



Seraların Isıtılmasında Kullanılan Fosil ve Jeotermal Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması

Abdullah Nafi Baytorun^{1*}, Derya Önder, Özkan Gügercin

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01250 Adana, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Geliş 20 Haziran 2016
Kabul 08 Ağustos 2016
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

Anahtar Kelimeler:

Sera ısıtması
Jeotermal enerji
Fosil enerji
CO₂ emisyonu
Isı gereksinimi

*Sorumlu Yazar:

E-mail: baytorun@cu.edu.tr

Ö Z E T

Bitkisel üretimde çevre kontrollü üretimin en yaygın ve etkin uygulaması seralarda gerçekleştirilmektedir. Seracılıktaki yeni gelişmeler bu sektörde sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik gayretler ile paralel olarak ortaya çıkmaktadır. Seralardan kaliteli yüksek verimin alınabilmesi için seraların ısıtılması gereklidir. Ancak ısıtma giderleri üretim maliyetini ciddi anlamda (%20-60) etkilemektedir. Seralarda sürdürülebilirlik, enerji verimliliğini artırmakla sağlanabilir. Enerji verimliliğinin artırılması, fosil enerji kaynakları yerine atık üretmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile olasıdır. Yapılan bu çalışmada; sera ısıtmasında kullanılan fosil enerji kaynakları ile jeotermal enerji kaynaklarının maliyeti ve atmosfere olan CO₂ salınımları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre jeotermal enerjinin birim fiyatı 0,06 ₺/kWh olduğunda, jeotermal kaynaklara sahip Aydın ilinde yapılacak seracılık büyük üstünlüklere sahip olurken, Kütahya'da jeotermal ısıtmalı serada yapılacak domates üretimi Antalya ile ancak rekabet edebilecektir. Kütahya koşullarında yan duvarları çift kat plastik kaplı ısı perdeli PE plastik serada ithal kömürün kullanılması durumunda atmosfere verilen CO₂ emisyonu 199,4 kg/m² olurken, Aydın'da aynı özelliklere sahip seranın ithal kömürle ısıtılması durumunda atmosfere verilen CO₂ emisyonu 74,4 kg/m², Antalya'da 55,5 kg/m² olmaktadır. Sera ısıtmasında çevreye zarar vermeden jeotermal kaynakların kullanılması durumunda CO₂ salınımı açısından jeotermal bölgelerin Akdeniz bölgesindeki seracılığa göre büyük üstünlükleri olacaktır.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 4(10): 832-839, 2016

Comparison of Fossil Fuel and Geothermal Energy Sources Used for Greenhouse Heating

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 June 2016
Accepted 08 August 2016
Available online, ISSN: 2148-127X

Keywords:

Greenhouse heating
Geothermal energy
Fossil energy
CO₂ emission
Heat requirements

*Corresponding Author:

E-mail: baytorun@cu.edu.tr

ABSTRACT

The most extensive and effective environmentally controlled production takes place in greenhouses. New innovations and developments for greenhouse production go hand in hand with efforts for sustainability. The greenhouses must be heated to ensure high yields and high quality. However, high heating cost (20%-60%) adversely influences production. Costs Sustainability of greenhouse production can only be maintained with increase of energy efficiency. Use of renewable energy sources in place of fossil fuels is only means to increase energy efficiency. In this work, fossil fuels and geothermal energy used for heating of greenhouses are compared based on production cost and CO₂ emissions to atmosphere. The results showed that greenhouse production in Aydın with geothermal energy price of 0.06 ₺/kWh will be very advantageous compared to greenhouse tomato production in Kütahya, which can only compete with that in Antalya. Carbon dioxide emission in plastic greenhouses with double layer PE plastic heat insulation in Kütahya was 199.4 kg/m² when imported coal was used for heating. The emissions in similar type plastic greenhouses, again heated with coal, in Aydın and Antalya were 74.4 kg/m² and 55.5 kg/m², respectively. Greenhouses in geothermal energy rich areas will be very advantageous, based on cost of production and CO₂ emission, compared to that in Antalya region if they are heated with geothermal energy.

Giriş

Türkiye'de seracılık 1940 yıllarında ilk defa Akdeniz bölgesinde özellikle Antalya'da başlamış, buradan ekolojik koşullara bağımlı gelişme göstererek Ege ve Marmara bölgelerine yayılmıştır. Günümüzde örtü altı yetiştiriciliği en yoğun olarak Akdeniz bölgesinde yapılmaktadır. Bu bölge toplam örtü altı varlığının %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 Bölgesindeki Antalya ili toplam 22000 ha ile ülkemiz toplam örtü altı varlığının %37'sine sahiptir (TÜİK 2014).

Türkiye'de örtü altı yetiştiriciliği seralar ve plastik tünellerdeki üretimi kapsamaktadır. 2011 yılı itibarıyla toplam örtü altı alanının 60000 ha'a ulaştığı görülmekte olup, bunun 32000 ha'ı yüksek örtü altı sistemleri olarak tanımlanan seralardan oluşmaktadır. Büyük yatırımcı grupların da sektöre girmesiyle hızlı gelişim gösteren modern seracılık, son on yıllık süreçte büyük bir gelişme göstererek günümüzde 1000 ha seviyelerine ulaşmıştır. Bu rakama her yıl yaklaşık 150-200 ha alan eklenmektedir. Günümüzde sera alanlarının %3'ünde modern seracılık yapılmaktadır. Önümüzdeki on yıllık süreçte bu payın %15 seviyelerine ulaşması hedeflenmektedir (Eker 2012).

