilecek biyogaz enerjisinin en yüksek %10,26'nın Demre ilçesinde olduğu ve en düşük %5,04'sinin ise Alanya ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir. Akseki, Döşemealtı, Elmalı, Gündoğmuş ve İbradı ilçesinde ise serada biber üretimi olmadığı için atık ve biyogaz enerjisi varlığı bulunmamaktadır. Araştırma alanındaki domates, biber ve patlıcan elde edilebilecek potansiyel atık miktarı ve biyogaz miktarları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Toplam Elde Edilebilecek Atık Miktarı ve Elde Edilebilir Potansiyel Biyogaz Enerji Miktarları

Yerleşim	Toplam Üretim Alanı (dekar)	Toplam Üretim Miktarı (ton)	Elde Edilebilir Atık Miktarı (kg)	Elde Edilebilir Biyogaz Enerji (MJ)
Akseki	6	54	9657,00	148331,52
Aksu	29885	408028	36858,42	613624,24
Alanya	8440	82413	21628,85	352237,38
Demre	15276	221644	43081,00	712823,21
Döşemealtı	103	653	9466,18	150388,52
Elmalı	11320	179560	19952,00	312448,32
Finike	8880	121005	32789,22	541495,9
Gazipaşa	12672	154280	28717,56	472046,69
Gündoğmuş	0	0	0	0
İbradı	7	42	6438,00	98887,68
Kaş	26305	408278	35021,78	572582,91
Kemer	106	993	23876,02	395599,42
Kepez	18345	196140	24141,56	397342,27
Konyaaltı	3033	39742	34644,91	574842,6
Korkuteli	7055	84520	30996,00	515056,56
Kumluca	46528	595176	36079,20	601387,32
Manavgat	4834	57931	30534,48	501554,01
Muratpaşa	4195	54093	29655,70	488288,97
Serik	35630	422625	35059,31	586135,91
Toplam	232620	3027177	488597,20	8035073,43

Çizelge 4 incelendiğinde toplam elde edilebilecek toplam potansiyel atık miktarının yıllık 488597,20 kg ve elde edilebilecek toplam potansiyel biyogaz enerjisinin yıllık 8035073,43 MJ olduğu belirlenmiştir. Elde edilebilecek atık miktarının en yüksek oranda %8,82'nin Demre ilçesinde olduğu ve en düşük oranda %1,32'nin ise İbradı ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde elde edilebilecek biyogaz enerjisinin en yüksek %8,87'nin Demre ilçesinde olduğu ve en düşük %1,23'sinin ise İbradı ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir. Gündoğmuş ilçesinde ise serada domates, biber ve patlıcan üretimi olmadığı için atık ve biyogaz enerjisi varlığı bulunmamaktadır. Antalya ilinin yıllık biyogaz enerjisi potansiyelinin günümüzde kullanılan enerji kaynaklarındaki eşdeğer karşılıkları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Üretilebilecek biyogazın diğer yakıtlardaki eş değer karşılıkları

Yerleşim	Elde Edilebilir Biyogaz Enerji (MJ)	Odun (kg)	Benzin (L)	Elektrik (kWh)	Doğal Gaz (m ³)
Akseki	148331,52	514710,37	118665,22	697158,14	91965,54
Aksu	613624,24	2129276,11	490899,39	2884033,93	380447,03
Alanya	352237,38	1222263,71	281789,90	1655515,69	218387,18
Demre	712823,21	2473496,54	570258,57	3350269,09	441950,39
Döşemealtı	150388,52	521848,16	120310,82	706826,04	93240,88
Elmalı	312448,32	1084195,67	249958,66	1468507,10	193717,96
Finike	541495,9	1878990,77	433196,72	2545030,73	335727,46
Gazipaşa	472046,69	1638002,01	377637,35	2218619,44	292668,95
Gündoğmuş	0	0	0	0	0
İbradı	98887,68	343140,25	79110,14	464772,10	61310,36
Kaş	572582,91	1986862,70	458066,33	2691139,68	355001,40
Kemer	395599,42	1372729,99	316479,54	1859317,27	245271,64
Kepez	397342,27	1378777,68	317873,82	1867508,67	246352,21
Konyaaltı	574842,6	1994703,82	459874,08	2701760,22	356402,41
Korkuteli	515056,56	1787246,26	412045,25	2420765,83	319335,07
Kumluca	601387,32	2086814,00	481109,86	2826520,40	372860,14
Manavgat	501554,01	1740392,41	401243,21	2357303,85	310963,49
Muratpaşa	488288,97	1694362,73	390631,18	2294958,16	302739,16
Serik	586135,91	20338141,61	4688908,73	27547338,77	3633904,26
Toplam	8035073,43	46185954,79	10648058,77	62557345,11	8252245,53

