

Seralarda Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesinde Kullanılan Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması

A.Nafi BAYTORUN⁽¹⁾Sait ÜSTÜN⁽²⁾Adil AKYÜZ⁽²⁾Derya ÖNDER⁽¹⁾

Özet

Seralarda ısı gücü ve ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi DIN 4701 standartlarına göre yapılmaktadır. Seralarda ısı enerjisi gereksinimi, aylık ortalama, ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değerlerine göre hesaplanabilmektedir. Birçok araştırmada seralarda ısı gereksinimi, iklim değerlerinin ortalamalarından giderek hesaplanmıştır. Ancak iklim değerlerinin ortalamalarından gidilerek yapılan hesaplamalarda, özellikle geçiş dönemlerinde (Kasım, Mart, Nisan) düşük iç sıcaklık ($t_i < 18^\circ\text{C}$) değerlerinde büyük hatalar ortaya çıkmaktadır. Ortalama sıcaklığın 15°C olduğu bir yerde serada sıcaklık 15°C istendiğinde o gün için ısıtma gereği olmadığı kabul edilir. Ancak günlük ortalama sıcaklığın 15°C olduğu koşullarda, gün içinde sıcaklık 10 ve 20°C arasında değişebilir. Belirtilen nedenle ortalama değerlerden gidilerek yapılan hesaplamalar yanıltıcı olmaktadır. Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin gerçek değerlere yakın olarak hesaplanabilmesi için saatlik iklim değerlerinin kullanılması, daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Yapılan bu çalışmada Antalya ili iklim koşulları dikkate alınarak iki ayrı yonteme göre ısı enerjisi gereksinimi belirlenmiştir. Dış sıcaklık değerlerinin düşük olduğu aylarda, her iki yonteme göre elde edilen sonuçlar çok iyi bir uyum gösterirken, dış sıcaklık ortalamasının serada arzulanan iç sıcaklık değerlerine yakın olduğu dönemlerde, elde edilen sonuçlar arasında farklılık görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, farklı araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir. Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin saatlik iklim değerlerinden giderek hesaplanması en sağlıklı sonuçları vermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sera, Sera Isıtması, Isı Gereksinimi

Comparison of Different Methods Used to Determine Heat Energy Requirement of Greenhouses

Abstract

Heat power and heat energy requirements are determined according to DIN 4701 Standard for greenhouses. Greenhouse heat requirement can be calculated based on monthly average, average maximum, and average minimum temperature values. Many researchers have assessed greenhouse heat demand using average climatic parameters. But, large errors occur especially during transition periods (November, March, April) at low inside temperatures ($t_i < 18^\circ\text{C}$) when climatic factors are used for the calculations. For instance, it is assumed that heating is unnecessary when the outside temperature is 15°C and the desired inside temperature is also 15°C . However, the temperature may vary between 10 and 20°C during the day while the average outside temperature is 15°C . This is why, calculations based on averages may be misleading. The use of hourly climatic factors is more realistic for the determination of greenhouse heat energy requirement with better accuracies. In this study, the heat requirements were determined using both methods for the climatic conditions of Antalya province. While the results were quite similar in both methods when the average outside temperature was low, differences were found when average outside temperature values were closer to the desired inside temperatures. The results found in this study show similarity to the results found by Garcia et al. (1998) who used both methods to determine the heat energy requirements. The use of hourly climatic values to assess greenhouse heat requirements results in better estimations.

Keywords: Greenhouse, Greenhouse Heating, Heat consumption

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 12.02.2015

⁽¹⁾Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Balcalı, Adana

⁽²⁾KSÜ. Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

Giriş

Tarımsal üretimde çevre koşullarının kontrol edilebilmesi verimlilik üzerine doğrudan etkilidir. 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.

Yüksek verim olgusuna karşılık, sera ürünlerinin kaliteleri son yıllarda gerek yurt içi, gerekse yurt dışında önemli boyutlara ulaşan tartışmalara konu olmaktadır. Kalite olumsuzluğuna neden olan ana faktörlerden bir tanesi, sera içi iklim değerleridir. Düşük sıcaklık ve yüksek nem, bir yandan fiziksel, kimyasal ve aromatik kalite noksanlığı oluştururken, diğer yandan yoğun tarımsal savaş ilacı ve hormon kullanımını zorunlu kılmaktadır. Seralarda düşük sıcaklık ve yüksek nem sorununu çözmek için alınabilecek önlem ısıtmadır. Seralardan nitelikli ve nicelikli verimin elde edilebilmesi için günlük ortalama sıcaklığın 12°C'nin altına düşmesi durumunda seralar ısıtılmalıdır (Nisen ve Ark.,1988, Zabeltitz, 1992, 2011, Baytorun ve Ark. 1994).

Akdeniz sahil şeridinde ısıtılmayan seralarda ortaya çıkan en büyük sorun düşük sıcaklık ve buna bağlı ortaya çıkan yüksek nemdir. Düşük sıcaklık ve yüksek nem değerlerinde seralarda hastalıklara karşı aşırı kimyasallar kullanılmaktadır (Stanghellini ve ark., 2003; Zabeltitz, 2011). Seralarda sebze üretiminde en fazla enerji seralarda yapılan ısıtma nedeniyle Hollanda'da tüketilmektedir. Hollanda'da bir kilo domates üretimi için İspanya'ya oranla 13 kat, biber üretiminde 14-17 kat ve hıyar üretiminde 9 kat daha fazla enerji tüketilmektedir (Zabeltitz, 2011). Ancak bu ülkede seralarda ısıtma yapıldığından bir kg domates üretiminde kullanılan tarımsal ilaç, diğer Akdeniz ülkelerine göre oldukça azdır. Hollanda'da seralarda sebze üretiminde hastalıklara karşı mücadelede 31 kg.ha⁻¹ ilaç

kullanılırken, bu değer İtalya'da 47 kg.ha⁻¹'a yükselmektedir (Stanghellini ve ark., 2003).