Seracılıktaki yeni gelişmeler bu sektörde sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik gayretler ile paralel olarak ortaya çıkmaktadır. Seraların yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi, iklimlendirme ve alternatif enerji kaynaklarından yararlanma, 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 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. Son yıllarda seralarda yenilikçi teknolojiler ön plana çıkmaktadır.

Seralarda yenilikçi teknolojilerin amacı; "Yaşam Döngüsü Kalitesinin" artırılmasıdır. Bu amaçla seracılıkta birim alandan elde edilecek üretim için gerekli olan enerji ve diğer girdi ve çıktılarını sağlıklı şekilde analiz edilmesi sürdürülebilirlik açısından büyük önem göstermektedir (Munoz ve ark., 2008; Russo ve De Lucia., 2008).

Sürdürülebilir seracılık sistemlerinin amacı; kaynakları koruyan, sosyal destekli, ticari, rekabetçi, çevreci, güvenilir üretim teknolojisine sahip, enerji, su ve kimyasal ilaç gereksinimini azaltan ve olanaklar ölçüsünde atık üretmeyen bir sistem olmalıdır.

Seralarda ısıtma, üretim maliyetini ciddi anlamda etkilemektedir. Isıtma giderleri bölge iklimine bağlı olarak, toplam işletme giderlerinin %20-60'ı arasında değişim göstermektedir. Üstün (1993) Adana ili, Önder (1998) Antakya ili için yakıt tüketimlerini hesaplamışlardır. Her iki araştırmacı da Akdeniz iklimine sahip bu illerimizde serada sıcaklığın 16°C'da tutulması durumunda, yaklaşık 10 L/m² yakıt (kalorifer yakıtı) tüketimi belirlemişlerdir.

Akdeniz iklim koşullarında ısıtılmayan seralardan alınan domates verimi 7-14 kg/m² arasında değişirken, düzenli olarak ısıtılan seralardan alınan verim 28-34 kg/m²'ye kadar yükselmektedir. Çizelge 1'de ısıtılan ve ısıtılmayan seralarda üretim periyodunun uzunluğuna bağlı olarak elde edilen domates verimleri verilmiştir. Çizelge 1'den de görüleceği gibi ısıtılan seralarda verim artışı ve kalitesi ısıtılmayan seralara göre ciddi anlamda artmaktadır. Ancak ısıtılan seralarda, bu verim artışı için harcanan ısıtma giderleri, dalgalanan pazar fiyatları nedeniyle üreticinin kafasında sürekli olarak soru işareti oluşturmaktadır.

Sera ısıtmasında kullanılan fosil enerji kaynaklarının en büyük sakıncası atmosfere verdikleri CO₂ emisyonudur. CO₂ küresel ısınmaya neden olan sera etkisini artırmaktadır. Yerkürede yaşamın sürdürülebilir olması için sanayi ülkelerinin atmosfere verdikleri CO₂ gaz emisyonunu azaltmaları gerekmektedir. Bu da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması veya toplumun enerji gereksiniminin azaltılması ile olasıdır. Ancak bu kolay olmayacaktır. Çünkü gelişmekte olan ülkeler gelişmiş olan ülkelerin standartlarına ulaşmak için uğraş verirken, artan dünya nüfusu da negatif bir etki olarak ortaya çıkmaktadır.

Seralarda sürdürülebilirlik, enerji verimliliğini artırmakla sağlanabilir. Enerji verimliliğinin artırılması fosil enerji kaynakları yerine atık üretmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerde kurulacak modern seralarda ısıtma yapıldığında, tüm yıl kaliteli yüksek verim elde edilebilmektedir.

Çizelge 1 Sera tipi, donanımı ve üretim periyodunun uzunluğuna bağlı olarak seralardan elde edilen domates verimleri (kg/m²).

Sera tipi ve üretim periyodu	Toplam üretim kg/m ²	1.Kalite (%)	Net üretim kg/m ²	Üretim artışı (%)
Basit sera, sonbahar üretimi (Ağustos-Şubat)	7-10	60	5,1	-
Basit sera, ilkbahar üretimi (Ocak-Haziran)	8-11	65	6,2	21
Basit sera, tek ürün (Ekim-Haziran)	12-15	60	8,1	58
Modern sera + Topraksız kültür + Düzenli ısıtma (Eylül-Haziran)	30-34	80	25,6	430
Yarı kapalı Bilgisayar kontrollü + Topraksız kültür + Isıtma + Soğutma + CO ₂ gübreleme (Interplanting sistem)	50-55	85	42,5	850

Tüm yıl üretimin yapılabildiği bölgelerde üretim periyodunun uzunluğuna bağlı olarak sera alanından 50 kg domates verimi alınırken (Çizelge 1), bu verimin elde edilebilmesi için bölge iklimine ve seranın teknik donanımına bağlı olarak gereksinilen ısı enerjisi 300-450 kWh/m²yıl arasında değişim göstermektedir.