Çizelge 4 incelendiğinde sera atıklarından elde edilebilecek biyogaz enerjisinin günümüzde kullanılan enerji kaynaklarındaki eş değer karşılıklarında Demre ilçesinin diğer ilçelere göre daha yüksek bir enerji potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Gündoğmuş ilçesinde ise sera atıklarından elde edilebilecek biyogaz enerjisi üretimi söz konusu olmadığı için eş değer enerji kaynakları ile bir kıyaslanmanın yapılamayacağı düşünülebilir.

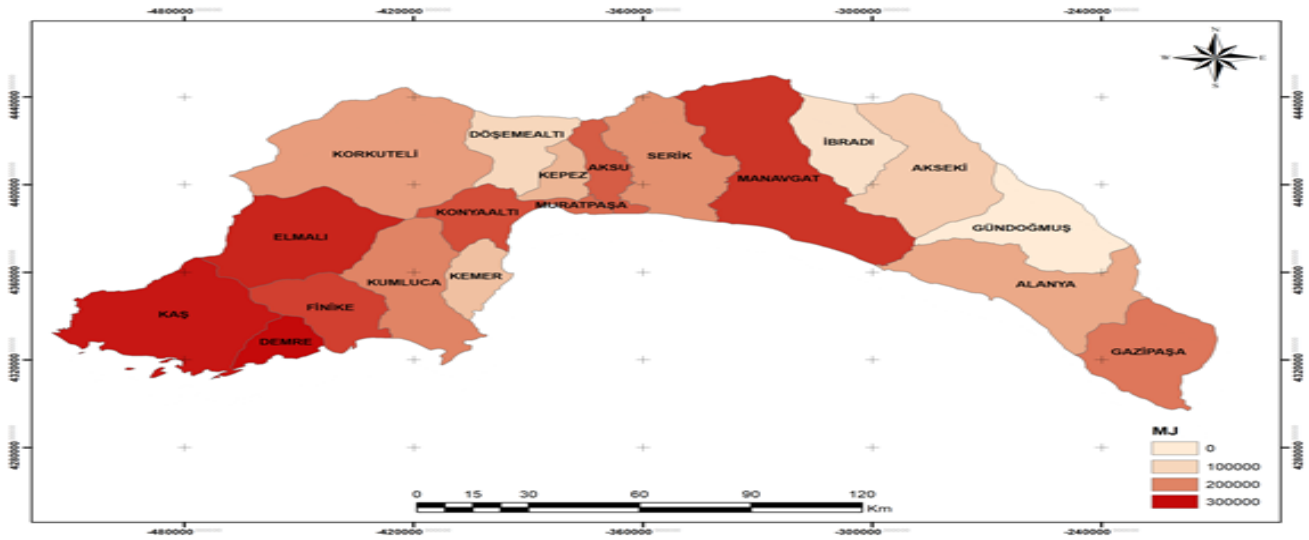
İl genelinde yılda elde edilebilecek biyogaz miktarının yaklaşık 62557345,11 kWh elektrik enerjisine elde edilen enerjiye eşdeğer olduğu görülmektedir. TEDAŞ 2019 Ekim ayı Elektrik tarifesine göre elektriğin kWh'lık mesken tüketim fiyatı 0,366 TL'dir (Anonim, 2020a) Buradan yola çıkılarak biyogazdan elektrik enerjisi üretiminin yıllık olarak Antalya iline sağlayacağı ekonomik kazancın 22895988,31 TL olduğu hesaplanmıştır. TEDAŞ 2019 Ekim ayı elektrik tarifesine göre elektriğin kWh'lık tarımsal sulama tüketim fiyatı 0,486 TL'dir (Anonim, 2020a). Elde edilebilecek eş değer elektrik enerjisi tarımsal sulama için kullanılacak olursa ekonomik kazancın 30402869,72 TL olduğu hesaplanmıştır. 2019 yılı verilerine göre Antalya ilinde toplam 8574815390 kWh'lık bir enerji tüketimi gerçekleşmiştir ve bu elektrik tüketiminin %2,10'unu oluşturan 180281320 kWh'lık tüketim ise tarımsal sulama için kullanılmıştır. (Anonim, 2020b). Elektrik üretim potansiyeli dikkate alındığında Antalya ilinin tükettiği toplam elektriğin %0,73'ini ve tarımsal sulama için kullanılan elektriğin ise %34,70'ini sera atıklarından elde edilebilecek eş değer elektrik enerjisi ile karşılayabileceği hesaplanmıştır. Bununla birlikte toplam elektrik tüketimde 167140,71 TL ve tarımsal sulamada ise 10549795,79 TL'lik bir ekonomik kazancın sağlanabileceği düşünülebilir.

