

# ANTALYA İKLİMİ KOŞULLARINDA SERA ISITMA AMACIYLA GÜNEŞ ENERJİSİNİN DUYULUR ISI OLARAK DEPOLANMASI İÇİN TASARIM DEĞİŞKENLERİNİN BELİRLENMESİ

H. Hüseyin ÖZTÜRK

## ÖZET

Bu çalışmada; Antalya iklimi koşullarında bir polietilen (PE) plastik seranın ısıtılması amacıyla, güneş enerjili ısıtma sistemleri için tasarım değişkenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Antalya yöresinde 8064 m<sup>2</sup> taban alanı olan plastik seranın ısıtılmasında yararlanmak üzere, güneş enerjisinin, ısı depolama materyali olarak su kullanılarak, duyulur ısı depolama yöntemi ile kısa süreli (gündüzden-geceye) depolanması amaçlanmıştır. Güneş enerjisi depolama uygulanan plastik sera bölmelerinde, topraksız domates yetiştirildiği kabul edilmiştir. Antalya yöresindeki plastik seraların yıllık ortalama ısı gereksinimi 64.4 W/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Kurulacak olan 8064 m<sup>2</sup> taban alanındaki plastik seranın günlük 6 saatlik ısıtma için toplam günlük ısı gereksinimi, 11232 MJ olarak belirlenmiştir. Plastik sera içerisinde bitki sıra aralarında, toplam olarak 9760 m uzunluğunda ve 51 mm çapındaki çelik boru kullanılması gerektiği belirlenmiştir. ısı depolama ünitesinde duyulur ısı depolama materyali olarak 29785.2 kg su kullanılması gerektiği belirlenmiştir. ısı toplama ünitesinde kullanılması gereken toplam güneş toplacı alanı 819.3 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. ısı toplama ünitesinde, her biri 1.71 m<sup>2</sup> soğurucu yüzey alanına sahip toplam 480 adet düzlem güneş toplacı kullanılması gerektiği belirlenmiştir. ısı toplama ünitesi, düzlem toplaçlar 47° açı ile güneşe doğru yönlendirilerek tasarlanacaktır. ısı depolama ünitesinde 31.5 m<sup>3</sup> hacminde ısı deposunun kullanılması gerektiği belirlenmiştir. ısı depolama ünitesi olarak, uzunluğu 10 m ve çapı 2 m olan silindirik bir metal tank kullanılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Antalya, Sera Isıtma, Güneş Enerjisi

## ABSTRACT

This study deals with the determination of design parameters of solar heating systems in plastic greenhouses in Antalya climate. The greenhouse, floor area of 8064 m<sup>2</sup>, is made of 9.6 m wide span covered with PE plastic. Heating requirements of the plastic greenhouses were calculated for 0 °C of outside temperature and 12 °C of inside temperature. The average heating requirements of the plastic greenhouses are 64.4 W/m<sup>2</sup> in Antalya conditions. It was considered that the steel pipes (diameter= 51) were used as the heat exchanger in the plastic greenhouses. The surface area of the solar air heaters is 819.3 m<sup>2</sup> in the heat collecting unit. The length of the heat pipes, heat transfer from the heating pipes to the inside air, heating surfaces of pipes and volumetric flow rate of the circulating pump were calculated for the plastic greenhouses.

**Key Words:** Antalya, Greenhouse Heating, Solar Energy

## 1. GİRİŞ

Örtü altı yetiştiriciliğinde başlıca amaç, iç ortam sıcaklığını en uygun düzeyde sürdürmektir. Seralarda gerçekleştirilen bitkisel üretimden beklenen en yüksek verimin elde edilmesi için, dış ortam sıcaklığının düşük olduğu dönemlerde seranın ısıtılması gerekir. Enerji fiyatlarının yüksek olduğu günümüzde, sera ısıtma giderleri yükselmekte ve yetiştirilen ürünlerin maliyeti artmaktadır. Esas olarak sezon dışı üretim amacıyla kullanılan seralarda yetiştirilen ürünlerin kalite, miktar ve gelişme süresi bakımından en uygun ortam koşullarının sağlanması için, kışın soğuk dönemlerde ısıtma gereklidir. Akdeniz ülkelerinin çoğunda ekolojik koşulların uygun olması nedeniyle, sadece soğuk kış gecelerinde gereksinim duyulan ısıtma uygulamaları yeterince yapılmamaktadır. Bu nedenle, seralarda yetiştirilen ürünlerin kalite, miktar ve hasat zamanı açısından bazı olumsuzluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle, seraların ısıtılmasında, kurulduğu yerde bulunan en ucuz enerji kaynakları kullanılmalıdır. Bulunulan yöre, yetiştirilen ürün çeşidi ve yapılan üretim şekline göre, klasik fosil yakıtlarla yapılan ısıtma uygulamalarında, ısıtma giderleri toplam üretim giderlerinin % 60–70'ine ulaşmaktadır (Popovski, 1988). Güney Avrupa koşullarında sera ısıtma giderleri, toplam işletme giderlerinin % 30'undan daha fazladır (Santamouris, 1993). Alışılabilen enerji kaynaklarından elde edilen enerji bedellerinin yüksek olması nedeniyle, sera ısıtma amacıyla yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak büyük önem kazanmıştır. Sera ısıtma uygulamalarında, günümüz enerji varlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek amacıyla fosil enerji kaynakları yerine, doğal enerji kaynaklarından yararlanılması öncelikli bir gereksinimdir.

Son yıllarda örtü altı yetiştiriciliğinde enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak yapılan araştırmalar; ısıtma amacıyla yeni ve yenilenebilir doğal enerji kaynaklarının kullanılmasına ve fosil yakıtların tüketildiği geleneksel ısıtma sistemlerine alternatif olarak, düşük maliyetli ve etkinliği yüksek ısıtma sistemlerinin geliştirilmesine yönlendirilmiştir. En önemli yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden sera ısıtma amacıyla yararlanılması durumunda, sera tarımının toplam üretim giderleri içerisinde büyük yer tutan ısıtma giderleri azalacak ve buna bağlı olarak üretim maliyeti azalacaktır. Sera ısıtma uygulamalarında, günümüz enerji varlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek amacıyla fosil enerji kaynakları yerine alternatif enerji kaynaklarından yararlanılması öncelikli bir gereksinimdir. Sera ısıtmada kullanılan alternatif enerji kaynaklarından bazıları; güneş enerjisi, jeotermal enerji ve sanayi tesislerinden elde kalan düşük sıcaklıklı atık ısı enerjisidir. Güneş enerjisi bakımından önemli bir potansiyele sahip olan ülkemizde; güneşlenme süresi en fazla Temmuz ayında 365 h/ay ve en az Aralık ayında 103 h/ay olmak üzere, 2624 h/yıldır. Ortalama güneş ışınımı yoğunluğu yaklaşık 3.67 kWh/m<sup>2</sup>.gün (13.6 MJ/m<sup>2</sup>.gün) değeriyle, toplam olarak yaklaşık 1311 kWh/m<sup>2</sup>.yıl (4.72 GJ/m<sup>2</sup>.yıl)'dır. Ülkemizin yüzeyine gelen güneş ışınımı, diğer bir deyişle toplam güneş enerjisi potansiyelimiz 3517 EJ/yıl (977 PWh/yıl)'dır (Ültanır, 1994). Günümüzde, sera ısıtmada güneş enerjisinden daha etkin olarak yararlanmak, büyük önem kazanmış olmakla birlikte, uygulamada teknik ve ekonomik açıdan bazı sorunlarla karşılaşmaktadır. Geleneksel ısıtma sistemleriyle karşılaştırıldığında, güneş enerjili ısıtma sistemlerinin ilk yatırım maliyeti oransal olarak daha yüksektir. Dış ortam sıcaklığının sera iç ortam sıcaklığından daha düşük olduğu gündüz sürelerinde, sera ısı gereksiniminin bir bölümü sera içerisinde soğurulan güneş ışınımıyla karşılanır. Sera iç ortam sıcaklığının düşük olduğu dönemlerde, sera ısıtmada güneş enerjisinden etkin olarak yararlanabilmek için aşağıdaki iki koşulun sağlanması gerekir:

