

Batman Yöresi Modern Seracılık İşletmelerinin Isı Gereksinim Değerlerinin Hesaplanması, Isı Koruma Önlemlerinin Isı Tüketimine Etkilerinin Belirlenmesi

Sait ÜSTÜN¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Enformatik Bölümü, Avşar Kampüsü/Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0002-9978-6140>

✉:saitustun@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada jeotermal kaynaklara sahip karasal iklimin hakim olduğu Batman ilinde kurulacak ileri teknoloji seralarında maksimum ısı gücü, üretim süresince gereksinilen ısı enerjisi ve ısı perdelerinin sızdırmazlıklarına bağlı olarak tasarruf edilebilecek ısı enerjisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çatı ve yan duvarlarda farklı örtü malzemesi ile kaplı ileri teknoloji seralarda, farklı sızdırmazlık özelliklerine sahip ısı perdeleri kullanılarak ISIGER-SERA uzman sistem yazılımı ile ısı enerjisi hesaplanmıştır. Batman ili iklim koşullarında farklı örtü malzemeleri ile kaplı seralarda maksimum ısı gücü değerleri farklılık gösterirken, ısı perdelerinin maksimum ısı gücüne etkisi belirlenmemiştir. Bunun da nedeni maksimum ısı gücüne sabahın ilk saatlerinde ısı perdelerinin açıldığı koşullarda ihtiyaç duyulmasıdır. Ancak ısı perdelerinin üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi tüketimine etkisi perdelerin sızdırmazlık değerlerine göre %8.4 ile %36.7 arasında değişmektedir. Batman ili için modern seralarda ısı enerjisinin maliyetinin için örtü malzemesi olarak cam malzeme ve kesinlikle ısı perdesi kullanılmalıdır. Ayrıca plastik sera yapılması durumunda, yan duvarlarda tek kat plastik kullanılmaması bunun yerine ya çift kat plastik ya da çift kat sert plastik (16 mm) kullanılması önerilmektedir.

Biyosistem Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 13.09.2023

Kabul Tarihi : 19.12.2023

Anahtar Kelimeler

Sera ısıtması

Isı gereksinimi

Isı perdesi

Isı koruma

Enerji verimliliği

Calculation of Heat Requirement Values of Modern Greenhouse Enterprises in Batman Region, Determination of the Effects of Heat Protection Measures on Heat Consumption

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the maximum heat power, the heat energy required during production, and the heat energy that can be saved depending on the sealing of the heat curtains in the high-tech greenhouses to be established in Batman Province, where the continental climate with geothermal resources is dominant. In high-tech greenhouses covered with different covering materials on the roof and side walls, heat energy was calculated with ISIGER-SERA expert system software by using heat curtains with different sealing properties. While maximum heat power values vary in greenhouses covered with different covering materials under the climate conditions of Batman Province, the effect of heat curtains on maximum heat power has not been determined. The reason for this is that maximum heat power is needed in the early hours of the morning when the heat curtains are opened. However, the effect of thermal curtains on the required heat energy consumption during the production period varies between 8.4% and 36.7%, depending on the sealing values of the curtains. In modern greenhouses in Batman Province, glass material and definitely a heat curtain should be used as cover materials to reduce the cost of heat energy. In addition, in the case of building a plastic greenhouse, it is recommended not to use a single layer of plastic on the side walls but instead to use either a double layer of plastic or a double layer of hard plastic (16 mm).

Biosystem Engineering

Research Article

Article History

Received : 13.09.2023

Accepted : 19.12.2023

Keywords

Greenhouse heating

Heat requirement

Heat screen

Heat conservation

Energy efficiency

- Atıf İçin :** Üstün S., (2024) Batman Yöresi Modern Seracılık İşletmelerinin Isı Gereksinim Değerlerinin Hesaplanması, Isı Koruma Önlemlerinin Isı Tüketimine Etkilerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27 (3)*, 644-655. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1359654>
- To Cite:** Üstün S., (2024) Calculation of Heat Requirement Values of Modern Greenhouse Enterprises in Batman Region, Determination of the Effects of Heat Protection Measures on Heat Consumption. *KSU J. Agric Nat 27 (3)*, 644-655. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1359654>

GİRİŞ

Bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak seralar, yılın farklı aylarında ısıtma, havalandırma, gölgeleme, soğutma gibi işlemlere ihtiyaç duyarlar. Bitkiler sıcaklık değişimine, gelişimleri ile hızlı bir şekilde cevap verirler. Serada üretilen bitkilerin 10°C – 24°C sıcaklık aralığına pozitif olarak artan bir tepki verirler (Nelson, 2002).

Seralarda en fazla üretilen ürünler, çoğunlukla yüksek ısı gereksinimi gösteren sebzelerdir (domates, biber, hıyar, kavun, yeşil fasulye, patlıcan vb.). Seralarda üretilen bu ürünler, ılıman iklim bitkileri olup ortalama 17°C-27°C'ye adapte olmuşlardır. Bu ürünler minimum 12°C'nin altında ve maksimum 32°C'nin üstündeki sıcaklık değerlerinde strese girerler (Nisen ve ark., 1988). Don gibi düşük sıcaklıklarda geri dönüşü olmayan hasarlar ortaya çıkar.

Günlük ortalama sıcaklığın 12°C'nin altına düştüğü koşullarda seralarda ısıtma yapılmalıdır. Türkiye'de seracılığın yaygın olarak yapıldığı Akdeniz ve Ege bölgelerinde, günlük ortalama sıcaklık 12°C'nin altına düştüğünden seralar Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ısıtılmalıdır. Ancak bu bölgemizdeki günlük ortalama sıcaklık 7°C'nin üzerinde seyrettiğinden, üretici soğuk seracılığı tercih etmektedir. Isıtılmayan seralarda sıcaklığın biyolojik optimumun altına düşmesi ve buna bağlı olarak nemin yükselmesi nedeniyle ortaya çıkan hastalıklara karşı, oldukça fazla tarımsal ilaç kullanılmaktadır. İlaç kullanımı ürün kalitesini etkilediği gibi insan sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedir. Verim ve kaliteyi olumlu yönde etkileyen ısıtma, üretim maliyetini arttırmaktadır. Isıtma giderleri sera yapısına, donanımına ve yöre iklimine bağlı olarak işletme giderlerinin % 20-60 arasında değişmektedir (Baytorun ve ark., 2017a).

Farklı zamanlarda ortaya çıkan enerji krizleri, sera üretimini ılıman iklim bölgelere kaydırmıştır. Akdeniz bölgesinde kurulan seralara göre Orta ve kuzey Avrupa ülkelerindeki seralar daha modern ve karmaşık olup tüm yıl boyunca bitkilerin arzuladıkları gelişim etmenleri olan sıcaklık, nem, ışınım ve CO₂ değerlerini optimum düzeyde tutmak zorundadırlar (Baytorun ve ark., 2016).

Uygun yatırım bedelleri ile kurulan Akdeniz bölgesindeki seralar ise bitki gelişim etmenlerini en az işletme yatırımları ile optimum düzeyde tutmaya çalışan yapılardır. Ancak yaz aylarındaki yüksek sıcaklıklar nedeniyle seraların boş bırakılması

Akdeniz bölgesinde yapılan seracılık üretim periyodunu kısaltmaktadır. Bu durum birim alandan elde edilen verimin düşmesine neden olmaktadır.

Soğuk iklim bölgelerinde üretim yapılan seralar, yılın büyük bir bölümünde ısıtılmak zorundadır. Isıtma süresi daha kısa olan ılıman iklim bölgelerinde üretim yapılan seralarda ısıtma gereksinimi kış aylarında ortaya çıkmaktadır. Akdeniz gibi ılıman ve İsrail gibi sıcak iklim bölgelerinde, ısı gereksinimine sadece kış aylarının gece saatlerinde ihtiyaç duyulmaktadır (Baytorun, 2016).

