

## Farklı İklim Bölgelerindeki Seralar için Isı Gereksinimlerinin Modellenmesi

Zeynep ZAIMOĞLU\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 07.06.2017

Kabul tarihi: 19.12.2017

### Öz

Seralardan kaliteli yüksek verimin alınabilmesi için seraların ısıtılması gereklidir. Ancak ısıtma giderleri üretim maliyetini ciddi anlamda etkilemektedir. Seralarda sürdürülebilirlik, enerji verimliliğini artırmakla sağlanabilir. Enerji verimliliğinin artırılması fosil enerji kaynakları yerine atık üretmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile mümkün olabilmektedir.

Türkiye’de seracılık iklimin sağladığı avantajlar nedeniyle yaygın olarak Akdeniz sahil şeridinde yapılmaktadır. Ancak son yıllarda jeotermal kaynakların bulunduğu alanlarda seracılık önem kazanmaya başlamış ve bu yerlerde kurulan modern seralardan kaliteli yüksek verim alınmaya başlanmıştır.

Yapılan bu çalışmada Türkiye’de sera ısıtmasında kullanılan kömür ile jeotermal enerji kaynaklarının maliyeti ve kömürün atmosfere olan CO<sub>2</sub> salınımı karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre jeotermal enerjinin birim fiyatı 0,06 ₺/kWh olduğunda, jeotermal kaynaklara sahip Aydın ilinde yapılacak seracılık büyük avantajlara sahip olurken, Kütahya’da serada yapılacak domates üretimi Antalya ile ancak rekabet edebilecektir. Ancak sera ısıtmasında çevreye zarar vermeden jeotermal kaynakların kullanılması durumunda CO<sub>2</sub> salınımı açısından jeotermal bölgelerin Akdeniz bölgesindeki seracılığa göre büyük avantajları olacaktır.

**Anahtar kelime:** Jeotermal enerji, Tarımsal seralar, Seralarda ısıtma

## Modeling of Heat Requirements for Agricultural Greenhouse in Different Climate Regions

### Abstract

It is necessary to heat the greenhouses in order to obtain a high quality yield from the surroundings. However, heating costs seriously affect the cost of production. Sustainability can be achieved by improving energy efficiency. Increasing energy efficiency is possible by using renewable energy sources that do not produce waste instead of fossil energy sources.

---

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Zeynep ZAIMOĞLU, zeynepz@cu.edu.tr

Due to the advantages of greenhouse climate in Turkey, it is widely used on the Mediterranean coast. However, in recent years, greenhouses have gained importance in areas where geothermal resources are present and high quality yields have been started to be obtained from modern greenhouses established in these places.

In this study, the cost of coal and geothermal energy sources used in greenhouse heating in Turkey and the CO<sub>2</sub> emissions of the cargo atmosphere are compared. According to the results obtained, when the unit price of the geothermal energy is 0.06 ₺ / kWh, the greenhouse production in Aydın province with geothermal resources will have great advantages, while the production of tomatoes to be made in Kütahya can only compete with Antalya. However, in case of using geothermal resources without harming the environment in the greenhouse heating, geothermal regions will have great advantages in terms of CO<sub>2</sub> emission compared to greenhouse in the Mediterranean region.

**Keywords:** Geothermal energy, Agricultural greenhouses, Heating of greenhouses

## 1. GİRİŞ

Türkiye’de seracılık 1940 yıllarında ilk defa Akdeniz bölgesinde özellikle Antalya’da başlamış, buradan ekolojik koşullara bağımlı bir gelişme göstererek Ege ve Marmara bölgelerine yayılmıştır. Günümüzde örtü altı yetiştiriciliği en yoğun olarak Akdeniz bölgesinde yapılmaktadır. Bu bölge toplam örtü altı varlığımızın %84’üne sahiptir. Akdeniz bölgesinden sonra %9,4’lük pay ile Ege bölgesi, %4,8 ile Karadeniz ve %1,7 ile Marmara bölgeleri gelmektedir. Akdeniz Bölgesinde bulunan Antalya ilimiz toplam 22000 hektar ile ülkemiz toplam örtü altı varlığının %37’sine sahiptir.

