

Bekir Sıtkı KARATAŞ
Ömer Faruk DURDU

Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 09100 Aydın
e-posta: bkaratas@adu.edu.tr

Aydın İli Koşullarında Sera Isıtmasında Jeotermal Enerjinin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

Investigation of geothermal energy utilization for greenhouse heating in the province of Aydın

Alınış (Received): 09.05.2012

Kabul tarihi (Accepted): 13.12.2012

Anahtar Sözcükler:

Jeotermal, sera, ısıtma, Aydın ili

Key Words:

Geothermal, greenhouse, heating, Aydın province

ÖZET

Bu çalışmada, öncelikle dünyada ve ülkemizdeki jeotermal enerji ve seracılığın potansiyeli ile mevcut durumu ortaya konulmuştur. Daha sonra jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili yapılan çalışmalar değerlendirilerek, Aydın ili için jeotermal enerjinin sera ısıtmasında kullanılabilirliği incelenmiştir. Mevzuatta jeotermal sera alt sınırı, Tarıma Dayalı İhtisas Organize Sanayi Bölgeleri'nde 3 da ve bireysel seralarda 5 da olarak belirlenirken, üst sınır konulmayarak, mümkün olduğunca büyük seralar teşvik edilmiştir.

Aydın ilinin jeotermal sahalar açısından büyük bir kısmının sera ısıtmasına elverişli olduğu ve jeotermal enerjinin diğer tüm enerjilere göre daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Çalışmada önerilen sera büyüklüğü olan 25 da'lık bir jeotermal ısıtmalı seranın maliyetinin yaklaşık 2 milyon TL olacağı ve bunun 2-4 yıl içinde geri ödeyeceği tespit edilmiştir.

Dış sıcaklık değerleri açısından Aydın ilinde jeotermal sera kurulmasına herhangi bir engel bulunmamaktadır. Aydın ili seralarında yetiştirilecek bitkiler için 6 ay (Kasım-Nisan); özellikle domates yetiştirilmesi durumunda ise 9 ay (Eylül-Mayıs) ısıtma yapılması gerektiği belirlenmiştir.

ABSTRACT

In this study, at first, the current situation of the potential for geothermal energy and greenhouse of the world and Turkey was determined. Later, former studies were evaluated regarding the use of geothermal energy and the utilization of geothermal energy for greenhouse heating of the province of Aydın.

The lower limit of the geothermal greenhouse area in the legislation was assigned as 3 da for the Agriculture Based Specialized Industrial Zones and 5 da for the individual greenhouses. However, greenhouses have been encouraged to be as large as possible.

In terms of geothermal fields, a large portion of the province of Aydın is convenient for greenhouse heating and geothermal energy is more economical than all other energies. In the present study, the proposed geothermal heated greenhouse size has been identified as a 25 da and would cost around £ 2 million. This size of greenhouse can repay its spendings within 2-4 years.

In terms of the outside temperature, there are no obstacles for the establishment of geothermal greenhouse in the province of Aydın. In the greenhouses of Aydın, six months (November-April) heating is required for the grown plants, particularly in the case of tomato cultivation nine months (September-May) heating is required.

GİRİŞ

Birim alandan yüksek verim alınmasını ve küçük alanların marjinal şekilde değerlendirilmesini sağlayan örtü altı yetiştiriciliği, aynı zamanda yıl içerisinde düzenli istihdam sağlaması nedeniyle de önemli tarımsal faaliyetlerdendir (Yavuz, 2005).

Örtü altı yetiştiricilik, iklim faktörünün etkisi ortadan kaldırılarak, gerekli özel çevre koşullarının sağlanması ile alçak ve yüksek sistemler içinde yapılan sebze, meyve ve süs bitkileri yetiştiriciliği için kullanılan genel bir tanımlamadır. Bu sistem içinde cam veya plastikle örtülü yüksek yapılar "sera" olarak adlandırılmakta, ayrıca alçak ve yüksek tünel şeklinde yapılan yetiştiricilik de örtü altı yetiştiricilik kapsamında değerlendirilmektedir (Keskin ve Çakaryıldırım, 2003).

Seralarda kontrol edilmesi gereken başlıca iklim parametreleri, sıcaklık, ışık, oransal nem ve CO₂ konsantrasyonudur. Bu parametrelerin bütüncül değerlendirilmesi ve bitkilerin optimum isteklerini karşılayacak şekilde temini, üründe nitelik ve nicelik artışını sağlayabilmektedir. Isıtma faktörü, bitki gelişmesi üzerinde çok önemli etkilere sahiptir. Seralarda istenilen sıcaklık değerinin sağlanması modern yetiştiriciliğin de bir gereğidir (Karacabey, 2008). Seralarda ısı enerjisi en büyük girdiyi oluşturmaktadır (Başçetinçelik, 2000). Bu yüzden, enerji maliyetini olabildiğince düşük düzeyde tutarak, ekonomik seracılığın yolları aranmalıdır. Her geçen gün biraz daha tükenen fosil enerji kaynaklarına alternatif olan yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji, düşük maliyetiyle tüm dünyada benimsenen bir alternatif enerji kaynağı haline gelmiştir. Diğer yakıt fiyatlarının yüksekliği nedeniyle de jeotermal enerji, ekonomiklik sağlayarak, önemli bir tarımsal faaliyet olan seracılığın gelişimini teşvik edebilir (Harzadın, 1994; Karacabey, 2008; GEKA, 2011).

2010 yılında dünyada jeotermal enerji kullanımı 438071 TJ/yıl (121696 GWh/yıl)'a ulaşmıştır. Jeotermal enerji, %49.0'u ısı pompası, %24.9'u banyo ve yüzme, %14.4'ü ısıtma (%85' i merkezi ısıtma), %5.3'ü sera ve açık zemin ısıtma, %2.7'si endüstriyel proses ısıtması, %2.6'sı su ürünleri yetiştirme havuzu ısıtması, %0.4'ü tarımsal kurutma, %0.5'i kar eritme ve soğutma, %0.2'si diğer alanlarda olmak üzere, birçok sektörde kullanılmaktadır (Hancioğlu Kuzgunkaya vd., 2011).

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından, dünyada 7. ve Avrupa'da 1. sırada yer almaktadır (Kuter, 2009; www.enerji.gov.tr). Türkiye, dünyada jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı bakımından

10247 GWh/yıl ile 4. ve elektrik enerjisi üretiminde 490 GWh/yıl ile 12. sıradadır (GEKA, 2011).

Jeotermal kaynaklarımızın %78'i Batı Anadolu'da yer almaktadır. Bu kaynakların %39'u konut ısıtması, %6'sı elektrik üretimi ve %55'i ise diğer kullanımlar için uygundur. Türkiye'nin teorik jeotermal ısı potansiyeli 31500 MWt olarak kabul edilmektedir (Dağıstan, 2006). 2011 yılı itibarıyla bu potansiyelin yaklaşık %15 (4764 MWt)'i görünür hale getirilmiştir (MTA, 2011).