- 1) Güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştürmek
- 2) Sera iç ortam sıcaklığı düşük olduğunda, ısıtma gereksinimini karşılamak amacıyla ısı enerjisini depolamak

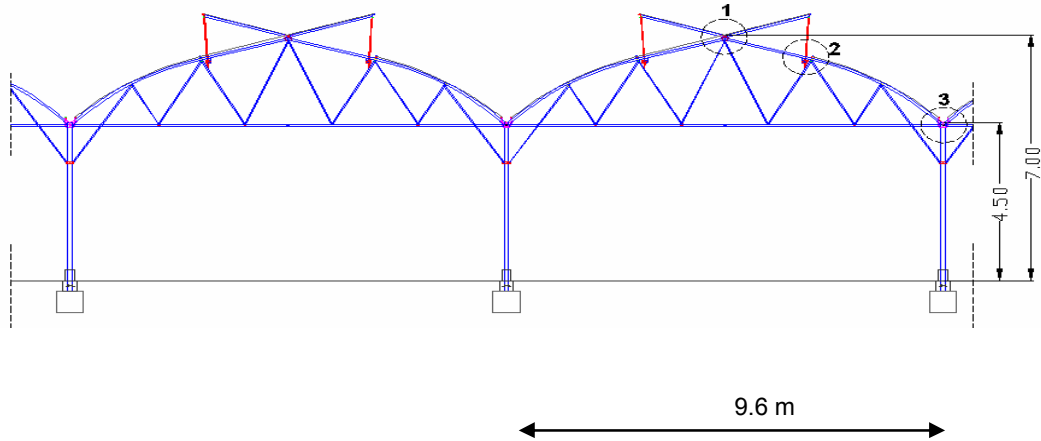
Bu çalışmada, Antalya yöresinde 8064 m<sup>2</sup> taban alanı olan plastik seranın ısıtılmasında yararlanmak üzere, güneş enerjisinin, ısı depolama materyali olarak su kullanılarak, duyulur ısı depolama yöntemi ile kısa süreli (gündüzden-geceye) depolanması amaçlanmıştır. Plastik seranın ısı gereksinimi, 0 °C dış ortam sıcaklığı ve 12 °C iç ortam sıcaklığına bağlı olarak hesaplanmıştır. Plastik seranın en fazla ısı gereksinimi olan kış aylarındaki (Aralık-Ocak-Şubat) gece dönemlerinde, sera içi ve dış ortam arasında  $\Delta T = 6$  °C sıcaklık farkı için gerekli olan toplam ısı gereksinimi, tasarımı yapılacak olan güneş enerjisiyle ısıtma sistemi ile karşılanması düşünülmüştür. Erken ilkbahar ve geç sonbahar mevsimlerine karşılık gelen ısıtma sezonunun diğer aylarında, plastik seranın ısı gereksiniminin tamamı güneş enerjisiyle ısıtma sistemi ile karşılanacaktır. Çalışma kapsamında; plastik seranın ısı gereksinimi, ısı toplama ünitesinin özellikleri ve büyüklüğü, kullanılması gereken ısı depolama

materyali miktarı, ısı depolama ünitesinin özellikleri ve hacmi ve sera ortamında ısı değiştirici olarak kullanılacak olan ısıtma borularının özellikleri, yerleşimi ve uzunluğu gibi başlıca tasarım etmenleri belirlenmiştir. Plastik seranın güneş enerjisiyle ısıtılması durumunda, günlük olarak tasarruf edilecek net yakıt miktarları ve buna bağlı olarak yakıt giderlerinde gerçekleşecek olan tasarruf miktarları ve yakıt cinsine bağlı olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salımındaki azalma miktarları hesaplanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Plastik Seranın zellikleri

Kurulacak olan çok bölmeli plastik seranın boyutları Şekil 1’de, bazı özellikleri ise izelge 1’de verilmiştir. Çok bölmeli olarak tasarılacak olan plastik serada, gece dönemlerinde oluşacak olan ısı kayıplarının azaltılması için, PE ısı perdesi kullanılacaktır. Özelikle, ılıman iklime sahip birçok ülkede, plastik film örtülü seralar yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde, iklim koşullarının sera yetiştiriciliği açısından daha uygun olan Akdeniz bölgesinde, yaygın olarak plastik seralar kullanılmaktadır. Sera tekniğinde aynı çatı altında daha geniş üretim alanının kaplanması istenir. Bu nedenle, oluktan bağlantılı çok bölmeli sera tasarımları uygulanır. Seraların oluktan bağlantılı olarak tasarlanmasıyla, tasarım maliyeti azalır ve daha etkin olarak doğal havalandırma sağlanır. Çok bölmeli blok seralar, genellikle oluktan bağlantılı olarak tasarlanırlar. Bu tip sera tasarımlarında üretim alanının tamamı aynı çatı altındadır. Sera çatısının daha geniş üretim alanını kaplaması durumunda; 1) etkin üretim yönetimi, 2) etkin bir Şekilde ve daha tekdüze sıcaklık kontrolü, 3) enerji korunumu ve 4) malzemelerin daha ekonomik kullanımı sağlanır.



Şekil 1. Kurulacak olan plastik seranın ön görünüşü ve yükseklik boyutları

Tablo 1 Plastik Seranın zellikleri

zellikler	Değerler
Sera konstrüksiyonu	Alüminyum ve elik
Yönlendirme	Kuzey-Güney
Örtü kalınlığı (mm)	0.35 (ift kat)
Toplam alan (m <sup>2</sup> )	8064
Bölme genişliği (m)	9.6
Toplam yükseklik (m)	7
Oluk yüksekliği (m)	4.5

## 2.2. Isı Depolama Yöntemi

Güneş enerjisi depolama uygulamalarındaki temel amaç, enerjinin fazla olduğu dönemlerdeki fazla enerjiyi, enerji gereksinimi olan dönemlerde kullanmak üzere depolamaktır. Isı depolama, uygulanan süreye bağlı olarak, iki şekilde gerçekleştirilir:

- 1) Kısa süreli (gündüzden-geceye) depolama
- 2) Uzun süreli (yazdan-kışa) depolama

Isı depolama sisteminin boyutları, uygulanan *depolama yöntemi* ve *ısı depolama materyallerine* bağlıdır. Herhangi bir uygulama için, düşük sıcaklıkta kısa veya uzun süre için ısı depolanabilir. Güneş enerjisi yoğunluğu ve gereksinim duyulan enerji miktarı arasındaki farkın az olması durumunda, *kısa süreli ısı depolama* uygulanır. Isı depolama amacıyla kullanılan ısı toplama ünitesinin boyutları ve tüketilen enerji miktarı dikkate alınarak, enerjinin en düşük maliyetle sağlandığı süre belirlenir. Enerjinin en düşük maliyetle sağlandığı süreye bağlı olarak, kısa veya uzun süreli ısı depolamaya karar verilir. Isı enerjisi, ısı depolayan materyalin iç enerjisindeki değişim sonucunda; *duyulur ısı*, *gizli ısı* ve *bunların birleşimleri* şeklinde depolanabilir. Isı depolama yönteminin seçimi esas olarak aşağıdaki etmenlere bağlıdır:

- Isı depolama süresi (günlük veya mevsimlik)
- Ekonomik uygulanabilirlik
- İşletme koşulları

### 2.2.1. Duyulur Isı Depolama Yöntemi

Duyulur ısı depolama yönteminde, ısı depolayan materyalin sıcaklığının değişmesi sonucunda ortaya çıkan duyulur ısıdan yararlanılır. Isı depolama materyali olarak, sıcaklığı artırıldığında, duyulur ısı şeklinde ısı depolayabilen katı ve sıvı materyaller kullanılır. Duyulur ısı depolama materyallerinin birçoğu bol miktarda ve ucuzdur. Ayrıca, bu materyallerden ısı depolamak için yararlanılmak üzere geliştirilmiş olan mevcut teknoloji, etkin sistemlerin tasarımı için uygundur. Bu nedenle, günümüzdeki birçok ısı depolama uygulamasında, duyulur ısı depolama yönteminden yararlanılır. Bu yöntemle ısı depolamada, ısının depolanması ve geri kazanılması süresince depolama materyalinin sıcaklığı değişir. Çok sayıda ısı depolama ve geri kazanma çevriminin gerçekleştirilebilmesi, duyulur ısı depolama yönteminin en çekici özelliklerinden birisidir. Isı depolama sisteminin uygulanabilirliği ve duyulur ısı depolama sistemlerinin etkinliğine etki eden etmenler Çizelge 2'de verilmiştir.