Seracılıktaki yeni gelişmeler bu sektörde sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik gayretler ile paralel olarak ortaya çıkmaktadır. Seraların yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi, iklimlendirme ve alternatif enerji kaynaklarından faydalanma, kontrollü koşullarda üretim, topraksız tarımın yaygınlaştırılması, entegre hastalık ve zararlı yönetimi, sertifikalı güvenli ve izlenebilir gıda üretimi şeklinde özetlenebilir. Bu nedenle son yıllarda çevre kontrollü tarımsal üretim teknikleri giderek artan bir ivme ile gelişme göstermektedir. Çevre kontrollü bitkisel üretim sistemlerinde doğal çevresel etmenler bütün yönleri ile bitkilerin optimum istekleri doğrultusunda değiştirilmeye çalışılmaktadır. Bitkisel üretimde çevre kontrollü üretimin en yaygın ve etkin uygulaması seralarda gerçekleştirilmektedir.

Seralarda ısıtma üretim maliyetini ciddi anlamda etkilemektedir. Isıtma giderleri bölge iklimine bağlı olarak, toplam işletme masraflarının %30-80’i arasında değişim göstermektedir. Akdeniz iklim koşullarında ısı perdeli PE plastik seralarda sıcaklığın gece saatlerinde 16°C’de tutulmak istenmesi durumunda gereksinilen yakıt (İthal kömür) 16 kg/m<sup>2</sup> olmaktadır. Bu da üretim maliyetleri içinde yaklaşık %22’lik bir orana sahip olmaktadır [1].

Akdeniz bölgesinde bulunan Adana ve Antakya ili için yakıt tüketimlerini saatlik iklim değerlerinden giderek hesaplamışlardır. Her iki araştırmacı da Akdeniz iklimine sahip bu illerimizde serada sıcaklığın gece/gündüz 16°C’de tutulması durumunda, yaklaşık 10 l/m<sup>2</sup> yakıt (Fuel-Oil) tüketimi belirlemişlerdir [2,3].

Akdeniz iklim koşullarında ısıtılmayan seralardan alınan domates verimi 7-14 kg/m<sup>2</sup> arasında değişirken [4], düzenli olarak ısıtılan seralardan alınan verim 28-34 kg/m<sup>2</sup>’ye kadar yükselmektedir [1].

Türkiye’de son yıllarda kurulan modern seralarda düzenli ısıtma yapılmakta ve yakıt olarak ithal kömür kullanılmaktadır. Sera ısıtmasında kullanılan fosil enerji kaynaklarının en büyük sakıncası atmosfere verdikleri CO<sub>2</sub> emisyonudur. Seralarda sürdürülebilirlik, enerji verimliliğini artırmakla sağlanabilir. Enerji verimliliğinin artırılması fosil enerji kaynakları yerine atık

üretmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile mümkün olabilmektedir.

Türkiye’de jeotermal kaynaklar, Akdeniz ikliminin hakim olduğu bölgelerde (Aydın) ve karasal iklimin hakim olduğu iç bölgelerde (Kütahya) bulunmaktadır. Akdeniz ikliminin hakim olduğu yerlerde üretim periyodu on ay sürerken, iç bölgelerde bu süre oniki aya kadar çıkmaktadır. Bu durum birim alandan alınacak ürün miktarını etkilemektedir. Tüm yıl üretimin yapılabildiği bölgelerde üretim periyodunun uzunluğuna bağlı olarak birim sera alanından 50 kg domates verimi alınırken, üretim periyodunun daha kısa olduğu yerlerde kurulan modern seralardan elde edilen ürün miktarı 32 kg/m<sup>2</sup> olmaktadır. Ancak hava sıcaklığının daha düşük olduğu karasal iklim bölgelerinde tüketilen ısı enerjisi, Akdeniz bölgesinde tüketilen ısı enerjisinin yaklaşık 3-4 katı olmaktadır [1].

