

# Antalya’da seracılık biyokütle artıklarının potansiyelinin haritalanması ve enerji üretim amacıyla değerlendirilmesi

## The mapping of greenhouse biomass residues potential and their usage for energy production potential in Antalya

Cengiz KARACA

Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Hatay

Sorumlu yazar (Corresponding author): C. Karaca, e-posta (e-mail): ckaraca@mku.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 08 Nisan 2016  
Düzeltilme tarihi 29 Haziran 2016  
Kabul tarihi 11 Ekim 2016

### Anahtar Kelimeler:

Antalya  
Biyokütle enerjisi  
Sera artıkları  
Birleşik ısı ve güç santrali

### ÖZ

Bu çalışmada Antalya’da örtü altında domates, biber ve patlıcan yetiştiriciliği sonucunda oluşan bitkisel biyokütle artık miktarlarını ve enerji potansiyelinin ilçelere göre haritalanması ve bu potansiyelin enerji üretim amacıyla kullanılabilirliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Antalya’da örtü altında yetiştirilen domates biber ve patlıcan bitkilerinden yıllık kuru bazda 202.53 bin ton biyokütle artığı elde edilmektedir. Bu artıkların toplam ısı değeri ise 3.19 PJ’dir. Bu artıklardan elektrik enerjisi elde etmek için 23 MW kurulu güce sahip 13 adet birleşik ısı ve güç (CHP) santrali kurulabileceği hesaplanmıştır. Ayrıca bu artıkların tamamının kullanılmasıyla da CO<sub>2</sub> emisyonunda % 92’lik bir azalma sağlanabilir.

### ARTICLE INFO

Received 08 April 2016  
Received in revised form 29 June 2016  
Accepted 11 October 2016

### Keywords:

Antalya  
Biomass energy  
Greenhouse residues  
Combined heat and power plant (CHP)

### ABSTRACT

The objective of this study was determine to the amount of plant biomass residue and mapping to their energy potential which occur during the harvesting of tomato, pepper and eggplant in greenhouses in Antalya. Besides it was aimed to examining the usability of these residues for the purpose of energy production. In Antalya, tomato, pepper and eggplant grown in greenhouses provides 202.53 thousand tons of annual biomass residues. The total calorific value of these residues is 3.19 PJ. It was calculated that 13 combine heat and power (CHP) plant with 23 MW installed capacity can be established to obtain electrical energy from these residues. In addition, the CO<sub>2</sub> emissions reduction of 92% could be achieved by using all of these residues.

## 1. Giriş

Enerji tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin bir göstergesi, bireylerin rahat yaşam sürmeleri için vazgeçilmezdir. Gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte enerji tüketimindeki artış enerjisi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir problem olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yönündeki çalışmalar son yıllarda daha da büyük önem kazanmıştır. Biyolojik kökenli kaynaklar, insanlığın ilk dönemlerinden bugüne kadar enerji üretimi amacıyla kullanılan yenilenebilir kaynakların başında gelmektedir (Karaca ve Başçeşnelik 2014).

Dünyanın birincil enerji ve ham madde rezervlerinin sınırlı olduğu açıkça görülmektedir. Bu rezervlerin tükenme süreleri, kömür için 218 yıl, petrol için 41 yıl ve doğal gaz için ise 63 olarak tahmin edilmektedir (Acaroğlu ve Aydoğan 2012).

Türkiye’nin enerji tüketimi enerji üretiminden daha hızlı büyümekte, bu da Türkiye’yi enerji ithal eden ülke yapmaktadır. Toplam enerji tüketiminin ancak dörtte birini üretebilmektedir. Türkiye’nin temel yerli enerji kaynakları linyit, hidroelektrik ve biyokütledir. Türkiye’nin yıllık biyokütle enerji potansiyeli yaklaşık 32 MTEP ve biyokütle miktarı 117 Mt yıl<sup>-1</sup>’dir (Karaca 2015). Dünyanın biyokütle enerjisi üretimi yaklaşık 985 Mt yıl<sup>-1</sup>’dir. Dünya enerji tüketimi içinde biyokütle enerjisinin payı % 12.2’dir. Biyokütle enerjisi, OECD ülkelerinde birincil enerji tüketiminin sadece % 5.4’ünü, OECD üyesi olmayan ülkelerde ise birincil enerji tüketiminin % 26 karşılamaktadır (IEA 2015; Karaca 2015). Böylece Dünya CO<sub>2</sub> salınımlarında da en büyük paya OECD ülkeleri (% 37.4) sahiptir. Bunu % 28 oranıyla Çin izlemektedir. Türkiye’nin ise dünya CO<sub>2</sub> salınımlarındaki payı % 0.9 civarındadır (IEA 2015).