2019 yılı sonu ile ortalama kurşunsuz benzin fiyatı Antalya ilinde 7,19 (TL/L)'dir (Anonim, 2020c). Bu değer dikkate alındığında ve seraların benzin kullanılarak ısıtıldığı düşünüldüğünde de Antalya ilinde elde edilebilecek enerjinin benzin enerjisi ile olan eş değeri düşünüldüğünde 76559542,56 TL değerinde bir ekonomik kazanım elde edilebilir.

Seraların ısıtılmasında biyogazdan elde edilecek enerjinin doğalgaz ile entegre edilerek kullanılması tercih edilirse ortalama yıllık Antalya ilinde 8252245,53 m³'lük bir doğalgaz enerjisi eşdeğerinde ısıtılabilir.

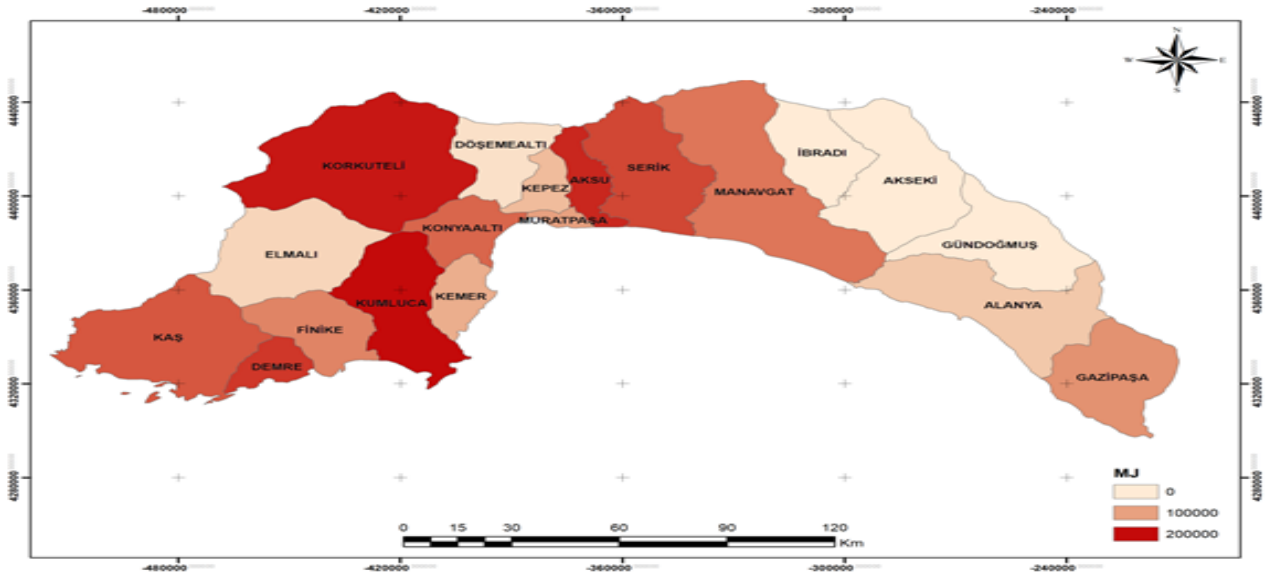
Ülkemizde yakacak odun türü olarak en çok tercih edilen ağaç türü meşe ağacıdır. Meşe ağacının (gövde-odun) yakacak olarak kullanılması durumunda 4620 kcal kg-1'lik bir enerji açığa çıkmaktadır (Anonim, 2009). Antalya ilinde elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin yıllık 21337911129,80 kcal'lik bir eşdeğer enerji sağlanabilecektir. Bununla birlikte Türkiye'de kırsal yerleşimlerde, odunun yakacak olarak kullanılması eğiliminin yüksek olmasından dolayı odun temini için ormanlar tahrip edilmektedir. Odun enerjisinden elde edilebilecek ısı enerjisinin biyogazdan da elde edilebileceği ön görüldüğünde ormanların yakacak ihtiyacı için tahribatının da mümkün olan en düşük düzeye ineceği söylenebilir.