Türkiye jeotermal ısı potansiyeli bakımından Dünyanın 7. Avrupa’nın ise 1. jeotermal kaynağa sahip ülkesi durumundadır. Ancak kullanım düzeyi kaynakların yaklaşık %3’ü seviyesinde olup ülke kapasitesine oranla oldukça düşüktür. Türkiye’de enerji ihtiyacı da dikkate alındığında jeotermal kaynakların kullanımının artırılması ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir. Türkiye’de örtü altı varlığımız ve jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanlarımızın büyüklüğü yaklaşık 280 ha olup Türkiye’deki sera varlığımızın yaklaşık %1’i civarındadır. Tarım Bakanlığının 2012 yılından itibaren hayata geçirdiği "**Alternatif Üretim Yöntemlerinin Geliştirilmesi Projesi**" kapsamında, jeotermal kaynakların bulunduğu illerimizde modern seracılığın yaygınlaştırılması, mevcut durumun analiz edilmesi ve sera fizibilitelerinin hazırlanması amaçlanmaktadır [5].

Yapılan bu çalışmada, jeotermal kaynaklar bakımından oldukça zengin potansiyele sahip Kütahya ve Aydın illerimizde kurulacak farklı donanımlara sahip seralarda üretim periyodu boyunca ortaya çıkacak ısı enerjisi gereksinimlerinin belirlenmesi ve yapılacak olan domates üretiminde jeotermal ve fosil enerji kaynaklarının enerji maliyeti karşılaştırılarak

jeotermal enerjinin rekabet edebilirlik amacıyla fiyat belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Yapılan çalışmada seralarda ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde, geliştirilen ISIGER-SERA uzman sistemi kullanılmıştır [1]. Hesaplamalarda son yıllarda kurulan modern sera boyutları esas alınmıştır (Çizelge 1). Seralarda kullanılan tek kat UV katkılı PE plastik örtünün toplam ısı tüketim katsayısı 7,0 W/m<sup>2</sup> K, çift kat PE plastik örtünün ise 5,1 W/m<sup>2</sup> K olarak alınmıştır [6,7].

**Çizelge 1.** Hesaplamalarda esas alınan sera boyutları.

| Boyut                | Birim |      | Boyut                          | Birim          |      |
|----------------------|-------|------|--------------------------------|----------------|------|
| Bölme genişliği      | m     | 9,6  | Mahya yüksekliği               | m              | 7,0  |
| Bölme sayısı         | Adet  | 10   | Taban alanı                    | m <sup>2</sup> | 4800 |
| Sera uzunluğu        | m     | 50   | Örtü Alanı                     | m <sup>2</sup> | 7338 |
| Yan duvar yüksekliği | m     | 4,25 | A <sub>H</sub> /A <sub>G</sub> | -              | 1,53 |

ISIGER-SERA uzman sistemle belirlenen yıllık ısı enerjisi gereksiniminden gidilerek yakıt tüketimi 1 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ithal kömürün alt ısı değeri 8,14 kWh/kg, ortalama işletme verimi %65 olarak alınmıştır (<http://www.tesisat.com.tr/yayin/yakit-fiyatlari/>). Sera ısıtmasında kullanılan kömürün atmosfere olan CO<sub>2</sub> salınımları 2 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$B_y = \frac{q_H}{H_u \cdot \eta_{ges}} \quad (1)$$

$$SEGM_y = B_y \cdot H_u \cdot FSEG \quad (2)$$

Eşitliklerde;

B<sub>y</sub>=Birim alana tekabül eden yakıt miktarı (kg m<sup>-2</sup> veya m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup>),

q<sub>H</sub>=Seranın ısı enerjisi gereksinimi (kWh m<sup>-2</sup>),

$\eta_{ges}$  =Randıman

SEGM<sub>y</sub>: Yıllık CO<sub>2</sub> emisyon miktarı (kg eşd. CO<sub>2</sub>)

FSEG: Yakıt cinsine göre CO<sub>2</sub> emisyonu dönüşüm katsayısı (kg eşd.CO<sub>2</sub>/kWh). İthal kömür için bu değer 0,421 kg/kWh alınmıştır [8].

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye’de seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya ilinin ve jeotermal kaynaklar bakımından zengin olan Aydın ve Kütahya illerinin uzun yıllık ortalama sıcaklık ve günlük toplam radyasyon değerleri incelendiğinde, bu illerimizde yılın belli aylarında sıcaklık değerlerinin 12°C’nin altına düştüğü görülmektedir. Bu koşullarda seralardan kaliteli yüksek verimin elde edilebilmesi için ısıtma yapılmalıdır [9,10].