Biyokütle güneş enerjisinin bitkilerde kimyasal yapıda depolanmasıdır. Biyokütlenin içeriğinde selüloz hemi-selülozlar, lignin, yağlar, proteinler, nişasta, basit şekerler, HC, su, kül ve diğer bileşikler bulunur. Selüloz ve hemi-selülozlar önemli bir değere sahip iki karbonhidrattır. Bitki ve hayvanlarda veya onların artıklarında biyokütle enerjisi olarak depolanan güneş enerjisinin geri kazanılması biyokütlenin yakıt olarak yakılması sonucunda gerçekleştirilebilir (Demirbaş 2005). Ayrıca biyokütlenin enerji üretim tesislerinde kömür için bir tamamlayıcı olarak kullanılmasıyla CO, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaldığı görülmüştür (Callejón-Ferre ve López-Martínez 2009).

Domates, biber ve patlıcan bitkilerinin artıklarından elde edilen briketlerin kovalı bir sobada yakılarak yanma verimi ve baca gazı emisyon (CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S) değerlerinin ölçüldüğü bir çalışmada, yanma veriminin % 70'in altına düşmediği ve baca gazı emisyon değerlerinin, yanma işlemi kararlı durumdayken oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca briketlerin ısı değerlerinin, ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği kontrolü yönetmeliğince biyokütle briketlerin için belirlenen sınır değerinin (15.49 MJ kg<sup>-1</sup>) üstünde oldukları belirlenmiştir (Bilgin ve ark. 2013).

Biber bitkisi artıklarından herhangi bir yapıstırıcı madde kullanmadan 1 075 kg m<sup>-3</sup> yoğunluğa sahip, mekanik dayanımı yüksek, depolama ortamı neminden etkilenmeden kalabilen, konut ve sera ısıtma sistemlerinde kolayca yakılabilen briketler elde edilmiştir (Bilgin ve ark. 2015).

Biyokütle; her yerde yetiştirebilmesi, çevre korunmasına katkısı, elektrik üretimi, kimyasal madde ve özellikle taşıtlar için yakıt olabilmesi nedeni ile stratejik bir enerji kaynağı olarak sayılmaktadır. Biyokütle kaynakları arasında yer alan odun, hayvan ve bitki artıkları ülkemizde uzun yıllardan beri (özellikle kırsal kesimdeki konutlarda) alan ısıtma ve yemek pişirme amaçlı olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de bitki artıkları, fındıkkağıdı, prına, ayçiçeği kabuğu, pamuk çırçır artığı ve mısır artıkları gibi artıklar enerji amacıyla değerlendirilmektedir. Kuru biyokütlenin ısı değeri 15.91-18.00 MJ kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Biyokütle çoğu kömürden daha az miktarda kül ve kükürt içermektedir (Karaca 2009).

Tarla ve bahçe ürünlerinin artıklarının yanı sıra seralarda yetiştiriciliği yapılan bitkilerinde büyük miktarlarda artıkları ortaya çıkmaktadır. Yetiştiricilik yapılan sera alanlarından her yıl çok miktarda bitkisel biyokütle artığı çıkmaktadır. Açığa çıkan bitkisel artıklar sera yakınlarına, deniz kenarlarına, dere yataklarına, çöp alanlarına atılmakta ve kuruduktan sonra yakılarak imha edilmekte veya sera içerisinde bir parçalayıcı ile parçalanıp sera toprağına karıştırılmaktadır. Artıkların bu şekilde değerlendirilmesi hava, çevre ve görüntü kirliliğine yol açmaktadır. Bu nedenle seralardan her yıl elde edilen büyük miktarlardaki bitkisel biyokütle artıklarının değerlendirilip ülke ekonomisine kazandırılması gerekmektedir (Bilgin ve ark. 2012).

