



Araştırma makalesi

Seralarda Yalıtım Değerleri Farklı Isı Perdelerinin Enerji Tasarrufuna Etkisinin Belirlenmesi: Kırşehir İli Örneği^a

Sedat BOYACI¹ , Duran GÜLEÇ²

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 40100, Bağbaşı, Kırşehir, Türkiye

² South Dakota State University Agricultural Mechanical and Biosystem Engineering Department, 57007, Brookings, South Dakota, USA

* Sorumlu yazar (Corresponding author): sedat.boyaci@ahievran.edu.tr

Makale alınış (Received): 10.10.2021 / Kabul (Accepted): 29.10.2021

ÖZ

Seralarda yapılan üretimde ısıtma, verim ve kaliteyi önemli ölçüde etkilemektedir. Ancak ısıtma yapılan seralarda ısı koruma önlemleri alınmaması durumunda, yetiştiriciliğe uygun iç ortam sıcaklıklarını sağlamak için, önemli miktarda ısı enerjisine gereksinim duyulmaktadır. Bu önemli miktarda enerjinin azaltılması için en çok kullanılan teknik yöntemlerden bir tanesi ısı perdelerinin kullanılmasıdır. Ancak, ısı perdelerinin amaca uygun olarak seçilmesi ve yalıtımlarının sağlanması ısı korunumu açısından son derece önemlidir. Çalışmada dört farklı serada (Sera-1: ısı perdesi yok, Sera-2: ısı perdeli yalıtım kötü, Sera-3: ısı perdeli yalıtım orta ve Sera-4: ısı perdeli yalıtım iyi) ısı enerjisi korunumu amacıyla kullanılan ısı perdelerinin enerji tasarrufuna etkisi araştırılmıştır. Serada gereksinim duyulan enerjinin belirlenmesi için domates yetiştirilmesi düşünülen serada iç ortamının yıl boyunca gündüz ve gece 20/15°C’de tutulması için gerekli olan ısı enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, ısı perdelerinin ısı tasarruf oranları perdelerin yalıtımına bağlı olarak %5.61-24.30 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bunun yanında enerji korunumu sayesinde yakıt olarak kullanılan fosil yakıtların miktarını azalttığı ve yakıtların atmosfere saldırdığı karbondioksitin azaltılması bakımından da olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak ısı perdelerinin ısı enerjisi tasarrufu sağladığı ancak ısı perdelerinin yalıtım durumlarının kullanımından daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı gücü gereksinimi, enerji korunumu, fosil yakıtlar

© Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

^a **Atf bilgisi / Citation info:** Boyacı S, Güleç D (2021). Seralarda Yalıtım Değerleri Farklı Isı Perdelerinin Enerji Tasarrufuna Etkisinin Belirlenmesi: Kırşehir İli Örneği. Ahi Ziraat Der/J Ahi Agri 1(2): 81-93

Determination of The Effect of Thermal Screens with Different Insulation Values on Energy Saving in Greenhouses: Example of Kırşehir Province

ABSTRACT

Heating has a significant impact on yield and quality in greenhouse production. However, if heat preservation precautions are not taken in heated greenhouses, a significant amount of heat energy is required to provide suitable indoor temperatures for cultivation. One of the most used technical methods to reduce this significant amount of energy is the use of thermal screens. However, choosing the thermal screens in accordance with the purpose and providing their insulation is extremely important in terms of heat preservation. In the study, the effect of thermal screens used for the purpose of heat energy conservation on energy saving in four different greenhouses (Greenhouse-1: no screen, Greenhouse-2: poor insulation with thermal screen, Greenhouse-3: insulation with screen is medium and Greenhouse-4: insulation with screen is good) was investigated. To assess the energy needed in the greenhouse, the amount of heat energy required to keep the indoor environment at 20/15°C day and night throughout the year in the greenhouse where it is planned to grow tomatoes has been calculated. As a result of the study, it was determined that the heat saving rates of the thermal screens vary between 5.61-24.30% depending on the insulation of the screens. In addition, it has been determined that due to the energy conservation, the amount of fossil fuels used is reduced and positive results are observed in terms of reducing the carbon dioxide released by the fuels into the atmosphere. As a result, it has been concluded that the thermal screens provide thermal energy savings, but the insulation status of the thermal screens is more important than their use.

Keywords: Heat power requirement, energy conservation, fossil fuels

© Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture

Giriş

Seralar, iç ortam koşullarının kontrol edilmesini sağlayan tarımsal yapılardır ve tarımın en önemli gelir getirici dallarından biridir. İklim değişiklikleri ve artan nüfus nedeniyle seralar önümüzdeki yıllarda giderek daha fazla önem kazanacaktır (Saltuk 2019; Saltuk ve Mikail, 2019). Ancak seralar yüksek enerji tüketen ve mevsimlik üretim tesisleridir. Bazı durumlarda, seralarda enerji tüketimi, sera üretim maliyetinin yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. Yüksek enerji tüketimi, seraların gelişimini engelleyen önemli bir faktör haline geldi. Bu nedenle seraların enerji verimliliğini artırmak için, enerji tüketimini tahmin etmek önemlidir (Shen vd., 2018). Yapılacak üretimde seralarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmını oluşturan ısı enerjisi miktarının doğru hesaplanması, ısıtma kadar ısıtılan seralarda enerjisinin korunması, artan enerji fiyatları ve fosil enerji kaynaklarının atmosfere saldıkları CO₂ emisyonu nedeniyle oldukça önemlidir (Baytorun vd., 2017). Enerji fiyatlarındaki artış ve enerji sektöründeki istikrarsızlıklar seralarda sürekliliği tehlikeye sokarken, enerji korunumu konusunda yeni