Jeotermal kaynaklar bakımından zengin Aydın illimiz Akdeniz iklim özelliği gösterirken, Kütahya ilinin iklim değerleri tipik karasal iklimi temsil etmektedir. Kütahya ilinin uzun yıllık iklim değerleri incelendiğinde, Ekim-Nisan döneminde sıcaklık değerlerinin 0°C-12°C arasında değiştiği görülmektedir. Aydın ilinde ise sadece Aralık-Mart döneminde serada ısıtma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Ancak Kütahya ilinde, yıl boyunca aylık ortalama sıcaklık değerleri 22°C’nin üstüne çıkmadığından, bu ilimizde ısıtma yapılması durumunda yılın 12 ayında serada üretim yapılabilecektir. Aydın ilinde ise Akdeniz sahil şeridinde olduğu gibi, Haziran ayından sonra dış sıcaklık değerleri 22°C’nin üstüne çıktığı için, seralarda soğutma önlemi almadan bitkisel üretimin devamı mümkün olmayacaktır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Aydın ve Kütahya illerinin uzun yıllık aylık ortalama sıcaklık değerleri ve bu değerlere bağlı serada alınması gerekli olan iklimlendirme önlemleri

| AYDIN                |        |     |      |              |      |      |         |      |      |              |      |        |
|----------------------|--------|-----|------|--------------|------|------|---------|------|------|--------------|------|--------|
| Aylar                | 1      | 2   | 3    | 4            | 5    | 6    | 7       | 8    | 9    | 10           | 11   | 12     |
| Ortalama sıcaklık    | 8,2    | 9,3 | 11,9 | 15,8         | 20,9 | 25,9 | 28,4    | 27,5 | 23,4 | 18,4         | 13,3 | 9,6    |
| 10°C altı (h)        | 581    | 454 | 318  | 25           | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0            | 174  | 493    |
| 27°C üstü (h)        | 0      | 0   | 0    | 0            | 95   | 313  | 410     | 377  | 226  | 36           | 0    | 0      |
| İklimlendirme önlemi | Isıtma |     |      | Havalandırma |      |      | Soğutma |      |      | Havalandırma |      | Isıtma |
| Sera durumu          | ÜRETİM |     |      |              |      |      | BOŞ     |      |      | ÜRETİM       |      |        |
| KÜTAHYA              |        |     |      |              |      |      |         |      |      |              |      |        |
| Aylar                | 1      | 2   | 3    | 4            | 5    | 6    | 7       | 8    | 9    | 10           | 11   | 12     |
| Ortalama sıcaklık    | 0,5    | 1,8 | 5,2  | 10,0         | 14,6 | 18,4 | 20,9    | 20,6 | 16,5 | 11,8         | 6,8  | 2,6    |
| 10°C altı (h)        | 744    | 672 | 684  | 401          | 161  | 1    | 0       | 0    | 70   | 344          | 617  | 720    |
| 27°C üstü (h)        | 0      | 0   | 0    | 0            | 0    | 0    | 99      | 120  | 0    | 0            | 0    | 0      |
| İklimlendirme önlemi | Isıtma |     |      | Havalandırma |      |      |         |      |      | Isıtma       |      |        |
| Sera durumu          | ÜRETİM |     |      |              |      |      |         |      |      |              |      |        |

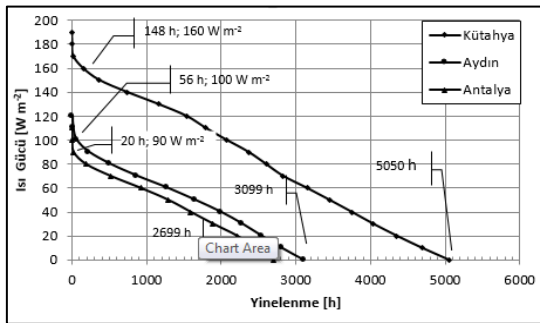
Çizelge 2’de Kütahya ve Aydın illeri için uzun yıllık saatlik iklim değerlerinden elde edilen sıcaklık yinelenmeleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Kütahya’da Aralık, Ocak ve Şubat aylarında günün 24 saatinde sıcaklık değerleri 10°C’nin altında seyrettiğinden bütün gün serada ısıtma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Mart ayından sonra, gündüz saatlerinde ısıtma ihtiyacı ortadan