Ertop (2017), Antalya ilinde yapmış olduğu çalışmada üreticilerin %34,15'inin sera ısıtmasında yakıt olarak odun kullandığını ve üreticilerin %40,65'inin ısıtma maliyetinin yıllık kazancının %5 ile 10 arasında ve üreticilerin %32,11'inin ise ısıtma maliyetinin yıllık kazancının %10'undan fazla olduğunu belirlemiştir. Buradan benzer şekilde seralarda ısıtmanın üretim maliyetini ciddi anlamda etkilemekte olduğu ancak sera atıklarından elde edilebilecek enerjinin sera ısıtmasında değerlendirilmesi durumundan ise üreticiler için mali bir yük oluşturan sera ısıtma giderlerinin önemli bir oranda düşebileceği varsayılabilir. Antalya ilindeki domates atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerji seviyesi haritası Şekil 1'de verilmiştir.



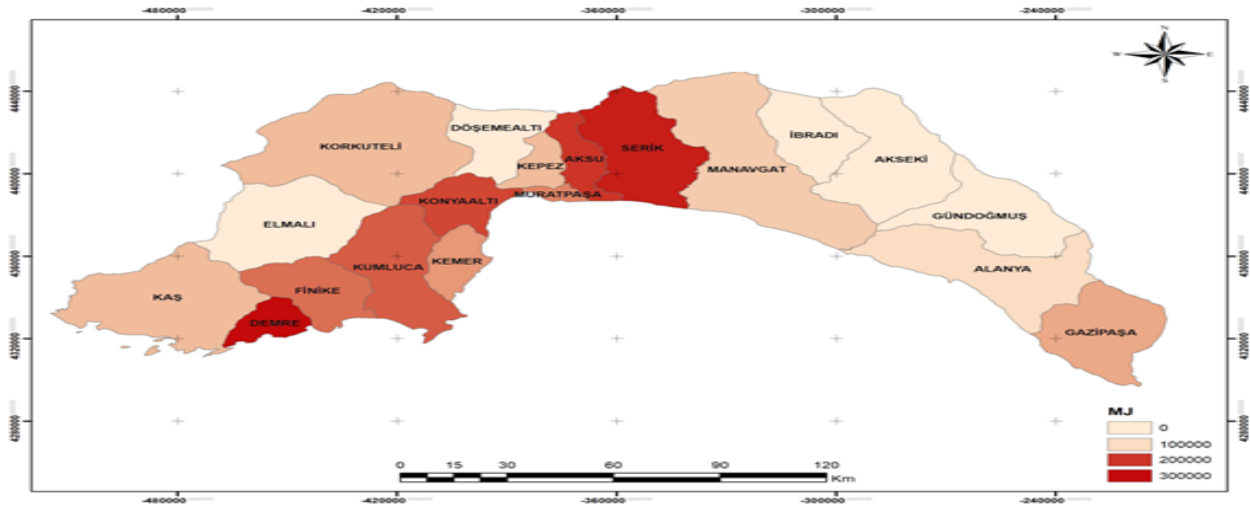
Şekil 1. Antalya ilindeki domates atıklardan elde edilebilecek enerji değeri (MJ/yıl)

Şekil 1 incelendiğinde; Demre ilçesinin enerji seviyesi olarak en yüksek potansiyele sahip olduğu ve enerji seviyesinin en düşük olduğu ilçenin ise Ibradı olduğu görülmektedir. Gündoğmuş ilçesinde ise örtü altında domates üretimi olmadığı için enerji seviyesi değerinin bulunmadığı görülmektedir. Demre ilçesinde enerji seviyesinin yüksek olmasında ki nedenin domates üretimi için uygun iklime sahip olması ve coğrafi konumu ile turizm bölgelerine yakın olmasından dolayı pazar sorunu bulunmaması söylenebilir. Antalya ilindeki biber atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerji seviyesi haritası Şekil 2'de verilmiştir.