Seralarda ısıtma kadar ısıtılan seralarda enerji korunumu büyük önem göstermektedir. Günümüzde sürekli artan enerji fiyatları ve ısıtmada fosil enerji kaynaklarının atmosfere saldıgı sera gazları, araştırmacıları enerji artırımı konusunda arayışa yöneltmiştir. Belirtilen nedenle ısıtılan seralarda enerji verimliliğini ve dolayısı ile üretimde karlılığı artırmak amacıyla; birim enerjiye karşılık gelen verimi yükseltmek, seralarda enerji gereksinimi azaltmak ve fosil enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak gibi önlemlerin alınması zorunlu hale gelmiştir.

Türkiye jeotermal ısı potansiyeli bakımından Dünyanın 7. Avrupa' da ise 1. sırada yer almaktadır. 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 jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanlarının büyüklüğü yaklaşık 280 ha olup, sera varlığının yaklaşık %1'i dolayındadır (Eker, 2012).

Jeotermal seracılığın önemli üstünlüklerinin bilinmesi nedeniyle birçok kamu kurumu farklı unsurlar ile jeotermal seracılığı desteklemekte ve teşvik etmektedir. Son yıllarda Aydın, İzmir, Denizli, Afyonkarahisar, Manisa, Kütahya, Kırşehir, Şanlıurfa ve Yozgat illerinde jeotermal seracılık konusu ciddi şekilde ele alınmaktadır. Türkiye'de jeotermal sera ısıtmasında kullanılan enerji 2000 yılında 101 MWt iken, 2005 yılında %90'lık bir artışla 192 MWt'a yükselmiştir (Mertoğlu, 2006). Yapılmış olan değerlendirme ve hesaplamalara göre, Türkiye'nin jeotermal ısı potansiyeli 31500 MWt'dir. Bu değer 15000 ha'lık sera alanının ısıtılmasına eşdeğerdir. Türkiye 2012 yılı itibariyle yaklaşık 300 ha jeotermal enerji ile ısıtılan seralara sahip olmuştur. Tarım Bakanlığının 2012 yılından itibaren hayata geçirdiği "Alternatif Üretim Yöntemlerinin Geliştirilmesi Projesi" kapsamında jeotermal kaynakların bulunduğu illerde modern seracılığın yaygınlaştırması, mevcut durumun analiz edilmesi ve fizibilitelelerinin hazırlanması amaçlanmaktadır (Eker, 2012).

Yapılan bu çalışmada, jeotermal kaynaklar bakımından oldukça zengin potansiyele sahip Kütahya ve Aydın illerinde kurulacak farklı donanımlara sahip seralarda üretim periyodu boyunca ortaya çıkacak ısı enerjisi gereksinimlerinin hesaplanması ve serada yapılacak domates üretiminde jeotermal ve fosil enerji kaynaklarının maliyeti karşılaştırılarak, jeotermal enerjinin rekabet edebilirlik açısından fiyat belirlemesi yapılacaktır.

Materyal ve Metot

Yapılan çalışmada ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde Baytorun ve ark. (2016) tarafından geliştirilen ISIGER-SERA uzman sistemi kullanılmıştır. Hesaplamalarda son yıllarda kurulan modern sera

boyutları esas alınmıştır (Çizelge 2). Seralarda kullanılan tek kat PE plastik örtünün toplam ısı gereksinim katsayısı 7,0 W/m² K, çift kat PE plastik örtünün ise 5,1 W/m² K olarak alınmıştır (Tantau, 1983; Zabeltitz, 1986).

Isıger-Sera uzman sistemle hesaplanan yıllık ısı enerjisi esas alınarak gereksinilen yakıt tüketimi Eşitlik 1 yardımı ile belirlenmiştir.

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

Hesaplamalarda kullanılan farklı yakıtların ısı değerleri, işletme verimleri ve birim fiyatları Çizelge 3'te, sera ısıtmasında kullanılan farklı yakıtların CO₂ emisyonu dönüşüm katsayıları Çizelge 4'te verilmiştir.

Sera ısıtmasında kullanılan yakıtların atmosfere olan CO₂ salınımları Eşitlik 2 yardımı ile hesaplanmıştır.

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

Eşitliklerde;

- B_y = Birim alana karşılık gelen yakıt miktarı (kg/m² veya m³/m²),
- H_u = Yakıt alt ısı değeri (kWh/kg)
- q_H = Seranın belli sıcaklığa göre ısı enerjisi gereksinimi (kWh/m²),
- η_{ges} = Toplam randıman
- SEGM_y = Yıllık CO₂ emisyon miktarı (kg eşd. CO₂)
- FSEG = Yakıt cinsine göre CO₂ emisyonu dönüşüm katsayısı (kg eşd.CO₂/kWh).

Bulgular

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 yılın belli aylarında sıcaklık değerlerinin 12°C'un altına düştüğü görülmektedir (Şekil 1). Bu koşullarda seralardan kaliteli yüksek verimin elde edilebilmesi için ısıtma yapılmalıdır (Nisen ve ark., 1988; Zabeltitz, 2011). Ancak Akdeniz sahil şeridinde bulunan aile tipi küçük işletmelerde seralar düzenli olarak ısıtılmazken, son yıllarda inşa edilen modern seralarda düzenli ısıtma yapılmaktadır.