Sera bitki artıkları içinde domates, biber ve patlıcan dikkat çekici bir seviyededir. Özellikle seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya ilinde yetiştiricilik yapılan 17 252 ha cam ve plastik sera alanından her yıl yaz bazda yaklaşık olarak 1 182 bin ton, kuru bazda ise 176 bin ton bitkisel biyokütle artığı çıkmakta ve bu değerler Türkiye sera alanlarından çıkan artıkların yaklaşık olarak % 70'ini oluşturmaktadır (Bilgin ve ark. 2013). Türkiye'de üretim yapılan cam ve plastik seralardan her yıl kuru bazda yaklaşık 204 bin ton domates, 35 bin ton

biber ve 14 bin ton patlıcan bitkisi artıkları olmak üzere yaklaşık toplamda 252.8 bin ton bitkisel biyokütle artığı çıkmaktadır. Bu artıkların toplam enerji değeri ise 3.99 PJ olarak hesaplanmıştır (Bilgin ve ark. 2012).

Güney İspanya Endülüsl bölgesi Almeria ilinde yaklaşık 30 bin ha alanda seracılık yapılmaktadır. Bu alanlarda ağırlıklı olarak fasulye (% 57) ve domates (% 18) yetiştirilmektedir. İlde seracılık yapılan alanların tamamından elde edilecek toplam 1.5 milyon ton bitkisel artıkların kurulacak olan gazlaştırma tesisleriyle verimli bir şekilde enerjiye dönüştürülebileceği belirlenmiştir (Manzano Agugliaro 2007).

İspanya'nın seracılık yapılan en büyük ili olan Almeria'da yetiştirilen domates, biber, patlıcan, kabak, fasulye, kavun ve karpuz bitkilerinin yıllık toplam artık miktarı 250 bin ton ve 3.6 PJ enerji değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Callejón-Ferre ve ark. 2011).

Sera bitki artıklarının bir diğer değerlendirme yöntemi ise kompost yapımıdır. Sera artıklarından elde edilen kompostlarda yapılan testlerde yüksek besin değeri içeriğine ve iyi fiziksel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen kompostlar üreticiler tarafından kendi seralarında yüksek kaliteli bir yetiştirme ortamı oluşturmak amacıyla kullanılabilir. Bu konuda yapılan bir araştırma sonucunda geleneksel yetiştirme ortamı olan talaş yerine sera artıklarından elde edilen kompost kullanıldığında % 10 verim artışının sağlandığı belirtilmektedir. Aynı çalışmada 4 ha domates veya biber serasında bu kompostların kullanımıyla yıllık 8 000 \$ tasarruf sağlanabileceği belirtilmiştir (Cheuk ve ark. 2003).

Bu çalışmada Türkiye'nin örtü altı üretiminin % 70'e yakınına gerçekleştiren Antalya ilinin ilçelere göre bitkisel biyokütle artık miktarlarını ve enerji potansiyelinin haritalanması ve bu potansiyelin enerji üretim amacıyla kullanımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Antalya ilinde seracılık faaliyeti sonucunda ortaya çıkan ve biyokütle enerjisi olarak kullanılacak durumda olan artıkların ilçelere göre dağılımının haritalanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla biyokütle enerjisi olarak değerlendirilebilecek lifli bir yapıya ve büyük üretim alanlarına sahip olan domates, biber ve patlıcan bitkisi yetiştiriciliği seçilmiştir.

Bu bitkilerin yetiştirildiği dönem içerisinde filiz alma ve dal kırma işlemleri ile üretim dönemi sonunda bitkinin tamamen sökülmesiyle oluşan artıklar olmak üzere iki dönemde artık oluşumu gerçekleşmektedir (Bilgin ve ark. 2012). Artık miktarının belirlenmesi amacıyla birim alan başına düşen bitki sayısından yola çıkılmış ve her bitki için üretim dönemi ve dönem sonu birim alan başına belirlenen artıklar miktarları kullanılmıştır (Bilgin 2008). Birim alan başına belirlenen artık miktarları her bir bitki için yetiştiricilik yapılan alan ile çarpılarak toplam artık miktarları belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen artık miktarları ile her bitki için belirlenmiş olan ısı değerleri kullanılarak da toplam enerji değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu iki değer, ArcGIS programının ArcMap uygulaması join ve relate komutları kullanılarak Antalya ilinin ilçelerine göre dağılımları haritalanmıştır.