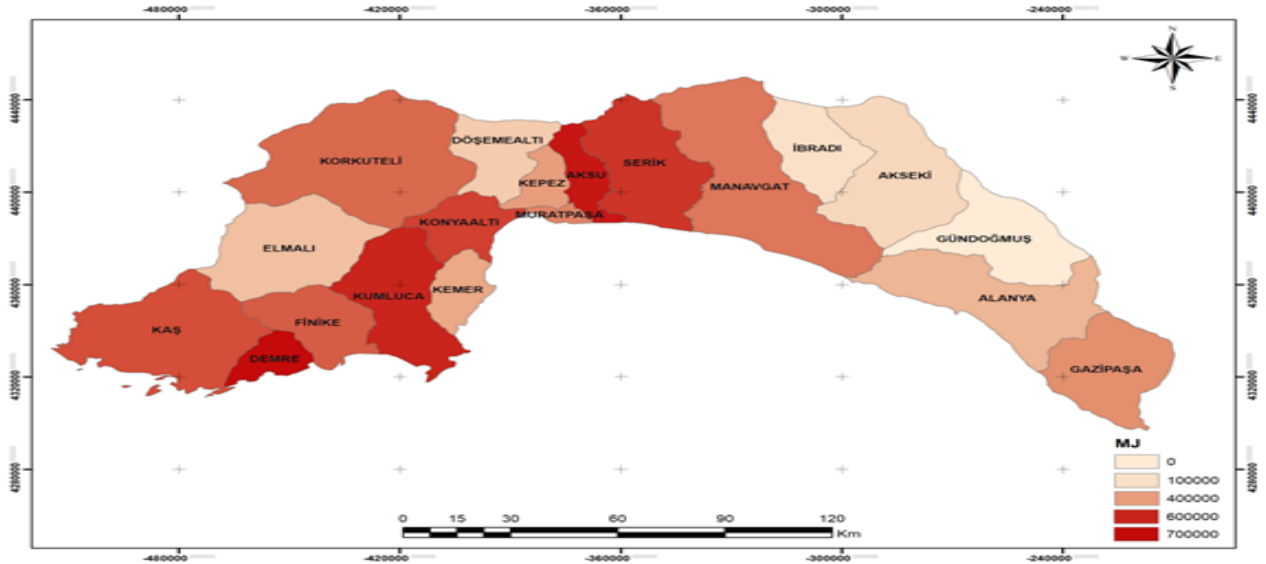
Şekil 2. Antalya ilindeki biber atıklardan elde edilebilecek enerji değeri (MJ/yıl)

Şekil 2 incelendiğinde; Kumluca ilçesinin enerji seviyesi olarak en yüksek potansiyele sahip olduğu ve enerji seviyesinin en düşük olduğu ilçenin ise Döşemealtı olduğu görülmektedir. Akseki, Gündoğmuş ve İbradı ilçesinde ise örtü altında biber üretimi olmadığı için enerji seviyesi değerinin bulunmadığı görülmektedir. Kumluca ilçesinde enerji seviyesinin yüksek olmasında ki nedenin domates yetiştiriciliğinde olduğu gibi biber yetiştiriciliğinin de ilçenin uygun iklime sahip olması ve coğrafi konumu ile turizm bölgelerine yakın olmasından dolayı pazar sorunu bulunmaması söylenebilir. Antalya ilindeki patlıcan atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerji seviyesi haritası Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Antalya ilindeki patlıcan atıklardan elde edilebilecek enerji değeri (MJ/yıl)