Zengin jeotermal kaynaklara sahip Aydın ili Akdeniz iklim özelliği gösterirken, Kütahya ilinin iklim değerleri tipik karasal iklimi temsil etmektedir. Kütahya ilinin uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık değerleri Ekim-Nisan döneminde 0-12°C arasında olduğundan, bu ilde kurulan seralarda yılın yedi ayında ısıtma gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Buna karşın Aydın ilinde yalnızca Aralık-Mart döneminde serada ısıtmaya gereksinim duyulmaktadır (Şekil 1). Ancak Kütahya ilinde, yıl boyunca aylık ortalama sıcaklık değerleri 22°C'un üstüne çıkmadığından, bu ilde ekonomik bir 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'un üstüne çıktığından, seralarda soğutma önlemi almadan bitkisel üretimin devamı gerçekleşmeyecektir.

Çizelge 2 Hesaplamalarda esas alınan sera boyutları.

Boyut	Birim	Değer	Boyut	Birim	Değer
Bölme genişliği	m	9,6	Mahya yüksekliği	m	7,0
Bölme sayısı	Adet	10	Taban alanı	m ²	4800
Sera uzunluğu	m	50	Örtü alanı	m ²	7338
Yan duvar yüksekliği	m	4,25	A _H /A _G	-	1,53

Çizelge 3 Hesaplamalarda kullanılan farklı yakıtların ısı değerleri, işletme verimleri ve fiyatları (Anonim, 2016)

Yakıt Çeşidi	Birim	Alt ısı değeri kWh/Birim	Fiyat ₺/Birim	Ortalama işletme verimi	Fiyat ₺/kWh
Doğalgaz (300.001 m ³ /yıl ve üstü)	m ³	9,59	0,805383	93%	0,090303
Yerli Linyit (10-18 mm Torba)	kg	5,74	0,457000	65%	0,122487
İthal Sibiryia Kömür (Ceviz tipi)	kg	8,14	0,728814	65%	0,137746
Kalorifer Yakıtı (Fuel-oil No 6)	kg	11,12	1,338983	80%	0,150515

Çizelge 4 Hesaplamalarda kullanılan yakıt türlerinin FSEG (CO₂) dönüşüm katsayıları (IWU 2014)

Yakıt Türü	FSEG (CO ₂) Dönüşüm Katsayısı (kg Eşd. CO ₂ /kWh)
Doğal gaz (H)	0,239
Taş kömürü	0,421
Linyit kömürü	0,448
Fueloil (EL)	0,313

Çizelge 5'te Kütahya, Aydın ve Antalya 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'un altında seyretmektedir. Bu durum seraların günün 24 saatinde ısıtılmasını zorunlu kılmaktadır. Kütahya'da Mart ayından sonra, yalnızca gece saatlerinde ısıtmaya gereksinim duyulurken, Temmuz ve Ağustos aylarında sıcaklık değerleri sadece 219 saat 27°C'un üstünde seyretmektedir. Bu aylarda sıcaklık 30°C'un üzerine çıkmadığından, serada yapılacak gölgeleme ile bitkisel üretimin tüm yıl yapılabilmesi mümkün olabilmektedir.

Aydın ilinde Ocak ayının 744 saatinin 581 saatinde serada ısıtma yapma gereği ortaya çıkarken, bu değer Nisan ayında 25 saate düşmektedir. Ancak Aydın ve Antalya'da saatlik sıcaklık tekerrürleri incelendiğinde, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında sıcaklık değerleri günün belli saatlerinde 30°C'un üstüne çıkmaktadır. Belirtilen nedenle Aydın ve Antalya'da Haziran ayının sonlarına doğru seralar boş bırakılmaktadır.

Isı Gücü Değerlerinin Karşılaştırılması

Kütahya, Aydın ve Antalya illerinin uzun yıllık saatlik iklim değerlerinden (sıcaklık, güneş radyasyonu, rüzgar hızı) gidilerek yılın saatlerine bağlı hesaplanan ısı gücü gereksinimleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi serada sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'da tutulmak istenmesi durumunda en yüksek ısı gücü gereksinimi Kütahya'da (190 W/m²) ortaya çıkarken, bu değeri Aydın (120 W/m²) ve Antalya illeri (100 W/m²) takip etmektedir.

Serada ısı gücünün belirlenmesi yanında bu güce yılın kaç saatinde gereksinim duyulduğunun bilinmesi ısıtma sistemlerinin projelenmesi açısından önemlidir. Şekil 2'den de görüleceği gibi, Kütahya ilinde serada sıcaklığın gündüz/gece 18/16°C'da tutulabilmesi için gerekli olan maksimum ısı gücü 190 W/m² olurken, bu ısı gücüne yılın

çok az bir zamanında gereksinim duyulmaktadır. Serada ısıtma sisteminin 160 W/m²'ye göre projelenmesi durumunda yılın yalnızca 148 saatinde sıcaklık değerleri istenen 18/16°C sıcaklık değerinin altında seyredecektir. Aydın ilinde kurulacak seralarda gereksinilen maksimum ısı gücü 120 W/m² olurken, projelirmede ısı gücünün 100 W/m² alınması durumunda yılın 56 saatinde serada sıcaklık istenilen sıcaklık değerlerinin biraz altında seyredecektir.