Yüksek teknolojiye sahip seralarda düzenli olarak ısıtma yapıldığı için bölgenin iklimine bağlı olarak ısıtma giderleri işletme giderleri içerisinde ilk veya işçilikten sonra ikinci sırada yer almaktadır. Düzenli olarak ısıtılan Akdeniz bölgesi seralarında ısıtma giderleri %20 - 25 ile ikinci sırayı alırken, soğuk bölgelerde birinci sırada yer alır (Baytorun ve ark., 2017a). Isı korunumu amacıyla ısı enerjisinin seraya iletilmesindeki kayıpların azaltılması için ısıtılan seralarda ısı perdelerinin kullanılması ve rüzgârdan koruma gibi bazı teknik önlemler uygulanmaktadır (Von Zabeltitz, 1986). Seracılık faaliyetleri açısından dejavantajlı bölgelerde rekabet şansını arttırmak için ısı perdesi ve diğer tasarruf önlemleri kullanılabilir (Çaylı & Temizkan, 2018).

Kış aylarında minimum düzeyde olan güneş ışınımının seraya girişini fazla etkilemesi için enerji tasarrufu amacıyla serada uygulanan yöntemlere özellikle dikkat edilmelidir. Seralarda çatı bölgesinde çift katlı örtü malzemesinin kullanılması enerji tasarrufu sağlarken seraya ulaşan ışık miktarını azaltabilmekte, aynı zamanda CO₂ ve nem sorunu yaratabilmektedir (Tantau, 2012; Baytorun, 2016). Seralarda ısı kayıplarını minimize etmek için yapılan yalıtım sonucunda, sera içindeki nem yükselmesi de dikkate alınmalıdır. Bu nedenle sera çatı bölgesinde, son yıllarda yaygın olarak tek katlı örtü malzemesi ile gece saatlerinde iyi yalıtılmış hareketli ısı perdelerinin kullanılması önerilmektedir (Baytorun, 2016). Gündüz saatlerinde ısı perdelerinin toplanması, fotosentez için gerekli ışığın (PAR) seraya ulaşması sağlanır. İlıman iklim bölgelerinde ısıtma için gerekli olan ısı enerjisinin %100'üne ve soğuk bölgelerde %70-75'ine gece saatlerinde ihtiyaç duyulduğundan, sistem iyi projelendirilip malzeme iyi seçildiğinde ısı perdeleri ile önemli düzeyde ısı tasarrufu sağlanabilir (Von Zabeltitz, 1982, Baytorun, 2016). Aynı zamanda don olayı riskini azaltmak için de ısıtma yapılmayan seralarda ısı perdeleri kullanılabilir (Teitel ve ark., 1996).

Isı perdelerinin seçiminde malzemenin, küçük yüzey alanına sahip olmasına, kolay monte edilebilmesine ve çekme gerilmesinin az olmasına dikkat edilmelidir (Meyer, 1982). Almanya iklim koşullarında yaptıkları çalışmada, farklı ısı perdelerinin sera çatı ve yan duvarlarda kullanılması durumunda çift katlı ETFE (Etilen TetraFlorEtilen) ile kaplı serada ulaşılabilen tasarruf oranları; çatıda tek kat ısı perdesi kullanılması durumunda %55, çatıda çift kat enerji perdesi ile yan duvarda stor tipi perde kullanılması durumunda %90, çatıda ısı ve gündüz perdesi yan duvarlarda stor tipi perde kullanılması durumunda %80 olduğu belirlenmiştir (Meyer ve ark., 2014).

Rath (1992) çalışmalarında alüminyum dokusu az olan ısı perdesi ile %40, alüminyum dokusu fazla olan ısı perdesi ile %50 oranında tasarruf edilebileceğini hesaplamıştır. Tek kat enerji perdesi yardımıyla seralarda %32 enerji tasarrufu sağlanabilirken, bu oranın çift kat perde ile %48'lere ve çift kat enerji perdesi ile %52'lere çıkarılabilmektedir. Serada sadece gündüz perdelerinin kullanılması durumunda gece saatlerinde ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimini %25, gündüz saatlerinde ise %9 azaltılabildiği belirlenmiştir (Domke, 2011).

Seralarda kullanılan perdelerin ısı tasarruf oranları perdelerin sızdırmazlıklarına bağlı olarak değişmektedir (Meyer, 1984; Müller, 1987). Isı perdelerinin yan duvar ve sera cepheleriyle birleştiği yerler sızdırmaz olmalıdır. Aksi takdirde ısınan havanın yükselerek bu aralıklardan geçip çatı örtü malzemesi tarafından dış ortama taşınması ısı tasarrufunu azaltmaktadır (Çaylı ve ark., 2016; Önder & Baytorun, 2016). Aynı zamanda ısı perdesi sızdırmazlığı iyi olan seralarda rüzgar hızına bağlı olarak ortaya çıkan ısı kayıpları en düşük düzeydedir (Schmidt ve ark., 2011).

Seralarda ısı gereksinimi kullanılan ısıtma sistemlerinin tipi ve sera donanımına bağlı olarak değişmektedir (Baytorun ve ark., 2018a; Baytorun ve ark., 2018b). Isı gereksinimi hesaplamaları, serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve seranın özelliğine bağlı sıcaklık yükselmesi dikkate alınarak saatlik iklim değerlerine göre yapılmalıdır (Baytorun ve ark., 2018c). Isı gereksinimi hesaplamalarında doğru sonuçlar elde edebilmek için iklim verilerinin, araştırmanın yapıldığı yerden toplanması da oldukça önemlidir (Çaylı ve ark., 2018b). Aynı zamanda sera çevre koşullarının teknolojik cihazlarla takip edilmesi ve ihtiyaç duyulan koşulların otomatik olarak sağlanması durumunda da enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu amaçla geliştirilen bazı düşük maliyetli donanım ve yazılım çözümleri üzerine yapılan araştırmalar da vardır (Çaylı ve ark., 2017; Çaylı & Mercanlı, 2017; Çaylı ve ark., 2018a).

Bölgenin iklim koşullarına göre inşa edilen seralarda gerekli ısı tasarruf önlemlerinin alınması, ısıtma giderlerinden kaynaklı üretim maliyetlerinin

düşürülmesi açısından önemlidir (Boyacı ve ark., 2016). Bununla birlikte seralar için seçilen ısıtma sisteminin doğru olarak projelenmesi, enerji tasarrufu ve ilk yatırım giderlerinin azaltılması açısından büyük bir öneme sahiptir (Akyüz ve ark., 2017). Ayrıca ısıtma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan katı yakacak kazanlarında serada ihtiyaç duyulan ısı yüküne bağlı olarak yanma işleminin düzenlenmesi oldukça zor olduğundan ısı enerjisi etkin bir şekilde kullanılamaz. Bu amaçla ihtiyaç fazlası ısının sıcak su tankında (buffer) depolanması, tüketilen yakıttan elde edilen ısı enerjisinin etkin kullanımı için çözüm olarak sunulmuştur (Baytorun ve ark., 2017b).

Serada ısı kaybını artıran diğer bir faktörde dış ortamdaki rüzgâr hızıdır. Artan rüzgâr hızı, ısı perdesi kullanılan seraya kıyasla daha yüksek ısı kayıplarına neden olur. Isı perdeleri ısı kayıplarını azaltarak ısı tasarrufu sağlar (Sethi & Sharma, 2008; Çaylı & Akyüz, 2019).