kalkmaktadır. Kütahya’da Temmuz ve Ağustos aylarında sıcaklık değerleri sadece 219 saat 27°C’nin üstünde seyretmektedir. Ancak bu aylarda sıcaklık 30°C’nin üzerine çıkmadığından, serada yapılacak gölgeleme ile bitkisel üretimin devamı sağlanabilecektir. Aydın’da Ocak ayının 744 saatinin 581 saatinde serada ısıtma yapma gereği ortaya çıkarken, bu değer nisan ayında 25

saate kadar düşmektedir. Diğer bir ifade ile Aydın ilinde Nisan ayında serada ısıtma gereği ortadan kalkmaktadır. Ancak Aydın ilinde saatlik sıcaklık tekerrürleri incelendiğinde, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında sıcaklık değerleri günün belli saatlerinde 30°C'nin üstüne çıkmaktadır. Belirtilen nedenle Aydın ve Antalya'da Haziran ayının sonlarına doğru seralar boş bırakılmaktadır.

### 3.1. Isıtma Sistemleri İçin Gereksinilen Isı Gücü Değerlerinin Karşılaştırılması

Kütahya, Aydın ve Antalya illeri için yılın saatlerine bağlı hesaplanan ısı gücü gereksinimleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi serada sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'de tutulmak istenmesi durumunda en yüksek ısı gücü gereksinimi, Kütahya'da (190 W/m<sup>2</sup>) ortaya çıkarken, bunu Aydın (120 W/m<sup>2</sup>) ve Antalya (100 W/m<sup>2</sup>) takip etmektedir.



**Şekil 1.** Kütahya, Aydın ve Antalya illeri iklim koşullarında tek katlı PE plastik ile örtülmüş serada sıcaklığın gündüz/gece 18/16°C'de tutulması durumunda, yıl içinde ortaya çıkan ısı gücü tekerrürleri (Havalandırma sıcaklığı 25°C, Isıtma boruları yere yakın)

Serada ısı gücünün belirlenmesi kadar bu güce yılın kaç saatinde ihtiyaç duyulduğunun bilinmesi de önem arz etmektedir. Şekil 1'den de görüleceği gibi, Kütahya ilinde serada sıcaklığın gündüz/gece 18/16°C'de tutulabilmesi için gerekli olan maksimum ısı gücü değeri 190 W/m<sup>2</sup> olurken, yılın 5050 saatinde ısıtma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Aydın ilinde ise gereksinilen maksimum ısı gücü 120 W/m<sup>2</sup> olarak hesaplanırken, yılın 3099 saatinde ısıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

### 3.2. Seralarda Isı Enerjisi Gereksiniminin Karşılaştırılması

Antalya, Aydın ve Kütahya illerinde farklı donanımlara sahip PE plastik seralarda sıcaklığın gündüz/gece 18/16°C'de tutulmak istenmesi durumunda üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi, ısıtmada kullanılan kömür miktarı ve kömürün atmosfere verdiği CO<sub>2</sub> emisyonları ISIGER-SERA uzman sistemle [1] hesaplanarak Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi en yüksek ısı enerjisi gereksinimi Kütahya ilinde tek kat PE plastik ile örtülmüş serada (432,8 kWh/m<sup>2</sup> yıl) ortaya çıkarken, bunu Aydın (165,2 kWh/m<sup>2</sup> yıl) ve Antalya (130,4 kWh/m<sup>2</sup> yıl) illerindeki ısı enerjisi takip etmektedir.

Antalya, Aydın ve Kütahya iklim koşullarında farklı donanımlara sahip PE plastik seralarda sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'de tutulması durumunda, birim sera alanı için gereksinilen kömür miktarları verilmiştir (Çizelge 3). Antalya koşullarında gereksinilen kömür miktarı tek kat PE plastik ile örtülmüş ısı perdesiz serada 24,6 kg/m<sup>2</sup> olurken, yan duvarların çift kat PE plastik ile kaplanması ve iyi yalıtılmış ısı perdesinin kullanılması durumunda bu değer 16,2 kg/m<sup>2</sup>'ye düşmektedir. Aydın iklim koşullarında yan duvarı çift kat PE plastik ile örtülmüş ısı perdeli serada kömür gereksinimi 21,7 kg/m<sup>2</sup> olurken, Kütahya koşullarında bu değer 58,2 kg/m<sup>2</sup>'ye yükselmektedir (Çizelge 3).