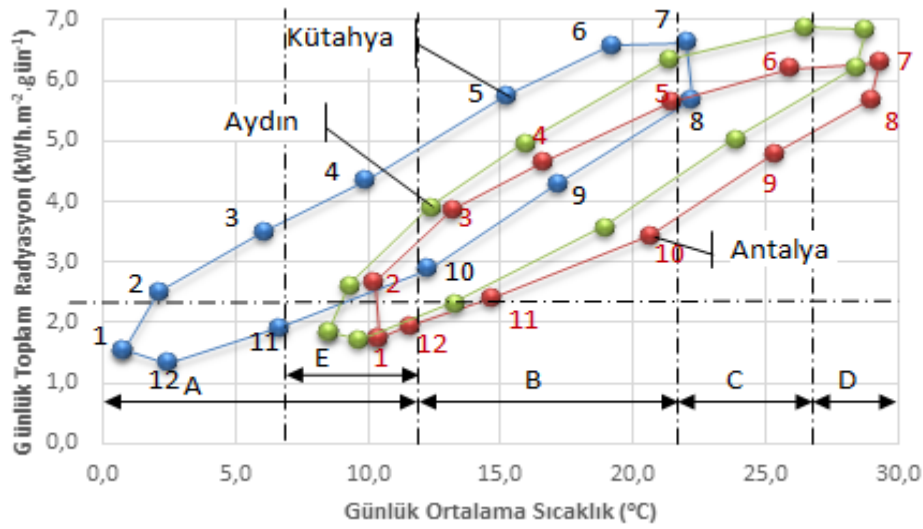
Isı Enerjisi Gereksiniminin Karşılaştırılması

Antalya, Aydın ve Kütahya illerinde farklı donanımlara sahip PE plastik seralarda sıcaklığın gündüz/gece 18/16°C'da tutulmak istenmesi durumunda üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi, farklı yakıt miktarları ve ısıtmada kullanılan fosil enerji kaynaklarının atmosfere verdiği CO₂ emisyonları Isıger-Sera uzman sistemle hesaplanarak Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi en yüksek ısı enerjisi gereksinimi Kütahya ilinde tek kat PE plastik ile örtülmüş serada 432,8 (kWh/m²yıl) ortaya çıkmaktadır. Bunu Aydın (165,2 kWh/m²yıl) ve Antalya (130,4 kWh/m²yıl) illerindeki seralarda gereksinilen ısı enerjisi takip etmektedir.

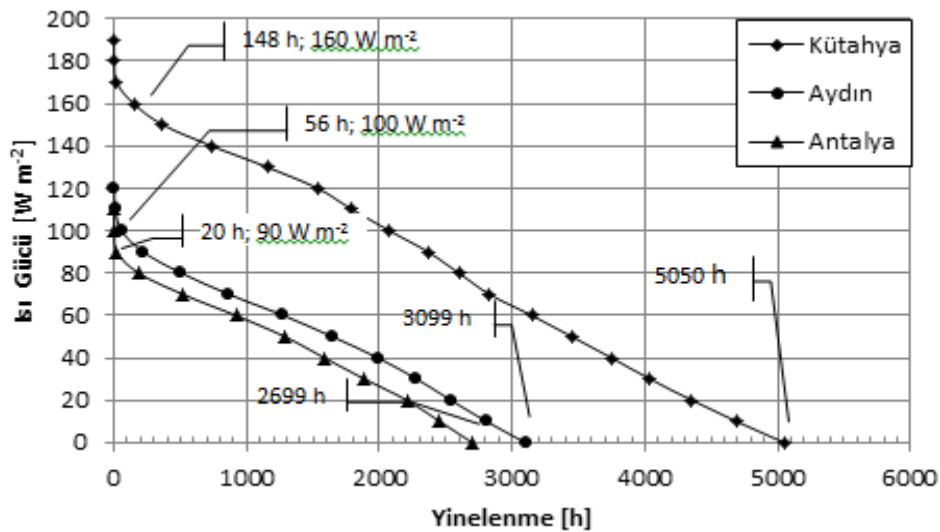
Seralarda ısıtma kadar ısıtılan seralarda enerjinin korunması üretim maliyeti ve fosil enerji kaynaklarının atmosfere verdiği CO₂ salınımı nedeniyle önem arz etmektedir. Çizelge 6'dan da görüleceği gibi serada yan duvarların çift katlı PE plastik kaplanması durumunda Kütahya iklim koşullarında üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi %7 azalarak 402,5 kWh/m² yıl'a düşmektedir. Seralarda ısı perdesinin kullanılması durumunda bu oran %26'ya ulaşmaktadır. Seralarda kullanılan ısı perdelerinin sızdırmazlıkları ısı tüketimine önemli derecede etki etmektedir. Isı perdelerinin iyi bir şekilde kapatılmaması durumunda tasarruf edilen ısı enerjisi değeri %15'e kadar düşmektedir.

Çizelge 5 Kütahya, Aydın ve Antalya illeri uzun yıllık iklim değerlerinden yılın aylarına bağlı olarak elde edilen sıcaklık yinelenmeleri (h).

Kütahya İli Sıcaklık Yinelenme Değerleri												
Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
10°C altı	744	672	684	401	161	1	0	0	70	344	617	720
27°C üstü	0	0	0	0	0	0	99	120	0	0	0	0
30°C üstü	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aydın İli Sıcaklık Yinelenme Değerleri												
10°C altı	581	454	318	25	0	0	0	0	0	0	174	493
27°C üstü	0	0	0	0	95	313	410	377	226	36	0	0
30°C üstü	0	0	0	0	0	202	306	274	0	0	0	0
Antalya İli Sıcaklık Yinelenme Değerleri												
10°C altı	465	375	218	0	0	0	0	0	0	0	19	341
27°C üstü	0	0	0	0	0	282	464	442	283	42	0	0
30°C üstü	0	0	0	0	0	66	317	301	96	0	0	0



Şekil 1 Antalya, Aydın ve Kütahya illeri günlük radyasyon toplamı ve ortalama sıcaklık değerleri. A:Isıtma gerekli; B:Havalandırma gerekli; C:Sürekli havalandırma ve/veya soğutma gerekli; D:Serada üretim yapılamaz; E:Sadece gece saatlerinde ısıtma gerekli



Şekil 2 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).