Türkiye'deki mevcut jeotermal enerji uygulamalarının %6'sı elektrik üretimi, %67'si konut ısıtması, %9 termal tesis ısıtma, %18'i sera ısıtmasında kullanılmaktadır (GEKA, 2011).

Türkiye'nin jeotermal ısı potansiyelinin, tam değerlendirilmesi ile sağlanacak net yurtiçi katma değer, 20 milyar USD/yıl civarındadır (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2006). Bu değer 100 m² oturma alanına sahip 5 milyon konut veya 15000 ha sera ısıtmasına veya 1 milyonun üzerinde kaplıca yatak kapasitesine ya da 30 milyon ton/yıl fuel-oil veya 30 milyar m³/yıl doğalgaza eşdeğerdir (Mertoğlu vd., 2006). Jeotermal potansiyelimizin tamamının harekete geçirilmesi halinde, 30000 kişiye de istihdam sağlanabilecektir (www.eie.gov.tr).

Türkiye, toplam elektrik enerjisi ihtiyacının %5'ini, ısıtmada ısı enerjisi ihtiyacının %30'unu; ağırlıklı ortalaması alındığında ise toplam (elektrik+ısı) enerji ihtiyacının %14'ünü jeotermal enerji ile karşılayabilecek potansiyele sahiptir (Mertoğlu vd., 2006).

Zengin bir jeotermal potansiyele sahip Aydın ilinde jeotermal enerjinin mevcut elektrik üretim amaçlı kullanımı yanında, sera ısıtmasında kullanımı da gündemdedir (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2006). Jeotermal enerjiyle, Aydın ve civarında 90 bin konut, 250 bin konut eşdeğerinde termal tesis ve seranın ısıtılması hedeflenmektedir (Türkiye Jeotermal Derneği, 2006). Aydın ili jeotermal kaynaklarıyla 10000 ha sera alanının ısıtılacağı öngörülmektedir (GTHB, 2012).

2002 yılı itibarıyla dünyadaki örtü altı alanının 3 milyon ha'nın üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Gül vd., 2005). Kacira (2011) tarafından, dünyada ilk 10 büyük sera varlığı olan ülkelerin sera alanları toplamı 3018852 ha olduğu bildirilmiştir.

TÜİK (2011) verilerine göre; ülkemiz, sera varlığı açısından, 2010 yılı itibarıyla dünyada 4. sırada yer almaktadır (Çizelge 1).

Ülkemizdeki sera alanlarının yaklaşık %58'i Antalya, %28'i İçel, %11'i Muğla, %2 İzmir ve %1'i İstanbul'da bulunmaktadır. Ülkenin mikro ikliması uygun başka

bölgelerine yayılmış sera alanlarının ise genel toplam içinde söz konusu edilecek önemli bir yer tutmadığı söylenebilir (Yağcıoğlu, 2005). Ancak bu illere 1124.9 ha'lık sera varlığıyla (TÜİK, 2010) son yıllarda önemli gelişme gösteren Aydın ili de ilave edilmelidir.

Çizelge.1 Önemli Ülkelerin Sera Varlıkları

Table.1 Greenhouse Assets of Major Countries

Ülke	Veri Yılı	Sera Alanı (ha)	Kaynak
Çin	2010	2760000	Kacira, 2011
İspanya	2011	78407	Lambarraa, 2011
G.Kore	2009	57444	Kacira, 2011
Türkiye	2010	56718	TÜİK, 2011
Japonya	2011	49049	Kacira, 2011

Ülkemizdeki seralarda yetiştirilen ürünler ve alansal dağılımları Çizelge 2'de verilmektedir (Gül vd., 2005; Yavuz, 2005).

Çizelge.2 Türkiye'deki Seralarda Yetiştirilen Ürünler ve Alansal Dağılımları

Table.2 Crops Grown in Greenhouses of Turkey and Their Spatial Distribution

Yetiştirilen Ürün	Alan (%)
Domates	48.45
Hıyar	19.19
Biber	16.43
Patlıcan	8.17
Kavun, fasulye, kabak vb.	2.76
Kesme Çiçek	4.00
Meyve	1.00

Seralara işletme yapısı ve sera büyüklüğü yönünden bakıldığında; genelde seraların aile işletmeleri şeklinde ve küçük alanlara sahip olduğu görülmektedir. Bu işletmelerin büyüklüklerine göre dağılımları ise Çizelge 3'te verilmiştir (Yavuz, 2005).

Çizelge.3 Türkiye'deki Seraların Büyüklüklerine Göre Dağılımları

Table.3 Distribution by Size of Greenhouses in Turkey

Sera Büyüklüğü (da)	Oranı (%)
<1	11
1-3	75
3-10	11
>10	3

Seracılığın en önemli sorunlarından biri ısıtmadır. Isıtma giderleri sera karlılığını etkileyen en önemli etmendir. Sera ısıtmasında kullanılan yakıtların pahalılığı üreticiyi ısıtma yapmadan yetiştiriciliğe

yönelmektedir. Seracılık işletmelerinde ısıtma giderleri, yetiştirme mevsimi ve konuma bağlı olarak, toplam üretim giderlerinin %40-80'ini oluşturabilmektedir. Ülkemiz seralarında düzenli bir ısıtma yapılmamakta, sadece bitkileri dondan korumak amacıyla ısıtma uygulanmaktadır. Düzenli ısıtma yapılmaması, verim düşüklüğü, üretim çeşidinde sınırlama, tarımsal mücadele için ilaç ve hormon kullanma zorunluluğu gibi problemleri beraberinde getirmektedir (Kendirli ve Çakmak, 2010).

Sera içi iklimini oluşturan öteki unsurların da uygun değerlerde olması ve yetiştirilen bitki için izin verilecek en yüksek sıcaklığı aşmamak koşuluyla, sera içi sıcaklık derecesinde her 10 °C'lik artış, bitki gelişmesini yaklaşık iki kat artırmaktadır (Yağcıoğlu, 2005). Bu nedenle seraların gece saatlerinde ve hatta güneş ısınlarının yetersiz kalması durumunda gündüz saatlerinde de ısıtılması gerekir (Karacabey, 2008). Sera ısıtmasında, soba, kalorifer, sıcak hava, ısı pompası, güneş enerjisi ve jeotermal enerji kullanılmaktadır (Yağcıoğlu, 2005).

Dünyada jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanlarının 1000 ha olduğu bilinmektedir (Kılıç ve Kılıç, 2009). Dünyada yaklaşık 17174 MWt karşılığı jeotermal enerjinin turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik amacıyla sera ısıtmasında kullanıldığı tahmin edilmektedir (Karacabey, 2008). Türkiye'de 2012 yılı itibarıyla 281.1 ha olan jeotermal seranın (GTHB, 2012), 2013 yılında 500 ha olması hedeflenmektedir (Mertoğlu vd., 2006).

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (GTHB), jeotermal ısıtım seraları desteklemektedir. Bakanlık, alternatif enerji kaynakları kullanan seralara %75'e kadar hibe vermektedir. Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı çerçevesinde 2006-2010 yılları arasında alternatif enerji kaynakları kullanan 199 sera projesine yaklaşık 36 milyon TL hibe verilmiştir (www.tedgem.gov.tr).