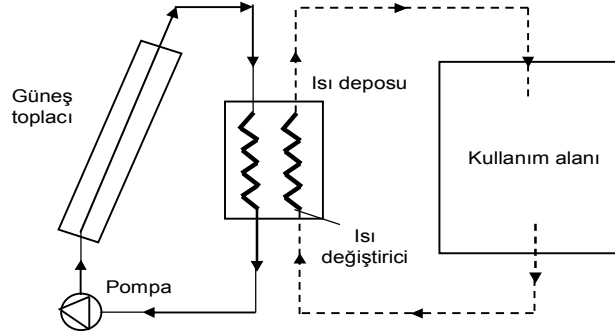
**Tablo 2.** Isı Depolama Sistemlerinin Uygulanabilirliği ve Etkinliği

Sistemin uygulanabilirliği	Sistemin etkinliği
➤ Gereksinim duyulan ısı miktarı	➤ Isı depolama materyalinin özgül ısı
➤ Depolanabilecek ısı miktarı	➤ Isı depolama materyalinin yoğunluğu
➤ Isı depolama yöntemi	➤ Isı depolama materyalinin ısı iletkenliği
➤ Elektrik bedeli	➤ Isı depolama sıcaklığı
➤ Isıtılacak yapının tipi	➤ Materyal ve depo arasında buhar basıncı
➤ Isı depolama için gerekli alan	➤ Yüksek sıcaklıklarda materyalin kararlılığı
➤ İşletme maliyeti	➤ Sistemin maliyeti

#### 2.2.1.1. Sıvılarda Duyulur Isı Depolama

Isı depolama materyali olarak su kullanılarak, duyulur ısı şeklinde güneş enerjisi depolayan bir sistemin başlıca elemanları Şekil 2'de verilmiştir. Isı depolama ve geri kazanma işlemlerinde, ısı deposu-enerji kaynağı-kullanım alanı arasında ısı taşıyıcı akışkan dolaştırılır. Güneş toplacı ve depolama tankı arasında su dolaşımı için, doğal akış veya zorlanmış akıştan yararlanılabilir. Isının sıvı materyallerde depolanması durumunda, ısı depolama amacıyla kullanılan akışkan, genellikle ısı transferi için doğrudan kullanılabilir. Güneş toplacı, depolama tankı ve kullanım alanı arasında ısı taşıyan akışkanın, ısı depolayan akışkandan farklı olması durumunda, bir ısı değiştirici kullanılması gerekir. Ayrıca, ısı depolama akışkanıyla karışmayan ikinci bir akışkan kullanılarak, ısı depolama

akışkanı ile ısı taşıyıcı akışkan arasında, doğrudan temasta ısı değişimi sağlanabilir. Sıvı olarak su kullanılan güneş enerjisi depolama sistemlerinin sağladığı üstünlükler Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 2. Duyulur ısı depolama sisteminin başlıca elemanları

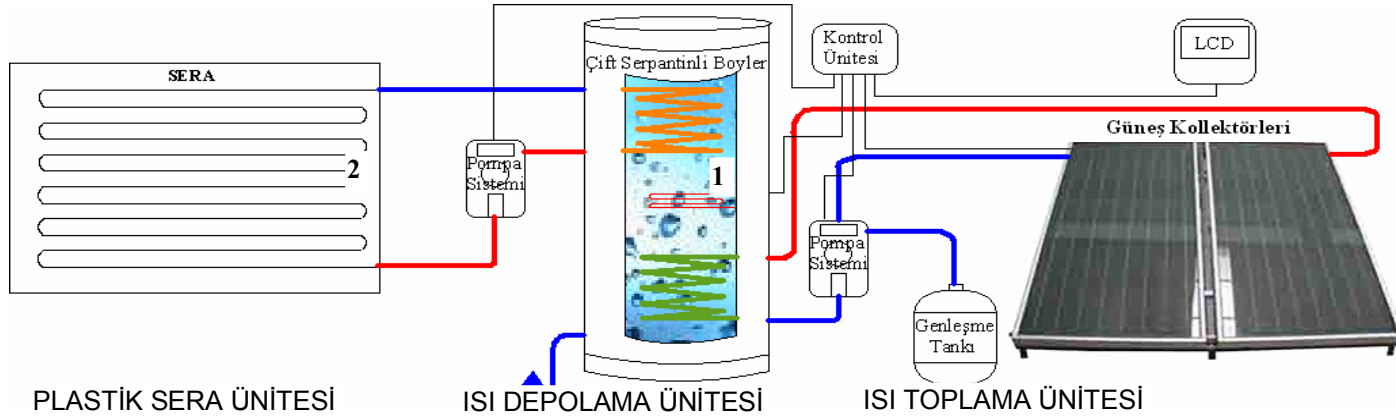
Tablo 3. Su Kullanarak ısı Depolamanın Üstünlükleri

Su Kullanarak ısı Depolamanın Üstünlükleri
✓ Suyun maliyeti düşük, kullanımı kolay, toksik etkili ve yanıcı değildir.
✓ Diğer sıvı materyallerle karşılaştırıldığında, ısı depolama kapasitesi yüksektir.
✓ Isı iletimi ve akışkan dinamiği uygundur.
✓ Isı taşıyıcı akışkan olarak kullanıldığında, ısı değiştirici kullanılması gerekmez.
✓ Enerjinin kısıtlı olduğu durumlarda, sistemde dolaşım sağlamak için doğal akıştan yararlanılabilir.
✓ Eş zamanlı olarak ısı depolama ve geri kazanmak mümkündür.
✓ Isı depolama sisteminin tasarımı, düzenlenmesi ve kontrolü kolaydır.
✓ Su kullanılan depolama sistemlerine ilişkin çok fazla teknik, fiziksel, kimyasal ve ekonomik veri bulunmaktadır.