Isıtılmayan seralarda düşük sıcaklık ve yüksek oransal nem sonucu ortaya çıkan bitki hastalıklarına karşı kullanılan kimyasal ilaçların zararlı etkisi yanında, kullanılan kimyasal ilaçlar üretim maliyetini artırdığı gibi, çevre kirliliğine de neden olurlar. Yapılan araştırmalar, Akdeniz sahil şeridinde bulunan seralarda kullanılan kimyasal savaş ilaçlarının küçümsenmeyecek oranda fazla olduğunu ve seraların bu ülkelerde de gelecekteki çevre problemi nedeniyle mutlaka ısıtılması gerektiğini göstermektedir (Zabeltitz, 1992). Türkiye'de Bombus arısı kullanılan işletmelerde 78 kg.ha⁻¹ ilaç kullanılırken, Bombus arısı kullanmayan işletmelerde bu değer 357 kg.ha⁻¹'a yükselmektedir (Karaman ve Yılmaz, 2006). Akdeniz sahil şeridindeki ülkelerde seralarda yapılacak ısıtma, kaliteli yüksek verimin elde edilmesi yanında, kimyasallar için yapılacak harcamaların azalmasına neden olabilecektir. Bu durum çevre bilincine erişmiş toplumlarda oldukça önemli olup insan sağlığı ve çevre için büyük bir önem taşımaktadır.

Isıtılmayan seralarda ortaya çıkan yüksek oransal nem hastalıklara neden olduğu gibi, aynı zamanda örtü malzemesinin iç yüzeyinde yoğunlaşarak seraya ulaşan güneş radyasyonunu %15 oranında azaltmaktadır (Zabeltitz, 1986; Baytorun ve ark., 1994).

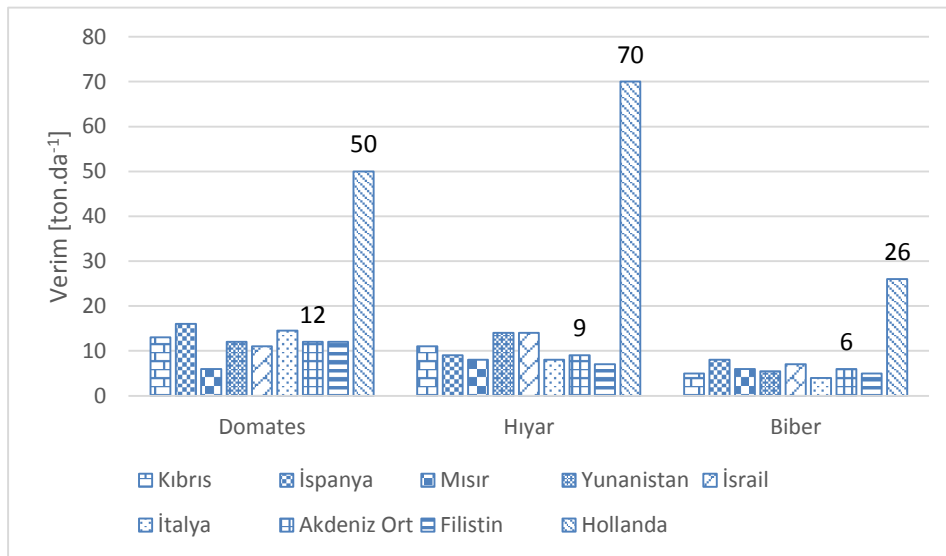
Türkiye'de seracılığın yaygın olarak yapıldığı Antalya ilinin (%37) iklim değerleri incelendiğinde, uzun yıllık günlük ortalama dış sıcaklık değerlerinin aralık, ocak ve şubat aylarında 12°C'nin altına düştüğü görülmektedir (Çizelge 1). Belirtilen aylarda seralardan kaliteli yüksek verimin alınabilmesi için seraların ısıtılması gereklidir. Ancak çizelgede görüleceği gibi, bu ilimizde aylık ortalama sıcaklık değerlerinin 7°C'nin altına düşmemesi nedeniyle seralarda düzenli bir ısıtma yapılmamakta, sadece soğuk günlerde bitkileri dondan korumak için basit yöntemlerle ısıtma yapılmaktadır.

Isıtılan seralarda kalite yanında verim artışı da ciddi anlamda farklılıklar göstermektedir. Hollanda’da ısıtılan seralardan 50 kg.m⁻² domates verimi alınırken, İspanya’da seracılığın yaygın olduğu Almeria ve Murcia bölgelerinde ısıtılmayan seralarda üretilen domatesten 14 kg.m⁻² verim alınmaktadır (Zabeltitz, 2011). Hollanda seralarından elde edilen farklı ürünlerin verim değerleri Şekil

1’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, modern seracılığa sahip Hollanda’da, farklı ürünler için birim alandan alınan verim, diğer Avrupa, Akdeniz ve Afrika ülkelerinde elde edilen verimden oldukça fazladır. Bunun da nedeni uygulanan modern tarım teknolojileri yanında, üretim periyodunun diğer ülkelere göre daha uzun olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 1. Antalya ili (36° 53’ N) uzun yıllık ortalama sıcaklık değerleri (1954-2013).(Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü)

	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ortalama Sıcaklık °C	9,8	10,3	12,7	16,1	20,5	25,4	28,4	28,2	24,7	20,0	14,9	11,4
Ortalama maksimum	15,0	15,4	18,0	21,3	25,7	31,0	34,2	34,2	31,2	26,6	21,1	16,6
Ortalama minimum	5,9	6,2	8,0	11,1	15,0	19,6	22,7	22,6	19,3	15,2	10,5	7,5
Ort. gün uzunluğu (h)	9,7	10,7	11,7	12,9	14,0	14,5	14,3	13,5	12,2	11,1	10,0	9,5



Şekil 1. Akdeniz ülkeleri ve Hollanda seralarında yetiştirilen farklı ürünlerin verim değerleri.

Türkiye’de ısıtmasız sera koşullarında üretim periyodunun uzunluğuna bağlı olarak 8-11 kg.m⁻² domates verimi alınmaktadır. Tek ürün yetiştiriciliğinde verim 11-15 kg.m⁻² arasında değişim göstermektedir. Sonbahar üretiminde ise verim 7,5-10 kg.m⁻²’ye düşmektedir (Daka ve ark.2012, Rad ve Yarş, 2005). Daka ve ark. (2012) yaptıkları anket çalışmalarında üreticilerin %90’ının 10 kg.m⁻² ve üstünde domates verimi aldıklarını belirlemişlerdir.