Şekil 3 incelendiğinde; Demre ilçesinin enerji seviyesi olarak en yüksek potansiyele sahip olduğu ve enerji seviyesinin en düşük olduğu ilçenin ise Alanya olduğu görülmektedir. Akseki, Döşemealtı, Elmalı, Gündoğmuş ve İbradı ilçesinde ise örtü altında patlıcan üretimi olmadığı için enerji seviyesi değerinin bulunmadığı görülmektedir. Demre ilçesinde enerji seviyesinin yüksek olmasında ki nedenin patlıcan üretimi için uygun iklime sahip olması ve coğrafi konumu ile turizm bölgelerine yakın olmasından dolayı pazar sorunu bulunmaması söylenebilir. Alanya ilçesinin ise patlıcan üretimi için uygun iklime sahip olması ve coğrafi konumu ile turizm bölgelerine yakın olmasından dolayı pazar sorunu bulunmaması rağmen enerji seviyesinin düşük olmasının nedeni olarak ise ilçede farklı ürünlere yönelim olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Antalya ilindeki toplam sera atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerji seviyesi haritası Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Antalya ilindeki sera atıklardan elde edilebilecek enerji değeri (MJ/yıl)

Şekil 4 incelendiğinde; Demre ilçesinin enerji seviyesi olarak en yüksek potansiyele sahip olduğu ve enerji seviyesinin en düşük olduğu ilçenin ise İbradı olduğu görülmektedir. Gündoğmuş ilçesinde ise örtü altında üretimi olmadığı için enerji seviyesi değerinin bulunmadığı görülmektedir. En yüksek enerji seviyesinin Demre ilçesinde bulunmasında ki ana sebebin sera atıklarından elde edilebilecek enerjinin en fazla domatesten sağlanması ve domatesten bu ilçede yüksek bir enerji seviyesine sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Antalya ilinin sera yetiştiriciliğinde ön planda olduğu düşünülünce serada ki atıkların biyogaz enerjisi için değerlendirilmesi düşüncesi ön plana çıkmaktadır ve hazırlanan enerji haritalarının ilde ki enerji planlamasında kolaylık sağlayabileceği düşünülmüştür. Araştırmaya konu olan domates, biber ve patlıcan atıklarından elde edilebilecek biyogaz enerjisinde domatesin ön plana çıktığı görülmektedir. İl genelinde toplam atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisi miktarı yıllık 8035073,43 MJ olarak belirlemiştir. İl geneli incelendiğinde ise biyogaz enerjisinin en fazla üretim miktarının 712823,21 MJ yıllık potansiyelle Demre ilçesinde olduğu ve en az biyogaz enerjisi üretim potansiyelinin 148331,52 MJ ile Akseki ilçesinde olduğu sonucuna varılmıştır. Gündoğmuş ilçesinde ise serada domates, biber ve patlıcan üretimi olmadığı için atık ve biyogaz enerjisi varlığı bulunmamaktadır. Bunun yanında il genelinde elde edilebilecek biyogaz enerjisinin günümüzde enerji kaynağı olarak kullanılan diğer enerji kaynakları ile olan kıyaslanması yapılarak enerji eş değerleri ortaya çıkarılmıştır. İl genelinde toplam atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisinden Demre ilçesinde 3350269,09 kWh ve Aksu ilçesinde 2884033,93 kWh elektrik ile benzer şekilde Demre ilçesinde 570258,57 L ve Aksu ilçesinde 490899,39 L benzine eşdeğer enerjinin elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Antalya ilinde sera atıklarından elde edilebilecek biyogaz enerjisinin bu iki ilçede en yüksek olduğu ve yapılabilir bir biyogaz tesisi projesinde bu ilçelere öncelik verilmesi gerektiği varsayılabilir.

KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M., 2007. Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Yayın No: 1253, 609s, Ankara.
Akova, İ., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Nobel Yayın No: 1294, 224s, Ankara.