Domates, biber ve patlıcan bitkileri için birim alan başına oluşan kuru bitkisel biyokütle artık miktarlarının hesaplanmasında Bilgin ve ark. (2012) tarafından belirlenen değerler kullanılmıştır. Bu değerler cam serada üretilen

domates, biber ve patlıcan için sırasıyla 1073 kg da<sup>-1</sup>, 928 kg da<sup>-1</sup> ve 873 kg da<sup>-1</sup> şeklindedir. Plastik serada üretilen domates, biber ve patlıcan için sırasıyla 1025 kg da<sup>-1</sup>, 936 kg da<sup>-1</sup> ve 873 kg da<sup>-1</sup> olarak alınmıştır. Bu artıkların kuru bazda ısı değerleri ise domates, biber ve patlıcan için sırasıyla 15.36 MJ kg<sup>-1</sup>, 17.51 MJ kg<sup>-1</sup> ve 17.38 MJ kg<sup>-1</sup> olarak kullanılmıştır. Bilgin ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada belirtildiği gibi hem cam hem de plastik seralardan bitki başına ve birim alandan çıkan kuru madde olarak artık miktarları birbirlerine oldukça yakın değerler olduğundan, bu çalışmada cam ve plastik sera ayrımı yapılmamıştır.

Antalya ili ilçelerinde örtü altı yetiştiriciliğinde domates, biber ve patlıcan üretimi yapılan alanlara ait veriler Türkiye İstatistik Kurumuna ait 2015 yılı bitkisel üretim istatistiklerinden elde edilmiştir.

Ayrıca, hesaplanan artık verileri kullanarak ilçelerde kurulabilecek enerji üretim santrallerinin kapasiteleri belirlenerek ArcMap programı yardımı ile kabaca kurulum alanları harita üzerinde gösterilmiştir. Bu amaçla yapılan hesaplamada; elektrik üretim verimi % 22, kapasite faktörü % 85 ve genel verimi % 68 olan stokerli Birleşik Isı ve Güç Santrali (CHP) kullanılmıştır (Oberberger and Thek 2004; Jenkins 2008; Karaca 2009; IRENA 2012). Bu değerler kullanılarak ilçelerde kurulabilecek elektrik üretim santralleri belirlenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Antalya ilinin sera bitki artıklarının ilçelere göre dağılımının haritalanması için öncelikle değerlendirmeye alınacak olan domates, biber ve patlıcan bitkilerine ait üretim verileri Çizelge 1' de verilmiştir (TÜİK 2015).

Domates üretiminin en fazla olduğu Merkez olarak tanımlanmış büyükşehir sınırları içinde yer alan Aksu, Döşemealtı, Kepez, Konyaaltı ve Muratpaşa ilçelerini kapsayan bölgede yapıldığı, bunu Serik ve Kaş ilçelerinin takip ettiği görülmektedir. Ayrıca biber üretiminin Kumluca ve Kale ilçelerinde en yoğun olduğu, patlıcan üretiminin de Kumluca ve Merkez' de yoğun olduğu görülmektedir.

Üretim verileri kullanılarak hesaplanan bu üç bitkinin Antalya'nın ilçelerinde oluşturdukları bitkisel biyokütle miktarı ve enerji değerleri Çizelge 2' de verilmiştir. Bu veriler kullanılarak ArcMap programında çizilen artık miktarları ve bunların bitkilere göre dağılımını ilçeler bazında gösteren harita da Şekil 1' de verilmiştir.