Bölge iklimine bağlı olarak üretim giderlerinin %20-%60 arasında yer tutan ısıtma giderlerinin azaltılması yanında ısıtma jeotermal gibi ucuz enerji kaynaklarının kullanılması seralarda üretimi rekabet edebilir duruma getirmektedir.

Yapılan bu çalışmada jeotermal kaynaklara sahip Batman iklim koşullarında kurulacak ve düzenli olarak ısıtılacak yüksek teknoloji seralarında, farklı örtü malzemesine sahip seraların saatlik iklim değerlerinden gidilerek ısı gereksiniminin hesaplanması, ısı perdesi ile ısı tasarruf oranlarının belirlenmesi ve ortaya çıkan ısı gereksiniminin diğer sera bölgeleri ile rekabet edebilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Sera Özellikleri

Isı gereksiniminin hesaplanmasında, uzunluğu 50 m, genişliği 9.6 m, yan duvar yüksekliği 4.5 m, mahya yüksekliği 6.5 m olan 10 adet bölmeden oluşan taban alanı 4800 m² olan, plastik örtü malzemeli sera şekli yay çatı, cam örtü malzemeli sera şekli gotik çatı olan blok sera kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalarda, serada sıcaklık yükselmesi 7 °C, ısı depolama katsayısı cam örtülü sera için 1, plastik örtülü sera için ise 0.5 olarak alınmıştır. Isıtma sistemi çelik borulu ısıtma sistemi seçilmiş ve borular sera tabanına yakın olarak döşendiği kabul edilmiştir. Havalandırma sıcaklığı ise 23°C olarak alınmıştır. Hesaplamalarda esas alınan farklı sera tipleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Isı Perdesi

Seralarda kullanılan ısı perdelerinin dokularında bulunan alüminyum malzemenin oranı, serada ısıma yoluyla ortaya çıkan ısı kayıplarının azaltılması

açısından büyük bir öneme sahiptir. Yapılan çalışmada enerji tasarruf oranı %50 olan ısı perdesi hesaplamalarda esas alınmıştır. Isı perdelerinin sağladığı ısı tasarrufu perdelerin sızdırmazlıklarına

bağlıdır. Yapılan çalışmada %50 tasarruf oranına sahip ısı perdesinin sızdırmazlığına bağlı olarak hesaplamalarda esas alınan düzeltme faktörleri Çizelge 2’de verilmiştir (Rath 1992).

Çizelge 1. Yapılan çalışmada esas alınan sera tipleri ve donanımları.

Table 1. Greenhouse types and equipment used in the study

Sera Tipi	Örtü Malzemesi		Isı Perdesi ve Sızdırmazlık Durumu
	Çatı	Yan Duvar	
C1 (Cam 1)	Tek katlı cam	Tek katlı cam	Yok
C2 (Cam 2)	Tek katlı cam	Tek katlı cam	Var, Kötü
C3 (Cam 3)	Tek katlı cam	Tek katlı cam	Var, Orta
C4 (Cam 4)	Tek katlı cam	Tek katlı cam	Var, İyi
P1 (Plastik 1)	Tek katlı plastik	Tek katlı plastik	Yok
P2 (Plastik 2)	Tek katlı plastik	Tek katlı plastik	Var, Kötü
P3 (Plastik 3)	Tek katlı plastik	Tek katlı plastik	Var, Orta
P4 (Plastik 4)	Tek katlı plastik	Tek katlı plastik	Var, İyi
P5 (Plastik 5)	Tek katlı plastik	Çift katlı plastik	Yok
P6 (Plastik 6)	Tek katlı plastik	Çift katlı plastik	Var, Kötü
P7 (Plastik 7)	Tek katlı plastik	Çift katlı plastik	Var, Orta
P8 (Plastik 8)	Tek katlı plastik	Çift katlı plastik	Var, İyi
P9 (Plastik 9)	Tek katlı plastik	Çift katlı sert plastik (16 mm)	Yok
P10 (Plastik 10)	Tek katlı plastik	Çift katlı sert plastik (16 mm)	Var, Kötü
P11 (Plastik 11)	Tek katlı plastik	Çift katlı sert plastik (16 mm)	Var, Orta
P12 (Plastik 12)	Tek katlı plastik	Çift katlı sert plastik (16 mm)	Var, İyi

Çizelge 2. Isı perdesinin sızdırmazlıklarına bağlı düzeltme katsayıları (Rath 1992).

Table 2. Correction coefficients depending on the sealing of the thermal curtain (Rath 1992).

Isı Perdesi Sızdırmazlığı	Düzeltilme Katsayısı
İyi	6.80
Orta	11.05
Kötü	29.43
Isı perdesi yok	0.00

Jeotermal Enerji

Batman ili yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji potansiyeline sahiptir. Jeotermal enerji Batman-Sason-Taşlıdere’de şehir ısıtması ve

termal turizm alanlarında kullanılmaktadır. Çizelge 3’te Batman ili jeotermal kaynak potansiyeli gösterilmiştir (DİKA, 2014).

Çizelge 3. Batman ili jeotermal kaynak potansiyeli (MTA, 2005).

Table 3. Batman province geothermal resource potential (MTA, 2005).

Jeotermal alan adı	Sıcak su doğal çıkış adı	Doğal Çıkış			Sondaj			Kullanım Alanı	Kurulu Tesis
		Sıcaklık °C	Debi ltsn ⁻¹	Potansiyel MWt	Sıcaklık °C	Debi ltsn ⁻¹	Potansiyel MWt		
Sason	Taşlıdere	83	16	*	*	*	*	Kaplıca	*

Isı Gereksiniminin Hesaplanması

Saatlik ölçülmüş iklim verileri kullanılarak, seranın özelliklerine ve serada kullanılan donanıma bağlı

$$Q = \sum_{n=1}^{8760} \left((t_{in} - t_{i,OHn} - \Delta t_{spn}) \cdot U_{cs} \cdot A_c \cdot (1 - EE_{ESn}) \right) \cdot t_{si}$$

Eşitlikte;

Q : Seranın yıllık ısı gereksinimi [Wh]

t_{in} : Serada istenen sıcaklık [°C]

olarak ısı enerjisi gereksinimi, Rath (1992) tarafından DIN 4701 standartları esas alınarak geliştirilen 1 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$t_{i,OH}$: Isıtmasız serada ortaya çıkan gerçek ısı sıcaklık [°C]

Δt_{sp} : Serada depolanan ısıya bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi [°C]

U_{cs} : Isı gereksinim katsayısı [$W m^{-2} K^{-1}$]

A_C : Sera örtü yüzey alanı [m^2]

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

n :Yılın saatleri [h]

1 nolu eşitlikteki Δt_{Sp} , gündüz saatlerinde serada depolanan enerji dikkate alınarak belirlenir. Δt_{Sp} 'nin belirlenmesinde 2 ve 3 nolu eşitlikler kullanılmıştır.

$$\Delta t_{Sp,pot} = \frac{Z_d}{\max(Z_2, \dots, 365)} * \Delta t_{Sp,max}$$

2 nolu eşitlikteki Z_d , 3 nolu eşitlik yardımı ile elde edilmiştir;

$$Z_d = \overline{t_{i,OH,Gündüzd-1}} - \overline{t_{i,OH,Gece_d}}$$

Z_d :Gündüz gece sıcaklık ortalama farkı [$^{\circ}C$]

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

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{Değilse} \\ \Delta t_{Sp,pot} \\ \Delta t_{Sp,pot} \\ \Delta t_{Sp,pot} \cdot (t_i - t_{i,OH} - 25) \\ \Delta t_{Sp,pot} - 25 \\ 0 \end{array} \right\} \Delta t_{Sp}$$

1 nolu eşitlikte ısıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık değerinin ($t_{i,OH}$) belirlenmesi için, güneş radyasyonuna bağlı serada ulaşılan teorik sıcaklık değerinin ($t_{i,th}$) hesaplanması gereklidir. Serada teorik sıcaklık 4 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$t_{i,th} = \frac{q_G * D_G * \eta * A_G}{U_{cs} * (1 - EE_{ES}) * A_C} + t_a$$

Eşitlikte:

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

q_G :Güneş radyasyonu [$W m^{-2}$]

D_G :Örtü malzemesinin geçirgenlik oranı [%]

t_a :Dış sıcaklık [$^{\circ}C$]

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

Serada ortaya çıkan teorik sıcaklık ve serada istenen havalandırma sıcaklığına (t_L) bağlı olarak, 1 nolu eşitlikteki ısıtılmayan serada iç sıcaklık değeri ($t_{i,OH}$), aşağıdaki mantıksal eşitlikler yardımı ile belirlenmiştir.