Jeotermal seracılık yasal açıdan değerlendirildiğinde; yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili bir yasada "Yeterli jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediyelerin sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyaçlarını öncelikle jeotermal ve güneş termal kaynaklarından karşılamaları esastır" (Resmi Gazete, 2005) denilerek, yasalarla jeotermal enerji kullanımı öncelenmektedir.

9. Kalkınma Planı (2007-2013)'nda jeotermal enerji konusunda yasal düzenleme çalışmalarının tamamlanması planlanmıştır (Resmi Gazete, 2006). Bu planlamanın bir gereği olarak, 2007 yılında jeotermal

kaynakların işletilmesini düzenleyen 5686 sayılı Kanun yayımlandı. Buna göre; jeotermal sahaların ruhsat sahibi, kullanım sonrası açığa çıkacak akışkanı çevre limitlerini dikkate alarak deşarj edebilir. Akışkan içeriği çevre limitlerine göre deşarja izin vermiyorsa reenjektion etmekle yükümlüdür. Ancak formasyonun fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle reenjektionun gerçekleşmediğinin MTA tarafından onaylanması halinde, çevre kirlenmesini önleyecek tedbirler alınarak, deşarj yapılır (Resmi Gazete, 2007a). Bu koşullar reenjektion gibi pahalı bir uygulamayı, MTA onayına bağlı olmak koşuluyla, mutlak olmaktan çıkartarak, jeotermal enerji kullanımını nispeten kolaylaştırmaktadır.

Ancak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğindeki "Jeotermal kaynak sularının debisi 10 l/s ve üzerinde ise suyun alındığı formasyona reenjektion ile bertaraf edilmesi zorunludur. Reenjektion ile bertaraf etmeyenlere işletme ruhsatı verilemez. Ancak, reenjektionun mümkün olmadığı bilimsel olarak ispatlanması hâlinde; alıcı ortama deşarj edilecek olan suların içerisinde çözülmüş hâlde bulunan mineral ve elementlerin miktarlarının belirlenmesi için yapılacak jeokimyasal analizlerin sonucuna göre Bakanlıkça belirlenecek deşarj standartları esas alınarak izin verilebilir" (Resmi Gazete, 2004) ifadesi, MTA onayından önce deşarj iznini, önce debi ile daha sonra bilimsel bir raporla ilişkilendirmiştir.

Konuyla ilgili bir tebliğde "Bakanlıkça uygun görülen teknolojik veya jeotermal seracılık ve organik tarım yatırımının toplam proje maliyet bedelinin en az 5 milyon USD karşılığı TL tutarında olması, yatırımın faaliyete geçmesinden itibaren en az 10 kişiye 5 yıl süreyle istihdam sağlanmasının taahhüt edilmesi halinde, Bakanlıkça belirlenen koşullarla ve bedeli karşılığında, başvuruda bulunan yatırımcıya doğrudan ön izin, kullanma izni verilebilir ve/veya irtifak hakkı tesis edilebilir" (Resmi Gazete, 2007b) ifadesiyle, hem jeotermal seracılık hem de bu sektörde istihdam teşvik edilmektedir.

Başka bir yönetmelikte ise "Entegre kullanıma uygun jeotermal akışkan işletme ruhsatına sahip, gerçek veya tüzel kişiler reenjektion şartlarının müsaade ettiği aralıktaki sıcaklık ve debideki kendi ihtiyacından fazla jeotermal akışkanı özellikle sera ve organik tarım yapma amacıyla bulunan müteşebbislerin teşvik edilmesi bakımından kiralanması esastır" (Resmi Gazete, 2007c) hükmüyle, entegre kullanım durumunda jeotermalin seracılıkta kullanımı öncelenerek, teşvik edilmektedir.

Bir diğer mevzuatta "Mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri, dikili tarım arazileri, sulu tarım arazileri,

alternatif alan bulunmaması ve kurulun uygun görmesi şartıyla; jeotermal kaynaklı teknolojik sera yatırımları için bu arazilerin amaç dışı kullanım taleplerine, toprak koruma projesine uyulması kaydıyla Bakanlık tarafından izin verilebilir" (Resmi Gazete, 2009a) denilerek, tarım arazilerinin jeotermal seracılıkta kullanılması halinde, bu alanları stratejik bir alan gibi değerlendirilip, amaç dışı kullanımına izin verilebilmektedir.

Jeotermal seraların "Kontrollü Örtü altı Üretim Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliğe" uygun olması gerekmektedir. Avrupa Birliği Standartlarına uygunluk açısından seranın yerleşeceği parsel en az 5 da olmalıdır (Genelge, 2008).

Bir başka yönetmeliğe göre; seracılık için öngörülen Tarıma Dayalı İhtisas Organize Sanayi Bölgeleri (TDİOSB) alanının en az 500 da olması ve en az 30 farklı müteşebbisin yazılı olarak proje kapsamında yer alacağına dair taahhüdünün bulunması gerekmektedir. Ayrıca proje sahasının jeotermal enerji kaynağına sahip bölgelerde olmasında yarar görülmektedir. Bu yönetmeliğe göre; her bir sera işletmesinin sahip olacağı arazi büyüklüğünün en az 10 da olması ve işletmelere ayrılan sera parsel büyüklüğünün de en az 3 da olacak şekilde planlanması; seraların birim kurulum maliyetlerinin daha ekonomik olabilmesi için ise en az 5 da, optimum 10 da olmak üzere mümkün olan en büyük alana sahip olması (Resmi Gazete, 2009b) gerekmektedir. Bu iki mevzuat jeotermal sera alt sınırını TDİOSB'lerde 3 da ve bireysel seralarda 5 da olarak belirlerken, üst sınır konulmayarak, mümkün olduğunca büyük seralar teşvik edilmiştir.

Bu çalışmada, öncelikli dünyada, ülkemizde ve Aydın ilindeki jeotermal enerji ve seracılığın potansiyeli ve mevcut durumu ortaya konulmuştur. Daha sonra dünyada, ülkemizde ve Aydın iline yakın veya benzer yörelerde sera ısıtmasında diğer kaynaklar yanında jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili yapılan çalışmalar değerlendirilerek, organize sera bölgesi kurulması planlanan 9 ilden biri olan Aydın ili için jeotermal enerjinin sera ısıtmasında kullanılabilirliği incelenmiştir. Böylece konuyla ilgili yörede öncülük ya da yatırım yapacak şahıs ve kurumlara bir ön projeksiyon sunulmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmayla, daha ayrıntılı yapılması gereken araştırmalara bir zemin hazırlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmanın materyalini Aydın ili oluşturmaktadır. 2009 yılı itibarıyla Aydın ilinde niteliklerine göre örtü altı tarım alanları Çizelge 4'te (TÜİK, 2010); örtü altında

yetiştirilen sebze ve meyve üretim miktarları ise Çizelge 5'te verilmiştir (TÜİK, 2011).