Seralarda yakıt tüketimi ve maliyetinin karşılaştırılabilmesi için elde edilen ürün miktarının da değerlendirmelerde dikkate alınması daha sağlıklı sonuçlar için gereklidir. Kütahya koşullarında üretim periyodunun Aydın ve Antalya'ya göre daha uzun olması, verimin daha fazla olmasına olanak sağlamaktadır. Düzenli olarak ısıtılan seralardan üretim periyodunun uzunluğuna bağlı olarak Kütahya'da 50 kg/m<sup>2</sup>, Aydın'da 34 kg/m<sup>2</sup> ve Antalya'da 32 kg/m<sup>2</sup> domates verimi alınabilmektedir. Yan duvarları

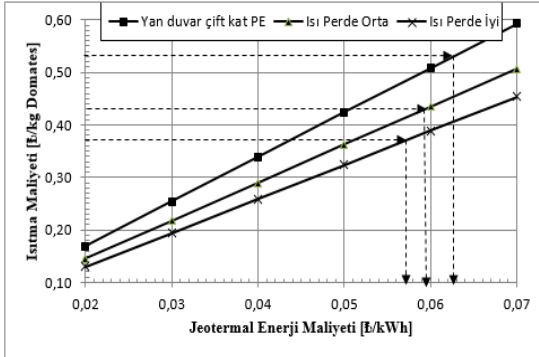
çift kat PE plastikle kaplı ısı perdeli sera ısıtmasında kömür kullanıldığında, bir kg domates üretimi için ısıtma maliyeti, Kütahya'da 0,85 £/kg, Aydın'da 0,47 £/kg ve Antalya'da 0,37 £/kg olmaktadır. Yapılan hesaplamalardan görüleceği gibi, Kütahya ve Aydın'da kömür kullanılarak yapılacak düzenli ısıtma ile elde edilecek ürün Antalya koşullarında yapılacak üretimle rekabet edemeyecektir.

Aydın ve Kütahya'da serada yapılacak domates üretiminde ısıtmada kullanılacak jeotermal ısı enerjisinin birim fiyatı rekabet edebilirlik açısından büyük bir öneme sahiptir. DPT 9.

Kalkınma Planı Jeotermal Çalışma Grubunun Raporuna göre, Jeotermal ile ısıtma bedeli kWh başına 1-2 cent (\$) olarak verilmektedir. Şekil 2'de farklı donanımlara sahip seralarda bir kg domates üretiminde gereksinilen ısıtma giderlerine bağlı olarak jeotermal ısı enerjisi fiyatları verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi yan duvarları yalıtılmış ısı perdeli serada birim domates üretimi için harcanan ısı enerjisi bedelinin 0,37 £/kg olabilmesi için jeotermal ısı enerjisi kWh'nin 0,057 £'dan pazarlanması gereklidir. Serada ısı yalıtımının iyi olmaması durumunda bu fiyat 0,063 £/kWh'a kadar yükselmektedir.

**Çizelge 3.** Kütahya, Antalya ve Aydın illeri iklim koşullarında serada domates üretiminde gerekli olan ısı enerjisi, kömür miktarı ve CO<sub>2</sub> emisyon değerleri