çalışmalar yapılmaktadır. Seralarda son yıllarda enerjinin korunumu amacıyla artan bir şekilde uygulama alanı bulan ısı perdelerinin kullanılması enerjinin tasarrufu bakımından oldukça önemlidir (Önder ve Baytorun, 2016). Araştırmacılar seralarda ihtiyaç duyulan enerji miktarının azaltılması amacıyla ısı perdeleri üzerine yapmış oldukları çalışmalarda, Çaylı ve Akyüz, (2019) seralarda kullanılan ısı perdelerinin ısı kaybına karşı bir direnç gösterdiği ve bunun neticesinde ısı kayıplarını azalttığını, Kim vd. (2018), termal perdelerin kullanılması ile %28.7'lik bir enerji tasarrufu sağlayabileceğini ve termal perdelerin ısı yalıtımını artırarak ısı iletim katsayısı değerlerini azaltmak için etkili bir yöntem olduğunu, Park vd., (2015) alüminyum çok katmanlı perdeye sahip bir seranın, dokuma olmayan kumaşlı bir seraya göre enerji kullanımında %35 oranında tasarruf edebileceğini, Shakir ve Farhan, (2019) farklı tipte hareketli ısı perdelerinin, ısıtma kayıplarını azaltmada güçlü olduğu, perdesiz bir seraya kıyasla yaklaşık %21.7'ye ulaştığını belirtmişlerdir. Le Quillec vd. (2005), ısı perdesiz koşullar ile karşılaştırıldığında ısı perdeleri ile %22, %27 ve %30 oranında ısı tasarrufu sağlamışlardır. Önder ve Baytorun, (2016) tarafından yapılan çalışmada, ısı perdelerinin ısıtma yapılan ve ısıtma yapılmayan plastik ve cam örtülü seralarda iç sıcaklık değerleri üzerine olan etkisi ve ısıtma yapılan seralarda ısı perdelerinin sağladıkları yakıt tasarrufu araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, ısı perdesi yardımı ile ısıtma yapılmayan cam serada 3K'lık sıcaklık farkı sağlanırken plastik serada ise bu değer 2 K olarak bulunmuştur. Isıtma yapılan cam örtülü serada kullanılan ithal LS17 ısı perdesi ile %63'lük, plastik örtülü serada ise Türkiye'de üretilmiş sık dokulu polietilenden yapılmış beyaz renkli ısı perdesi kullanılmasıyla %36'lık yakıt tasarrufu sağlanabildiğini belirtmişlerdir.

Sera yapıları üretim yapılan yerin iklim koşullarına uygun olarak inşa edilmesi ve gerekli ısı korunum önlemlerinin alınması, ısıtma giderlerinden kaynaklı üretim maliyetlerinin azaltılması bakımından önemlidir (Boyacı vd., 2016; Boyacı, 2020). Isıtma maliyetlerinin üretim maliyetleri üzerindeki etkisini azaltmak için ısı perdeleri kullanılmaktadır. Bu nedenle ısı perdelerinin montajında ve çalıştırılmasında sızdırmazlığa dikkat edilmelidir. Çünkü ısı perdelerinin ısı tasarrufu, büyük ölçüde perde malzemesinin özelliklerine, özellikle de sızdırmazlığa bağlıdır (Çaylı ve Akyüz, 2019).

Çalışmada, Kırşehir ilinde aynı özellikte sahip seralarda yalıtım değeri farklı ısı perdelerinin kullanılması durumunda ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimi ve ısı perdelerinin ısı enerjisi tasarrufuna etkisi belirlenmiştir. Buna bağlı olarak seralarda ihtiyaç duyulan yakıt miktarı, yakıt miktarına bağlı yakıt maliyeti ve kullanılan yakıtla bağlı olarak atmosfere salınan karbondioksit miktarı belirlenerek ilde kurulması düşünülen seralar için öneriler sunulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada, seralarda çatı ve yan duvarlarında tek katlı polietilen plastik ile örtülü serada yıl boyunca domates yetiştiriciliği yapılması durumunda iç sıcaklık değerleri gündüz/gece 20°C-15°C ve havalandırma sıcaklığı 25°C olarak alınmıştır. Isıtımda ise su giriş sıcaklığı 70°C, su çıkış sıcaklığı 50°C ve 51mm çapında yan duvar çelik borulu ısıtma sistemi olarak planlanmıştır. Hesaplama kullanılan seranın boyutları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Hesaplamalarda kullanılan seranın boyutları

Donanım özellikleri	Boyutlar	Donanım Özellikleri	Boyutlar
Bölme sayısı	6 adet	Yan duvar alanı	420.00 m ²
Bölme genişliği	8.00 m	Ön cephe alanı	475.57 m ²
Sera uzunluğu	60.00 m	Çatı alanı	3358.66 m ²
Çatı eğim açısı	27.70 m	Sera hacmi	14112.00 m ³
Yan duvar yüksekliği	3.50 m	Örtü alanı	4254.23 m ²
Kafes giriş aralığı	3.00 m	Taban alanı	2880.00 m ²
Çatı yüksekliği	2.10 m	Çatı uzunluğu	9.33 m
Çevre uzunluğu	216.00 m	Mahya yüksekliği	5.60 m