Antalya' da toplamda en fazla artığın 165.3 bin ton ile domates bitkisi üretiminden kaynaklandığı görülmektedir. Bunu 27.35 bin ton artık miktarı ile biber ve yaklaşık 10 bin ton artık miktarı ile patlıcan takip etmektedir. Bu üç bitkinin örtü altı üretiminde oluşturdukları bitkisel artık miktarı kuru bazda toplam 202.53 bin tonu bulmaktadır. Bu artıkların toplam ısı değeri ise 3.19 PJ (76.18 bin TEP) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Antalya ili örtü altı (cam ve plastik sera) domates, biber ve patlıcan üretim miktarının ve alanının ilçelere göre dağılımı.

Table 1. The production amount and area of tomato, pepper and eggplant crops in (glass and plastic) greenhouse by districts of Antalya province.

İlçe Adı	Domates		Biber		Patlıcan	
	Üretim (ton)	Alan(da)	Üretim (ton)	Alan(da)	Üretim (ton)	Alan(da)
Akseki	18	2	3	1	-	-
Alanya	81438	6430	1925	700	16125	1650
Elmalı	102972	6880	360	120	-	-
Finike	103806	7032	2960	400	11910	960
Gazipaşa	80337	7100	1473	215	9690	1055
Gündoğmuş	-	-	-	-	-	-
İbradı	-	-	-	-	-	-
Kale	151150	9830	78468	7114	675	45
Kaş	308801	16158	25444	2892	280	35
Kemer	799	82	60	10	27	3
Korkuteli	27374	2300	4200	350	272	34
Kumluca	243698	22750	126600	10550	42000	3500
Manavgat	34454	2280	6768	749	258	30
Merkez	607320	47426	22638	2545	33580	3375
Serik	367771	30900	28460	3660	4980	640
<b>TOPLAM</b>	<b>2109938</b>	<b>159170</b>	<b>299359</b>	<b>29306</b>	<b>119797</b>	<b>11327</b>

Çizelge 2. Antalya örtü altı domates, biber ve patlıcan bitkisi artık miktarının ve enerji değerlerinin ilçelere göre dağılımı.

Table 2. The residues amount and energy values of tomato, pepper and eggplant crops in greenhouse by districts of Antalya province.

İlçe Adı	Domates		Biber		Patlıcan		TOPLAM	
	Artık Miktarı (ton)	Enerji Değeri (GJ)	Artık Miktarı (ton)	Enerji Değeri (GJ)	Artık Miktarı (ton)	Enerji Değeri (GJ)	Artık Miktarı (ton)	Enerji Değeri (GJ)
Akseki	2	31	1	16	-	-	3	48
Alanya	6670	102450	655	11473	1440	25035	8766	138958
Elmalı	7052	108319	112	1967	-	-	7164	110285
Finike	7261	111523	374	6542	838	14566	8472	132630
Gazipaşa	7518	115469	200	3508	921	16007	8639	134984
Gündoğmuş	-	-	-	-	-	-	-	-
İbradı	-	-	-	-	-	-	-	-
Kale	10199	156662	6638	116235	39	683	16877	273580
Kaş	16786	257826	2698	47245	31	531	19514	305602
Kemer	85	1312	9	163	3	46	97	1521
Korkuteli	2358	36211	328	5736	30	516	2715	42463
Kumluca	23451	360204	9851	172488	3056	53105	36357	585796
Manavgat	2346	36029	701	12272	26	455	3073	48756
Merkez	49247	756437	2376	41602	2946	51208	54569	849247
Serik	32321	496443	3408	59670	559	9711	36287	565823
<b>TOPLAM</b>	<b>165294</b>	<b>2538915</b>	<b>27351</b>	<b>478918</b>	<b>9888</b>	<b>171862</b>	<b>202533</b>	<b>3189694</b>