### 2.3. Güneş Enerjisiyle Sera Isıtma Sistemi

Sera ısıtma, güneş enerjisinin su kullanılarak duyulur ısı depolama yöntemi ile günlük olarak depolanması için tasarlanmış olan proje, Antalya yöresinde yürütülecektir. Güneş enerjisi depolama ve sera ısıtma sisteminin şematik görünümü Şekil 3'de verilmiştir. Sistem esas olarak aşağıda belirtilen 4 üniteden oluşmaktadır:

- 1) Düzlem güneş toplacılarından oluşan ısı toplama ünitesi
- 2) Toplanan ısıyı depoladığı ısı depolama ünitesi
- 3) Depolanan ısıyla ısıtılan plastik sera
- 4) Isı toplama-depolama üniteleri ve sera arasında ısı taşıma ünitesi



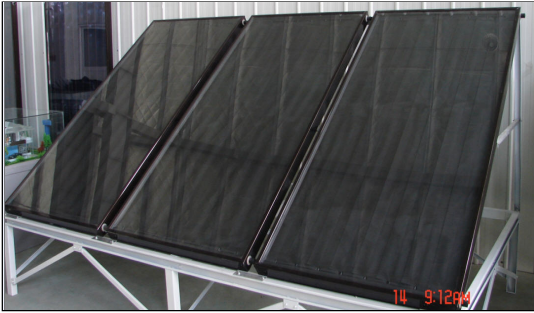
Şekil 3. Güneş enerjisi depolama ve sera ısıtma sisteminin şematik görünümü

Gündüz dönemlerinde, Şekil 3'de belirtilen 1 nolu pompa ünitesinin çalışmasıyla, düzlem güneş toplacıları tarafından toplanılan ısı enerjisi, ısı depolama ünitesinde depolanacaktır. Plastik sera iç ortam sıcaklığına bağlı olarak, ısı depolama ünitesinden ısı geri kazanılması için, 2 nolu pompa ünitesi çalıştırılacaktır. Bu durumda, ısı depolama ünitesi ile plastik sera ünitesindeki ısıtma boruları arasında akışkan dolaşımı sağlanacaktır. Isı geri kazanma dönemlerinde, plastik sera ve ısı depolama üniteleri arasında akışkan dolaşımı için kullanılan pompa ünitesine hareket veren elektrik motorunun, çalışması zaman saati ile kontrol edilecektir.

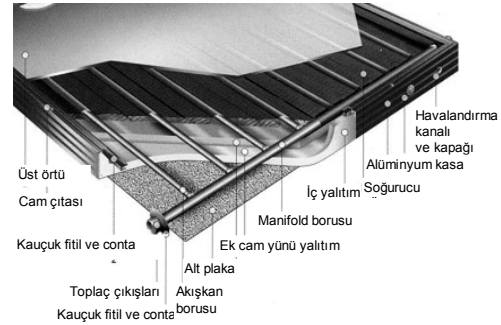
Güneş enerjili aktif ısıtma sisteminde ısınan suyun sıcaklığı, seraya gönderilmek için gerekli su sıcaklığından (dağıtım sıcaklığından) daha yüksek olduğunda, sistemde ısınan su serayı ısıtmak için doğrudan kullanılabilir. Sistemde ısınan suyun sıcaklığı dağıtım sıcaklığından daha düşük olduğunda, su dağıtım sıcaklığına ulaşmaya kadar yardımcı ısıtma sistemiyle ısıtılır. Serada dolaşım sonucunda soğuyan suyun sıcaklığı toplaç sıcaklığından daha düşük olduğunda, su toplaçlar içerisinden dolaştırılır. Yardımcı ısıtma sistemi kullanılmaması durumunda, güneş enerjisiyle ısıtılan su serayı ön ısıtma veya sadece düşük sıcaklıklardan koruma amacıyla kullanılabilir. Sistemin çalışma sıcaklığının düşük olduğu bu durumda, toplaçlardan daha etkin yararlanılır.

### 2.3.1. Isı Toplama Ünitesi: Düzlem Toplaçlar

Isı depolama ünitesinde ısı enerjisi olarak depolanacak olan güneş enerjisinin toplanması için, düzlem güneş toplaçlarından yararlanılacaktır. Düzlem toplaçlar (Şekil 4), güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Düzlem toplaçlar, genellikle konutlarda sıcak su ısıtma amacıyla kullanılır. Ulaştıkları sıcaklık 70 °C civarındadır. Bu sistemler konutların yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su sağlanmasında kullanılır. Düzlem toplaçlar; ısı taşıyıcı akışkana bağlı olarak, *havalı* ve *sıvılı* tip olmak üzere iki grupta incelenebilirler. Havalı toplaçlar genellikle konutların ve küçük ticari binaların ısıtılmasında ve kurutma işlemlerinde kullanılmalarına karşın, sıvılı toplaçlar büyük binaların ısıtılmasında, endüstriyel ısıtma işlemlerinde ve güneş enerjisiyle soğutma uygulamalarında kullanılırlar. Suyun ısı taşıma verimliliği daha yüksek olduğundan, sıvılı toplaçlarda soğurucu plakanın sıcaklığı, içindeki ısı taşıyıcı akışkandan sadece birkaç derece yüksektir. Sıvılı toplaçlar, daha fazla enerji toplar ve verimleri daha yüksektir. Düzlem toplaçlar üstten alta doğru; camdan yapılan üst örtü, cam ile soğurucu plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik soğurucu plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşur. Bir düzlem toplaçın başlıca bileşenleri Şekil 5'de verilmiştir. Isı toplama ünitesinde, boyutları 1.9 × 0.9 m olan, her biri 1.71 m<sup>2</sup> soğurucu yüzey alanına sahip düzlem güneş toplaçları kullanılacaktır.



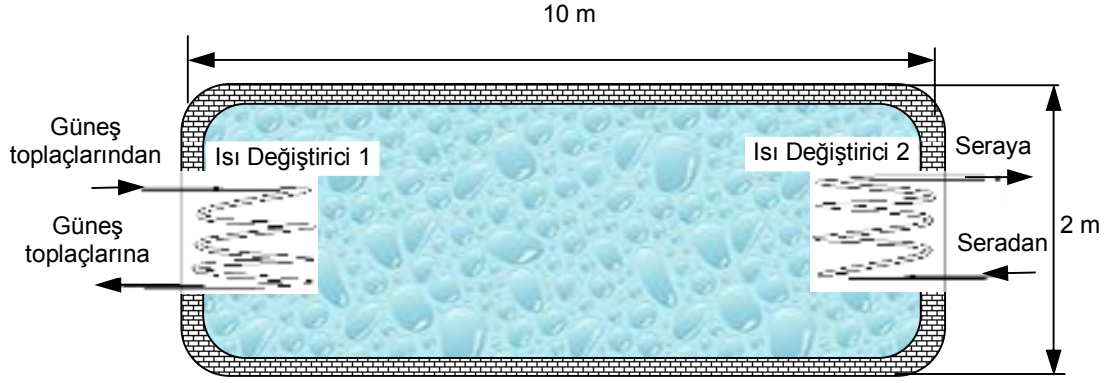
Şekil 4. Düzlem toplaçlardan oluşa ısı toplama ünitesi



Şekil 5. Düzlem toplaçın başlıca bileşenleri

### 2.3.2. Isı Depolama Ünitesi: Isı Deposu

Isı depolama ünitesi olarak, korozyona dayanıklı metal malzemeden tasarılacak olan silindirik depolama tankı kullanılacaktır (Şekil 6). Isı depolama ünitesinin dış yüzeyleri, ısı kayıplarının önlenmesi için, etkin bir şekilde ısı olarak yalıtılacaktır.



**Şekil 6.** Isı depolama ünitesi: ısı deposu

Düzlem güneş toplaçlarından oluşan ısı toplama ünitesinden gelen sıcak su, Şekil 6'da belirtilen 1 nolu ısı değiştiricide dolaştırılarak tanktaki suyun ısınması sağlanacaktır. Güneşin ışınımının yetersiz olduğu durumlarda, ısı deposu içerisindeki suyun ısıtılması için yardımcı ısıtma sisteminden yararlanılacaktır. Isı deposundan ısı geri kazanılması durumunda, plastik sera ile ısı deposu arasında, 2 nolu ısı değiştirici yardımı ile akışkan dolaşımı sağlanarak plastik sera ısıtılacaktır. Çift ısı değiştiricili sistemler, merkezi ısıtma sistemine bağlanarak güneşin yetersiz kaldığı koşullarda bile, en ekonomik sıcak su sağlarlar. Sistem otomatik kontrol cihazlarıyla kontrol edilerek yüksek verim sağlanacaktır.