Baytorun ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada, Çukurova iklim koşullarında farklı sıcaklık değerlerinde domatesten verim karşılaştırması yapmışlardır. Plastik örtü ile kaplı ısıtılmayan serada aralık-şubat döneminde minimum ortalama sıcaklık 8,2°C’de tutulurken, ısıtılan serada üç aylık dönemde minimum ortalama sıcaklık 11,5°C olmuştur. Seralarda haziran ayının 2. haftasında üretime son verildiğinde, minimum ortalama sıcaklığın 8,2°C olduğu serada verim 19 kg.m⁻² olurken, ortalama minimum sıcaklığın 11,5°C’de

tutulduğu serada bu değer 24 kg.m⁻² olmuştur. Seralardan kaliteli yüksek verimin elde edilebilmesi için seraların ısıtılması zorunludur. Serada bitkilerin arzu ettiği sıcaklığa bağlı olarak gereksinilen ısı gücü, serada kurulacak ısıtma sisteminin seçiminde ve projelenmesinde büyük bir önem arz etmektedir. Bölgenin iklim değerlerine ve seranın donanımına bağlı olarak gereksinilen ısı enerjisi ise, yapılacak olan fizibiliteelerde ve işletme ekonomisinin belirlenmesinde büyük bir öneme sahiptir.

Serada gereksinilen ısı gücünün hesaplanması, bölgenin uzun yıllık en düşük ortalama sıcaklık ve serada arzulanan sıcaklık değerleri esas alınarak, DIN 4701 standartlarına göre hesaplanmaktadır (Zabeltitz, 1986; Baytorun, 2000). Hesaplanan ısı gücünden gidilerek, yıllık ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde ısıtma süresi tahmini olarak kabul edildiğinden, elde edilen sonuçlar gerçek değerlerden farklılıklar gösterirler. Damrath ve Klein (1983) yaptığı çalışmada, Hannover'in (Almanya) saatlik iklim verilerini kullanarak yılın haftalarına bağlı ısı enerjisi gereksinimini DIN 4701 standardına göre hesaplamışlardır. Damrath yapmış olduğu hesaplamalarda gündüz saatleri için seraya ulaşan güneş radyasyonu değerlerini dikkate almıştır.

Garcia ve Ark. (1998) Avrupa'nın 2 farklı ülkesi için seralarda ısı enerjisi gereksinimini, iki farklı yonteme göre hesaplamışlardır. Yöntemlerin birinde, aylık ortalama, ortalama maksimum ve ortalama minimum sıcaklık değerlerinden giderek, saatlik sıcaklık değerlerini simule edip, bu değerler yardımı ile ısı enerjisi gereksinimini, gündüz/gece 22/16°C iç sıcaklık değerleri için hesaplamışlardır. İkinci yontemde ise, aylık ortalama sıcaklık değerlerinden giderek ısı enerjisi gereksinimini belirlemişlerdir. Araştırmacıların aylık ortalama ve saatlik sıcaklık değerlerine göre elde ettikleri sonuçlar, soğuk dönemlerde büyük bir farklılık göstermezken, havaların daha sıcak olduğu aylarda bu fark büyümüşür.

Serada gerçek ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi, sera kurulacak yörenin saatlik

iklim (sıcaklık, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı) değerlerine bağlı olarak yapılmalıdır (Zabeltitz, 2011; Baytorun ve Ark., 2012). Saatlik verilere bağlı olarak hesaplanan yıllık yakıt tüketimiyle proje fizibilitelerinin ve ekonomik analizlerin yapılması daha gerçekçi olmaktadır. Ülkemizde seracılık potansiyeline sahip, farklı bölgeler, farklı iç sıcaklık, farklı sera tipleri ve donanımlarına (ısı perdesi, iç ortam otomasyonu, seçilen ısıtma sistemi, sulama sistemi vb.) bağlı olarak saatlik iklim değerlerinden giderek hesaplanmış ısı gücü ve yıllık ısı enerjisi gereksinimi değerleri mevcut değildir. Üstün (1993) ve Baytorun ve ark. (2012), Rath (1992) tarafından geliştirilen simülasyon modelini (HORTEX) kullanarak, saatlik iklim değerleri yardımı ile Adana ili için yakıt tüketimini, Önder ve Baytorun (1999) aynı simülasyon modelini kullanarak, Antakya ili için yakıt tüketimini belirlemişlerdir. Yapılan hesaplamalar sonucunda her iki ilimizde serada sıcaklığın gece/gündüz 16°C'de tutulmak istenmesi durumunda 10 l.m⁻² kalorifer yakıtına ihtiyaç duyulduğu belirlemişlerdir.

Seralarda bölgenin iklim değerlerine, farklı iç sıcaklık ve farklı sera donanımına bağlı olarak, ısı enerjisi gereksiniminin doğru olarak belirlenmesi, farklı sera tiplerinin enerji gereksinimi açısından karşılaştırılması, yapılacak olan fizibiliteler ve üretim ekonomisinin belirlenmesi açısından, büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada Türkiye'de seracılığın yaygın olarak yapıldığı, Antalya ili iklim değerleri dikkate alınarak, ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde kullanılan farklı iki yontemin karşılaştırılması yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde kullanılan yontemler

Genelde seralarda ısı enerjisi gereksinimi, sıcaklık ortalamalarından gidilerek yaklaşık olarak belirlenmektedir. Isıtılan seralarda yıllık yakıt tüketiminin gerçek olarak belirlenmesi, saatlik iklim değerlerinden gidilerek yapılmalıdır (Zabeltitz, 2011, Baytorun ve Ark. 2012). Ancak sera kurulacak her yer için saatlik iklim değerlerinin (sıcaklık,

radyasyon ve rüzgâr hızı) bulunması oldukça güçtür. Belirtilen nedenle seralarda ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi, daha çok ortalama değerlerden gidilerek yapılmaktadır. Sera kurulacak yerin ortalama maksimum (t_{m-max}) ve minimum (t_{m-min}) sıcaklık değerlerinin bilinmesi durumunda, Hallair tarafından geliştirilen metot yardımıyla ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Bu yöntemle göre en düşük ve en yüksek sıcaklık ortalamalarından gidilerek, saatlik ve gece, gündüz ortalama sıcaklık değerleri 1, 2 ve 3 nolu eşitlikler yardımı ile hesaplanmaktadır (Zabeltitz, 2011).