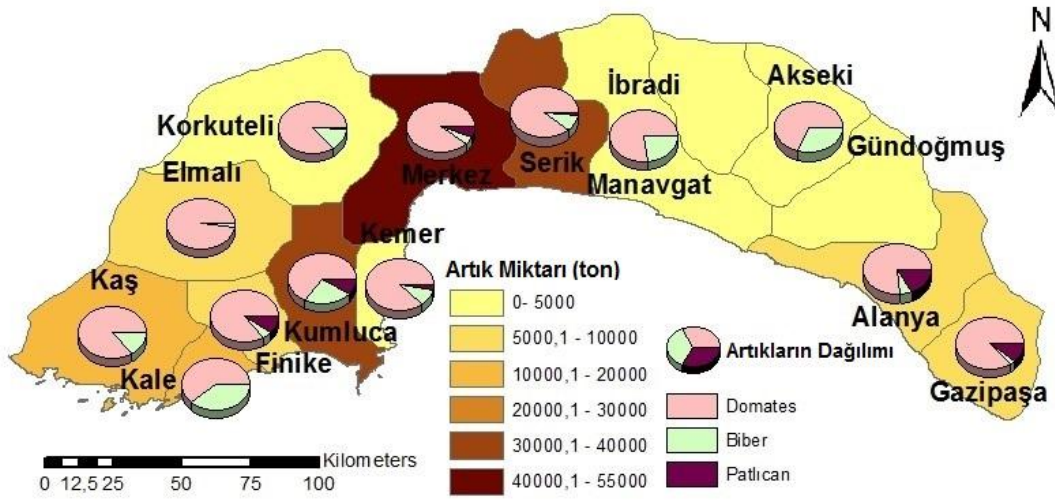
Artık miktarlarının görsel olarak sunulduğu haritaya bakıldığında ilçeler bazında en fazla artışın Merkez'de (% 26.9) olduğu ve bunu Kumluca (% 18) ve Serik (% 17.9) ilçelerinin izlediği görülmektedir. Ayrıca bütün ilçelerde domates bitkisi artışının diğer bitki artıklarına göre üretim alanın fazla olmasına bağlı olarak çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bu üç ilçe Antalya ilinin örtü altı yetiştiriciliğinde domates, biber ve patlıcan bitkilerinin oluşturduğu toplam artık miktarının % 62.8'ini oluşturmaktadır.

Bu üç ilçede seracılık yapılan alanlar incelendiğinde Kumluca'da daha sık bir alanda seracılık yapıldığı görülmektedir. Kumluca ilçe merkezinin güney ve güneybatısında sahile kadar olan yaklaşık 30 km<sup>2</sup> bir alanda yoğun bir seracılık yapılmaktadır.

Merkez'de ise seracılık alanları daha geniş bir alana yayılmıştır. Antalya havaalanının etrafında yoğun olmak üzere kuzeyde Kurşunlu ve Güllük'a kadar uzanan yaklaşık 250 km<sup>2</sup>lik bir alana dağılmış durumdadır.

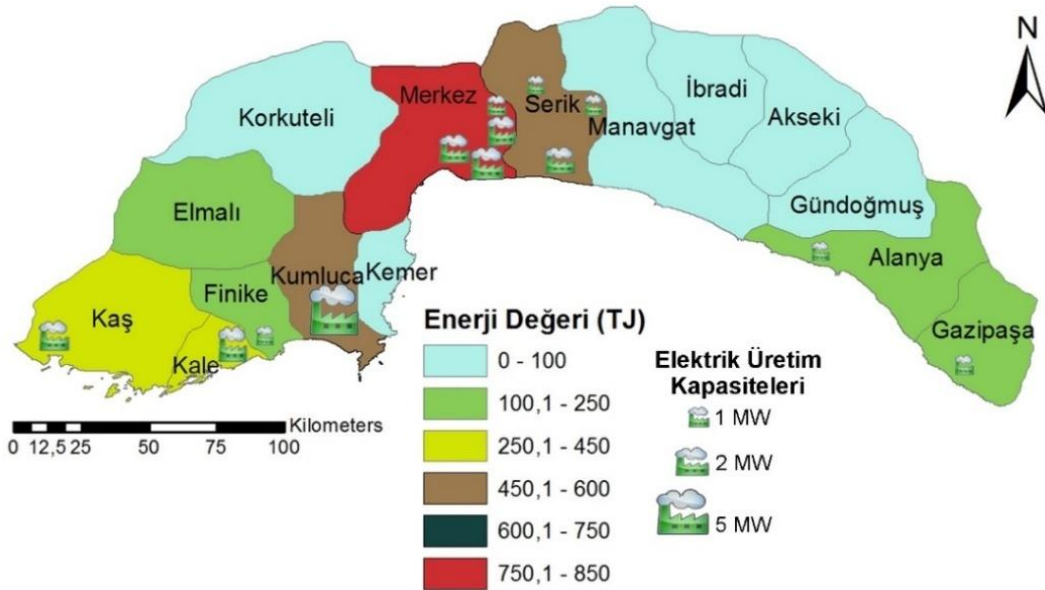
Serik ilçesinde ise örtü altı yetiştiricilik alanları daha dağınıktır. Serik ilçe merkezinin güneyinde Karadayı'da (5.5 km<sup>2</sup>) ve batısında Cumalı'da (3 km<sup>2</sup>) seracılık alanları biraz daha sık durumdadır. Fakat doğuda ve kuzeyde çok geniş bir alanda seyrek olarak dağılmış seralar mevcuttur.