### 2.3.3. Plastik Serada Çelik Borulu Isıtma Sistemi

Kurulacak olan plastik sera içerisinde ısı dağıtımı için, bitki sıra aralarına yerleştirilecek olan çelik ısıtma borularından yararlanılacaktır (Şekil 7). Isıtma sistemi için otomatik kontrol sağlanabilir. Ortam sıcaklığına bağlı olarak, akışkan sıcaklığı değişiminin tepkisi hızlı ve güvenilirdir. Isıtma sisteminin sera zeminindeki toprağa olan etkisi az, ancak önemlidir. Sera iç ortamındaki havanın yatay ve düşey sıcaklık profili oldukça düzgündür. Bu tip ısıtma sistemi bulunan seralarda, bitkilerin yaprak sıcaklığı hava sıcaklığına çok yakındır. Seradaki hava hareketi ve yönü, serada yapılan yetiştiricilik için genellikle uygundur. Her türlü yetiştirme sistemi için genellikle olumlu etkilere sahiptir. Bu tip ısıtma sistemleriyle; erken hasat, yüksek verim ve kaliteli ürün elde edildiği bildirilmektedir.



**Şekil 7.** Isıtma borularının sera zeminine yerleştirilmesi

Çelik borulu ısıtma sistemlerinde, yaygın olarak çapları 1 1/4" ve 2" olan çelik borular kullanılır. Isıtma boruları, seranın destek kirişleri boyunca, zeminden 0.3–1.2 m yükseklikte yerleştirilir. Çelik borulu ısıtma sisteminin teknik tasarımında, ısıtma akışkanının giriş sıcaklığı 60°C, dönüş sıcaklığı ise 40°C

olarak dikkate alınmıştır. Isıtma akışkanı sıcaklığının düşük olması durumunda, ısıtma borusu yüzey alanının artırılması gerekir. Bu durum, seranın aydınlanma koşullarının kötüleşmesine neden olabilir. Isıtma akışkanı sıcaklığının düşük olması durumunda, kullanılması gereken ısı değiştirici yüzey alanının artması nedeniyle, sera ortamına ışık girişinin azalmaması için, düşük sıcaklıktaki ısıtma borularının genellikle toprak yüzeyine yakın olarak yerleştirilmesi gerekir.

## 2.4. Hesaplama Yöntemi

### 2.4.1. Sera Isı Gereksiniminin Belirlenmesi

Şekil 1 ve Çizelge 1'de özellikleri verilen kurulacak olan plastik seranın ısıtılması için, taban alanı başına gereksinim duyulan ısı miktarı aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir (Öztürk, 2008).

$$q_s = \frac{A_o}{A_t} \cdot u(T_i - T_d) - I\tau\gamma \dots\dots\dots[1]$$

Bu eşitlikte;

- $q_s$  = Taban alanı başına ısı gereksinimi ( $W/m^2$ ),
- $A_o$  = Sera örtüsü yüzey alanı ( $m^2$ ),
- $A_t$  = Sera taban alanı ( $m^2$ ),
- $u$  = Toplam ısı kaybı katsayısı ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ),
- $T_i$  = Sera iç ortam havasının sıcaklığı ( $^\circ C$ ),
- $T_d$  = Dış ortam havasının sıcaklığı ( $^\circ C$ ),
- $I$  = Toplam güneş ışınımı ( $W/m^2$ )
- $\tau$  = Seranın toplam ışınım geçirgenliği ve
- $\gamma$  = Toplam ışınımın sera iç ortam sıcaklığının artmasında etkili olan ısı ışınımına dönüşme oranıdır.

Sera toplam ısı gereksinimi, taban alanı için gerekli ısıya bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Q_s = q_s \times A_s \dots\dots\dots[2]$$

Bu eşitlikte;

- $Q_s$  = Seranın toplam ısı gereksinimi ( $W$ ),
- $q_s$  = Taban alanı başına ısı gereksinimi ( $W/m^2$ ) ve
- $A_s$  = Sera taban alanıdır ( $m^2$ ).

Plastik seranın ısı gereksinimi, güneşten ısı kazancının olmadığı gece koşulları için hesaplanmıştır. Seralarda güneş enerjili aktif ısıtma sistemleri, yıllık ısı gereksiniminin belirli bir oranını karşılamak için tasarlanırlar. Sera iç ortamında istenilen sıcaklığa bağlı olarak oluşan ısı kayıpları dikkate alınır ve seranın yıllık ısı gereksinimi hesaplanır. Güneş enerjisiyle sera ısıtma sisteminin boyutlandırılması için yapılan hesaplamalarda, kurulacak olan plastik seranın en fazla ısıtmaya gereksinim duyulan kış dönemlerindeki toplam ısı gereksiniminin yarısının güneş enerjisiyle karşılanması dikkate alınmıştır.

#### 2.4.1.1. Toplam Isı Kaybı Katsayısı

Toplam ısı kaybı katsayısı, farklı teknik donanımlara sahip seraların ısı enerjisi tüketimlerini karşılaştırma değeri olarak kullanılır. *Toplam ısı kaybı katsayısı* ( $u$ ,  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ); sera iç ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı arasındaki  $1 \text{ } ^\circ C$  farklılık için, sera yüzey alanının her  $m^2$  'sinden oluşan toplam ısı kaybını belirtir. Toplam ısı kaybı katsayısı, seradan iletim (kondüksiyon) ve taşınım (konveksiyon) oluşan ısı kayıplarıyla birlikte, ısı ışınım (radyasyon) değişimi nedeniyle oluşan ısı kayıplarını da kapsar. Sera ısı gereksinimi, toplam ısı kayıp katsayısına bağlı olarak yeterli doğrulukta belirlenebilmekle birlikte, seradan iletim, taşınım ve ısı ışınım ile oluşan ısı kayıpları ayrı ayrı hesaplanarak daha doğru tahmin yapılabilir. Toplam ısı kaybı katsayısı genellikle rüzgar hızı ile ilişkili olarak incelenir. Akdeniz Bölgesi iklimi koşullarında; PE ısı perdesi kullanılan PE ile örtülü plastik seralar için toplam ısı kayıp katsayısı, rüzgar hızına ( $v_r$ ,  $m/s$ ) bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir (Öztürk, 2008).



$$u = 2.83 + 0.10 v_r \dots \dots \dots [4]$$

### 2.4.1.2. Sera İç Ortam Hava Sıcaklığı

Serada ısıtma gereksiniminin belirlenmesi için öncelikle, iç ortam sıcaklığının sınır değeri tanımlanmalıdır. Serada bitki gelişmesi için en uygun sıcaklığın sağlanması gerekli olmasına karşın, bu durum ekonomik açıdan mümkün olmayabilir. Serada birçok bitki türü için istenilen sıcaklık değeri farklı olduğundan, ısıtma sistemlerinin kontrolü de buna bağlı olarak değişir. Seralarda değişik tür bitkilerin yetiştirilebilmesi için, iç ortam hava sıcaklığı 10–28 °C aralığında ayarlanabilmelidir. Kurulacak olan plastik seranın ısı gereksinimi, 12 °C iç ortam sıcaklığına bağlı olarak hesaplanmıştır.

### 2.4.1.3. Dış Ortam İklim Koşulları

Dış ortam sıcaklığının belirlenmesinde, seranın bulunduğu bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak yılın en soğuk zamanında oluşan en düşük sıcaklıkların ortalaması dikkate alınır. Isıtma sistemi tasarımında, Antalya yöresine ilişkin uzun yıllık sıcaklık ve güneş enerjisi değerleri dikkate alınmıştır. Isıtma sistemlerinin tasarımı için, kurulacak olan plastik seranın ısı gereksinimi, 0 °C dış ortam sıcaklığına bağlı olarak hesaplanmıştır.

### 2.4.2. Isıtma Borusu Uzunluğunun Belirlenmesi

Seralardaki sıcak sulu ısıtma sistemlerinde kullanılması gereken toplam ısıtma borusu uzunluğu, seranın toplam ısı gereksinimi ve kullanılması tasarımılanan ısıtma borusunun birim uzunluğundan kazanılan ısı miktarına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$L_b = \frac{Q_s}{Q_b} \dots \dots \dots [5]$$

Bu eşitlikte;

- $L_b$  = Isıtma borusunun uzunluğu (m)
- $Q_s$  = Seranın toplam ısı gereksinimi (W) ve
- $Q_b$  = Borudan kazanılan ısı miktarıdır (W/m).