$$\text{Gün için saatlik ortalama sıcaklık değeri;} \\ t_h = t_{min-d} + f_d \cdot A \quad [1]$$

$$\text{Ortalama gece sıcaklığı;} \\ t_{m-n} = t_{min-d} + A \frac{\sum f_n}{24-d_l} \quad [2]$$

$$\text{Ortalama gündüz sıcaklığı;} \\ t_{m-d} = t_{min-d} + A \frac{\sum f_d}{d_l} \quad [3]$$

$$Q_{ay-gece} = u' \cdot \left(\frac{A_c}{A_G} \right) \cdot (t_{i-n} - t_{st} - t_{m-n}) \cdot n_l \cdot n_d \quad [4]$$

$$Q_{ay-gündüz} = u' \cdot \left(\frac{A_c}{A_G} \right) \cdot (t_{i-d} - t_{st} - t_{m-d}) \cdot d_l \cdot n_d \quad [5]$$

Eşitliklerde;

$Q_{ay-gece}$: Gece saatleri için aylık ısı enerjisi gereksinimi [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ay}^{-1}$]

u' : Toplam ısı iletim katsayısı [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

A_c/A_G : Örtü yüzey alanının sera taban alanına oranı [-]

t_{i-d} :Serada istenen gündüz sıcaklık değeri [$^{\circ}\text{C}$]

t_{i-n} :Serada istenen gece sıcaklık değeri [$^{\circ}\text{C}$]

t_{m-n} :Ortalama gece sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]

t_{m-d} :Ortalama gündüz sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]

t_{st} :Serada güneş enerjisine bağlı ortaya çıkan ortalama sıcaklık yükselmesi [$^{\circ}\text{C}$]

n_l :Gece uzunluğu [h]

d_l :Gündüz uzunluğu [h]

n_d :Isıtılan aya ait gün sayısı [d]

Gün boyu serada depolanan ısı enerjisi, serada bir miktar da olsa sıcaklık yükselmesine neden olmaktadır. Seralarda gün boyu depolanan ısı enerjisine bağlı olarak, serada ortaya çıkan ortalama sıcaklık yükselmesi 1-

Eşitliklerde;

t_h : Saatlik sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]

t_{min-d} : Günlük minimum sıcaklık ortalaması [$^{\circ}\text{C}$]

A : $t_{max-d} - t_{min-d}$: Günlük maksimum ve minimum sıcaklık farkı [$^{\circ}\text{C}$]

f_n, f_d :Gün uzunluğuna bağlı katsayı (Çizelge 2)

d_l :Gün uzunluğu [h]

İlman iklim bölgelerinde günlük ortalama sıcaklık değerinin 7°C 'nin altına düşmemesi nedeniyle, seralarda ısı enerjisi gereksiniminin tamamı gece saatlerinde ortaya çıkmaktadır. Serada sıcaklığın 16°C 'de tutulmak istenmesi durumunda, gündüz saatlerinde ısıtmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Hallaire'e göre ılgın iklim bölgelerindeki seralarda, aylara bağlı olarak gece saatlerinde ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi 4 nolu, gündüz saatlerinde ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimi 5 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanabilmektedir (Zabeltitz, 2011).

2°C alınabilir (Zabeltitz, 2011). Antalya ili için yapılan hesaplamalarda bu değer gündüz saatleri için 2°C , gece saatleri için 1°C alınmıştır. 4 nolu eşitlikteki ortalama gece sıcaklığı 2 nolu eşitlik yardımıyla, 5 nolu eşitlikteki ortalama gündüz sıcaklığı ise 3 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. 2 ve 3 nolu eşitliklerdeki $\sum f_n$ ve $\sum f_d$ değerleri gün uzunluğuna bağlı olarak çizelge 2'de verilmiştir (Zabeltitz, 2011).

Çizelge 2. Gün uzunluğuna bağlı olarak f_n ve f_d katsayıları (Zabeltitz, 2011).

d_l	$\sum f_n$	$\sum f_d$
7	8,21	4,25
9	6,0	5,67
11	4,5	6,99
13	3,45	8,10
15	2,51	9,29
17	1,58	10,96

Seralarda saatlik iklim değerlerinden gidilerek, seranın özelliklerine ve serada kullanılan donanıma bağlı olarak ısı enerjisi

gereksinimi, Rath (1992) tarafından DIN 4701 standartlarına dayanarak geliştirilen 6 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$Q = \sum_{n=1}^{8760} \left((t_{i_n} - t_{i,OH_n} - \Delta t_{Sp_n}) \cdot u' \cdot A_C \cdot (1 - EE_{ES_n}) \cdot t_{Si} \right) \quad [6]$$

Eşitlikte;

Q : Seranın yıllık ısı enerjisi gereksinimi [Wh]

$t_{i,OH}$: Isıtılmayan serada ortaya çıkan gerçek iç sıcaklık değeri [°C]

Δt_{Sp} : Serada güneş enerjisine bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi [°C]

A_C : Sera örtü yüzey alanı [m²]

EE_{ES} : Serada kullanılan enerji koruma önleminin tasarruf oranı [-]

n : Yılın saatleri [h]

$$\Delta t_{Sp,pot} = \frac{Z_d}{\max(Z_{2\dots365})} * \Delta t_{Sp,max} \quad [7]$$

7 nolu eşitlikteki Z_d , 8 nolu eşitlik yardımı ile elde edilir;

$$Z_d = \overline{t_{i,OH,Gündüz_{d-1}}} - \overline{t_{i,OH,Gece_d}} \quad [8]$$

Z_d : Gündüz gece sıcaklık ortalama farkı [°C]

6 nolu eşitlikteki Δt_{Sp} , gündüz saatlerinde serada depolanan enerji dikkate alınarak belirlenir. Δt_{Sp} 'nin belirlenmesinde 7 ve 8 nolu ilişkilerden yararlanılmaktadır.