| İl  | Kütahya                            |          |       |             | Aydın   |          |       |             | Antalya |          |       |             |
|---|------------------------------------|----------|-------|-------------|---------|----------|-------|-------------|---------|----------|-------|-------------|
| Çatı örtüsü                                   | Tek katlı PE plastik               |          |       |             |         |          |       |             |         |          |       |             |
| Yan duvar örtüsü                              | Tek kat                            | Çift kat |       |             | Tek kat | Çift kat |       |             | Tek kat | Çift kat |       |             |
| Gündüz/Gece (°C)                              | 18/16                              |          |       |             |         |          |       |             |         |          |       |             |
| Isı perdesi/Yalıtım                           | Yok                                | Yok      | Orta  | İyi         | Yok     | Yok      | Orta  | İyi         | Yok     | Yok      | Orta  | İyi         |
| Havalandırma sıcak (°C)                       | 25                                 |          |       |             |         |          |       |             |         |          |       |             |
| Isıtma sistemi                                | Tabana yakın borulu ısıtma sistemi |          |       |             |         |          |       |             |         |          |       |             |
| Isı enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> a)           | 420,2                              | 390,8    | 334,1 | 298,7       | 160,4   | 149,8    | 126,1 | 111,3       | 126,6   | 118,3    | 96,6  | 83,0        |
| İletim kayıpları % 3                          | 12,6                               | 11,7     | 10,0  | 9,0         | 4,8     | 4,5      | 3,8   | 3,3         | 3,8     | 3,5      | 3,2   | 2,5         |
| Toplam ısı enerjisi                           | 432,8                              | 402,5    | 344,1 | 307,7       | 165,2   | 154,3    | 129,9 | 114,6       | 130,4   | 123,8    | 99,8  | 85,5        |
| Domates verimi (kg/m <sup>2</sup> )           | 50                                 |          |       |             | 34      |          |       |             | 32      |          |       |             |
| Kömür miktarı (kg/m <sup>2</sup> )            | 81,8                               | 76,1     | 65,0  | 58,2        | 31,2    | 29,2     | 24,6  | 21,7        | 24,6    | 23,4     | 18,9  | 16,2        |
| Kömür maliyeti (£/m <sup>2</sup> )            | 59,62                              | 55,46    | 47,37 | 42,42       | 22,74   | 21,28    | 17,93 | 15,82       | 17,93   | 17,05    | 13,77 | 11,81       |
| CO <sub>2</sub> eşdeğeri (kg/m <sup>2</sup> ) | 280,3                              | 260,8    | 222,8 | 199,4       | 106,9   | 100,1    | 84,3  | 74,4        | 84,3    | 80,2     | 64,8  | 55,5        |
| Isıtma maliyeti (£/kg domates)                | 1,19                               | 1,11     | 0,95  | <b>0,85</b> | 0,67    | 0,63     | 0,53  | <b>0,47</b> | 0,56    | 0,53     | 0,43  | <b>0,37</b> |



Şekil 2. Kütahya koşullarında farklı donanımlara sahip seralarda birim domates verimi maliyeti için jeotermal enerji birim fiyatı

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Türkiye’de seracılık Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yapılmaktadır. Ancak son yıllarda Tarım Bakanlığının destek ve teşvikleri ile artan bir şekilde jeotermal kaynakların bulunduğu alanlarda modern seralar kurulmaya başlanmıştır. Türkiye’de jeotermal kaynaklar ılıman ve karasal iklimin hakim olduğu yerlerde bulunmaktadır. Jeotermal kaynakların yaygın olduğu Kütahya ve Aydın illerinin iklim değerleri incelendiğinde, Aydın ilinin tipik Akdeniz iklimi özelliğini gösterdiği buna karşın Kütahya’nın karasal iklime sahip olduğu görülmektedir.

Seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya ve zengin jeotermal kaynaklara sahip Aydın’da sıcaklığın Haziran ayının ortalarından itibaren 34°C’nin üstüne yükselmesi nedeniyle seralar, Haziran ayının ortalarından Ağustos ayının sonuna kadar boş bırakılmaktadırlar (Çizelge 2). Buna karşın Kütahya ilinde tüm yıl üretim yapabilme avantajı ortaya çıkarken ısıtma için gereken yakıt miktarı Aydın ve Antalya’ya göre oldukça fazladır. Serada sıcaklığın 18/16°C’de tutulmak istenmesi durumunda Kütahya ilinde ısı korumalı serada üretim periyodu boyunca ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimi 299 kWh/m<sup>2</sup>a olurken, bu değer Aydın’da 111 kWh/m<sup>2</sup>a, Antalya’da 83 kWh/m<sup>2</sup>a olmaktadır (Çizelge 3). Aydın ve Antalya’da ısı enerjisi gereksinimi birbirine yakınken, Kütahya’da ihtiyaç duyulan ısı enerjisi bu iki ilimize oranla yaklaşık 3 kat daha fazladır.