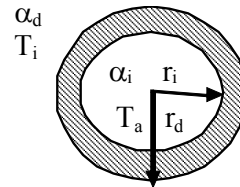
#### 2.4.2.1. Isıtma Borusundan Isı Transferinin Belirlenmesi

Plastik serada ısı değiştirici olarak kullanılacak olan ısıtma borusunun birim uzunluğundan sera ortamına geçen toplam ısı miktarı, borunu iç ve dış çaplarına (Şekil 8) bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır. Plastik seradaki ısıtma sistemi için ısı değiştirici olarak, 51 mm çapında boru kullanılması öngörülmüştür.

$$Q_b = \frac{4\pi L_b \Delta T_b}{\frac{1}{\alpha_i d_i} + \frac{\ln(d_d / d_i)}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_d d_d}} + Q_r \dots \dots \dots [6]$$

Burada;

- $L_b$  = ısıtma borusu uzunluğu (m),
- $\Delta T_b$  = sıcaklık farkı (°C),
- $\alpha_i$  = iç yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>K),
- $\alpha_d$  = dış yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>K),
- $d_d$  = boru dış çapı (m),
- $d_i$  = boru iç çapı (m),
- $\lambda_b$  = ısı iletim katsayısı (W/m °C) ve
- $Q_r$  = ışınlama geçen ısı güç miktarıdır (W).



Şekil 8. Isıtma borusunun kesiti

### 2.4.2.2. Isıtma Borusundan Sera Ortamına Işınım ile Geçen Isıl Güç

Plastik seradaki ısıtma borularından sera ortamına ışınım ile geçen ısı güç miktarı ( $Q_r$ , W) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_b (T_b^4 - T_s^4) \dots\dots\dots [7]$$

Burada;

- $\varepsilon$  = Işınım yayma değeri,
- $\sigma$  = Stefan-Boltzmann sabiti ( $5.6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ),
- $A_b$  = Boru yüzey alanı ( $\text{m}^2$ ),
- $T_b$  = Isıtma borusunun mutlak sıcaklığı (K) ve
- $T_s$  = Sera ortam havasının mutlak sıcaklığıdır (K).

### 2.4.2.3. Sıcaklık Farkı

Sera iç ortamındaki hava sıcaklığı ile ısıtma borusu içerisindeki su sıcaklığı arasındaki fark ( $\Delta T_b$ ), logaritmik ortalama sıcaklık farkı olarak hesaplanır.

$$\Delta T_b = \frac{T_g - T_\zeta}{\ln \frac{(T_g - T_s)}{(T_\zeta - T_s)}} \dots\dots\dots [8]$$

Burada;

- $T_g$  = Suyun ısıtma borusuna giriş sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ ),
- $T_\zeta$  = Isıtma borusundan su çıkış sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ ) ve
- $T_s$  = Sera içerisindeki hava sıcaklığıdır ( $^\circ\text{C}$ ).

### 2.4.2.4. Isıtma Borusu Yüzey Alanı

Isıtma borusundan ısı geçişi gerçekleşen yüzey alanının belirlenmesinde, borunun logaritmik ortalama yüzey alanı dikkate alınır.

$$A_b = \frac{2\pi L_b (r_d - r_i)}{\ln \frac{r_d}{r_i}} \dots\dots\dots [9]$$

Burada;

- $A_b$  = Isıtma borusu yüzey alanı ( $\text{m}^2$ ),
- $L_b$  = Isıtma borusunun uzunluğu (m)
- $r_i$  = Isıtma borusunun iç yarıçapı (m) ve
- $r_d$  = Isıtma borusunun dış yarıçapıdır (m).

### 2.4.3. Kullanılması Gereken Isı Depolama Materyali Miktarının Belirlenmesi

Isı depolama ünitesinde duyulur ısı depolama materyali olarak kullanılması gereken su miktarı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\dot{m} = \frac{Q_s}{c_p \times \Delta T} \dots\dots\dots [10]$$

Burada;

- $m$  = Kullanılması gereken su kütlesi (kg),  
 $Q_s$  = Güneş enerjisi ile karşılanması öngörülen sera ısı gereksinimi (kJ/gün),  
 $c_p$  = Suyun özgül ısısıdır (kJ/kg °C) ve  
 $\Delta T$  = Sudaki sıcaklık artışıdır (°C).

#### 2.4.4. Kullanılması Gereken Güneş Toplacı Yüzey Alanının Belirlenmesi

Sera ısıtma amacıyla yıllık ısı gereksiniminin belirli bir oranını karşılamak için gerekli ısı enerji miktarı belirlendikten sonra, bu enerjinin toplanması için gerekli toplaç alanı hesaplanır. Toplaçların güneş enerjisi toplama verimi; toplaç üzerine gelen güneş ışınımına, toplaç örtü malzemesi ve soğurucu yüzeyin optik özelliklerine bağlıdır. Tasarım yapılacak olan ısı toplama ünitesinde kullanılacak olan vakum borulu güneş toplaçlarının verimi  $\eta_t = \% 50$  olarak dikkate alınmıştır. Isı toplama ünitesinde kullanılması gereken toplaç alanı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$A_t = \frac{Q_s}{I \times \eta_t} \dots \dots \dots [11]$$

Burada;

- $A_t$  = Toplaç yüzey alanı ( $m^2$ ),  
 $Q_s$  = Güneş enerjisi ile karşılanması öngörülen sera ısı gereksinimi (kJ/gün),  
 $I$  = Toplaç yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı ( $kJ/m^2$  gün) ve  
 $\eta_t$  = Toplaç verimidir (%).

#### 2.4.5. Isı Toplama Ünitesinin Eğim Açısının Belirlenmesi

Güneş toplaçları, yörenin enlemine bağlı olarak en yüksek oranda güneş alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler. En uygun eğim açısı aşağıdaki gibi belirlenir:

- Bütün yıl için yaklaşık olarak eğim açısı = enlem derecesi
- Yaz mevsimi için eğim açısı = enlem derecesi  $-10^\circ$
- Kış mevsimi için eğim açısı = enlem derecesi  $+10^\circ$

Isı toplama ünitesindeki düzlem güneş toplaçlarından kış mevsiminde daha etkin olarak yararlanabilmek için, eğim açısı aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\text{Topla eğim açısı} = \text{Antalya için enlem derecesi} + 10^\circ \dots \dots \dots [12]$$

#### 2.4.6. Isı Depolama Ünitesi (Isı Deposu) Hacminin Belirlenmesi

Isı depolama ünitesi (ısı deposu) hacminin belirlenmesinde, günlük olarak gerekli olan depolanabilecek en fazla ısı miktarı dikkate alınır. Isı depolama ünitesinin hacmi aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir.

$$V = \frac{Q_s}{\rho_s \times c_{ps} \times \Delta T} \dots \dots \dots [13]$$

Burada;

- $V_d$  = Isı depolama ünitesi hacmi ( $m^3$ ),  
 $Q_s$  = Güneş enerjisi ile karşılanması öngörülen sera ısı gereksinimi (kJ/gün),  
 $\rho_s$  = Suyun yoğunluğu ( $kg/m^3$ ),  
 $c_{ps}$  = Suyun özgül ısısı (kJ/kg °C) ve  
 $\Delta T$  = Isı depolama aşaması için ısı depolama materyalinin ortalama sıcaklık artışıdır (°C).