Çizelge.4 Niteliklerine Göre Örtü Altı Tarım Alanları (ha)

Table.4 Agricultural Greenhouse Fields based on their Characteristics (ha)

	Toplam	Cam Seri	Plastik Seri	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
Aydın	1124.9	3.6	61.7	930.8	128.8
Türkiye	56718.0	8293.2	22018.6	7704.6	18701.6
Oran (%)	1.98	0.04	0.28	12.08	0.69

Çizelge.5 Örtü Altı Sebze ve Meyve Üretim Miktarı (ton)

Table.5 Quantity of Vegetable and Fruit Production in Greenhouses (t)

	Toplam	Sebze	Meyve
Aydın	45941	13273	32668
Türkiye	5524777	5257257	267520

Aydın İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü (2012) tarafından yapılan bir çalışmada; Aydın ilinde, Buharkent, Germencik ve Köşk ilçelerinde mevcut durumda jeotermal enerji ile ısıtılan 14 işletmeye ait toplam 14.94 ha'lık sera alanı bulunmaktadır. Destek ve su temini olması durumunda ise, Bozdoğan, Buharkent, Germencik, Köşk, Kuşadası, Aydın-Merkez, Nazilli, Söke ve Sultanhisar'da toplam 5612 ha alanda jeotermal ısıtmalı seracılık yapılabileceği belirlenmiştir. Yenipazar, Çine, Didim, İncirliova, Karacasu, Karpuzlu ve Koçarlı ilçelerinde bulunan çiftçilerin ise bu kaynaktan faydalanmayacağı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, mevcut durumda jeotermal ısıtma yapılan seralarla büyük oranda domates olmak üzere, biber, hıyar, fasulye ve gerbera yetiştiriciliği yapıldığı belirlenmiştir.

Sıcak su kaynakları bakımından oldukça zengin olan Aydın'da jeotermal çalışmalar 1981 yılında başlamıştır. MTA'nın Türkiye'de yaptığı 171500 m jeotermal sondajın 20000 m'si Aydın'da gerçekleştirilmiştir. Aydın'ın jeotermal potansiyeli toplamı 24251 MWt'dir (Dağıstan, 2006; GEKA, 2011). Bu alanlardan bazıları, kaynak sıcaklıkları ile mevcut kullanım alanları Çizelge 6'da verilmiştir (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2006; Karacabey, 2008; GEKA, 2011; www.enerji.gov.tr). Ayrıca MTA tarafından keşfedilmiş diğer sahalardan, Umurlu, Hıdırbeyli, Yılmazköy, Atça ve Sultanhisar'da gerek sözleşme, gerekse ihale yolu ile yatırımcılara devredilmiş sahalarda santral inşaat çalışmaları devam etmektedir. Bunların dışında 2009 yılında, Kuyucak, İsabeyli ve Pamukören sahalarda da jeotermal kuyular açılmıştır (GEKA, 2011).

Çizelge 6. Aydın İlindeki Jeotermal Sahalar ve Özellikleri

Table.6 Geothermal Fields and their Characteristics in Aydın

Jeotermal Alan	Sıcaklık (°C)	Kuyu Debileri (l/s)	Kullanım Alanı
Germencik	232	13-194	Elektrik üretimi, sera, kaplıca
Sultanhisar-Salavatlı	171	27-166	Elektrik üretimi, sera
Yılmazköy	142	114-144	Termal tesis ısıtma, kaplıca
İlicabaşı	103	7-18	Kaplıca
Çamköy (Alanaüllü)	90	2-4	Isıtma, balneoloji
Bozköy-Çamur	36-145	0.5-2	Kaplıca
Malgaçemir	30	0.2-0.6	-
Gümüş	40-50	35-64	Kaplıca
Söke-Sazlıköy	27	30	-
Buharkent-Ortakçı	51	0.3	-
Nazilli-Gedik	27-32	3.6-190	-
Davutlar-Kuşadası	26-42	3-50	Kaplıca

Ayrıca Aydın ili ile hem coğrafi hem de iklim özellikleri açısından ona çok yakın, seracılıkta önde gelen ve aynı zamanda bu çalışmada karşılaştırma amacıyla, o yöredeki çalışmaların da incelendiği illerden İzmir ve Antalya'ya ait sera ısıtma ihtiyacı hesaplamalarında kullanılan meteorolojik parametrelerin (Yıldız, 2010) uzun yıllık (1970-2010) aylık ortalama değerlerine ilişkin veriler, birlikte Çizelge 7'de verilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2011).

Yöntem

Bu çalışmada; dünyada ve ülkemizde seralarda jeotermal enerji ile ısıtma uygulamaları incelenmiş; Aydın ilinin jeotermal ve seracılık potansiyeli, sera koşullarında yetiştirilen bitki cinsleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca jeotermal seracılık açısından meri mevzuat incelenerek, durum tespiti yapılmıştır.

Sonuç olarak, jeotermal enerji ile sera ısıtma konusunda yapılan çalışmalar ışığında, Aydın ili için, meteorolojik verileri, seralarda yetiştirilebilecek bitki cinsleri ve bunların gereksinim duyduğu ideal ortam sıcaklıkları ile jeotermal enerji potansiyeli gibi faktörler bir arada değerlendirilerek, jeotermal enerjinin sera ısıtmasında kullanılabilirliği incelenmiştir.

Çizelge.7 Aydın-İzmir-Antalya İllerine Ait Bazı İklim Parametrelerinin Uzun Yıllar Aylık Ortalama Değerleri

Table.7 Long Terms Monthly Average Values of Some Climate Parameters for Aydın-İzmir-Antalya Provinces

Parametre	İl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	Aydın	4.2	4.8	6.8	10.1	14.1	18.1	20.4	20.1	16.5	12.7	8.4	5.5
	İzmir	6.0	6.2	8.0	11.6	15.7	20.2	22.8	22.7	18.8	14.8	10.5	7.5
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	Aydın	5.8	6.1	7.8	11.0	14.8	19.4	22.5	22.4	19.1	14.9	10.1	7.1
	İzmir	4.3	5.0	6.2	7.2	9.1	10.6	11.1	10.5	9.2	7.0	4.6	4.1
Nisbi nem (%)	Aydın	4.3	5.0	6.3	7.3	9.5	11.4	12.1	11.4	10.0	7.3	5.3	4.0
	İzmir	5.2	5.5	6.5	8.6	9.5	11.4	11.5	11.3	9.5	8.0	6.2	5.1
Rüzgar hızı (m/s)	Aydın	73.6	70.9	65.0	60.6	54.0	46.5	43.4	46.0	51.7	62.5	70.5	74.8
	İzmir	67.2	65.7	60.6	56.9	53.6	46.9	43.7	44.7	51.8	60.2	66.2	68.1
Rüzgar hızı (m/s)	Aydın	65.5	66.0	62.0	62.0	69.0	59.0	61.0	64.0	59.0	57.0	58.0	62.0
	İzmir	1.4	1.5	1.5	1.3	1.3	1.5	1.6	1.5	1.4	1.2	1.3	1.4
Rüzgar hızı (m/s)	Aydın	2.6	2.7	2.6	2.5	2.4	2.6	2.9	2.7	2.5	2.3	2.3	2.5
	İzmir	3.3	3.5	3.1	2.8	2.5	2.9	2.7	2.6	2.6	2.6	2.8	3.1

Sıcaklığı 40 °C'nin üzerinde olan jeotermal sahaların tümü sera ısıtmasına uygun (Kuter, 2009) kabul edilmiştir.