Elde edilen bu verilere göre gün boyu depolanan enerjiye bağlı olarak serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi (Δt_{Sp}) aşağıdaki mantıksal eşitlikler yardımı ile belirlenir (Rath 1992).

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{Sp,pot} \geq 25 \text{ ve } q_G > 0 \text{ ise} \\ t_i - t_{i,OH} \leq \Delta t_{Sp,pot} < 25 \text{ ve } q_G > 0 \text{ ise} \\ 0 < \Delta t_{Sp,pot} < t_i - t_{i,OH} < 25 \text{ ve } q_G > 0 \text{ ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} \Delta t_{Sp} = \begin{cases} \Delta t_{Sp,pot} \\ \Delta t_{Sp,pot} \\ \frac{\Delta t_{Sp,pot} \cdot (t_i - t_{i,OH} - 25)}{\Delta t_{Sp,pot} - 25} \\ 0 \end{cases}$$

6 nolu eşitlikteki gerçek iç sıcaklık değerinin (t_i) belirlenmesi için, güneş radyasyonuna bağlı serada ulaşılan teorik sıcaklık değerinin hesaplanması gereklidir. Serada teorik sıcaklık değerinin hesaplanması 9 nolu eşitliğe göre yapılmıştır.

serada gerçek iç sıcaklık değeri ($t_{i,OH}$), aşağıdaki mantıksal eşitlikler yardımı ile belirlenmektedir.

$$t_{i,th} = \frac{q_G \cdot D_G \cdot \eta \cdot A_G}{u' \cdot (1 - EE_{ES}) \cdot A_C} + t_a \quad [9]$$

$$\left. \begin{array}{l} t_{i,th} \geq t_L \text{ ve } t_L \geq t_a \text{ ise} \\ t_{i,th} < t_L \text{ ve } t_{i,th} > t_a \text{ ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} t_{i,OH} = \begin{cases} t_L \\ t_{i,th} \\ t_a \end{cases}$$

Eşitlikte;

$t_{i,th}$: Isıtılmayan ve havalandırılmayan serada ortaya çıkan teorik sıcaklık [°C]

q_G : Güneş radyasyonu [W.m⁻²]

D_G : Örtü malzemesinin geçirgenlik oranı [%]

t_a : Dış sıcaklık [°C]

η : Serada enerji dönüşüm faktörü (duyulur/gizli) (Standart = 0,7)

Eşitlikte;

t_L : Havalandırma sıcaklığı [°C]

$t_{i,S}$: Serada arzulanan iç sıcaklık değeri [°C]

Serada gerçek iç sıcaklık değeri (t_i) aşağıdaki koşullara göre belirlenir.

$$\left. \begin{array}{l} t_{i,OH} \leq t_{i,S} \text{ ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} t_i = \begin{cases} t_{i,S} \\ t_{i,OH} \end{cases}$$

Serada istenen havalandırma sıcaklığına (t_L) bağlı olarak, 6 nolu eşitlikteki ısıtılmayan

Şayet serada gece gündüz farklı sıcaklık değerleri arzu ediliyorsa bu durumda iç sıcaklık değeri (t_i) aşağıdaki koşullara göre belirlenir.

$$q_G > 0 \text{ ve } t_{i,oH} \leq t_{i,S_{Gün}} \text{ ise } \left. \begin{array}{l} q_G = 0 \text{ ve } t_{i,oH} \leq t_{i,S_{Gece}} \text{ ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} t_i = \begin{cases} t_{i,S_{Gündüz}} \\ t_{i,S_{Gece}} \\ t_{i,oH} \end{cases}$$

Serada ısı gücü ve ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde kullanılan toplam ısı iletim katsayısı (u'), örtü malzemesinin özelliğine, sera tipine, ısıtma, sulama sistemine, rüzgâr hızına ve gökyüzünün bulutlu ve açık olmasına bağlı olarak değişim göstermektedir. Yapılan hesaplamalarda $A_C/A_G=1,44$, toplam ısı iletim katsayısı tek katlı PE plastik için $7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ olarak alınmıştır (Zabeltitz, 1986; Tantau, 1983; Meyer, 1981,1982).

Bulgular ve Tartışma

Antalya iklim koşullarında, ortalama sıcaklık değerleri 7°C 'nin altına düşmediğinden (Çizelge 1) gündüz saatlerinde ısıtma yapılmamaktadır. Serada üretilen bitkilerin arzuladıkları sıcaklık değerleri farklılıklar göstermektedir. Ülkemiz seralarında en fazla üretilen ürünlerin başında domates bitkisi gelmektedir. Serada domates bitkisi $16-27^\circ\text{C}$ 'ye adapte olmuştur (Verlody, 1990). Seralarda enerji tasarrufu amacıyla, gece sıcaklık değerlerinin, bitkinin arzuladığı biyolojik optimumun alt sınırında tutulması önerilmektedir. Belirtilen nedenle yapılan hesaplamalarda, serada gece sıcaklık değeri 16°C olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3. Antalya ($36^\circ 53' \text{ N}$) iklim koşullarında serada gece sıcaklığının 16°C 'de tutulduğu koşullarda, gece saatleri için aylık ve yıllık toplam ısı enerjisi gereksinimi ($\text{kWh.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$).

Aylar	$t_{m-\min}$	A	d_1	$\frac{\sum f_n}{24 - d_1}$	t_{m-n}	n_d	n_n	Δt	Q_{ay} $\text{kWh.m}^{-2} \text{ ay}^{-1}$
Kasım	10,5	10,6	10	0,388	14,6	30	14	0,4	1,6
Aralık	7,5	9,1	9,5	0,394	11,1	31	14,5	3,9	17,7
Ocak	5,9	9,1	9,7	0,391	9,5	31	14,3	5,5	24,8
Şubat	6,2	9,2	10,6	0,38	9,7	28	13,4	5,3	20,1
Mart	8,0	10	11,7	0,352	11,5	31	12,3	3,5	13,4
Nisan	11,1	10,2	12,9	0,313	14,3	30	11,1	0,7	2,4
Gece saatleri için toplam yıllık ısı enerjisi gereksinimi $\text{kWh.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$									79,9

Çizelge 4. Antalya ($36^\circ 53' \text{ N}$) iklim koşullarında serada gündüz sıcaklığının 16°C 'de tutulduğu koşullarda, gündüz saatleri için aylık ve yıllık toplam ısı enerjisi gereksinimi ($\text{kWh.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$).