Çalışmada, ısı perdelerinin yalıtım durumlarının enerji tasarrufuna etkisinin belirlenmesi amacıyla dört farklı sera için Sera-1: ısı perdesi olmaması durumunda, Sera-2: ısı perdesi kötü derecede yalıtılmış ve kapalı olması durumunda, Sera-3: Isı perdesi orta derecede yalıtılmış ve kapalı olması durumunda ve Sera-4: Isı perdesi iyi derecede yalıtılmış ve sıkıca kapalı olması durumunda hesaplamalar yapılmıştır. Seralarda, ısı enerjisi gereksinimi, yakıt miktarı, yakıt maliyeti ve karbon dioksit emisyonu miktarı, Baytorun vd. (2016), tarafından geliştirilen ISIGER-SERA uzman sistem yardımıyla hesaplanmıştır. ISIGER-SERA uzman sisteminde yılın saatlerine bağlı olarak serada gereksinim duyulan yıllık ısı enerjisi (Eşitlik 1) yardımıyla hesaplanmıştır (Rath, 1992).

$$Q = \sum_{n=1}^{8760} (((\vartheta_{in} - \vartheta_{ioHn} - \Delta\vartheta_{spn}) \times k'_a * A_H \times (1 - EE_{ES})) \times t_{si}) \quad (1)$$

Eşitlikte; Q : Seranın ısı enerjisi gereksinimi (Wh), ϑ_i : Serada arzu edilen iç sıcaklık (°C), ϑ_{ioHn} : Isıtma yapılmayan serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık (°C), $\Delta\vartheta_{spn}$: Seranın özelliğine bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi (°C), k'_a : Örtü malzemesinin toplam ısı iletimi katsayısı (W/m²K), A_H : Seranın örtü yüzey alanı (m²), EE_{ES} : Isı perdesi ile sağlanan ısı tasarrufu (-), n : Yılın saatleri, t_{si} : Zaman dilimi (1 h)

Örtü malzemesinin toplam ısı iletimi katsayısı, örtü malzemesi ve rüzgâr hızına bağlı olarak Rath (1992) tarafından verilen Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır

$$k'_a = k'_a + \frac{k'_a}{x_1} \times (x_2 \times v_w) + x_3 \quad (2)$$

Eşitlikte; v_w : Rüzgâr hızı (m s⁻¹], x_1 : 7.56 (-), x_2 : 0.35 (s m⁻¹), x_3 : -1.4 (-)

Yapılan hesaplamalarda, ısı perdesi etkisinin dikkate alınması durumunda kullanılan ısı perdesinin sağladığı ısı artırımını, $ka' \leq 10$ ve $EE_{ES} \leq 0.6$ olması durumunda Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmıştır (Rath, 1992).

$$EE_{ES} = \frac{EE_{ES}}{KF_{ES}} * k'_a \quad (3)$$

Eşitlikte; Isı perdesinin sızdırmazlığına bağlı düzeltme faktörü, Isı perdesi olmaması durumunda $0 \text{ (W m}^{-2} \text{ K}^{-1}\text{)}$, Isı perdesi kötü derecede yalıtılmış ve kapalı olması durumunda $23.43 \text{ (W m}^{-2} \text{ K}^{-1}\text{)}$, Isı perdesi orta derecede yalıtılmış ve kapalı olması durumunda $11.05 \text{ (W m}^{-2} \text{ K}^{-1}\text{)}$, Isı perdesi iyi derecede yalıtılmış ve sıkıca kapalı olması durumunda $6.8 \text{ (W m}^{-2} \text{ K}^{-1}\text{)}$ olarak alınmıştır.

Serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık değerlerinin belirlenmesi için teorik olarak ortaya çıkan sıcaklık değeri (Eşitlik 4) ile hesaplanmıştır (Rath, 1992).

$$\vartheta_{ith} = \frac{q_{GS} \times D_G \times A_G}{k'_a \times (1 - EE_{ES}) \times A_H} + \vartheta_a \quad (4)$$

Eşitlikte; ϑ_{ith} : Teorik olarak ortaya çıkan sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), q_{GS} : Güneş radyasyonu (Wm^{-2}), D_G : Kullanılan örtü malzemesinin geçirgenliği (%), η : Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüşüm faktörü, A_G : Sera taban alanı (m^2), ϑ_a : Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Seralarda yıllık ısı enerjisine bağlı olarak gereksinim duyulan yakıt miktarı Eşitlik 5, Seraların ısıtılmasında kullanılan yakıtların atmosfere saldığı CO_2 miktarı Eşitlik 6 yardımıyla bulunmuştur (Baytorun vd., 2016).

$$B_y = \frac{q_h}{H_u \cdot \eta_{ges}} \quad (5)$$

$$SEGM_y = B_y \cdot H_u \cdot FSEG \quad (6)$$

Eşitliklerde; B_y : Birim alana karşılık gelen yakıt miktarı (kg m^{-2}), H_u : Yakıtın alt ısıl değeri (kWh kg^{-1}), q_h : Serada gereksinim duyulan ısı enerjisi (Wm^{-2}), η_{ges} : Yanma verimi (%), $SEGM_y$: Yıllık CO_2 emisyon miktarı (kg eşd. CO_2), $FSEG$: Yakıt cinsine göre CO_2 emisyonu eşdeğerliği ($\text{kg eşd. CO}_2\text{kWh}^{-1}$).

Çalışmada ele alınan yakıtların alt ısıl değerleri, yanma verimi ve 2021 yılı kWh başına birim fiyatları Tablo 2’de verilmiştir (Anonim, 2021).