Dış ortam sıcaklığının belirlenmesinde, seranın bulunduğu bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak yılın en soğuk zamanında oluşan en düşük sıcaklıkların ortalaması (Yıldız, 2010) dikkate alınmıştır.

Ülkemizde üretimi en fazla olan sebze, %27.3 ile domatestir (TÜİK, 2006). Ülkemizdeki seraların %95'inde sebze, (Gül vd., 2005) ve sebze yetiştiriciliğinin de %51'i domates (Yavuz, 2005) olduğundan; çalışmadaki değerlendirmeler domates bitkisi üzerinden yapılmıştır.

Tek ürün yetiştiren işletmelerde domatesin vejetasyon periyodu Ekim-Haziran dönemi olarak dikkate alınmıştır (Rad ve Yarşı, 2005). Mezoterm bir bitki olan domates için en iyi ürün verdiği ısı koşulları, gece 17-19 °C ve gündüz 26.5 °C kabul edilmiştir (Kurtar, 2012).

Oregon State Üniversitesinde serada domates yetiştiriciliği için minimum ekonomik işletme ölçeği yaklaşık 25 da olarak bildirilirken (Anonymous, 2002), jeotermal bir seranın, teknik, ekonomik ve ticari olarak işletilebilmesi için de en az 25 da olması önerilmektedir (Türkiye Jeotermal Derneği, 2005). Bu yüzden bu çalışmada da tüm değerlendirmeler; 25 da büyüklükteki ve ülkemizdeki tüm örtü altı yetiştiriciliğinde yaklaşık %85'lik bir paya sahip olan (TÜİK, 2010) plastik örtü malzemeli bir sera için yapılmıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde jeotermal seracılık öncelikle iklim açısından değerlendirilmiştir. Daha sonra, teknik, mali ve ekonomik açıdan dünya ve ülkemizde konuyla ilgili yapılan çalışmalar ışığında tartışılmış ve Aydın ili için sonuçlar çıkarılmıştır.

Jeotermal ısıtmalı seralarda ısıtma hesaplarına esas olan dış proje sıcaklığının -15 °C'den ve kış ayları dış hava ortalama sıcaklığının 0 °C'den daha düşük olmaması önerilmektedir (Türkiye Jeotermal Derneği, 2005). Çizelge 7'ye bakıldığında; en soğuk olan Ocak ayında bile, Aydın ili için uzun yıllar aylık ortalama en düşük sıcaklık değerinin 4.2 °C olduğu görülmektedir. Bu yüzden, dış sıcaklık değerleri açısından Aydın ilinde jeotermal sera kurulmasına herhangi bir engel bulunmamaktadır.

Aydın ili, genellikle nisbi nemin düşük ve rüzgar hızlarının az oluşu nedeniyle, seracılık açısından Antalya ilinden daha uygundur. Seralarda yüksek nem, birçok hastalığı teşvik edicidir. Rüzgâr ise sera konstrüksiyonunun yükünü artırmakta ve ısı kaybını neden olmaktadır. Ancak, Aydın ilinde kış ayları sıcaklıkları Antalya iline göre birkaç derece düşük olduğundan (bkz. Çizelge 7), sera ısıtma maliyetleri daha yüksek olmaktadır (GTHB, 2012).

Antalya'da cam sera koşullarında yetiştirilen domates için Koç Çakaloz vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada; polen çimlenme oranının, ısıtmasız serada ortalama minimum 8.4 °C sıcaklıkta %34.72, Kasım-Mart ayları arasında minimum sıcaklık 10 °C olacak şekilde düzenli ısıtma uygulanan serada ise %44.28 olarak tespit edilmiştir.

Türkiye'de yüzey sıcaklığı 40 °C'nin üzerinde olan jeotermal sahaların tümü sera ısıtmasına, uygun olduğundan (Kuter, 2009), Çizelge 6'daki jeotermal alanlardan Malgaçemir, Söke-Sazlıköy ve Nazilli-Gedik hariç, diğer tüm alanlar sera ısıtmasına uygundur. Bu da Aydın ilinin jeotermal sahalar açısından büyük bir kısmının sera ısıtmasına elverişli kaynaklara sahip olduğunu göstermektedir.

Serada yetiştirilen bitkiler, esas olarak 17-27 °C aralığında değişen ortalama sıcaklıklara adapte olmuşlardır. Serada güneş ışınımının ısıtma etkisi de

dikkate alındığında, ısıtma yapılmayan seralar için, dış ortamda istenilen günlük ortalama sıcaklık 12-22 °C aralığında olmalıdır. Günlük ortalama dış ortam sıcaklığı 12 °C'den daha düşük ise, seraların özellikle gece dönemlerinde ısıtılması gerekir (Yıldız, 2010). Sera ısıtma için eşik değeri olarak aralığın alt sınırı olan 12 °C referans alınarak, Çizelge 7'deki Aydın ili için aylık ortalama en düşük sıcaklık değerleriyle karşılaştırıldığında; serada yetiştirilen bitkiler için Aydın ili seralarında Kasım-Nisan ayları arasında 6 aylık bir periyotta ısıtma yapılması gerektiği görülmektedir.

Bu çalışmada dikkate alınan, gündüz sıcaklığı 26.5 °C ve gece sıcaklığı 17-19 °C olduğunda en iyi ürünü veren domates bitkisi (Kurtar, 2012) için alt sınır değeri olan 17 °C referans alındığında; ısıtma periyodu 3 ay daha uzayarak, 9 ayı (Eylül-Mayıs) bulabilmektedir (bkz. Çizelge 7). Ayrıca, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2011)'nden elde edilen uzun yıllık verilere göre de Aydın ili için 8 Eylül-8 Haziran (9 ay) arasında günlük ortalama minimum sıcaklık değerlerinin 17 °C'nin altına düştüğü belirlenmiştir. Dolayısıyla bu periyot içerisinde domates yetiştiriciliği yapılan bir serada ısıtma yapılması gerektiği açıktır. Bu sonuç, Aydın-Sultanhisar'da jeotermal ısıtmalı domates yetiştirilen, cam örtü malzemeli bir serada 4 Eylül'de ısıtmaya başlandığı ve fide olarak dikim yapılan 15 Ağustos'tan hasat sonu olan 15 Haziran'a kadar süren tüm vejetasyon periyodu boyunca gece minimum sera içi sıcaklığını 17 °C'de tutulduğu (Sultan Sera, 2012; sözlü görüşme) bilgisiyle de tam olarak örtüşmektedir.

Bu da sıcak bir bölge olan Aydın ilinde bile serada domates yetiştirilmesi durumunda, ne denli ısıtma ihtiyacı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Ülkemizde seraların ısıtılmasında değişik enerji kaynakları kullanılmaktadır. Bunlar, fosil enerji kaynakları, elektrik enerjisi, güneş enerjisi ve jeotermal enerjidir. Fosil enerji kaynakları ile elektrik enerjisi sistemlerinin ilk yapım maliyetleri düşük olmasına karşın, işletme giderleri oldukça yüksektir (Kelkit ve Bulut, 1998).