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 farklı yakıt miktarları verilmiştir (Çizelge 6). Antalya koşullarında serada ısıtma amacıyla ithal kömürün kullanılması durumunda gereksinilen yakıt miktarı tek kat PE plastikte örtülmüş ısı perdesiz serada 24,6 kg/m² olurken, yan duvarların çift kat PE plastikte kaplanması ve iyi yalıtılmış ısı perdesinin kullanılması durumunda bu değer 16,2 kg/m² olmaktadır. Aydın iklim koşullarında aynı özelliklere sahip serada kömür gereksinimi 21,7 kg/m² olurken, Kütahya'da 58,2 kg/m²'ye yükselmektedir (Çizelge 6). Seralarda yakıt tüketimi ve maliyetinin karşılaştırılabilmesi için elde edilen ürün miktarının da değerlendirmelerde göz önüne alınması gereklidir. Kütahya koşullarında üretim periyodunun Aydın ve Antalya'ya göre daha uzun olması, verimin daha fazla olmasına olanak sağlamaktadır. Düzenli olarak ısıtılan seralardan üretim periyodu boyunca Kütahya'da 50 kg/m², Aydın'da 34 kg/m² ve Antalya'da 32 kg/m² domates verimi kabul edildiğinde ve ısıtmada 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 olacaktır. Yapılan hesaplamalardan görüleceği gibi, Kütahya ve Aydın iklim koşullarında sera ısıtmasında kömür kullanılarak yapılan domates üretimi Antalya koşullarında yapılacak üretimle rekabet edemeyecektir.

Serada kullanılan farklı fosil enerji kaynaklarının maliyeti ve atmosfere verdikleri CO₂ emisyonu farklıdır. Kütahya koşullarında yan duvarları çift kat plastikte kaplı ısı perdeli PE plastik serada ithal kömürün kullanılması durumunda atmosfere verilen CO₂ emisyonu 199,4 kg/m² a olurken, Aydın'da aynı özelliklere sahip seranın ithal kömürle ısıtılması durumunda atmosfere verilen CO₂ emisyonu 74,4 kg/m² a, Antalya'da 55,5 kg/m² a olmaktadır. Çizelge 6'dan da görüleceği gibi sera ısıtmasında doğal gazın kullanılması fiyat ve CO₂ emisyonu açısından en uygun yakıt olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak seraların kurulduğu kırsal alanlarda henüz doğal gaz alt yapısının olmayışı ve doğal gazın yurt dışından ithal edilmesi nedeniyle seracılık alanında kullanımı henüz söz konusu değildir. Ancak doğal gazın sera ısıtmasında kullanılması durumunda, yakıt maliyetinden %34 tasarruf sağlanabilecektir.

Sonuç ve Değerlendirme

Türkiye'de seracılık Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yapılmaktadır. Ancak Akdeniz iklim verileri incelendiğinde hava sıcaklıkları nedeniyle seralarda tüm yıl üretimin yapılması olanaksızdır. Bu durum seralarda üretim periyodunu kısıtladığından, birim alandan alınan verimi de düşürmektedir. Son yıllarda kurulan modern seralarda düzenli ısıtma yapılmakta ve yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Yeni kurulan modern seralarda enerji korunumu amacıyla kurulan ısı perdelerinin istenilen şekilde kullanılmaması beklenen ısı tasarrufunu sağlanamadığı gibi, kullanılan fazla yakıt nedeniyle atmosfere verilen CO₂ salınımı yüksek olmaktadır.

Günümüzde seralar için alternatif alanlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının (jeotermal) olduğu bölgelerdir. 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. Aydın ve Antalya'da sıcaklık değerleri Haziran ayının ortalarından itibaren 34°C'un üstüne yükseldiğinde seralar Haziran ayının ortalarından Ağustos ayının sonuna kadar boş bırakılmaktadır (Çizelge 5). Kütahya ilinde ise sıcaklık değerleri Temmuz ve Ağustos aylarında çok kısa bir süre için 27°C'un üstüne yükselmektedir. Bu dönemde iyi bir havalandırma ile birlikte yapılacak olan gölgeleme, bitkisel üretimin tüm yıl serada gerçekleşmesini mümkün kılacaktır.

Kütahya ilinde tüm yıl üretim yapabilme avantajı ortaya çıkarken ısıtma için gereksinilen yakıt miktarı Aydın ve Antalya'ya göre oldukça fazladır. Şekil 2'den görüleceği gibi serada sıcaklığın gündüz/gece 18/16°C'de tutulmak istenmesi durumunda, Kütahya'da yılın 5050 saatinde ısıtmaya gereksinim duyulurken, Aydın ilinde bu değer 3099, Antalya'da 2699 saat olmaktadır. Serada sıcaklığın 18/16°C'de tutulmak istenmesi durumunda Kütahya ilinde ısı korumalı serada üretim periyodu boyunca gereksinim duyulan ısı enerjisi 299 kWh/m²yıl olurken, bu değer Aydın'da 111 kWh/m²yıl, Antalya'da 83 kWh/m²yıl olmaktadır. Aydın ve Antalya'da ısı enerjisi gereksinimi birbirine yakınken, Kütahya'da gereksinim duyulan ısı enerjisi bu iki ilimize oranla yaklaşık 3 kat daha fazladır.