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

Eşitlikte;

t_L :Havalandırma sıcaklığı [$^{\circ}C$]

$t_{i,S}$:Serada arzulan iç sıcaklık değeri [$^{\circ}C$]

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

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

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

$$\left. \begin{array}{l} q_G > 0 \text{ ve } t_{i,OH} \leq t_{i,S_{Gün}} \text{ ise} \\ q_G = 0 \text{ ve } t_{i,OH} \leq t_{i,S_{Gece}} \text{ ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} t_i = \left\{ \begin{array}{l} t_{i,S_{Gündüz}} \\ t_{i,S_{Gece}} \\ t_{i,OH} \end{array} \right. \quad [2]$$

Serada ısı gücü ve ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde kullanılan toplam ısı iletim katsayısı (U_{cs}), örtü malzemesinin özelliğine, sera tipine, ısıtma, sulama sistemine, rüzgâr hızına ve gökyüzünün bulutlu ve açık olmasına bağlı olarak değişim göstermektedir. Yapılan hesaplamalarda toplam ısı iletim katsayısı $4 m s^{-1}$ rüzgâr hızında tek katlı PE plastik için $7 W m^{-2}K^{-1}$, cam sera için $7.65 W m^{-2} K^{-1}$ olarak alınmış (Zabeltitz, 1986; Tantau, 1983; Meyer, 1981, 1982) ve hesaplamaların yapıldığı saatteki rüzgâr hızına bağlı olarak yeniden belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

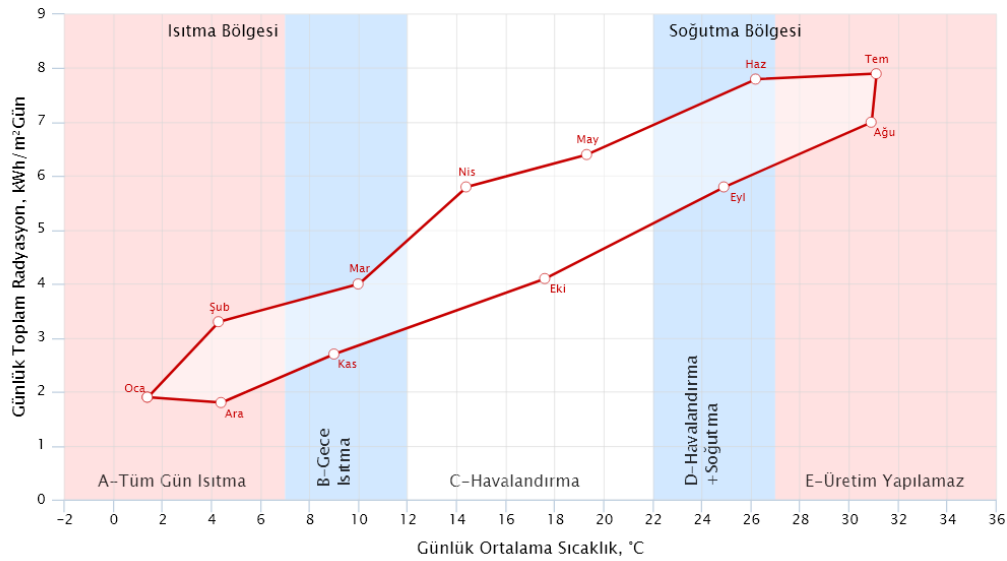
Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen Batman ili iklim değerleri incelendiğinde aralık, ocak ve şubat aylarında hava sıcaklığının $7^{\circ}C$ 'nin altına düştüğü görülmektedir. Bu koşullarda Batmanda kurulacak seralarda Aralık-Şubat döneminde tüm gün ısıtma, Mart ve Kasım aylarında sadece gece saatlerinde ısıtma, Ekim, Nisan ve Mayıs aylarında havalandırma, Eylül ve Haziran aylarında havalandırma ve günün belirli saatlerinde soğutma yapılması gerekmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında ise serada ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar nedeniyle üretim olanağı ortadan kalkmaktadır (Şekil 1).

Yapılan çalışmada, Batman ilinin saatlik iklim değerleri kullanılarak gece ve gündüz farklı sıcaklık değerleri için gerekli ısı gücü ve yıllık ısı enerjisi gereksinimi hesaplanarak çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'ten görüleceği gibi farklı sıcaklık değerlerinde farklı sera tipleri için hesaplanan maksimum ısı gücü gereksinimleri değişim gösterirken, ısı perdesinin sızdırmazlık durumuna göre hesaplanan maksimum ısı gücü değerleri değişim göstermemektedir. Batman koşullarında plastik seralar için maksimum ısı gücü gereksinimi $248.9 W m^{-2}$ olarak hesaplanmıştır. Serada yan duvarların çift kat plastik örtü ile kaplanması durumunda bu değer $233.1 W m^{-2}$ olmaktadır. Tek kat camla kaplı seralarda maksimum ısı gücü gereksinimi ise $243.4 W m^{-2}$ olmaktadır. Cam serada

ısı gücünün tek kat plastikle kaplı serada ihtiyaç duyulan maksimum ısı gücünden büyük olması örtü

malzemesi yüzeyindeki sızdırmazlıkların kötü olmasından kaynaklanmaktadır.

Batman İli Uzun Yıllık Ortalama Sıcaklık ve Günlük Radyasyon Değerleri



Şekil 1. Batman ilinin uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam güneş radyasyonu değerlerine bağlı olarak serada alınması gereken iklimlendirme önlemleri.

Figure 1. Climatization measures to be taken in the greenhouse depending on the long-year daily average temperature and daily total solar radiation values of Batman province.

Seralarda kullanılan ısı perdeleri gerekli olan maksimum ısı gücü gereksiniminde etkili değildir. Bunun da nedeni gün içinde en yüksek ısı gücü gereksinimine perdelerin açıldığı sabahın ilk saatlerinde ihtiyaç duyulmasıdır. Ancak ısı perdelerinin üretim periyodu boyunca ortaya çıkan ısı gereksinimine etkisi büyüktür. Çatısı tek kat yan duvarları çift kat plastik ile kaplı serada üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi 261.1 kW h m⁻² a⁻¹ (P5) olurken sızdırmazlığı iyi olan ısı perdeli serada bu değer 176.1 kW h m⁻² a⁻¹ olmaktadır (P8). Isı perdesi, plastik serada, ısı perdesinin sızdırmazlık durumu “kötü” ise %8.4, “orta” ise %21.4 ve “iyi” ise %34.3 oranında tasarruf sağlarken, cam serada ise sızdırmazlık durumu “kötü” ise %9, “orta” ise %22.8 ve “iyi” ise %36.7 oranında tasarruf sağladığı belirlenmiştir.