Eltez ve Eltez (2005), İzmir'in Bergama-Dikili ilçelerinde yaptıkları bir çalışmada sera ısıtmasında çiftçilerin %66'sının jeotermal kullandıklarını belirlemiş ve bunun ısıtma maliyetini oldukça düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

Isıtma konusunda yapılan bir maliyet hesaplama çalışmasına göre; çeşitli ısıtma sistemlerinde ortalama maliyetler; jeotermal için 1, konutta kullanılan elektrik için 5, fuel-oil için 6 ve ticari elektrik için 9 Cent/KWh'tir (Gudmundson, 1985). Bu çalışmaya göre jeotermal enerji, diğer en uygun enerji türü olan konut elektriğine göre 5 kat daha ucuzdur.

Kasap ve Erdem (1994), Tokat-Sulusaray'da plastik ve cam seralarda jeotermal kaynakla ısıtma sisteminin diğer bazı ısıtma sistemlerine göre üstünlüklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, 180 m²'lik 4 adet plastik ve 315 m²'lik 1 adet cam sera tesis etmiştir. Bölgedeki jeotermal suyun ısıtma borularına giriş sıcaklığı 45 °C olarak ölçülmüştür. Jeotermal kaynakla ısıtma durumunda ısıtma sistemi tesis ve işletme giderleri hesaplandığında; cam sera plastik seraya göre %66.17 daha pahalı olarak ısıtılmaktadır. Jeotermal enerji ile ısıtma sistemi baz alınarak plastik örtülü bir sera için diğer ısıtma sistemleri ve yakıtlarının maliyetleri, referans bir değer (100) üzerinden karşılaştırmalı olarak Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Jeotermal Enerji İle Diğer Bazı Sera Isıtma Sistemlerinin Maliyet Karşılaştırması

Table 8. Cost Comparison between Geothermal Energy and Some Greenhouse Heating Systems

Isıtma Sistemi	Yakıt	Sabit Masraf	İşletme Masrafı
Jeotermal	jeotermal	100	100
Soba	linyit	120	271
	kok kömürü	120	222
	fuel-oil	120	202
	odun	120	208
Kalorifer	linyit	1028	314
	kok kömürü	1028	253
	fuel-oil	1028	225
	odun	1028	234

Çizelgeden de anlaşılacağı gibi plastik örtülü bir sera için jeotermal enerjili ısıtma sistemi, diğer ekonomik ısıtma sistemi olan sobada, fuel-oil kullanım maliyetiyle karşılaştırıldığında; sabit masraflar açısından yaklaşık %17 işletme maliyetleri açısından ise yaklaşık %50 daha ucuz bulunmuştur.

DPT (1996) tarafından, jeotermal ısıtma maliyeti ile diğer ısıtma sistemlerinin işletme maliyetlerinin karşılaştırılması amacıyla 1993 Ağustos değerleriyle yapılan bir çalışmada ısı maliyetleri; jeotermal için 12513 (İzmir-Balçova'da); kömür için 398750, doğal gaz için 517000 ve fuel-oil için 556875 TL/10⁶ Kcal ısı olarak bulunmuştur. Isı değeri üzerinden yapılan bu çalışmada; jeotermal dışındaki en ekonomik yakıt olan kömüre göre bile jeotermal enerji maliyeti, yaklaşık 32 kat daha düşük çıkmıştır.

İzmir-Bergama'da, 7 jeotermal kuyusu bulunan bir firma, toplam alanı 320 da olan seraları 100 °C sıcaklık ve 350 l/s debisi olan jeotermal suyla ısıtmaktadır. Kurum yetkilileri jeotermal enerji ile ısıtmanın

maliyetinin kömürle ısıtmaya göre %50 daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir (www.agrobay.com; Hasan Şentürk, 2011).

Karacabey (2008), İzmir şehir merkezinin 10 km batısında yer alan ve zengin bir jeotermal potansiyele sahip olan Balçova'da yaptığı bir çalışmayı, borulu sistemlerle ısıtılan ve 6 adet cam seradan oluşan toplam 12 da'lık alana sahip örnek bir işletmede yürütmüştür. Otel ısıtmasında kullanıldıktan sonra reenjeksiyon hattına basılan ve sıcaklığı 50 °C'ye kadar düşmüş olan jeotermal suyla, domates yetiştiriciliği yapılan seralar ısıtılmaktaydı. Örnek sera işletmesinde ısı gereksinimi hesapları, gündüz koşullarında 20 °C ve gece koşullarında 15 °C'lik optimum sıcaklık istekleri dikkate alınarak yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda ısıtmada jeotermal ve linyit kullanımı durumunda bulunan değerler Çizelge 9'da verilmiştir (Karacabey 2008).

Çizelge.9 Sera Isıtmasında Jeotermal ve Linyit Kullanımının Karşılaştırılması

Table 9. Comparison of the Use of Geothermal and Lignite in Greenhouse Heating

Isıtma Sistemi	Tesis	Sabit İşletme	Değişken İşletme
	Maliyeti (TL)	Maliyetleri (TL/yıl)	Maliyetleri (TL/yıl)
Jeotermal	43350	5803	7812
Kalorifer (liniyit)	59850	8013	89140

Sonuç olarak, değişken işletme maliyetleri yönünden jeotermal enerjili ısıtma sistemlerinin kullanımı ekonomik açıdan önemli avantaj sağlamaktadır. Jeotermal ısıtma sisteminin, linyit kömürlü kaloriferli ısıtma sistemine göre, tesis maliyetleri yaklaşık %28; toplam (sabit+değişken) işletme maliyetleri ise yaklaşık %86 daha düşük bulunmuştur. Balçova'da sıcak su için aylık olarak ödenen bedel, fosil yakıtlar için ödenen bedelden 16 kat daha düşüktür. Aydın ile oldukça yakın iklim değerlerine sahip (bkz. Çizelge 7) İzmir (Balçova) ilinde yapılan bu iki çalışma da jeotermal enerji ile ısıtmanın diğer tüm sistem ve yakıtlara göre oldukça ekonomik olduğunu göstermektedir.

Kelkit ve Bulut (1998), yaptıkları bir çalışmada; Akdeniz Bölgesi'ndeki seralarda bitkinin gereksinim duyduğu ısının fosil enerji ile sağlanması durumuna göre, iç kesimlerde jeotermal enerjinin kullanılması sonucunda, sera ısıtma maliyetleri yaklaşık 1/6-1/8'i oranında daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu nedenle, özellikle iç kesimlerde jeotermal enerji kullanımının mümkün olduğu yerlerde sera tesis edilmesi, yöre halkına ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacağı ifade etmişlerdir.

GAP Seracılar Birliği Derneği (2011) tarafından, Şanlıurfa'da jeotermalle ısıtılan seralarda 2 kat enerji kullanılmasına rağmen, kömüre göre maliyetin %50'den de düşük olduğu belirtilmiştir (www.kobiden.com). Bu da jeotermal enerjinin kömüre göre en az 4 kat daha ucuz olduğunu göstermektedir.