- Altıkata, S. ve Çelik, A. (2012). Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli Biogas Potential from Animal Waste of Iğdır Province. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 2(1), 61–66.
- Anonim, 2009. Orman Genel Müdürlüğü Biyoenerji Komisyonu Mayıs, Ankara
- Anonim, 2011. Türkiye'de Biyogaz Yatırımları İçin Geçerli Koşulların ve Potansiyelin Değerlendirilmesi. Türk-Alman Biyogaz Projesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2014. Biyokütlenin Altın Çağı. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/energyresources/Biyok%C3%BCtlenin%20alt%C4%B1n%20%C3%A7a%C4%9F%C4%B1sonnn.pdf>. (Erişim:16.09.2020).
- Anonim, 2015. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA). <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf> (Erişim:08.01.2015).
- Anonim, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu örtüaltı üretim potansiyeli ve yetiştiricilik bülteni. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim: 29.09.2019).
- Anonim, 2020a. Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ). Bilgi Merkezi, Elektrik Tarifeleri https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/elektriktarifeleri//2019Ekim_Elektriktarifeleri.pdf . (Erişim:16.09.2020).
- Anonim 2020b. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK). Elektrik Aylık Sektör Raporu. 2019 Elektrik Piyasası Sektör Raporu.
- Anonim, 2020c. Türkiye Petrolleri. Akaryakıt Fiyatları, Geçmiş Dönem Akaryakıt Fiyatları. <http://www.tppd.com.tr/tr/gecmisakaryakit fiyatları?id=7&county=72&StartDate=24.12.2019&EndDate=31.12.2019> . (Erişim:16.09.2020).
- Baran, M.F., Lüle, F., Gökdoğan O. 2017. Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 4(3): 245–249.
- Bilgin, S., Ertekin, C., Kürklü, A., 2012. Türkiye'deki Sera Bitkisel Biyokütle Atık Miktarının Belirlenmesi. 27. *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*, 5-7 Eylül, Samsun
- Ergür, H. S. ve Okumuş, F. (2010). Cost and Potential Analysis of Biogas in Eskisehir. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2(15), 155–160.
- Ertop H., Atılğan A., Öz H., Aksoy E. 2018. Hayvansal Atıklardan Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması: Ardahan İli Örneği, 14. *Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi*, 26-28 Eylül 2018. Antalya.
- Ertop. H., 2017. Seralarda Isıtma ve Serinletme Özelliklerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 101s, Isparta.
- Koç, E., Şenel, M.C. 2013. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 54(639):32-44.
- Karaca, C., Öztürk, H.H., Ekinçi, K., 2016. Aydın İlinde Bitkisel Kökenli Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi Amacıyla Değerlendirilmesi. 2. *Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu*, 27-30 Eylül, Samsun
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R., 2011. Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19): 63-75.
- Kaya, D., Çankakılıç, F., Dikeç, S., Baban, A., Güneş, K., (2005). Türkiye'de Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi Rehberi, LIFE 03 TCY/TR/000061 Proje Raporu, Tubitak.
- Kendirli B., Çakmak B., 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(1), 95 – 103.
- Koçer, N. N., Öner, C. ve Sugözü, İ., 2006. Türkiye'de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz Üretimi, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*: 17-20.

- Tınmaz Köse, E. 2017. Trakya Bölgesinde Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi ve Sayısal Haritaların Oluşturulması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 23(6), 762-772.
- Toklu, E., Güney, M.S., Isik, M., Comakli, O., Kaygusuz, K. 2010: Energy Production, Consumption, Policies and Recent Developments in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 1172-1186.
- Tunc, M., Camdali, U., Parmaksizoglu, C., 2006. Comparison of Turkey's Electrical Energy Consumption and Production with some European Countries and Optimization of Future Electrical Power Supply Investments in Turkey. *Energy Policy* 34, 50–59.
- Türe S., Özdoğan S., Saygın Ö. 1994. Sixth Energy Congress Of Turkey. World Energy Council-Turkish National Committee, *Proceedings of Technical Session 1, İzmir*.
- Yağlı H., Koç Y., 2019. Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Adana İli Örnek Hesaplama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3), ss. 35-48, Eylül 2019
- Yüksel, I. 2010. Energy Production and Sustainable Energy Policies in Turkey. *Renewable Energy* 35, 1469 - 1476.
- Yılmaz, M., 2012. Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2): 33-54.
- Zan Sancak, A., Sancak, K., Demirtaş, M., Dönmez, D., Kalanlar, Ş., Arslan, S., 2014. Türkiye'de Büyükbaş Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretim Potansiyeli. 11. *Tarım Ekonomisi Kongresi*, 3-5 Eylül, Samsun.