#### 2.4.7. Dolaşım Pompası Debisinin Belirlenmesi

Isıtma sisteminde kullanılacak olan dolaşım pompası, sitemde meydana gelen sürtünme kayıplarını karşılayabilecek büyüklükte seçilmelidir. Dolaşım pompasının debisi, gerekli ısı enerjisi miktarı ve akışkanın giriş-çıkış sıcaklık farkına bağlı olarak aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$V_p = \frac{Q_s}{c_p \cdot \rho \cdot (T_g - T_c)} \dots\dots\dots [14]$$

Bu eşitlikte;

- $V_p$  = Dolaşım pompasının debisi ( $m^3/s$ ),
- $Q_s$  = Gerekli ısı miktarı (kW),
- $\rho$  = Akışkanın yoğunluğu ( $kg/m^3$ ),
- $c_p$  = Akışkanın özgül ısısı ( $kJ/kg \text{ } ^\circ C$ )
- $T_g$  = Akışkan giriş sıcaklığı ( $^\circ C$ ) ve
- $T_c$  = Akışkan çıkış sıcaklığıdır ( $^\circ C$ ).

Dolaşım pompası debisinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda, akışkanının ortalama ( $T_a= 50 \text{ } ^\circ C$ ) sıcaklığındaki özgül ısı ( $c_p= 4.18 \text{ kJ/kg } ^\circ C$ ) ve yoğunluk ( $\rho = 971.6 \text{ kg/m}^3$ ) değerleri kullanılmıştır.

#### 2.4.8. Tasarruf Edilecek Yakıt Miktarı ve Yakıt Giderinin Belirlenmesi

Kurulacak olan plastik seranın güneş enerjisiyle ısıtılması durumunda, tasarruf edilecek yakıt miktarı değerlerinin belirlenmesi için, Tablo 4'de verilen yakıtlara ilişkin ısıl değerler ve çevrim verimleri ile Aralık 2010 yılı yakıt birim fiyatları dikkate alınmıştır.

**Tablo 4.** Yakıt Miktarı ve Yakıt Tasarrufunun Belirlenmesinde Kullanılan Değerler

Yakıt Çeşidi	Isıl Değeri (MJ/kg)	Çevrim Verimi (%)	Yakıt Fiyatı (TL/birim)
Doğal gaz	34.54	90	0.6173
Kömür	30.14	60	0.3750
LPG	45.63	90	1.8000
Fuel oil	41.28	80	1.5600
Motorin	42.7	88	2.8000
Benzin	43.54	88	3.3900

#### 2.4.9. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Salınımındaki Azalma Miktarının Belirlenmesi

Güneş enerjisi depolama uygulamasının, enerji korunumu etkinliği ile birlikte, enerji tüketiminin azalması sonucunda gerçekleşecek olan çevresel etkileri de değerlendirilmiştir. Atmosferde sera etkisi yaratan başlıca gazlardan olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazı salınımındaki azalma miktarları saptanmıştır. Sera ısıtma amacıyla yararlanılabilecek olan farklı fosil yakıt türleri için Tablo 5'de verilen CO<sub>2</sub> gazı salınım faktörleri dikkate alınmıştır.

**Tablo 5.** Çeşitli Fosil Yakıtlar İçin CO<sub>2</sub> Salınım Faktörleri (ton CO<sub>2</sub>/ton eşdeğer petrol)

Kömür	Fuel oil	Motorin	Benzin	LPG	Doğal gaz
4.23	3.24	3.10	2.94	2.64	2.35

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1. Sera Isı Gereksinimine İlişkin Bulgular

Antalya yöresinde kurulacak olan plastik seraların ısı gereksinimleri, yörenin iklim koşulları dikkate alınarak aylık olarak hesaplanmış ve Tablo 6'da verilmiştir. Beklenildiği gibi, dış ortam sıcaklığının azalmasına bağlı olarak, kış aylarında sera taban alanı başına ısı gereksinimi daha yüksek olarak

belirlenmiştir. Yöredeki plastik seraların yıllık ortalama ısı gereksinimi  $64.4 \text{ W/m}^2$  olarak hesaplanmıştır.

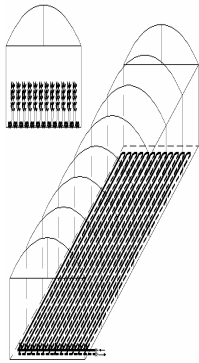
**Tablo 6.** Kurulacak Olan Plastik Seranın Isı Gereksinimi

Aylar	Rüzgar Hızı (m/s)	u (W/m <sup>2</sup> K)	İç Ortam Hava Sıcaklığı 12 °C
Ocak	1.48	3.7128	82.6
Şubat	1.51	3.7161	82.3
Mart	1.59	3.7249	65.7
Nisan	1.54	3.7194	38.2
Mayıs	1.49	3.7139	
Haziran	1.64	3.7304	
Temmuz	1.55	3.7205	
Ağustos	1.45	3.7095	
Eylül	1.46	3.7106	
Ekim	1.31	3.6941	
Kasım	1.24	3.6864	48.4
Aralık	1.20	3.5645	69.3
<b>Ortalama</b>	<b>1.45</b>	<b>3.7003</b>	<b>64.4</b>

Kurulacak olan  $8064 \text{ m}^2$  taban alanındaki plastik seranın günlük 6 saatlik ısıtma için toplam günlük ısı gereksinimi,  $11232 \text{ MJ}$  olarak belirlenmiştir. Güneş enerjisiyle sera ısıtma sisteminin boyutlandırılması için yapılan hesaplamalarda, belirlenen bu ısı gereksiniminin % 50'si olan,  $5616 \text{ MJ/gün}$  değerinin, güneş enerjisiyle karşılanması dikkate alınmıştır.

### 3.2. Plastik Sera İçin Gerekli Isıtma Borusu Uzunluğu

Plastik sera içerisinde ısı değiştirici olarak kullanılacak olan  $51 \text{ mm}$  çapındaki çelik boruların birim uzunluğu başına ısı transferi  $\text{W/m}$  olarak hesaplanmıştır. Bu değere bağlı olarak, plastik sera içerisinde bitki sıra aralarında (Şekil 9), toplam olarak  $9760 \text{ m}$  uzunluğunda ve  $51 \text{ mm}$  çapındaki çelik boru kullanılması gerektiği belirlenmiştir.



**Şekil 9.** Serada ısıtma borularının yerleşimi

Sera ısıtma için gerekli ısıtma borusu uzunluğu:

- 1) Dış ortam sıcaklığının azalmasına bağlı olarak artar.
- 2) Sera iç ortamında istenilen sıcaklık değerinin artışına bağlı olarak artar.
- 3) Boru çapının azalmasına bağlı olarak artar.
- 4) Sera ısı gereksinimi artışına bağlı olarak artar.

### 3.3. Kullanılması Gereken Isı Depolama Materyali Miktarı

Kurulacak olan plastik seranın güneş enerjisiyle ısıtılması için, ısı depolama ünitesinde duyulur ısı depolama materyali olarak 29785.2 kg su kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

### 3.4. Kullanılması Gereken Güneş Toplacı Yüzey Alanını

Isı toplama ünitesinde kullanılması gereken toplam güneş toplacı alanı  $819.3 \text{ m}^2$  olarak hesaplanmıştır. Isı toplama ünitesinde, boyutları  $1.9 \times 0.9 \text{ m}$  olan, her biri  $1.71 \text{ m}^2$  soğurucu yüzey alanına sahip düzlem güneş toplaçları kullanılacaktır. Isı toplama ünitesinde alüminyum kasalı düzlem toplaçlardan ( $819.3 \text{ m}^2 / 1.71 \text{ m}^2 = 479.1$ ) toplam 480 adet kullanılması gerektiği belirlenmiştir (Şekil 8.2). Bu durumda, toplaç/sera alanı oranı  $= 819.3 \text{ m}^2 / 8064 \text{ m}^2 = 0.1015$  olarak hesaplanmıştır. Isı toplama ünitesi, toplaçlar  $47^\circ$  açı ile güneşe doğru yönlendirilerek tasarlanacaktır.