Jeotermal enerjili sera ısıtma sistemlerinin ticari olabirliği, anapara yatırım maliyetleri, işletme maliyetleri, ürüne göre uygun pazar ve ürünün değerine göre değişen enerji maliyetleri gibi birçok etmene bağlıdır. Bunun yanında ticari olabirliğin hesabı ve jeotermal enerjinin rekabet gücü için en önemli etken kullanılan ısının maliyetidir. Isının nihai ederi ise, gerekli olan anapara yatırımı, kredi koşulları, bakım ve kullanım giderleri, sigorta ve vergiler, yakıt giderleri, iş gücü giderleri, bitkinin verimliliği ve yararlanma katsayısı gibi etmenlere bağlıdır. Kısa kullanım süreleri için jeotermal enerji ekonomik değildir. Yılın uzun bir döneminde uygun ısı güç kullanıldığında ekonomik olabilmektedir (Günerhan, 2011). Aydın ili için özellikle domates yetiştirilmesi durumunda yaklaşık 9 aylık uzun bir dönem ısıtma ihtiyacı olacağından, süreyle ilişkili ekonomiklik açısından herhangi bir olumsuzluk söz konusu olmayacaktır.

100 da'lık bir sera yaklaşık 5 milyon USD'ye mal olmakta ve 2 yıl içinde geri ödemektedir. Yaklaşık aynı miktarda enerji tüketen bir jeotermal santralin maliyeti 15 milyon USD'yi bulmakta ve geri ödemesi 8-10 yılda olmaktadır. Bu yüzden, seracılığa yatırım yapmak, elektrik üretmekten daha karlı görünmektedir (Serpen, 2006). İzmir-Bergama'da jeotermal ısıtmalı seracılık yapan bir firma yetkilisi de "Aydın-Sultanhisar'da 10 MW'lık elektrik üretilen jeotermal kaynağın tarım için kullanılması durumunda; bu kaynakla 500 ha sera ısıtılabilirliğini ve bu seralarda 175000 ton domates yetiştirilebileceğini; bundan da 175 milyon Euro gelir elde etmenin mümkün olabileceğini" (Hasan Şentürk, 2011; www.agrobay.com) ifade ederek, jeotermalin sera ısıtmasında kullanımının avantajlarına vurgu yapmıştır.

Bu çalışmada dikkate alınan büyüklük olan 25 da'lık bir sera için Yavuz (2005) ve Serpen (2006)'e göre kabaca 1.25 milyon USD (2.19 milyon TL; 1 USD=1.75 TL alınarak)'lik bir yatırım maliyetine ihtiyaç bulunmaktadır.

Aydın-Sultanhisar'daki bir jeotermal kaynak, elektrik üretimi sonrası, entegre olarak domates yetiştirilen 42 da'lık son teknolojiyle donatılmış ve biyolojik mücadele yapılan modern bir seranın

ısıtmasında kullanılmaktadır. İşletme yetkilileriyle yapılan görüşmede; eşanjör sistemiyle 88-115 °C'ye kadar ısıtılan temiz suyun sera içi ısıtma sisteminde dolaştırdığı böyle bir sera için geri ödeme süresinin 3-4 yıl olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 200 dekara tamamlanması planlanan ve yapım aşaması devam eden tüm tesis için yaklaşık 15 milyon TL'lik bir yatırım öngörüldüğü ifade edilmiştir (Sultan Sera, 2012; sözlü görüşme). Buna göre 25 da'lık bir seranın maliyetinin kabaca 1875000 TL olacağı söylenebilir. Nispeten daha düşük olan bu maliyet, Yavuz (2005)'ün çalışmasıyla da örtüşmektedir. Maliyetin daha düşük olmasında muhtemelen jeotermal kaynağın yüzeye çıkarılması için ayrı bir tesis inşa edilmemiş olması; yani mevcut elektrik üretim tesisine entegre olarak seracılığın yapılması etkili olmuştur. Ayrıca cam örtü malzemeli bu seranın, plastik örtülü olması durumunda yatırım maliyetinin daha da düşük olacağı söylenebilir.

Ülkemizde jeotermal seracılığın geliştirilmesi başta Ege Bölgesi olmak üzere, tüm bölgelerde seracılığa önemli katkılarda bulunacaktır. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte gerek sera ısıtma sistemlerinin projelenmesi gerekse sistemin işletilmesi ile ilgili sorunların çözümlenmesinde bu ısıtma sistemlerinin yaygınlaşması önemli rol oynayabilir (Kendirli ve Çakmak, 2010).

Tek başına ülkemizin sahip olduğu jeotermal potansiyelin yaklaşık %77'sine sahip Aydın ilinin mevcut durumda bu kaynaktan yeterince faydalanamadığı söylenebilir.

Yüksek fiyatlı sıvı, gaz ve katı yakıt yerine jeotermal gibi ucuz enerji kaynaklarının değerlendirilmesiyle, seracılığın Aydın ilinde gelişimi teşvik edilecektir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 2002. Cost of Facilities, Oregon State University. <http://nwrec.hort.oregonstate.edu/tomatogh.html>. Erişim: Mayıs 2012
- Aydın İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü. 2012. Jeotermal Seracılık Potansiyeli Anket Çalışması.
- Başçetinçelik, A. 2000. Türkiye'de Seracılığın Gelişimi ve Geleceği Paneli, İstanbul Ticaret Odası, Yayın No: 2000-2039, İstanbul.
- Dağistan, H. 2006. Yenilenebilir Enerji Ve Jeotermal Kaynaklarımız, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye 10. Enerji Kongresi 27-30 Kasım, İstanbul, s:73-80.
- DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu, Yayın No: DPT : 244L-ÖİK: 497.
- Eltez, S. ve R.Z. Eltez. 2005. Bergama ve Dikili İlçeleri (İzmir) Sera Potansiyeli ve Seracılık Faaliyetleri Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(2):203-214
- GEKA, 2011. TR32 Düzey 2 Bölgesi (Aydın, Denizli, Muğla) Jeotermal Kaynakları Ve Jeotermal Enerji Santralleri Araştırma Rap., 27s.
- Genelge, 2008. 2008/1 nolu Organik Tarım ve Jeotermal Seracılık Yatırım Projeleri Genelgesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Son Güncelleme: 17.12.2008
- Gudmundson, J.S. 1985. Stanford University, California. Geothermal Resources Council Bulletin, USA.
- Gül, A., Y.Tüzel, İ.H.Tüzel. 2005. Örtü altı Sebze Yetiştiriciliği, İyi Tarım Uygulamaları Ders Notları, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Günerhan, H. 2011. Jeotermal Enerjili Sera Isıtma Sistemleri, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi 13-16 Nisan, İzmir.
- Hancıoğlu Kuzgunkaya, E.,G.Gökçen ve A.Baba. 2011. Dünya'da Ve Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Gelişiminde Araştırma Merkezlerinin Yeri, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, s:283-288, 13-16 Nisan-İzmir.