Tablo 2. Yakıtların alt ısıl değerleri, yanma verimi ve 2021 yılı birim fiyatları

Yakıt cinsi	Yakıtın alt ısıl değeri, kWh	Yanma verimi, %	Fiyat, ₺/kWh
İthal Sibirya kömürü (kg)	7.00	0.65	0.558763
Fuel-oil No: 6 (kg)	9.56	0.80	0.643658
Doğalgaz (m)	8.25	0.93	0.310392

Bulgular ve Tartışma

Seralarda ısı gereksiniminin belirlenmesi

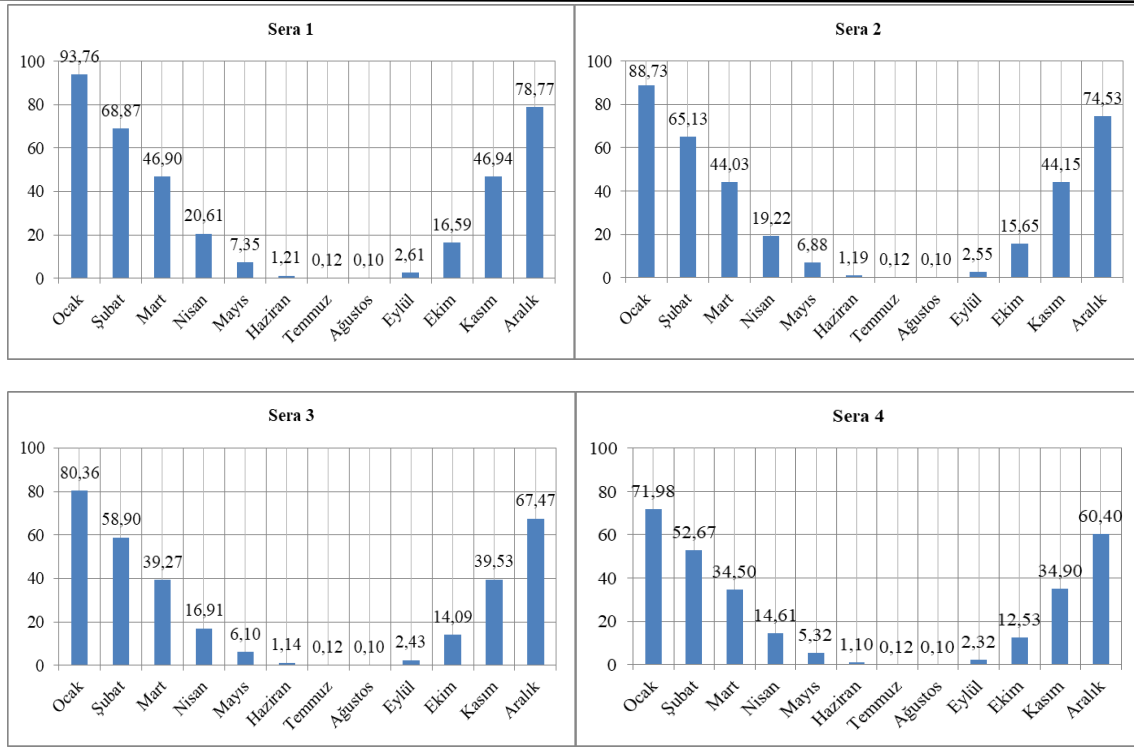
Yapılan çalışmada ısı perdesiz ve farklı yalıtım özelliklerine sahip ısı perdelerinin kullanıma bağlı olarak seralarda ortaya çıkan ısı gereksiniminin aylara göre değişimi Tablo 3 ve Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 3. Seralarda ortaya çıkan ısı gereksinimi

Aylar	Isı gereksinimi (kWh)				Oran (%)
	Sera-1	Sera-2	Sera-3	Sera-4	
Ocak	270039	255540	231428	207291	25
Şubat	198345	187563	169628	151679	18
Mart	135063	126816	113102	99372	12
Nisan	59343	55350	48715	42072	5
Mayıs	21156	19805	17560	15310	2
Haziran	3489	3417	3296	3174	0
Temmuz	353	353	353	353	0
Ağustos	274	274	274	274	0
Eylül	7531	7335	7010	6685	1
Ekim	47788	45086	40587	36086	4
Kasım	135173	127165	113849	100515	12
Aralık	226856	214638	194308	173966	21
Toplam	1105411	1043341	940109	836777	100

Sera-1’de aylara göre ortaya çıkan yıllık ısı gereksinimi 1105411 kWh yıl⁻¹ iken Sera-2’de bu değer 1043341 kWh yıl⁻¹, Sera-3’te 940109 kWh yıl⁻¹ ve Sera-4’te ise 836777 kWh yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir. Aylara göre bakıldığında ise yıl içerisinde ortaya çıkan ısı gereksiniminin en fazla olduğu aylar Aralık (%21), Ocak (%25) ve Şubat (%18) ayları olduğu belirlenmiştir. Buna göre toplam ısı enerjisi gereksiniminin mevsimlere göre dağılımına bakıldığında kış aylarında (%64), ilkbahar aylarında (%19), sonbahar aylarında (%17) ve yaz ayında ortaya çıkan ısı enerjisi gereksiniminin ise oldukça az olduğu belirlenmiştir.

Şekil 1’de görüldüğü üzere kış aylarında dış ortamda artan düşük sıcaklık değerlerine bağlı olarak ısı enerjisi gereksiniminin arttığı ve yaz aylarında bu değerlerin ihmal edilebilecek düzeyde olduğu görülmektedir. Şekillerde birim alana düşen ısı enerjisi gereksiniminin en yüksek olduğu ay Sera-1’de Ocak ayında 93.76 kWh m⁻¹ ay iken Sera-2’de 88.73 kWh m⁻¹ ay, Sera-3’te 80.36 kWh m⁻¹ ay ve Sera-4’te 71.98 kWh m⁻¹ ay olduğu görülmüştür.