Kütahya’da serada yapılacak domates üretiminin Antalya ile rekabet edebilmesi için, sera ısıtmasında kullanılacak jeotermal ısı enerjisinin kWh bedeli en fazla 0,06 € olmalıdır (Şekil 2). Jeotermal ısı enerjisinin 0,06 €/kWh’e pazarlanması durumunda, Aydın koşullarında ısı perdeli ve yan duvar yalıtımı olan plastik serada yapılacak bir kg domates üretiminde ısıtma maliyeti 0,20 €/kg olacaktır. Bu da Antalya’ya göre ısıtma için ödenecek bedelin yaklaşık yarısı anlamına gelmektedir. Bu durum Aydın’da serada yapılacak domates üretiminin Antalya ve Kütahya’ya göre çok karlı olduğunu göstermektedir.

Sera ısıtmasında fosil enerji kaynaklarının kullanılması üretimin karlılığını olumsuz yönde etkilediği gibi, atmosfere verilen CO<sub>2</sub> emisyonunu da artırmaktadır. Sera ısıtmasında jeotermal enerjinin kullanılması durumunda atmosfere verilecek olan CO<sub>2</sub> emisyonu sifıra yakındır. Ancak sera ısıtmasında kullanılan jeotermal suyun mutlaka çevreye zarar vermeden reenjeksiyonla kaynağa geri gönderilmesi veya tarım alanlarına zarar vermeden uzaklaştırılması gereklidir. Aksi takdirde verimli tarım alanlarının büyük zarar görmesi söz konusu olacaktır. Sera üreticisinin tek başına kuyu açması ve reenjeksiyonu gerçekleştirilmesi ilk yatırım giderleri açısından mümkün değildir. Belirtilen nedenlerle jeotermal alanlarda kurulacak "Organize Seracılık Bölgelerinde" jeotermal kaynakların sera ısıtması için hazırlanması, günümüz teknolojisine uygun modern sera yapılarının seçilmesi ve enerji korunumu amacıyla teknik önlemlerin alınması koşuluyla, Türkiye’de seracılık sektörüne ve üreticilerine anlamlı katkı sağlanacaktır.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Baytorun, N.A., Akyüz, A., Üstün, S., 2016. Seralarda Isıtma Sistemlerinin Modellemesi ve Karar Verme Aşamasında Bilimsel Verilere Dayalı Uzman Sistemin "ISIGER-SERA" Geliştirilmesi. TÜBİTAK 114O533 nolu proje.
2. Üstün, S., 1993. Çukurova Bölgesinde Farklı Sera İçi İklim Koşullarında Isı Gereksiniminin Hesaplanması Üzerine Bir Araştırma.

- Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.  
Yüksek Lisans Tezi.
3. Önder, D., 1998. Hatay İli Samandağ İlçesindeki Seraların Yapısal ve Teknik Yönden İncelenmesi ve Yöre Seraları İçin Isı Yükünün Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
  4. Daka, K., Gül, A., Engindeniz, S., 2012. Muğla İlinde Seralarda Dış Satıma Yönelik Domates Üretimi ve Pazarlaması. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2012, 49 (2), 175-185.
  5. Eker, M.M., 2012. Jeotermal Seralarda Hedef, 30 Bin Hektar. Jeotermal Belediyeler Dergisi. Sayı 6. 5-14.
  6. Tantau, H.J., 1983. Heizungsanlagen im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
  7. Zabeltitz, Chr. von. 1986 Gewachshäuser. Verlag Eugen Ulmer.
  8. IWU, 2014. Kumulierter Energieaufwand und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und versorgung. [www.iwu.de/...../kea.pdf](http://www.iwu.de/...../kea.pdf).
  9. Nisen, A., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Martinez-Garcia, P.F., Monteiro, A., Verlodt, H., Villele, O., Zabeltitz, C.V., Denis, J.C., Baudoin, W., Garnaud, J.C., 1988. Cultures Protegees en Climat Mediterranee. FAO, Rome.
  10. Zabeltitz, C.V., 2011. Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates. Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.