Seralarda yapılacak fizibilite hesaplamalarında maksimum ısı gücünün hesaplanması yanında sera kurulacak yerin iklimine bağlı yıllık ısı gereksiniminin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Çizelge 4'ten de görüleceği gibi üretim periyodu boyunca ortaya çıkan en yüksek ısı enerjisi gereksinimi plastik serada sıcaklığın gündüz/gece 16/21 °C'de tutulduğu koşullarda 281.4 kW h m⁻² a⁻¹ (P1) olmaktadır. Serada üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi serada istenen sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Enerji tasarrufu amacıyla gece sıcaklık değerinin düşürülmesi önemli ölçüde ısı tasarrufu

sağlayabilmektedir. Batman koşullarında gece sıcaklığının 2 °C düşürüldüğü serada ısı enerjisi gereksinimi %16 azalarak 237.5 kW h m⁻² a⁻¹ (P1) olmaktadır. Batman iklim koşullarında cam serada en yüksek ısı gereksinimi 273.1 kW h m⁻² a⁻¹ (C1) olmaktadır. Aynı şekilde cam serada gece sıcaklığı 2 °C düşürüldüğünde bu değer 230.4 kW h m⁻² a⁻¹ (C1) olmaktadır. Bu durum, cam ve plastik serada ısı enerjisi gereksinim oranında %15.6 tasarruf sağlamaktadır.

Seralarda ısı kaybı, örtü malzemesinin geçirgenliğine bağlıdır. Plastik serada yan duvarda çift kat plastik kullanılması durumunda %7.0, çift kat sert plastik (16 mm) kullanılması durumunda %9.1 oranında ısı tasarrufu sağlanabilmektedir.

Seralarda maksimum ısı gücünün belirlenmesi kurulacak ısıtma sistemlerinde kullanılacak kazan kapasitelerinin belirlenmesi için gereklidir. Ancak hesaplanan maksimum ısı gücü değerlerine yılın kaç saatinde ihtiyaç duyulduğunun bilinmesi ısıtma sistemlerinin kapasite tayinlerinde büyük öneme sahiptir. Yapılan çalışmada çatısı tek kat plastik ve yan duvarları çift kat PC ile kaplı orta derecede ısı perdesi yalıtımına sahip sera için hesaplanmış ısı gücü değerleri ve yılın kaç saatinde bu değerlere ihtiyaç duyulduğu Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 4. Batman ili iklim koşullarında düzenli olarak ısıtılan seralar için gerekli ısı gücü ve üretim periyodu boyunca ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimi değerleri.

Table 4. The heat power required for regularly heated greenhouses under the climate conditions of Batman province and the heat energy requirement values needed during the production period.

Senaryo	Sıcaklık 21/16 °C		Sıcaklık 21/14 °C	
	Maksimum Isı Gücü Gereksinimi W m ⁻²	Isı Enerjisi Gereksinimi kW h m ⁻² a ⁻¹	Maksimum Isı Gücü Gereksinimi W m ⁻²	Isı Enerjisi Gereksinimi kW h m ⁻² a ⁻¹
C1		273.1	243.4	230.4
C2		248.4	242.2	209.6
C3	243.4	210.7	242.2	179.9
C4		172.9	242.2	150.3
P1		281.4	248.9	237.5
P2		257.7	247.8	217.2
P3	248.9	221.3	247.8	188.5
P4		184.8	247.8	159.8
P5		261.1	233.1	219.9
P6		240.1	232.0	201.9
P7	233.1	208.1	232.0	176.7
P8		176.1	232.0	151.4
P9		255.8	229.0	215.3
P10		235.5	227.8	197.9
P11	229.0	204.6	227.8	173.6
P12		173.7	227.8	149.2

Çizelge 5. Farklı donanımlara sahip seralarda farklı ısı gücüne ihtiyaç duyulan süreler (saat).

Table 5. The times required for different heat power in greenhouses with different equipment (hour).

Isı Gücü Gereksinimi W m ⁻²	Sıcaklık 21/16 °C		Sıcaklık 21/14 °C	
	Saat (P9)	Saat (P11)	Saat (P21)	Saat (P23)
0	3732	3728	3481	3473
10	3353	3295	3042	2972
20	3101	2951	2801	2651
30	2824	2623	2514	2295
40	2572	2279	2243	1917
50	2296	1913	1957	1572
60	2034	1575	1687	1235
70	1738	1212	1413	925
80	1481	911	1149	629
90	1200	615	906	425
100	954	411	677	301
110	731	287	472	219
120	517	183	328	155
130	347	130	237	113
140	233	90	156	79
150	156	64	107	63
160	99	51	77	51
170	61	30	44	30
180	31	16	21	15
190	16	10	11	9
200	6	5	6	5
210	3	2	3	2
220	2	1	2	1

Çizelge 5'ten de görüleceği gibi çatısı tek kat PE, yan duvarları çift kat PC ile kaplı serada (P9) sıcaklığın üretim periyodu boyunca gündüz/gece 21/16°C'de tutulmak istenmesi durumunda gereksinilen ısı gücü 220 W m⁻² olmaktadır. Ancak çizelgeden de görüleceği gibi bu ısı gücüne yılın sadece 2 saatinde ihtiyaç duyulmaktadır. Serada 160 W m⁻² ısı gücüne sahip ısıtma sisteminin kurulması durumunda yılın sadece 99 saatinde sıcaklık istenilen değerlerin altında seyredecektir. Belirtilen nedenle serada ısı gereksiniminin %80'ini karşılayacak ana kazan ve

bitkileri dona karşı koruyacak ikincil bir kazanın seçilerek ısıtma sisteminin planlanması daha sağlıklı olacaktır.

Seralarda kurulacak ısıtma sistemlerinde fosil enerji kaynaklarının kullanılması durumunda yakıt depolama kapasitesinin belirlenmesi için aylık ısı enerjisi gereksiniminin bilinmesi gereklidir. Yapılan çalışmada Batman ili iklim koşullarında farklı donanımlara sahip seraların aylık ısı enerjisi gereksinimleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Batman ili aylara göre ısı gereksinim değerleri (Sıcaklık 21/16 °C).

Table 6. Heat requirement values by month in Batman province (Temperature 21/16 °C).