Şekil 1. Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin aylara göre değişimi

Baytorun vd. (2016) sera içerisinde sıcaklık değerinin gündüz ve gece 18/16°C’de tutulmak istenmesi durumunda Kütahya, Aydın ve Antalya illerinde tek katlı ve korumasız seralarda ortaya çıkan ısı gereksinimini 420.2 kWh m⁻² yıl, 160.4 kWh m⁻² yıl ve 126.6 kWh m⁻² yıl olarak belirlemişlerdir. Ancak bu seralarda çift kat örtü malzemesi ve ısı perdelerinin yalıtımının iyi olması durumunda ise Kütahya ilinde üretim süresince gereksinim duyulan ısı enerjisi 299 kWh m⁻² yıl iken, Aydın ilinde 111 kWh m⁻² yıl, Antalya ilinde ise 83 kWh m⁻² yıl olarak hesap etmişlerdir. Boyacı, (2018) Kırşehir ve Antalya illerinde tek katlı polietilen plastikle kaplı seranın 18°C sabit iç sıcaklık değerinde tutulması durumunda gereksinim duyulan ısı gücünü Kırşehir ilinde 253 W m⁻², Antalya ilinde ise 141 W m⁻² olarak hesap edilmiştir. Ayrıca serada tek katlı polietilen plastik ve ısı korunum önlemi alınmaması durumunda gereksinim duyulan ısı enerjisini Kırşehir ilinde 589.02 kWh m⁻² yıl⁻¹ iken Antalya ilinde 219.06 kWh m⁻² yıl⁻¹ olarak hesap edilmiştir. Örtü malzemesi olarak çift katlı polietilen plastik ve ısı perdelerinin yalıtımının iyi yapılması durumunda bu değerlerin Kırşehir ilinde 304.09 kWh m⁻² yıl⁻¹, Antalya ilinde 103.35 kWh m⁻² yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalara bakıldığında seralarda yapılan yalıtım sonucunda çalışmalarda olduğu gibi ısı gereksinimini azalttığı belirlenmiştir.

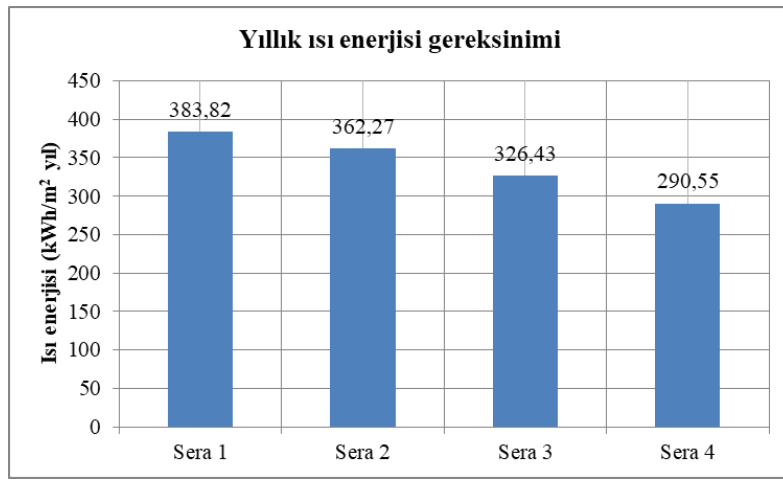
Seralarda Isı Perdelerinin Enerji Tasarrufuna Etkisinin Belirlenmesi

Düzenli olarak ısıtma yapılan seralarda ısı korunumu, üretim maliyetinin ve karbon ayak izinin azaltılması bakımından oldukça önemlidir. Seralarda enerji verimliliğinin artırılmasında yaygın olarak kullanılan teknik önlemlerden bir tanesi ısı perdelerinin kullanımıdır. Kullanılacak ısı perdelerin amaca uygun olarak seçilmesi ve yalıtımlarının doğru yapılması seralarda ısının korunması bakımından oldukça önemlidir (Baytorun vd., 2019). Seralarda ısı perdelerinin enerji tasarrufuna etkisi Tablo 4 ve Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 4. Isı perdesinin sızdırmazlığına bağlı tasarruf oranları

Teknik önlem	Yalıtım özellikleri		
	Kötü	Orta	İyi
Isı perdesiz (kWh m ⁻² yıl)	383.82		
Isı perdeli (kWh m ⁻² yıl)	362.27	326.43	290.55
Tasarruf oranı (%)	5.61	14.95	24.30

Yapılan hesaplamalarda, ısı perdesinin iyi derecede yalıtılmış ve sıkıca kapalı olması durumunda %24.30, ısı perdesinin orta derecede yalıtılmış ve kapalı olması durumunda %14.95, ısı perdesinin kötü derecede yalıtılmış ve kapalı olması durumunda %5.61 oranında enerji tasarrufu edildiği hesapla belirlenmiştir. Şekil 2’de görüldüğü üzere ısı perdelerinin sızdırmazlık durumlarına bağlı olarak gereksinim duyulan ısı enerjisi miktarının azaldığı görülmüştür.