Şekil 10. Isı toplama ünitesinde düzlem güneş toplaçlarının düzenlenmesi

### 3.5. Kullanılması Gereken Isı Depolama Ünitesi (Isı Deposu) Hacmi

Isı depolama ünitesinde  $31.5 \text{ m}^3$  hacminde ısı deposunun kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Tasarlanacak olan ısı depolama ünitesinin boyutları ve bazı ayrıntıları Şekil 6.4'de verilmiştir. Isı depolama ünitesi olarak, uzunluğu 10 m ve çapı 2 m olan silindirik bir metal tank kullanılacaktır.

### 3.6. Kullanılması Gereken Dolaşım Pompasının Debisi

Isıtma sisteminde kullanılacak olan dolaşım pompasının debisi  $3.161 \text{ m}^3/\text{h}$  olarak hesaplanmıştır. Isıtma sistemi için gerekli olan dolaşım pompasının debisi:

- 1) Serada ısı gereksinimi artışına bağlı olarak artar.
- 2) Dış ortam sıcaklığının azalmasına bağlı olarak artar.
- 3) Serada istenilen iç ortam sıcaklığının artışına bağlı olarak artar.

### 3.7. Tasarruf Edilecek Yakıt Miktarı ve Yakıt Giderleri

Kurulacak olan plastik seranın güneş enerjisiyle ısıtılması durumunda, günlük olarak tasarruf edilecek net yakıt miktarları ve buna bağlı olarak yakıt giderlerinde gerçekleşecek olan tasarruf miktarları Tablo 7 ve 8'de verilmiştir.

Tablo 7. Sera Isıtma için Günlük Olarak Tasarruf Edilecek Net Yakıt Miktarı

Yakıt Cinsi ve Miktarı (kg/gün)					
Kömür	Fuel oil	Motorin	Benzin	LPG	Doğal gaz
174.87	127.69	123.43	121.06	115.50	100.66

**Tablo 8.** Sera Isıtma için Yakıt Cinsi/Fiyatı ve Çevrim Verimine Göre Günlük Olarak Tasarruf Edilecek Yakıt Gideri

Yakıt Çeşidi	Yakıt Giderinden Tasarruf (TL/gün)
Doğal gaz	68.353
Kömür	91.800
LPG	228.69
Fuel oil	239.04
Motorin	387.09
Benzin	459.64

### 3.8. Atmosfere Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Salınımındaki Azalma Miktarı

Kurulacak olan plastik seranın güneş enerjisiyle ısıtılması durumunda, yakıt cinsine bağlı olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salınımındaki azalma miktarları Çizelge 9'da verilmiştir.

**Tablo 9.** Sera Isıtma için Yakıt Cinsine Bağlı Olarak Tasarruf Edilecek Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Salınımı Miktarı

Yakıt Cinsine Bağlı Olarak CO <sub>2</sub> Emisyonu Miktarı (ton CO <sub>2</sub> )					
Kömür	Fuel Oil	Motorin	Benzin	LPG	Doğal Gaz
0.5319	0.4074	0.3897	0.3696	0.3319	0.2955

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Sera ısıtmada güneş enerjisinden yararlanılması durumunda; sera üreticisi, ülke ekonomisi, insan sağlığı ve çevre korunumu açısından sağlayacağı katkılar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Güneş enerjisinin duyulur ısı depolama yöntemi ile sera ısıtma amacıyla depolanması durumunda, sera tarımının toplam üretim giderleri içerisinde büyük yer tutan ısıtma giderleri azalacaktır. Yapılan ön hesaplamalar sonucunda, güneş enerjisi ile ısıtma sistemi ile sera ısıtma uygulaması için gerekli kömür miktarından % 60-70 oranında tasarruf sağlanacağı belirlenmiştir.
- Isıtma giderlerinin azalmasına bağlı olarak seralarda yetiştirilen ürünlerin üretim maliyeti de azalacaktır.
- Serada yetiştirilen ürünlerin üretim maliyetlerinin azalması, bu ürünlerin dış ve iç pazarlarda pazarlanmasını kolaylaştıracak, özellikle dış piyasalarda rekabet edebilirlik sağlayacaktır. Tüketicilerin serada yetiştirilen ürünleri daha ucuza alabilmeleri sonucunda toplumsal refaha katkı sağlanacaktır.
- Sera ısıtma için kullanılması gereken enerji miktarının azalmasına bağlı olarak, önemli oranda enerji tasarrufu sağlanacaktır. Enerji dış alımı yapan ülkemizde, enerji dış alımı için ödenecek döviz miktarı azalacağından, ulusal ekonomiye önemli katkı sağlanacaktır.
- Enerji tasarrufu sağlanmasının önemli bir sonucu olarak, sera ısıtma uygulamaları için fosil yakıt tüketimi de azalacağından, atmosferde sera etkisi yaratan başlıca gazlardan birisi olan CO<sub>2</sub> gazı salınımı da önemli oranda azalacaktır. Böylece, çevre korunumuna katkı sağlanacaktır.
- Proje kapsamında önerilen ısı depolama yönteminin tasarımı basit ve maliyeti düşüktür.

## KAYNAKLAR

- [1] Başçetinçelik, A. ve Öztürk, H.H. Seralarda Isıtma: Enerji Koruma ve Yenilenebilir Enerjiler. TEMAV Yayınları: 1, T.C. Ziraat Bankası Matbaası, ISBN 975-94860-0-8, 1996.
- [2] Hollman, J.P. Heat transfer. McGraw-Hill Metric Editions, Mechanical Engineering Series, 1992.
- [3] Karakoç, T.H. Kalorifer tesisatı hesabı. Demirdöküm Teknik Yayınları, 1997.
- [4] Özişik, M.N. Heat transfer a basic approach. McGraw-Hill, International Editions, Mechanical Engineering Series, 1989.
- [5] Öztürk, H.H. ve A. Başçetinçelik, Seralarda havalandırma. Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayınları, No: 227, ISBN: 975-8629-15-8, Ankara, 2002.
- [6] Öztürk, H.H. ve A. Başçetinçelik, Effect of thermal screen on the overall heat loss coefficient in plastic tunnel greenhouses. *Turk. J. Agric. For.* 27: 123–134, 2003a.
- [7] Öztürk, H.H. *Seracılıkta Jeotermal Enerji Kullanımı*. Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayın No: 259, S (394), Isbn: 975-8629-46-8, 2006.
- [8] Öztürk, H.H., Başçetinçelik, A. *Güneş Enerjisiyle Sera Isıtma*. Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayın No: 240, S (39), Isbn: 975-8629-28-X, 2003.
- [9] Öztürk, H.H. *Sera İklimlendirme Tekniği*. Hasad Yayıncılık, Ümraniye/Ankara, ISBN 978-975-8377-64-0, 2008.
- [10] Öztürk, H.H. *Isı Depolama Tekniği*. Teknik Yayınevi, Kızılay/Ankara, 2008.
- [11] Öztürk, H.H., 2008. *Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları*. Birsen Yayınevi, Cağaloğlu/Istanbul, Isbn 978-975-511-502-3. ISBN 978-975-523-041-2.
- [12] Popovski, C. Greenhouse energetics. Compact Course on Greenhouse Energetics, Universities at: Adana and Antalya, 1988.
- [13] Santamouris, M.I. Active solar agricultural greenhouses. The state of art. *Solar Energy*, 14: 19-32, 1993.

## ÖZGEÇMİŞ

### H. Hüseyin ÖZTÜRK

1966 yılında İzmir ili Bergama ilçesinde doğdum. Lise öğrenimimi Söke Ziraat Meslek Lisesi'nde tamamladım. 1988 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü'nden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldum. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans ve doktora öğrenimimi tamamladım. Halen aynı bölümde öğretim üyesi (Prof.Dr.) olarak görev yapmaktayım. Tarımda enerji kullanımı, sera iklimlendirme tekniği ve ısı depolama tekniği konularında çalışmaktayım. Evli ve iki kız çocuk babasıyım.