Sera Tipi	Isı Gereksinimi, kWh m ⁻² ay ⁻¹											
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Ekm	Kas	Ara
Sera içi sıcaklığı gündüz 21 °C, gece 16 °C												
C1	76.2	47.9	26.5	15.8	6.0	1.1	0.1	0.0	0.9	9.2	33.5	56.0
C2	69.8	43.9	23.9	14.1	5.5	1.0	0.1	0.0	0.8	8.2	30.3	50.7
C3	60.3	37.4	20.2	11.7	4.7	0.9	0.1	0.0	0.7	6.9	25.0	42.7
C4	50.8	30.9	16.5	9.3	3.9	0.8	0.1	0.0	0.6	5.7	19.7	34.7
P1	77.6	49.1	27.5	16.7	6.3	1.0	0.0	0.0	0.9	9.7	35.0	57.5
P2	71.5	45.3	25.0	15.0	5.8	1.0	0.0	0.0	0.9	8.8	31.9	52.5
P3	62.4	39.1	21.4	12.6	5.0	0.9	0.0	0.0	0.8	7.5	26.7	44.8
P4	53.3	32.8	17.8	10.3	4.2	0.7	0.0	0.0	0.7	6.3	21.6	37.1
P5	71.7	45.5	25.5	15.5	5.9	1.0	0.0	0.0	0.9	9.1	32.6	53.4
P6	66.3	42.1	23.3	14.1	5.4	0.9	0.0	0.0	0.8	8.2	29.9	49.0
P7	58.3	36.6	20.2	12.0	4.7	0.8	0.0	0.0	0.7	7.1	25.4	42.2
P8	50.3	31.2	17.0	9.9	4.0	0.7	0.0	0.0	0.6	6.0	20.9	35.4
P9	70.2	44.6	25.0	15.2	5.8	0.9	0.0	0.0	0.9	8.9	32.0	52.3
P10	64.9	41.3	22.9	13.8	5.3	0.9	0.0	0.0	0.8	8.1	29.4	48.1
P11	57.2	36.0	19.8	11.8	4.7	0.8	0.0	0.0	0.7	7.0	25.0	41.5
P12	49.5	30.7	16.8	9.8	4.0	0.7	0.0	0.0	0.6	5.9	20.7	35.0
Sera içi sıcaklığı gündüz 21 °C, gece 14 °C												
C1	69.3	42.3	20.9	11.3	3.7	0.7	0.1	0.0	0.5	5.8	26.9	48.9
C2	63.4	38.9	18.9	9.9	3.4	0.7	0.1	0.0	0.5	5.1	24.4	44.3
C3	55.2	33.5	16.2	8.4	3.1	0.6	0.1	0.0	0.4	4.5	20.3	37.6
C4	47.0	28.1	13.6	6.9	2.7	0.6	0.1	0.0	0.4	3.8	16.3	30.9
P1	70.6	43.4	21.8	12.0	3.9	0.6	0.0	0.0	0.5	6.2	28.2	50.3
P2	64.8	40.1	19.8	10.7	3.6	0.6	0.0	0.0	0.5	5.5	25.8	45.9
P3	57.0	34.9	17.2	9.1	3.2	0.5	0.0	0.0	0.4	4.8	21.8	39.4
P4	49.2	29.7	14.6	7.6	2.9	0.5	0.0	0.0	0.4	4.2	17.8	33.0
P5	65.1	40.1	20.2	11.2	3.6	0.5	0.0	0.0	0.5	5.7	26.3	46.6
P6	60.0	37.2	18.4	10.0	3.4	0.5	0.0	0.0	0.4	5.1	24.1	42.7
P7	53.2	32.7	16.1	8.6	3.0	0.5	0.0	0.0	0.4	4.5	20.6	37.0
P8	46.3	28.1	13.8	7.3	2.7	0.5	0.0	0.0	0.4	4.0	17.1	31.3
P9	63.7	39.3	19.8	11.0	3.5	0.5	0.0	0.0	0.4	5.6	25.8	45.7
P10	58.8	36.5	18.0	9.8	3.3	0.5	0.0	0.0	0.4	5.0	23.7	41.9
P11	52.1	32.1	15.8	8.5	3.0	0.5	0.0	0.0	0.4	4.5	20.3	36.4
P12	45.5	27.6	13.6	7.2	2.7	0.5	0.0	0.0	0.4	3.9	16.9	30.9

Çizelge 6'dan da görüldüğü gibi Batman ili seralarında Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık ayları olmak üzere altı (6) ay ısıtma yapılması gerekmektedir. Batman ilinde en yüksek ısı enerjisi gereksinimi, plastik serada ocak ayında 77.6 kW h m^{-2} (P1, gece sıcaklığı $16 \text{ }^\circ\text{C}$) ve 70.6 kW h m^{-2} (P1, gece sıcaklığı $14 \text{ }^\circ\text{C}$) olarak hesaplanmıştır. Bu değer ilerleyen aylarda havaların ısınmasına bağlı olarak azalmakta, Nisan ayından sonra seralarda ısıtma gereksinimi ortadan kalkmaktadır. Isı gereksinim değerleri, cam ve plastik örtü malzemeli seralarda bir

birine yakın değerler içermektedir. Ocak ayında her iki örtü malzemeli seralarda ısı perdesi kullanılması durumundan ısı gereksinim değerinde cam serada %8.4 (C1,C2), plastik serada %7.8 (P1, P2) tasarruf sağlanmaktadır. Tasarruf oranları sera içi gece sıcaklığını $2 \text{ }^\circ\text{C}$ azaltılması durumunda cam serada %8.5 (C1, C2), plastik serada ise %8.2 (P1, P2) olarak bulunmuştur. Başka bir ifade ile $2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık azalması cam seradaki tasarruf oranını %0.1, plastik serada ise %0.4 oranında arttırmaktadır.

Çizelge 7. Batman iklim koşullarında serada sıcaklığın gündüz/gece $21/16^\circ\text{C}$ 'de tutulduğu koşullarda gece saatleri için aylık ve yıllık toplam ısı enerjisi gereksinimi ($\text{kW h m}^{-2} \text{ a}^{-1}$)

Table 7. Under Batman climatic conditions, where the temperature is kept at $21/16^\circ\text{C}$ during the day/night in the greenhouse, the monthly and annual total heat energy requirement for night hours ($\text{kW h m}^{-2} \text{ a}^{-1}$).

Sera Tipi	Isı Gereksinimi, $\text{kW h m}^{-2} \text{ a}^{-1}$						Yıllık
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık	
Sera içi sıcaklığı gündüz $21 \text{ }^\circ\text{C}$, gece $16 \text{ }^\circ\text{C}$							
C1	50.3	34.2	19.3	12.6	28.7	42.6	187.6
C2	44.6	30.3	17.0	11.1	25.5	37.7	166.3
C3	35.1	23.8	13.3	8.8	20.2	29.7	130.9
C4	25.5	17.3	9.6	6.4	14.9	21.7	95.4
P1	52.1	35.7	20.4	13.5	30.2	44.4	196.2
P2	46.6	32.0	18.2	12.0	27.1	39.8	175.7
P3	37.5	25.7	14.6	9.7	22.0	32.0	141.5
P4	28.5	19.5	11.0	7.3	16.8	24.3	107.4
P5	48.8	33.5	19.1	12.6	28.3	41.6	183.9
P6	44.0	30.2	17.2	11.4	25.6	37.5	165.9
P7	36.0	24.7	14.0	9.3	21.1	30.7	135.9
P8	28.0	19.2	10.8	7.2	16.5	24.0	105.8
P9	47.9	32.9	18.8	12.4	27.8	40.9	180.7
P10	43.3	29.7	16.9	11.2	25.2	36.9	163.2
P11	35.6	24.4	13.9	9.2	20.8	30.4	134.3
P12	27.9	19.1	10.8	7.2	16.4	23.8	105.3
Sera içi sıcaklığı gündüz $21 \text{ }^\circ\text{C}$, gece $14 \text{ }^\circ\text{C}$							
C1	43.4	28.6	13.7	8.1	22.0	35.5	151.4
C2	38.5	25.4	12.2	7.2	19.6	31.5	134.2
C3	30.3	20.0	9.5	5.6	15.5	24.8	105.7
C4	22.0	14.5	6.9	4.1	11.4	18.1	77.1
P1	45.0	30.0	14.7	8.8	23.4	37.2	159.1
P2	40.3	26.9	13.1	7.9	21.0	33.3	142.5
P3	32.5	21.6	10.5	6.3	17.0	26.8	114.9
P4	24.6	16.4	8.0	4.8	13.0	20.4	87.2
P5	42.2	28.1	13.8	8.3	21.9	34.8	149.1
P6	38.1	25.3	12.4	7.4	19.8	31.4	134.5
P7	31.2	20.8	10.1	6.1	16.3	25.8	110.2
P8	24.3	16.2	7.9	4.7	12.8	20.1	85.9
P9	41.5	27.6	13.5	8.1	21.5	34.2	146.5
P10	37.5	24.9	12.2	7.3	19.5	30.9	132.4
P11	30.8	20.5	10.0	6.0	16.1	25.5	108.9
P12	24.1	16.1	7.8	4.7	12.7	20.0	85.5