**Şekil 2.** Yıllık ısı enerjisi miktarı

Seraların iklimlendirilmesi yapay olarak yapıldığından tüketilen enerjinin maliyeti oldukça fazladır. Enerji ihtiyacının en fazla olduğu kış mevsiminde yapılan ısıtma uygulamalarında ortaya çıkmaktadır. Soğuk mevsimlerde sera iç ortam sıcaklıklarının yetiştiriciliği yapılan bitkilerin isteklerine uygun değerlere ulaştırılabilmesi için yapılan ısıtma için gerek duyulan harcamalar tüm üretim harcamalarının yarısından fazlası olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle üreticiler yaygın olarak ısıtmanın mümkün olan en düşük değerlerde ısıtma yapmaya, diğer bir ifadeyle bitkileri dondan korunmak amacıyla ısıtma yapmaktadır. Bunun neticesinde sera üretiminden beklenen faydanın tam olarak ortaya konulamamasına neden olmaktadır. Ancak seralarda alınacak ısı korunum önlemleri yardımıyla ortaya çıkan bu maliyetler en düşük seviyeye düşürülebilmekte ve böylece de fayda maksimize edilebilmektedir (Yağcıoğlu, 1999). Seralarda ısı perdelerinin enerji tasarrufuna katkıları konusunda yapılan çalışmalarda, Zhang vd., (1996), polietilen perdede %16, polyester perdede %19.8 olarak, Shakir ve Farhan, (2019) %21.7, Le Quillec vd. (2005), %22, %27 ve %30, Kim vd., (2018). %28.7, Baytorun vd., (2017) %31, Park vd., (2015) %35, Critten ve Bailey, (2002) %40 oranında ısı tasarrufu sağladıklarını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar araştırmacıların sonuçları ile uyumlu olduğu ısı perdeleri ile seralarda enerji tasarrufunun sağlandığı belirlenmiştir. Isıtma kullanılan fosil enerji kaynaklarının maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle seralarda ısı

perdesi gibi enerji korunumu amacıyla kullanılan ve ısı enerjisi gereksinimi azaltan yöntemlerin kullanılması ile işletmelerin artan enerji maliyetlerini azaltarak ekonomik bir üretim yapılabilmesi için oldukça önemlidir.

Seralarda Gereksinim Duyulan Yakıt Miktarının Belirlenmesi

Çalışmada, seralarda ısı gereksinimine bağlı olarak ihtiyaç duyulan yakıt miktarları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Seralarda ısı gereksinimine bağlı olarak ihtiyaç duyulan yakıt miktarları

Yakıt miktarı	Sera-1	Sera-2	Sera-3	Sera-4
İthal kömür (kg m ⁻²)	86.89	82.01	73.89	65.77
Kalorifer yakıtı (kg m ⁻²)	51.68	48.78	43.95	39.12
Doğalgaz (m ³ m ⁻²)	51.53	48.63	43.82	39.00

Yakıtların ısı değeri ve yanma verimleri dikkate alındığında ortaya çıkan yakıt miktarlarına bakıldığında ısı perdelerinin yalıtımına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Sera-1'de gerekli olan yakıt miktarı 86.89 kg m⁻² iken Sera-4'te 65.77 kg m⁻² olduğu, bunun yanında kalorifer yakıtına bakıldığında Sera-1'de 51.68 kg m⁻² olan yakıt miktarı Sera-4'te 39.12 kg m⁻² olarak, doğalgaz ise Sera-1'de 51.53 m³ m⁻² iken Sera-4'te 39.00 m³ m⁻² olduğu belirlenmiştir.

Önder ve Baytorun, (2016), seralarda kullanılan ısı perdelerinin yakıt tasarrufuna etkisinin kullanılan perdenin dokusuna ve sızdırmazlık durumuna bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Cam serada LS17 ısı perdesinin kapalı olduğu koşullarda sera içi ve dışı arasında 6 K'lık sıcaklık farkı için gerek duyulan yakıt miktarı, 0.06 L m⁻² iken, ısı perdesiz koşullarda aynı sıcaklık farkı için gerek duyulan yakıt miktarı, 0.15 L m⁻² olmuştur. Böylece %60 yakıt tasarrufu edilebileceği belirlenmiştir. Baytorun vd. (2016), Antalya ilinde serada yapılacak ısıtma için ithal kömürün kullanılması halinde ihtiyaç duyulan yakıt miktarını tek kat polietilen plastik ile örtülmüş ısı perdesiz serada 24.6 kg m⁻² olarak bulurken, serada yan duvarların çift katlı polietilen plastik ile örtülmüş ve iyi yalıtılmış ısı perdesinin kullanılması durumunda ise bu değer 16.2 kg m⁻² olmaktadır. Aydın ilinde aynı özelliklere sahip serada kömür ihtiyacı 21.7 kg m⁻² iken, Kütahya ilinde 58.2 kg m⁻² olarak hesaplamışlardır. Boyacı, (2018) tek katlı polietilen plastik ile kaplı ısı perdesi olmayan seranın ithal kömür ile ısıtılması halinde gereksinim duyulan yakıt miktarı Kırşehir ve Antalya illerinde 111.32-41.40 kg m⁻², kalorifer yakıtı için 66.21-24.62 kg m⁻², doğalgaz için 66.04-24.56 m³ m⁻² olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında, çift katlı polietilen plastik ile kaplanmış ve ısı perdelerinin yalıtımı iyi düzeyde olan serada ithal kömür kullanılması halinde gerek duyulan yakıt miktarları Kırşehir ve Antalya illerinde 57.47-19.53 kg m⁻², kalorifer yakıtı için 34.18-11.62 kg m⁻², doğalgaz için 34.10-11.59 m³ m⁻² olarak hesap edilmiştir. Yapılan çalışmada da sera alınan enerji koruyucu önlemler neticesinde azalan ısı gereksiniminin yakıt miktarını azalttığı belirlenmiştir.