Antalya ilinde oluşan bu seracılık artıklarının miktarına göre her ilçede kurulabilecek olan birleşik ısı ve güç santrallerinin büyüklükleri ve yerleşimleri ile artıkların oluşturduğu toplam enerji miktarının haritası Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Antalya örtü altı domates, biber ve patlıcan artık miktarının ilçelere göre dağılımı.

Figure 1. The distribution of residues amount of tomato, pepper and eggplant crops by districts of Antalya province.



Şekil 2. Antalya örtü altı domates, biber ve patlıcan artıklarının enerji değeri ve önerilen elektrik üretim santrallerinin ilçelere göre dağılımı.

Figure 2. The distribution of energy values of tomato, pepper and eggplant crops and the recommended electricity generation plants by districts of Antalya province.

Artık miktarları ve bunların enerji değerlerine göre ilçelerde kurulabilecek olan CHP santrallerinin dağılımı Şekil 2’de de kabaca yerleri belirtildiği gibi şu şekilde önerilmektedir. Merkez’de 3 adet 2 MW ve 1 adet 1 MW, Kumluca’da 1 adet 5 MW, Serik’te 1 adet 2 MW ve 2 adet 1 MW, Kaş ve Kale ilçelerinde 1 er adet 2 MW, Finike, Alanya ve Gazipaşa ilçelerinde ise 1 er adet 1 MW elektrik üretim santrali kurulabilir. Böylece Antalya ilinde toplamada 23 MW kurulu güce sahip 13 adet CHP santrallerinden kurulabilir. Ayrıca bu santrallerden yıllık toplam 411 GWh’lik bir ısı enerjisi elde edilebilmektedir. Bu enerji de seraların ısıtma ihtiyacını karşılamak üzere örtü altı üretimi yapan üreticilerin kullanımına sunulabilir. Böylece kurulacak santrallerin genel verimleri de artırılmış olur.

Antalya’da örtü altında yetiştirilen domates, biber ve patlıcan bitkilerinden elde edilecek olan bitkisel biyokütle artıklarının toplam enerji değerinin (3.19 PJ) tamamının kömür ile ikame edilmesiyle, kömürün yıllık atmosfere saldırdığı CO<sub>2</sub> emisyonu 265.8 Mt iken, artıkların kullanılmasıyla 22.15 Mt’a düşmektedir (Hodsman and Smallwood 2005).

#### 4. Sonuçlar

Antalya’da örtü altı yetiştiriciliğinde domates, biber ve patlıcan üretimi sonucunda oluşan büyük bir bitkisel biyokütle potansiyeli vardır. Bu üç bitkinin tarımında meydana gelen toplam 202.5 bin tonluk bir bitkisel biyokütle artığı mevcuttur. Bu artıkların toplam ısısal değeri ise 76.18 bin TEP’lük bir kaynak oluşturmaktadır. Bu artıkların yakılarak enerji üretiminde kullanılması önerileri önceki çalışmalarda verilmiştir (Bilgin 2008; Karaca 2009). Bu artıkların yakılması için en uygun sistem olan stokerli kombine ısı ve güç santrallerinden toplam 13 adet farklı kurulu güçlere sahip elektrik üretimi yapan tesis kurulabilmektedir. Kurulan bu tesislerden yıllık olarak yaklaşık 171 GWh elektrik ve 411 GWh ısı enerjisi elde edilebilir. Elde edilen ısı enerjisi de tekrardan seraların ısı ihtiyacı için kullanılabilir. Bu elektrik üretim kapasitesi, Antalya ili sınırlarında bulunan Kepez 1 ve 2 hidroelektrik santrallerinin yıllık elektrik üretim kapasitesine (150+20 GWh) eşittir. Böylesine büyük bir potansiyelin değerlendirilmesi hem Antalya ekonomisine hem de Türkiye ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Böylece yerli kaynakların değerlendirilmesiyle, Türkiye ekonomisinde dış ticaret açığında büyük paya sahip olan enerji kaynaklarının oluşturduğu bu açığın azalmasında fayda sağlanmış olacaktır.