Seralarda en yüksek ısı enerjisi gereksinimi gece saatlerinde ortaya çıkmaktadır. Günlük ortalama

sıcaklığın $7-12^\circ\text{C}$ arasında bulunması durumunda, seralarda sadece gece saatlerinde ısıtma yapmak yeterlidir (Kittas ve ark. 2013). Yapılan çalışmada

ısıtma ihtiyacının ortaya çıktığı aylar için gündüz saatlerinde ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi hesaplanmıştır. Batman iklim koşullarında için gece saatleri için ısı enerjisi gereksinimi hesaplanarak çizelge 7'de, gündüz saatleri için ise çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 7'den görüldüğü gibi Ocak ayında gece saatlerinde en yüksek ısı gereksinimi plastik serada 52.1 kW h m⁻² (P1), cam serada ise 50.3 kW h m⁻² (C1) olarak belirlenmiştir. Isı perdesi kullanıldığında en yüksek ısı gereksinimi değeri cam serada 44.6 kW h m⁻² olarak Ocak ayında (C2), plastik serada ise 46.6 kW h m⁻² (P2) olarak Ocak ayında hesaplanmıştır. Gece sıcaklığının 2 °C azaltılması durumunda ise gece saatlerinde en yüksek ısı gereksinimi plastik

serada 45.0 kW h m⁻² olarak Ocak ayında (P1), cam serada ise 43.4 kW h m⁻² olarak Ocak ayında (C1) gerçekleşmiştir. Hesaplamalarda plastik sera ısı gereksinimi, cam sera ısı gereksinimine göre %3.6 daha fazla çıkmıştır.

Çizelge 8'de görüldüğü gibi ısı perdesi gündüz saatlerinde toplanmış olduğu için ısı perdeli ve ısı perdesiz durumlar için ısı gereksinim değerleri çok az farklılık göstermektedir. Gündüz saatlerinde en yüksek ısı gereksinim değeri cam ve plastik sera için 25.9 kW h m⁻² olarak Ocak ayında (C1, P1) hesaplanmıştır. Gündüz saatlerinde ısı gereksiniminde meydana gelen değişimler yan duvarda kullanılan farklı örtü malzemelerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 8. Batman iklim koşullarında serada sıcaklığın gündüz/gece 21/16°C'de tutulduğu koşullarda gündüz saatleri için aylık ve yıllık toplam ısı enerjisi gereksinimi (kW h m⁻² a⁻¹)

Table 8. Monthly and annual total heat energy requirement for daylight hours under Batman climate conditions where the temperature in the greenhouse is kept at 21/16°C day/night (kW h m⁻² a⁻¹)

Sera Tipi	Isı Gereksinimi, kW h m ⁻² a ⁻¹						Yıllık
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık	
Sera içi sıcaklığı gündüz 21 °C, gece 16 °C							
C1	25.9	13.7	7.2	3.2	4.9	13.4	68.3
C2-C3-C4	25.3	13.6	6.9	2.9	4.8	13.0	66.5
P1	25.5	13.4	7.1	3.2	4.8	13.1	67.2
P2-P3-P4	24.9	13.3	6.8	2.9	4.8	12.8	65.5
P5	22.9	12.0	6.4	2.9	4.4	11.8	60.4
P6-P7-P8	22.3	12.0	6.2	2.7	4.3	11.4	58.9
P9	22.2	11.7	6.2	2.8	4.2	11.4	58.7
P10-P11-P12	21.6	11.6	6.0	2.6	4.2	11.1	57.1
Sera içi sıcaklığı gündüz 21 °C, gece 14 °C							
C1	25.9	13.7	7.2	3.2	4.9	13.4	68.3
C2-C3-C4	24.9	13.5	6.7	2.8	4.8	12.8	65.6
P1	25.5	13.4	7.1	3.2	4.8	13.1	67.2
P2-P3-P4	24.5	13.3	6.6	2.8	4.8	12.6	64.6
P5	22.9	12.0	6.4	2.9	4.4	11.8	60.4
P6-P7-P8	22.0	11.9	6.0	2.5	4.3	11.3	58.0
P9	22.2	11.7	6.2	2.8	4.2	11.4	58.7
P10-P11-P12	21.3	11.5	5.8	2.5	4.2	10.9	56.3

SONUÇ ve ÖNERİLER

Seralarda ısı gücü ve ısı enerjisi gereksinimi, bölge iklimine, örtü malzemesine ve enerji tasarrufu amacıyla kullanılan donanımına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yapılan bu çalışmada, ısı perdelerinin sızdırmazlığına ve örtü malzemesinin özelliklerine bağlı olarak cam ve plastik sera için saatlik iklim değerleri kullanılarak ısı gücü ve üretim periyodu boyunca ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi hesaplanmıştır.

Serada kurulacak ısıtma sisteminin kapasite tayini için gerekli olan maksimum ısı gücü ısı perdesine bağlı olarak değişim göstermemiştir. Bunun da nedeni maksimum ısı gücünün ısı perdelerinin

açıldığı sabahın ilk saatlerinde ortaya çıkmasından kaynaklanmıştır. Ancak hesaplamalar sonucunda elde edilen maksimum ısı gücüne yılın sadece birkaç saatinde ihtiyaç duyulması nedeniyle serada tek bir kazan yerine iki kazanın seçilmesi ve ana kazanın ısı gereksiniminin %80'ini, ikincil kazanın ise bitkileri dona karşı koruyacak kapasitede olmasına dikkat edilmelidir.

Üretim periyodu boyunca ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi serada kullanılan ısı perdelerinin sızdırmazlığına bağlı olarak değişmektedir. Isı perdelerinin sızdırmazlığının iyi olması anlamlı oranda enerji tasarrufuna olanak sağlamaktadır.

Yapılan bu çalışmada, en yüksek ısı gereksinim

değeri plastik serada (77.6 kW h m⁻² Ocak ayı, P1) olduğu görülmüştür. Isı perdesinin kullanıldığı durumda en yüksek ısı gereksinim değeri plastik serada (71.5 kW h m⁻² Ocak ayı, P2) hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ısı perdesinin cam serada daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. Ayrıca ısı perdesinin sızdırmazlık durumlarında en iyi sonuç "iyi" durumunda ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak Batman ili için modern seralarda ısı gereksinim maliyetinin en düşük değerinde olması için seralarda örtü malzemesi olarak cam malzeme kullanılması önerilmektedir. Bununla birlikte ısı gereksinim maliyetini azaltmak için serada, ısı perdesi uygulamasının yapılması kesinlikle önerilmektedir. Ayrıca plastik sera yapılması durumunda, yan duvarlarda kesinlikle tek kat plastik kullanılmaması bunun yanında ya çift kat plastik ya da çift kat sert plastik (16 mm) kullanılması önerilmektedir.

Ayrıca Batman ili için Çizelge 2'de verilen jeotermal enerji potansiyelinin seralarda kullanılması durumunda bölgede seracılık faaliyetleri rahatlıkla yapılabilecek ve bölge çiftçisinin ürettiği ürünlerle pazarda rekabet edebilmesi sağlanabilecektir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar(lar) makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazar(lar)ı aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Akyüz, A., Baytorun, A. N., Çaylı, A., Üstün, S. & Önder, D. (2017). Seralarda Isıtma Sistemlerinin Projelenmesinde Gerekli Olan Isı Gücünün Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi* 20(3), 209-217. doi:10.18016/ksudobil.266155.

Arinze, E. A., Schoenau, G. J. & Besant, R. W. (1986). Experimental and computer performance evaluation of a movable thermal insulation for energy conservation in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research* 34, 97-113. doi:10.1016/S0021-8634(86)80003-8.