Kütahya iklim koşullarında ısı perdeli ve yan duvar yalıtımlı bir serada bir kg domates üretimi için 0,85 ₺ kömür enerjisi bedeli hesaplanırken, Aydın'da 0,47 ₺/kg, Antalya'da 0,37 ₺/kg olarak hesaplanmıştır. Kütahya'nın serada domates üretiminde Antalya ile rekabet edebilmesi için bir kg domates üretiminde aynı enerji bedelini sağlaması zorunludur. Bunun için sera ısıtmasında kullanılacak jeotermal enerjinin kWh bedeli en fazla 0,057-0,062 ₺ arasında olmalıdır (Şekil 3).

Aydın ilinde jeotermal enerji için 0,06 ₺/kWh bedel ödendiğinde üretim Antalya'ya ve Kütahya'ya göre çok karlı olacaktır. Jeotermal ısı enerjisinin 0,06 ₺/kWh'e pazarlanması durumunda, Aydın koşullarında ısı perdeli ve yalıtımı iyi olan serada yapılacak olan domates üretiminde bir kg domates için ödenecek jeotermal enerji gideri 0,20 ₺/kg olacaktır. Bu da Antalya'ya göre ısıtma için ödenecek bedelin yaklaşık yarısı anlamına gelmektedir. DPT 9. Kalkınma Planı Jeotermal Çalışma Grubunun Raporuna göre, jeotermal ile ısınma bedeli kWh başına 1-2 cent olarak verilmektedir. (DPT Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2001).

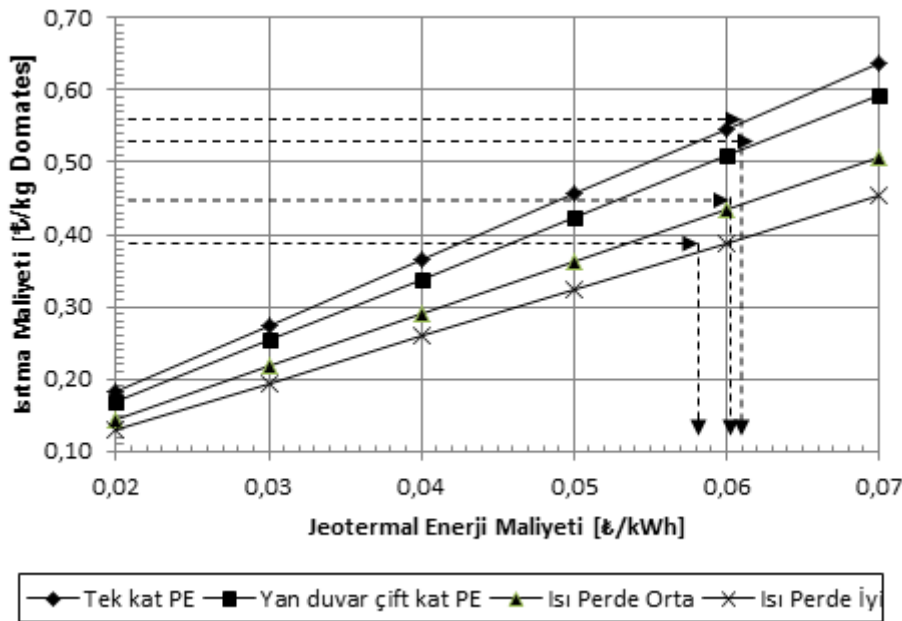
Sera ısıtmasında fosil enerji kaynaklarının kullanılması üretimin karlılığını olumsuz etkilediği gibi, fosil enerji kaynaklarının atmosfere verdiği CO₂ emisyonu karbon ayak izini büyütülmektedir. Sera ısıtmasında jeotermal enerjinin kullanılması durumunda atmosfere verilecek olan CO₂ emisyonu sifra yakın olacaktır. Sonuç olarak; jeotermal ısı enerjisinin fiyatının 0,06 ₺/kWh olarak belirlenmesi durumunda serada yapılacak üretim karlı olabileceği gibi, birim alandan

alınan verim artarken, ürünün yüksek değere sahip olduğu soğuk kış günlerinde elde edilecek gelire bağlı olarak üreticinin refahı ciddi anlamda yükselecek tülkeye döviz kazandırılacaktır. Belirtilen nedenlerle Kütahya ve Aydın illerinde kurulacak Organize Seracılık bölgelerinde günümüz teknolojisine uygun modern sera yapılarının seçilmesi ve enerji korunumu amacıyla teknik önlemlerin alınması koşuluyla, Türkiye'de seracılık sektörüne ve

üreticilerine anlamlı katkı sağlanacaktır. Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin azaltılması, ısıtma sistemlerinin boyutlarının küçülmesine, ısı kaynağı israfının ortadan kalkmasına olanak sağlarken, yatırım açısından ek finans gerektirmektedir. Belirtilen nedenle işletmenin fizibilitesi yapılırken, tasarruf edilen birim enerji bedeline karşın, yapılan yatırım bedelinin iyi analiz edilmesi gereklidir.