Seralarda Yakıt Maliyetinin Belirlenmesi

Seralarda gereksinim duyulan yakıt miktarına bağlı olarak ortaya çıkan yakıt maliyetleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Seralarda gereksinim duyulan yakıt miktarına bağlı olarak ortaya çıkan yakıt maliyetleri

Yakıt maliyeti (₺m⁻² yıl)	Sera-1	Sera-2	Sera-3	Sera-4
Kömür (İthal) (kg m ⁻²)	220.90	208.50	187.87	167.22
Kalorifer yakıtı (kg m ⁻²)	33.26	31.40	28.29	25.18
Doğalgaz (m ³ m ⁻²)	15.99	15.10	13.60	12.11

Seralarda yakıt miktarına bağlı olarak ortaya çıkan yakıt maliyetlerine bakıldığında Sera-1’de gerekli olan yakıt maliyeti 220.90 ₺ m⁻² yıl iken Sera-4’te 167.22 ₺ m⁻² yıl olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında kalorifer yakıtına bakıldığında Sera-1’de 33,26 ₺ m⁻² yıl olan yakıt maliyetinin Sera-4’te 25.18 ₺ m⁻² yıl olarak, doğalgazda ise Sera-1’de 15.99 ₺ m⁻² yıl iken Sera-4’te 12.11 ₺ m⁻² yıl olduğu belirlenmiştir.

Seralarda yapılan üretimde kaliteli yüksek verimin alınabilmesi bitkilerin gereksinim duyduğu en uygun iç ortam sıcaklıkların sağlanması ile mümkün olabilmektedir. Ancak bu iç ortam sıcaklıkların sağlanması için ihtiyaç duyulan enerji maliyetlerinin yüksekliği üreticinin ısıtma konusunda karar vermesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Boyacı ve Kılıç, 2020). Genç vd. (2010), seralarda iç sıcaklık değerinin 10°C ve 20°C tutulması için gerekli olan yakıt giderleri hesaplanırken, sera iç ortam sıcaklığının 20°C yerine 10°C ısıtılması durumunda sera yakıt miktarında ve yakıt giderinde yaklaşık olarak %95 oranında azalmanın meydana geleceğini bildirmişlerdir. Boyacı (2018) tarafından yapılan çalışmada, tek katlı polietilen plastikte kaplı ısı perdesi olmayan serada ithal kömür kullanılması halinde yakıt maliyeti Kırşehir ve Antalya illerinde 115.78-43.06 ₺ m⁻² yıl⁻¹, kalorifer yakıtı için 139.04-51.71 ₺ m⁻² yıl⁻¹, doğalgaz için 56.67-21.07 ₺ m⁻² yıl⁻¹ olarak hesap edilmiştir. Seranın çift katlı polietilen plastikte örtülü ve ısı perdelerinin yalıtımının iyi düzeyde yapılması durumunda ithal kömür yakıt maliyeti Kırşehir ve Antalya illerinde 59.77-20.31 ₺ m⁻² yıl⁻¹, kalorifer yakıtı için 71.78-24.40 ₺ m⁻² yıl⁻¹, doğalgaz için 29.25-9.94 ₺ m⁻² yıl⁻¹ olarak hesap edilmiştir. Yapılan çalışmada da benzer olarak ısı perdelerinin yalıtım durumlarına bağlı olarak yakıt maliyetleri de farklılık göstermiştir.

Isıtmada Kullanılan Yakıtı Bağlı Karbondioksit Emisyonunun Belirlenmesi

Isıtmada kullanılan yakıtı bağlı karbondioksit emisyonu miktarı Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Isıtmada kullanılan yakıtı bağlı CO₂ emisyonu miktarı

Isıtmada kullanılan yakıtı bağlı CO₂ emisyonu eşdeğeri	Sera-1	Sera-2	Sera-3	Sera-4
Kömür (İthal) (kg m ⁻² yıl ⁻¹)	272.48	257.18	231.73	206.26
Kalorifer yakıtı (kg m ⁻² yıl ⁻¹)	154.68	145.99	131.55	117.09
Doğal gaz (kg m ⁻² yıl ⁻¹)	31.54	29.76	26.82	23.87

Seralarda yakıt miktarına bağlı olarak ortaya çıkan karbondioksit miktarına bakıldığında Sera-1’de atmosfere salınan karbondioksit miktarı 272.48 kg m⁻² yıl iken Sera-4’te 206.26 kg m⁻² yıl olduğu, bunun yanında kalorifer yakıtına bakıldığında Sera-1’de 154.68 kg m⁻² yıl olan

karbondioksit miktarı Sera-4 te 117.09 kg m⁻² yıl olarak, doğalgazda ise Sera-1'de 31.54 kg m⁻² yıl iken Sera-4 te 23.87 kg m⁻² yıl olduğu belirlenmiştir.

Baytorun vd. (2016), Kütahya ili iklim koşullarında yan duvarları çift kat plastikle örtülü ısı perdeli polietilen plastik serada ithal kömürün kullanılması halinde atmosfere salınan CO₂ emisyonu miktarı 199.4 kg m⁻² iken Aydın ili iklim koşullarında aynı özelliklere sahip seranın ithal kömürle ısıtılması halinde atmosfere salınan CO₂ emisyonu 74.4 kg m⁻², Antalya ilinde ise 55.5 kg m⁻² olmaktadır. Seraların ısıtılmasında çevreye zarar vermeden yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal kaynakların kullanılması halinde atmosfere salınan CO₂ bakımından jeotermale sahip bölgelerin Akdeniz bölgesindeki seracılığa göre büyük avantajları olacaktır. Boyacı, (2018) tek katlı polietilen plastikle kaplı ısı perdesiz serada ithal kömür kullanılması durumunda atmosfere salınan karbondioksit emisyonu miktarları Kırşehir ve Antalya illerinde 405.97-150.98 kg m⁻² yıl⁻¹, kalorifer yakıtı kullanılması durumunda 230.45-85.71 kg m⁻² yıl⁻¹, doğalgaz kullanılması durumunda 151.37-56.30 kg m⁻² yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında çift katlı polietilen plastikle örtülü ve ısı perdelerinin yalıtımının iyi düzeyde olması durumunda serada ithal kömür kullanılması halinde atmosfere salınan CO₂ emisyonu Kırşehir ve Antalya illerinde 209.59-71.23 kg m⁻² yıl⁻¹, kalorifer yakıtı kullanılması halinde 118.97-40.44 kg m⁻² yıl⁻¹, doğalgaz kullanılması halinde 78.15-26.56 kg m⁻² yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Sonuç