Baytorun, A. N. (2016). Seralar, Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirilmesi. 1. Baskı. *Nobel Akademik Yayıncılık. Nobel kitabevi, İstanbul. 444s.*

Baytorun, A. N., Akyüz, A., Üstün, S. & Çaylı, A. (2018a). Sera Isı Gereksinimi Hesaplama Modelinin "ISIGER-SERA" Çukurova Koşullarında Test Edilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(5), 699-707. doi:10.18016/ksudobil.396127.

Baytorun, A. N., Akyüz, A., Üstün, S. & Çaylı, A. (2018b). Testing Greenhouse Heat Requirement Calculation Model" ISIGER-SERA" in Cukurova Conditions. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi- 21(5)*, 699-707. doi:10.18016/ksudobil.396127.

Baytorun, A. N., Üstün, S., Akyüz, A. & Çaylı, A. (2017a). Antalya İklim Koşullarında Farklı Donanımlara Sahip Seraların Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(2), 144-152.

Baytorun, A. N., Üstün, S., Akyüz, A. & Çaylı, A. (2017b). Determination of Heat Storage Tank (buffer) Capacity in Greenhouse Heating Systems. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture* 32(2), 53-64. doi:10.21605/cukurovaummfd.358357.

Baytorun, A. N., Zaimoğlu, Z., Akyüz, A., Üstün, S. & Çaylı, A. (2018c). Comparison of Greenhouse Fuel Consumption Calculated Using Different Methods with Actual Fuel Consumption. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)* 6(7), 850-857.

Baytorun, A. N., Üstün, S. & Akyüz, A. (2016). Farklı Isıtma-Derece-Gün (HDD) Değerlerine Bağlı Olarak Seralarda Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 31(2), 119-128.

Boyacı, S., Akyüz, A., Baytorun, A. N. & Çaylı, A. (2016). Kırşehir ilinin örtüaltı tarım potansiyelinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5(2), 142-157. doi:10.17100/nevbiltek.284738.

Çaylı, A. & Akyüz, A. (2019). The Experimental Determination of The Impact of Overall Heat Consumption Coefficient and Thermal Screens on Heat Saving in Plastic Greenhouses. *KSU Journal Of Agriculture and Nature* 22(2), 271-281. doi:10.18016/ksutarimdoga.vi.493745.

Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Boyacı, S., Üstün, S. & Kozak, F.B. (2017). Control of Greenhouse Environmental Conditions with IOT Based Monitoring and Analysis System. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(11) 1279-1289. doi:10.24925/turjaf.v5i11.1279-1289.1282

Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Üstün, S. & Boyacı, S. (2016). Determination of Structural Problems Causing Heat Loss with the Thermal Camera in Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi* 19(1), 5-14.

Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Üstün, S. & Mercanlı, A. S. (2018a). The Feasibility of a Cloud-Based Low-Cost Environmental Monitoring System Via Open Source Hardware in Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(3), 312 -

- 322.
- Çaylı, A., Akyüz, A., Kaya, E. H., Çiçekli, Y. & Yıldız, M. Ç. (2018b). A Comparison on The Spatial Variability of Some Meteorological Data: Kahramanmaraş Case Study. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 21(2), 175-184. doi:10.18016/ksudobil.320511.
- Çaylı, A. & Mercanlı, A. S. (2017). The Impact of Greenhouse Environmental Conditions on the Signal Strength of wi-fi Based Sensor Network. *International Journal of Advanced Research (IJAR)* 5(6), 774-781. doi:10.21474/IJAR01/4475.
- Çaylı, A. & Temizkan, Y. (2018). Determination of The Effect of Heat Saving Precautions and Cladding Materials on Heat Requirement via Expert System in The Kahramanmaraş Region Greenhouses. *KSÜ Journal Of Agriculture and Nature* 21(3), 312-322. doi:10.18016/ksudobil.321559.
- Dicle Kalkınma Ajansı (DİKA). (2014). TRC3 Bölgesi 2014-2023 Bölge Planı, Cilt I. Bölgeyi Anlamak, s.89-110.
- Domke, O. (2011). Neue Entwicklungen bei doppelagigen Energieschirmmaterialien und beim Einsatz von Tagesenergieschirmen. Fachtagung Energieeffizienz, "Energie-Innovationen im Gartenbau – Neue Ideen aus Praxis und Forschung", 9. November 2011 im Gartenbauzentrum Straelen
- 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.
- Maden Tetkik ve Arama (MTA). (2005). Batman İli Maden ve Enerji Kaynakları, Alınan yer:http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Batman_Madenler.pdf (Alınma tarihi: 09.02.2017)
- Meyer, J. (1981). Bewegliche Energieschirme. ITG Heft 10. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft. Universität Hannover.
- Meyer, J. (1982). Bewertung von beweglichen Energieschirmen in [sic] Hinblick auf den Wärmeverbrauch von Gewächshäusern. 11.
- Meyer, J. (1984). The influence of thermal screens on energy consumption of greenhouse. *Garten Dauwissen Schaft* 49, 74-80
- Meyer, J., Schockert, K., Laun, N., Schlipen, M. & Kreuzpainter, A. (2014). Niedrigenergiegewächshaus mit CO₂-neutralen Heizsystem. Zukunft Initiative Niedrigenergie Gewächshaus (ZINEG). Ansätze und Ergebnisse.
- Müller, G. (1987). Energieschirme unter Praxisbedingungen Bewertung und Optimierung im Hinblick auf Energieverbrauch und Klimaführung. Dissertation. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft Universität Hannover.
- Nelson, P. V. (2002). Greenhouse operation and management. Sixth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River. New Jersey, USA 692 pp.
- Nisen, A., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Martiez-Garcia, P. F., Monteiro, A., Verlodt, H., Villele, O., Von Zabeltitz, C., Denis, J. C., Boudoin, W. & Garnaud, J. C. (1988). Cultures protegees en climate mediterranean, FAO, Rome.
- Önder, D. & Baytorun, A. N. (2016). Akdeniz Bölgesi İklim Koşullarında Seralarda Kullanılan Isı Perdelerinin Sera İçi Sıcaklığına ve Enerji Tasarrufuna Etkilerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(03), 111-120
- Rath, T. (1992). Einsatz wissenschaftlicher Systeme zur Modellierung und Darstellung von gartenbautechnischem Fachwissen am Beispiel des hybriden Expertensystems HORTEX. Gartenbautechnische Informationen (Germany). no. 34.
- Schmidt, U., Huber, C., Dannehl, D., Rocks, T., Tantau, H. J. & Meyer, J. (2011). Effect of Special Climate Conditions in Closed Greenhouses on Coefficient of Performance and Plant Growth - Preliminary Tests for Optimizing Closed Greenhouse Control. *Acta Horti* 893, 429-436
- Sethi, V. P. & Sharma, S. K. (2008). Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy* 82(9), 832- 859. doi:10.1016/j.solener.2008.02.010
- Tantau, H. J. (1983). Heizungsanlagen im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Tantau, H. J. (2012). Erfahrungen aus dem ZINEG-Projekt mit dem Einsatz unterschiedlicher Energieschirme BGT kolloquium Berlin.
- Teitel, M., Peiper, U. & Zvieli, Y. (1996). Shading screens for frost protection. *Agricultural and forest meteorology* 81(3-4), 273-286.
- Verlodt, H. (1990). In protected cultivation in the mediterranean climate. Greenhouses in Cyprus. FAO Edit.
- Von Zabeltitz, C. (1982). Forschung für die Technik der Pflanzenproduktion in Gewächshäusern. *Grundlagen der Landtechnik* 32(5), 152-155.
- Von Zabeltitz, C. (1986). Gewächshäuser - Handbuch des Erwerbsgartners. Handbuch des Erwerbsgartners. Ulmer -Verlag, Stuttgart.