Ayrıca çevre kirliliği açısından değerlendirilirse de, bu artıkların tamamının değerlendirilmesiyle yıllık CO<sub>2</sub> emisyonunda % 92’lik bir azalma ile çok önemli bir katkı sağlanabilir.

#### Kaynaklar

- Acaroğlu M, Aydoğan H (2012) Biofuels energy sources and future of biofuels energy in Turkey. *Biomass and Bioenergy* 36: 69-76.
- Bilgin S (2008) Sera bitkisel biyokütle atıklarının briketlenmesi, briket özelliklerinin ve yanma sonu gaz emisyonlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Bilgin S, Ertekin C, Kürklü A (2012) Türkiye’deki sera bitkisel biyokütle atık miktarının belirlenmesi. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Samsun, s. 499-508.
- Bilgin S, Ertekin C, Kürklü A (2013) Alternatif yakıt olarak sera bitki atığı briketlerinin yakılması ve baca gaz emisyon değerlerinin

belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 26(1): 11-17.

- Bilgin S, Yılmaz H, Koçer A (2015) Briquetting of greenhouse pepper crop residues. *Agric Eng Int: CIGR Journal, Special Issue: 18th World Congress of CIGR*, 185-192.
- Callejón-Ferre AJ, López-Martínez JA (2009) Briquettes of plant remains from the greenhouses of Almería (Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(3): 525-534.
- Callejón-Ferre AJ, Velázquez-Martí B, López-Martínez JA, Manzano-Agugliaro F (2011) Greenhouse crop residues: Energy potential and models for the prediction of their higher heating value. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 948-955.
- Cheuk W, Lo KV, Branion RMR, Fraser B (2003) Benefits of sustainable waste management in the vegetable greenhouse industry. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 38(6): 855-863.
- Demirbaş A (2005) Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. *Progress in Energy and Combustion Science* 31(2): 171-192.
- Hodsman L, Smallwood M (2005) Woodfuel heating in the North of England: A Practical Guide. The National Non-Food Crops Centre, Biocentre, York Science Park, Innovation Way, Heslington, York, YO10 5DG.
- IEA (International Energy Agency) (2015) Key World Energy Statistics. [www.iea.org](http://www.iea.org).
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2012) Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series 1(1/5), Biomass for Power Generation.
- Jenkins B (2008) Cost of Energy Calculator. California Biomass Collaborative, Department of Biological and Agricultural Eng., University of California Davis. <http://faculty.engineering.ucdavis.edu/jenkins/CBC/Calculator/>.
- Karaca C (2009) Çukurova bölgesi tarıma dayalı sanayi atıklarının enerji dönüşüm olanaklarının incelenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Karaca C, Başçetinçelik A (2014) Defne yaprağının briketleme ve yanma özellikleri. *Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştay Bildiriler Kitabı*, Samsun, s. 131-138.
- Karaca C (2015) Mapping of energy potential through annual crop residues in Turkey. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(2): 104-109.
- Manzano Agugliaro F (2007) Gasification of greenhouse residues for obtaining electrical energy in the south of Spain: localization by GIS. *Interciencia* 32(2): 131-136.
- Obernberger I, Thek G (2004) Techno-economic evaluation of selected decentralised CHP applications based on biomass combustion in IEA partner countries final report. BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH, Graz, Austria.
- TÜİK (2015) Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri 2015 Verileri, <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>.