Çizelge 6 Kütahya, Antalya ve Aydın illeri iklim koşullarında serada domates üretiminde gerekli olan ısı enerjisi, yakıt miktarı ve kullanılan yakıtta bağlı CO₂ emisyon değerleri

Özellikler	İller											
	Kütahya				Aydın				Antalya			
Çatı örtüsü	Tek katlı PE plastik											
Yan duvar örtüsü (PE)	Tek kat		Çift kat		Tek kat		Çift kat		Tek kat		Çift kat	
Gündüz/Gece (°C)					18/16		18/16					
Isı perdesi/Yalıtım	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 ² yıl)	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 ²)	50				34				32			
Gerekli yakıt miktarı												
Kömür (İthal) (kg/m ²)	81,8	76,1	65,0	58,2	31,2	29,2	24,6	21,7	24,6	23,4	18,9	16,2
Kalorifer yakıtı (kg/m ²)	48,7	45,2	38,7	34,6	18,6	17,3	14,6	12,9	14,7	13,9	11,2	9,6
Doğal gaz (m ³ /m ²)	48,5	45,1	38,6	34,5	18,5	17,3	14,6	12,8	14,6	13,9	11,2	9,6
Yakıt maliyeti (€/m ² yıl)												
Kömür (İthal)	59,62	55,46	47,37	42,42	22,74	21,28	17,93	15,82	17,93	17,05	13,77	11,81
Kalorifer yakıtı	65,21	60,52	51,82	46,33	24,91	23,16	19,55	17,27	19,68	18,61	15,00	12,85
Doğal gaz	39,06	36,32	31,09	27,79	14,90	13,93	11,76	10,31	11,76	11,19	9,02	7,73
Isıtmada kullanılan yakıtta bağlı CO ₂ emisyonu. (CO ₂ eşdeğeri kg/m ² yıl)												
Kömür (İthal)	280,3	260,8	222,8	199,4	106,9	100,1	84,3	74,4	84,3	80,2	64,8	55,5
Kalorifer yakıtı	169,5	157,3	134,7	120,4	64,7	60,2	50,8	44,9	51,2	48,4	39,0	33,4
Doğal gaz	111,2	103,4	88,5	79,1	42,4	39,7	33,5	29,3	33,5	31,9	25,7	22,0
Birim domates verimi için ısıtma maliyeti (€/kg yıl)												
Kömür (Soma)	1,19	1,11	0,95	0,85	0,67	0,63	0,53	0,47	0,56	0,53	0,43	0,37
Kalorifer yakıtı	1,30	1,21	1,04	0,93	0,73	0,68	0,57	0,51	0,62	0,58	0,47	0,40
Doğal gaz	0,78	0,73	0,62	0,56	0,44	0,41	0,35	0,30	0,37	0,35	0,28	0,24



Şekil 3 Kütahya koşullarında farklı donanımlara sahip seralarda birim domates verimi maliyeti için jeotermal enerji birim fiyatı

Teşekkür

Bu makale TÜBİTAK tarafından desteklenen 114O533 nolu proje çerçevesinde geliştirilen ISIGER-SERA uzman sistemle yapılan hesaplamalar kullanılarak hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Anonim. 2016. <http://www.tesisat.com.tr/yayin/yakit-fiyatlari/>
Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S. 2016. Seralarda Isıtma Sistemlerinin Modellemesi ve Karar Verme Aşamasında Bilimsel Verilere Dayalı Uzman Sistemin "ISIGER-SERA" Geliştirilmesi. TÜBİTAK Proje No: 114O533
Eker M.M. 2012. Jeotermal seralarda hedef, 30 bin hektar. Jeotermal belediyeler dergisi. sayı 6. s.5-14.
Mertoğlu O. 2006. T.C. Başbakanlık DPT 9. Kalkınma Planı (2007-2013) MÖ, EHAK, Jeotermal Çalışma Grubu Raporu (Yayımlanmamış). Ankara.
Munoz P, Anton A, Nunez M, Paranjpe A, Arino J, Castells Y, Montero J, Rieradevall J. 2008. Acta Horticulturae. 801 (2), 1591-1596.
Nisen A, Grafiadellis M, Jiménez R, La Malfa G, Martinez-Garcia PF, Monteiro A, Verlodt H, Villele O, Zabeltitz Cv, Denis Jc, Baudoin W & Garnaud Jc. 1988. Cultures protegees en climat mediterranean. FAO, Rome.

- Önder D. 1998. Hatay ili samandağ ilçesindeki seraların yapısal ve teknik yönden incelenmesi ve yöre seraları için ısı yükünün belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana
Russo G, Delucia Zeller B. 2008. Acta Horticulturae. 801, 1597-1604.
Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001. DPT. 2609 – ÖİK. 620. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu. Ankara 2001
Tantau HJ. 1983. Heizungsanlagen im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
TÜİK. 2014. Tarım istatistikleri özeti. Türkiye İstatistik Kurumu.
Üstün S. 1993. Çukurova bölgesinde farklı sera içi iklim koşullarında ısı gereksiniminin hesaplanması üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yüksek Lisans Tezi. Adana.
Zabeltitz Cv. 1986. Gewächshäusern. Handbuch des ErwerbsgärtnerVerlag Eugen Ulmer.
Zabeltitz Cv. 2011. Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates. Climate Conditions, Desing, Construction, Maintenance, Climate Control. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.