Aylar	$t_{m-\min}$	A	d_1	$\frac{\sum f_d}{d_1}$	t_{m-d}	n_d	d_1	Δt	Q_{ay} $\text{kWh/m}^2.\text{ay}$
Kasım	10,5	10,6	10	0,633	17,2	30	9,5	0,0	0,0
Aralık	7,5	9,1	9,5	0,631	13,2	31	9,5	0,8	2,2
Ocak	5,9	9,1	9,7	0,632	11,7	31	9,7	2,3	7,1
Şubat	6,2	9,3	10,6	0,635	12,0	28	10,6	2,0	5,9
Mart	8,0	10,0	11,7	0,631	14,3	31	11,7	0,0	0,0
Nisan	11,1	10,2	12,9	0,624	17,5	30	11,7	0,0	0,0
Gündüz saatleri için toplam yıllık ısı enerjisi gereksinimi $\text{kWh.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$									15,2

Antalya ili iklim koşullarında seralarda aralık, ocak ve şubat aylarında, günlük ortalama sıcaklık değeri 12°C 'nin altına düşmektedir (Çizelge 1). Yapılan çalışmada, geçiş dönemlerini oluşturan, kasım, mart ve nisan ayları da dikkate alınarak, gece saatleri için ısı enerjisi gereksinimi hesaplanmış ve elde edilen

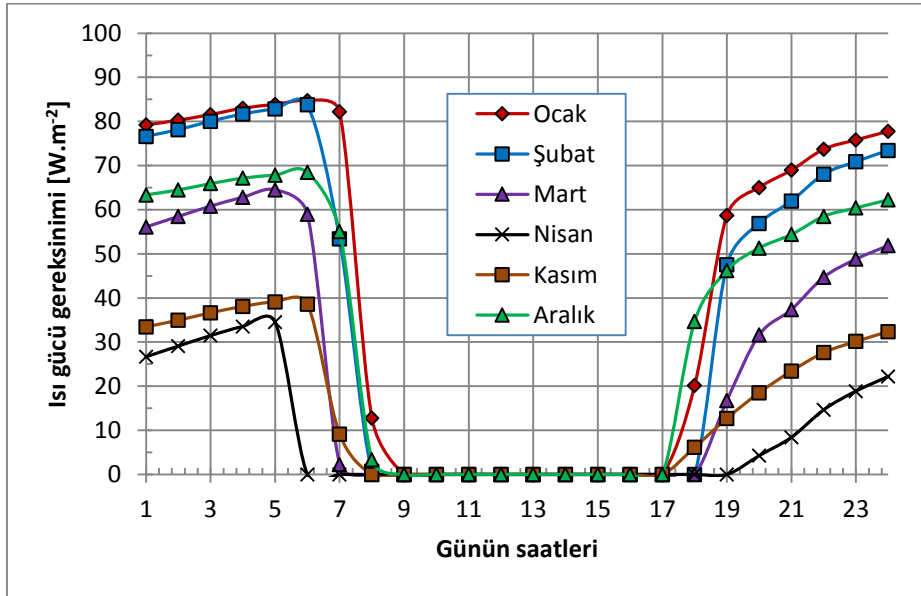
sonuçlar çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'ten de görüleceği gibi, Antalya ilinde PE plastik seralarda, en yüksek ısı enerjisi gereksinimi, ocak ayında ortaya çıkmaktadır. Bu değer havaların ısınmasına bağlı olarak azalmakta, mart ayından sonra seralarda ısıtma gereksinimi ortadan kalkmaktadır. Günlük ortalama

sıcaklığın 7-12°C arasında bulunması durumunda, seralarda sadece gece saatlerinde ısıtma yapmak yeterli olmaktadır (Kittas ve ark. 2013). Ancak yapılan bu çalışmada belirtilen aylar için de, gündüz saatlerinde ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi hesaplanmıştır. Gündüz saatleri için yapılan hesaplamalarda güneş radyasyonuna bağlı olarak, serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi (t_{st}) 2°C alınmıştır. Çizelge 4'te, Antalya ili için gündüz saatlerinde ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi geçiş dönemlerini oluşturan kasım, mart ve nisan aylarının gündüz saatlerinde serada ısıtma ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Aralık, ocak ve şubat aylarında ise, gündüz saatlerinde ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi 15,2 kWh.m⁻².a⁻¹ olmaktadır.

Yapılan hesaplamalardan görüleceği gibi, Antalya ilinde gereksinilen ısı enerjisinin büyük çoğunluğu, gece saatlerinde ortaya çıkmaktadır.

Ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinden gidilerek yapılan hesaplamalar sonucunda, Antalya ilindeki seralarda arzulan sıcaklık değerlerine bağlı olarak, ısı enerjisi gereksiniminin 4/5'ine (79,9 kWh.m⁻².a⁻¹) gece saatlerinde ihtiyaç duyulmaktadır.

Uzun yıllık saatlik sıcaklık değerlerinden giderek, günün saatlerine bağlı ısı gücü gereksinimi belirlenebilmektedir. Şekil 2'de, serada sıcaklığın gece/gündüz 16°C'de tutulduğu koşullarda, günün saatlerine bağlı olarak, yılın farklı aylarında ortaya çıkan ısı gücü gereksinimi verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, Antalya iklim koşullarında ısı enerjisinin büyük bölümüne gece saatlerinde ihtiyaç duyulmakta, sabahın ilk saatlerinden sonra seraya ulaşan güneş radyasyonu nedeniyle ısı enerjisi gereksinimi ortadan kalkmaktadır. Ancak şekilden de görüleceği gibi, soğuk aylarda sabahın ilk saatlerinde az da olsa ısı enerjisine gereksinim duyulmaktadır.



Şekil 2. Antalya iklim koşullarında PE plastik serada sıcaklığın gece/gündüz 16°C ve havalandırma sıcaklığının 26°C'de tutulduğu koşullarda yılın farklı ayları için, günün saatlerine bağlı gereksinilen ısı gücü değerleri (W.m⁻²).