- GTHB, 2012. Jeotermal Enerjinin Seracılıkta Kullanımının Önündeki Engellerin Tespiti Projesi Araştırma Raporu, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Aydın İl Müdürlüğü, 36s.
- Harzadın, G. 1994. Jeotermal Enerjinin Sera Isıtılmasında Kullanılma Olanakları. Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, Bildiri Kitabı, Denizli, 534 s.
- Kacira, M. 2011. Greenhouse Production in US: Status, Challenges, and Opportunities. Presented at CIGR 2011 conference on Sustainable Bioproduction WEF 2011, September 19-23, 2011 • Tower Hall Funabori, Tokyo, Japan
- Karacabey, E. 2008. Balçova (İzmir) Yöresinde Bazı Ürünler İçin Sera Isı Gereksinimlerinin Belirlenmesi Ve Isı Açığının Farklı Sistemlerle Karşılanmasının Teknik Ve Ekonomik Yönden İncelenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 112 s.
- Kasap, A. ve G.Erdem. 1994. Plastik ve Cam Serada Jeotermal Kaynakla Isıtma Sisteminin Diğer Bazı Isıtma Sistemlerine Göre Üstünlüklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, Bildiri Kitabı, Denizli, 534 s.
- Kelkit, A ve Y.Bulut. 1998. Seralarda Süs Bitkileri Yetiştiriciliğinde Jeotermal Enerjinin Önemi, Ekoloji Çevre Dergisi, (8):29, 21-24.
- Kendirli, B. ve B.Çakmak. 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı, Ankara Ün. Çevre Bilimleri Derg.2 (1):95-103.
- Keskin, G. ve N.Çakaryıldırım. 2003. Örtü altı Sebze Yetiştiriciliği, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Bakış, Sayı 4, Nüsha 8, ISSN 1303-8346
- Kılıç, Ö. ve A.M.Kılıç. 2009. Jeotermal Enerjinin Ülkemiz Açısından Önemi ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, TMMOB Jeotermal Kongresi, 23-25 Aralık, Ankara.
- Koç Çakaloğlu, B., F.Ayar Şenşoy ve N.Ercan. 2010. Sera Domates Yetiştiriciliğinde Sınırlı İstismanın Polen Çimlenmesi Üzerine Etkisi, Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 47 (3): 287-290.
- Kurtar, E.S. 2012. Sera Ekolojisi Ders Notları, 72 s. <http://www2.omu.edu.tr/docs/dersnotu/1407.pdf>. Erişim: Mayıs 2012
- Kuter, N. 2009. Çankırı Kenti ve Yakın Çevresinin Termal Turizm Açısından Değerlendirilmesi, TMMOB Jeotermal Kongresi, 23-25 Aralık, Ankara.
- Lambarraa, F. 2011. Dynamic efficiency analysis of Spanish outdoor and Greenhouse Horticulture sector. EAAE 2011 Congress, Change and Uncertainty Challenges for Agriculture, Food and Natural Resources. August 30 to September 2, 2011 ETH Zurich, Zurich, Switzerland.
- Mertoğlu, O., M.Mertoğlu ve N.Bakır. 2006. Türkiye'de Jeotermal Uygulamalarda Son Durum ve 2013 Yılı Hedefleri, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye 10. Enerji Kongresi 27-30 Kasım, İstanbul, s:153-163 Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2011. İklim Verileri Kayıtları.
- MTA, 2011. Başkanlığı 2011 Yılı Faaliyet Raporu, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, 61s.
- Rad, S. ve G.Yarış. 2005. Silifke İlçesi'nde Serada Domates Yetiştiren İşletmelerin Ekonomik Performansları ve Birim Ürün Maliyetleri, Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (1):26-33.
- Resmi Gazete. 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tarih: 31.12.2004, Sayı: 25687.
- Resmi Gazete. 2005. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Tarih: 10.5.2005, Kanun No: 5346.
- Resmi Gazete. 2006. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Tarih: 01.07.2006, Sayı: 26215.
- Resmi Gazete. 2007a. Jeotermal Kaynaklar Ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, Kanun No: 5686, Tarih: 13.6.2007, Sayı: 26551.
- Resmi Gazete. 2007b. Hazine Arazilerinin Teknolojik Veya Jeotermal Seracılık Ve Organik Tarım Yatırımlarına Tahsisinde Uygulanacak Esas Ve Usullere İlişkin Tebliğ, Tarih: 03.05.2007 Sayı: 26511.
- Resmi Gazete. 2007c. Jeotermal Kaynaklar Ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği, Tarih: 11.12.2007, Sayı: 26727.
- Resmi Gazete. 2009a. Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması Ve Arazi Topulaştırmasına İlişkin Tüzük. Tarih: 24.7.2009 Sayı: 27298.
- Resmi Gazete. 2009b. Tarıma Dayalı İhtisas Organize Sanayi Bölgeleri Uygulama Yönetmeliği, Tarih: 10.11.2009, Sayı: 27402.
- Serpen, U. 2006. Türkiye'de Jeotermal Enerji Sektörü, Sorunları Ve Çözümler, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye 10. Enerji Kongresi s:101-110, 27-30 Kasım, İstanbul.
- Serpen, U., N.Aksoy ve T.Öngür. 2009. Türkiye'de Jeotermal Enerji Endüstrisinin 2009 Güncel Durumu, TMMOB Jeotermal Kongresi, 23-25 Aralık, Ankara.
- Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı. 2006. TR3 Ege Bölgesi Tarım Master Planı, Strateji Geliştirme Başkanlığı Ankara 312 s.
- TÜİK. 2006. Tarımsal İşletmeler Bitkisel Üretim Araştırması, TÜİK Haber Bülteni, 18 Aralık 2008, Sayı:197, 3s.
- TÜİK. 2010. Bölgesel Göstergeler TR32 Aydın, Denizli, Muğla, Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara, 112s.
- TÜİK. 2011. Karşılaştırmalı Bölgesel İstatistikler.
- Türkiye Jeotermal Derneği. 2005. Jeotermal Türkiye İçin Önemi ve 2005 İçin Yeni Stratejiler.
- Türkiye Jeotermal Derneği. 2006. Türkiye Jeotermal Derneği Raporu, Jeotermal Türkiye için Önemi ve 2006 için Yeni Bakış, Ankara www.agrobay.com. Erişim: Nisan 2012
- www.eie.gov.tr. Erişim: Mart 2012
- www.enerji.gov.tr. Erişim: Şubat 2012
- www.kobiden.com. GAP Seracılar Birliği Derneği, 2011. Müslüm Yanmaz, 17.03.2011 Erişim: Mart 2012
- www.tedgem.gov.tr. Erişim: Mart 2012
- Yağcıoğlu, A.K. 2005. Sera Mekanizasyonu, EÜZF Yayınları, No:562, Bornova, 363 s.
- Yavuz, F. 2005. Türkiye'de Tarım, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Aralık-2005, 243 s.
- Yıldız, M. 2010. Aydın İlindeki Jeotermal Enerji Kaynaklarının Sera Isıtma Amacıyla Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 101 s.