Seralarda yalıtım değerleri farklı ısı perdelerinin enerji tasarrufuna etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışma sonucunda, Kırşehir ili iklim koşullarında üretim yapılan seralarda birim alan için gereksinim duyulan ısı enerjisi miktarının oldukça yüksek olduğu yapılan hesaplamalar ile belirlenmiştir. Ancak, seralarda ısı korunumu amacıyla kullanılan ısı perdelerinin yalıtım durumlarına bağlı olarak bu yüksek enerji miktarını azaltması nedeniyle gerekli yakıt miktarı, yakıt maliyeti ve atmosfere salınan karbondioksit miktarlarına da etki ederek azalttığı çalışma ile ortaya konulmuştur. İlde kurulması düşünülen veya mevcut seralarda ısı perdelerinden etkin bir şekilde yararlanılması için işletmelerin perdelerin yalıtım durumlarına dikkat etmesi gerekmektedir. Aksi durumda beklenen fayda sağlanamayacak veya yapılan yatırımın geri dönüş süresi artacaktır.

Kaynaklar

Anonim (2021). Yakıt fiyatları. Erişim tarihi: 6 Ekim 2021. <http://www.tesisat.com.tr/yayin/yakit-fiyatlari/>

Baytorun A N, Önder D, Gügercin Ö (2016). Seraların ısıtılmasında kullanılan fosil ve jeotermal enerji kaynaklarının karşılaştırılması. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 4(10): 832-839

Baytorun A N, Üstün S, Akyüz A, Çaylı A (2017). Antalya iklim koşullarında farklı donanımlara sahip seraların ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 5(2): 144-152

Baytorun A N, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A (2019). Seralarda ısı perdesi kullanımının ısı tasarrufuna etkisinin belirlenmesi ve ekonomik açıdan bir değerlendirme. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 22(6): 886-895

Boyacı S (2018). Kırşehir ve Antalya illeri için seraların ısı gereksiniminin belirlenmesi ve ısıtmada kullanılan enerji kaynaklarının karşılaştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 21(6): 976-986

Boyacı S (2020). Current researches in agriculture, forestry and aquaculture sciences, “Determining the heat energy requirement in greenhouses and the effects of thermal screen on energy saving”. In: A. Atılğan and B Saltuk (Eds.), Duvar Publishing, İzmir, pp. 127-144

Boyacı S, Akyüz A, Baytorun A N, Çaylı A (2016). Kırşehir ilinin örtü altı tarım potansiyelinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5(2): 142-157

Boyacı S, Kılıç İ (2020). Farklı örtü malzemesi ve ısıtma derece değerlerine bağlı olarak seralarda ortaya çıkan ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi. *Biosystems Müh Derg* 1(1): 1-15

Boyacı S, Akyüz A, Baytorun A N, Çaylı A (2016). Kırşehir ilinin örtü altı tarım potansiyelinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5(2): 142-157

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. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 22(2): 270-280

Critten D L, Bailey B J (2002). A Review of greenhouse engineering developments during the 1990s. *Agricultural and Forest and Metrology* 112: 1-21

Genç Ö, Yüksel A N, Şişman C B, Gezer E (2010). Balıkesir koşullarında sera ısı gereksinimlerinin belirlenmesi. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 24(2): 73-84

Kim H K, Kang G C, Moon J P, Lee T S, Oh S S (2018). Estimation of thermal performance and heat loss in plastic greenhouses with and without thermal curtains. *Energies* 2018, 11 (578): 1-11

Le Quillec S, Brajeul E, Lesourd D, Loda D (2005). Thermal screen evaluation in soilless tomato crop under glasshouse. *ActaHortic.* 691: 709-716

Önder D ve Baytorun A N (2016). Akdeniz bölgesi iklim koşullarında seralarda kullanılan ısı perdelerinin sera içi sıcaklığına ve enerji tasarrufuna etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(03): 111-120

Park BS, Kang TH, Han CS (2015). Analysis of heating characteristics using aluminum multi-layer curtain for protected horticulture greenhouses. *J. of Biosystems Eng.* 40(3):193-200

Rath TH. (1992). Einsatz wissensbasierter Systeme zur Modellierung und Darstellung von Gartenbau technischen Fachwissen am Beispiel des hybridierten Expertensystems HORTEX.

Gartenbau technische Informationen, Heft 34, Institut für Technik im Gartenbau der Universität Hannover.

Saltuk B (2019). Energy efficiency of greenhouse tomato production in Turkey: A case of Siirt province. *Fresenius Environmental Bulletin* 28(8): 6352-6357

Saltuk B, Mikail N (2019). Prediction of indoor temperature in a greenhouse: Siirt sample. *Fresenius Environmental Bulletin* 28(4): 3577-3585

Shakir SM, Farhan AA (2019). Movable thermal screen for saving energy inside the greenhouse. *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences* 26(1): 106-112

Shen Y, Wei R, Xu L (2018). Energy consumption prediction of a greenhouse and optimization of daily average temperature. *Energies* 11(65): 1-17

Yağcıoğlu A. (1999). *Sera Mekanizasyonu*, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.

Zhang Y, Gauthier L, de Halleux D, Dansereau B, Gosselin A (1996). Effect of covering materials on energy consumption and greenhouse microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology* 82: 227-244