Antalya koşullarında aynı sera yapısı için, sıcaklığın gece/gündüz 16°C'de tutulması durumunda saatlik sıcaklık, radyasyon ve rüzgâr hızı ile ortalama maksimum ve ortalama minimum değerlerden gidilerek, yılın farklı

ayları için gereksinim duyulan ısı enerjisi değerleri, Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi günlük ortalama sıcaklık değerlerinin 12°C'den büyük olduğu aylarda da

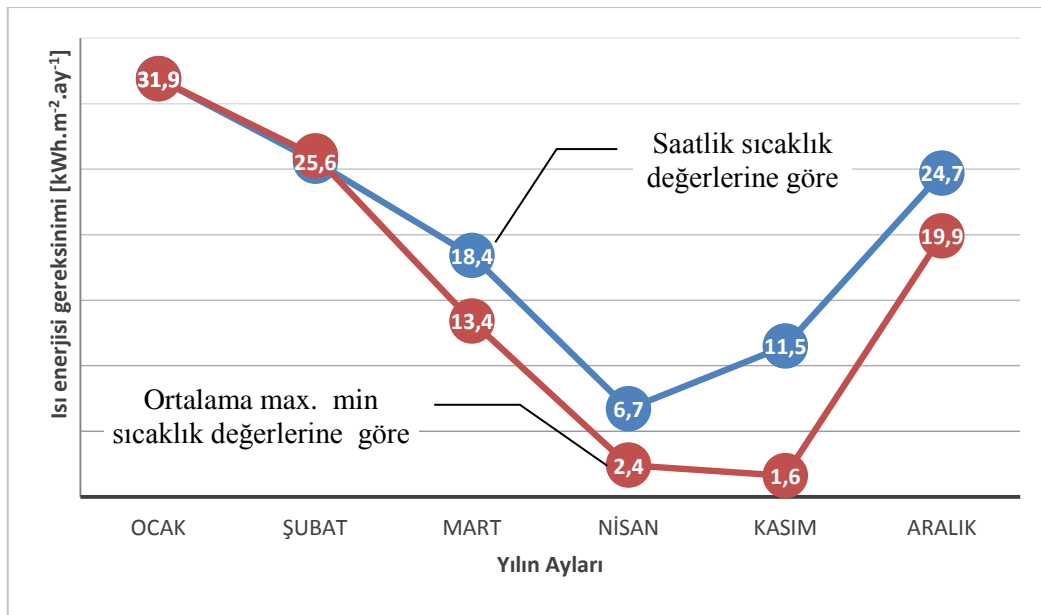
her iki yöntemle göre ısı enerjisi gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Serada sıcaklığın gece ve gündüz 16°C’de tutulmak istenmesi durumunda, saatlik değerlerden gidilerek yapılan hesaplamalarda, üretim periyodu boyunca 118,8 kWh.m⁻².a⁻¹ ısı enerjisine gereksinim duyulurken, ortalama

maksimum ve minimum değerlerden gidilerek Hallaire’ye göre yapılan hesaplamada bu değer 95,1 kWh.m⁻².a⁻¹ olmuştur. Her iki yöntem arasında soğuk dönemlerde büyük bir farklılık bulunmazken, geçiş dönemlerinde iki yöntem arasında ortaya çıkan fark büyümektedir (Şekil 3).

Çizelge 5. Antalya (36° 53' N) ilinde serada sıcaklığın gece/gündüz 16°C’de tutulması durumunda, yılın aylarına bağlı olarak saatlik iklim değerleri ve ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinden gidilerek yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen ısı enerjisi gereksinimi.

Ay	Ortalama Sıcaklık (°C)	Isı Enerjisi Gereksinimi (kWh.m ⁻² .ay ⁻¹)		Oransal Fark (%)
		Saatlik sıcaklığa göre	Ortalama maksimum ve minimum sıcaklığa göre	
Ocak	9,8	31,9	31,9	0
Şubat	10,3	25,6	26,0	0
Mart	12,7	18,4	13,4	17
Nisan	16,1	6,7	2,4	64
Kasım	14,9	11,5	1,6	86
Aralık	11,4	24,7	19,9	19
TOPLAM kWh.m ⁻² .a ⁻¹		118,8	95,1	20



Şekil 3. Antalya iklim koşullarına, farklı iki yöntemle göre tek katlı PE plastik ile örtülmüş serada, sıcaklığın gece/gündüz 16°C’de tutulduğu koşullarda, yılın aylarına bağlı olarak gereksinilen ısı enerjisi değerleri (kWh.m⁻².ay⁻¹).

Sonuç ve Değerlendirme

Seralarda ısı enerjisi gereksinimi farklı yöntemlerle hesaplanabilmektedir. Yapılan çalışmada serada ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde kullanılan iki ayrı yöntem karşılaştırılmıştır. Her iki yönteme göre yapılan hesaplamalar arasında, farklılıklar elde edilmiştir. Bu farkın ortaya çıkma nedenlerinden bir tanesi, hesaplamalarda kullanılan t_{st} değeri için yapılan kabullerden kaynaklanmaktadır. Hesaplamalarda t_{st} (serada güneş enerjisine bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi) değeri gece saatleri için 1°C ve gündüz saatleri için 2°C olarak kabul edildiğinde, saatlik iklim değerlerine göre yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değerlerine göre elde edilen sonuçlardan %20 büyük olmaktadır. Ancak bu farklılık aylık sıcaklık ortalamasının düşük olduğu soğuk dönemlerde ortadan kalkarken, aylık sıcaklık ortalamasının yüksek olduğu dönemlerde büyümektedir (Şekil 3). Sıcaklık değerlerinin düşük olduğu aylar dikkate alındığında, bu fark ortalama % 6'ya düşmektedir. Elde edilen bu bulgular, Garcia ve ark. (1998) tarafından Avrupa'nın iki farklı şehri için yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlara uyumaktadır.

Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde, ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinden gidilerek yapılan hesaplamalar oldukça kolay ve basittir. Ancak bu yöntemde yapılan kabuller nedeniyle yaklaşık değerlerin elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Uzun yıllık saatlik sıcaklık,

radyasyon ve rüzgâr hızı değerleri dikkate alındığında, serada ısı enerjisi gereksinimi gerçeklere daha yakın olarak hesaplanabilmektedir. Bunun da nedeni ortalama sıcaklık değerlerinden gidilerek yapılan hesaplamalarda, özellikle geçiş dönemlerinde (mart, nisan ve kasım ayları) serada istenen sıcaklık değerine göre, ısı enerjisi gereksiniminin ortaya çıkmamasından kaynaklanmaktadır. Örneğin mart ayında gece saatlerinde ortalama sıcaklık 16°C olduğunda ve serada sıcaklık 16°C istendiğinde ısı enerjisine ihtiyaç duyulmamaktadır. Oysa ortalama 16°C sıcaklığın 16°C'den küçük ve 16°C'den büyük değerlerden oluştuğu unutulmamalıdır. Diğer bir ifade ile sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu dönemlerde, iki yöntem arasındaki fark artmaktadır. Belirtilen nedenle, seralarda işletme giderlerinin analizinde ve yapılacak üretim planlamasında, gerçek ısı enerjisi gereksiniminin yılın saatlerine bağlı olarak belirlenmesi daha uygun olmaktadır.

Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde uzun yıllık saatlik iklim değerlerinin elde edilmesi zor ve bazı yerler için mümkün olmayabilmektedir. Belirtilen koşullarda ısı enerjisi gereksiniminin, ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinden giderek hesaplanması kabul edilebilir. Ancak uzun yıllık saatlik iklim değerlerinin (sıcaklık, radyasyon ve rüzgâr hızı) bulunması durumunda, günümüzde gelişen bilgisayar teknolojilerinin sağladığı hız ve kolaylıklar nedeniyle, seralarda ısı enerjisi gereksiniminin saatlik değerlerden gidilerek hesaplanması daha gerçekçi olacaktır.

Kaynaklar

- Baytorun,A,N.,Tokgöz,H.,Üstün,S.,Akyüz,A., 1994. Seralarda iklimlendirme olanakları. 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi Ç.Ü. Adana.
- Baytorun,A,N., Topçu,S., Abak,K., Daşgan,Y., 1999. Growth and production of tomatoes in greenhouses at different temperature levels. *Gartenbauwissenschaft*,64 (1). s 33-39. Verlag Eugen Ulmer GmbH&Co., Stuttgart.
- Baytorun,A,N.,2000. Seralar. Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 110, Ders Kitapları Yayın No: A-29.405 sy.
- Baytorun,A,N.Zaimoğlu,Z.,Akyüz,A., 2000. Seralarda iklimlendirme. 2. Uluslararası Turfanda Şurası. Anamur.
- Baytorun,A,N.,Zaimoğlu,Z.,Üstün,S., 2012. Akdeniz Bölgesi Seralarında Isı Enerjisi Gereksiniminin ve Enerji Artırım Önlemlerinin Etkisinin Belirlenmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu. Bornova, İzmir.
- Daka,K., Gül,A.,Engindeniz,S., 2012. Muğla ilinde seralarda dışarıya yönelik domates üretimi ve pazarlaması. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2012, 49 (2): 175-185.
- Damrath,J.,Klein,F. 1983. Tabellen zur Heizenergieermittlung von Gewachshausern Klima Trier. *Gartenbau technische Informationen Heft 18*. Institut für Technik im Gartenbau der Universität Hannover.
- Garcia,J,L., De la Plaza,S., Navas,L, M., Benavente,R, M., Luna, L,. 1998. Evaluation of the Feasibility of Alternative Energy Sources for Greenhouse Heating. *J. agric. EngngRes.* 69, 107-114
- Karaman,S., Yılmaz,İ., 2006. Cam serada domates yetiştiriciliğinde *Bombus* arısı kullanımının üretim girdileri ve karlılık üzerine etkisi. *Anadolu, J. of AARI* 16(2) s 90-109. MARA.
- Kitas,C.,Katsoulas,N.,Bartzanes,T.,Bakker,s. 2013. Greenhouse climate control and energy use. *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas*. FAO,Rome.
- Meyer,J. 1981. *Bewegliche Energieschirme*. ITG Heft 10. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft. Universität Hannover.
- Meyer,J. 1982. *bewertung von beweglichen Energieschirmen im Hinblick auf den Energieverbrauch*. ITG Heft 11. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft. Universität Hannover.
- Nisen,A.;Grafiadellis,M., Jiménez,R., La Malfa,G., Martiez-Garcia,P,F., Monteiro,A., Verlodt,H., Villele,O., Zabeltitz,Chr,von., Denis,J,C., Boudoin,W., Garnaud,J.c.1988. *Cultures protegees en climat mediterranean*, FAO,Rome.
- Önder,D., Baytorun,A.N., 1999. Antakya yöresinde plastik seralarda ısı gereksiniminin belirlenmesi. *MKÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 4(1-2): 181-194.
- Rad,S.,Yarşı,G., 2005. Silifke ilçesinde serada domates yetiştiren işletmelerin ekonomik performansları ve birim ürün maliyetleri. *Tarım bilimleri dergisi* 2005, 11 (1) 26-33.
- Rath,T,H. 1992. *Einsatz wissenbasierter Systeme zur Modellierung und Darstellung von Gartenbautechnischen Fachwissen am Beispiel des hybridierten Expertensystems HORTEX*. *Gartenbautechnische Informationen*, Heft 34, Institut für Technik im Gartenbau der Universität Hannover.
- Stanghellini,C.,Kempkes,K.,Knies,P.,2003. *Enhancing environmental quality in agricultural systems*. *Acta Hortic.* 609: 277-289.

- Tantau,H.J. 1983. Heizungsanlagen im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Üstün,S. 1993.Çukurova bölgesinde farklı sera içi iklim koşullarında, ısı gereksiniminin hesaplanması üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yüksek Lisans Tezi.
- Verlody,H., 1990. In protected cultivation in the mediterranean climate. Greenhouses in Cyprus. FAO Edit.
- Zabeltitz,Chr.von. 1986. Gewachshäuser, Planung und Bau. Ulmer Verlag Stuttgart.
- Zabeltitz,Chr.von.1992.Energy-efficient greenhouse designs for mediterranean countries. Plasticulture no.96 1992/24. s.6-16.
- Zabeltitz,Chr.von. 2011. Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.