

**SERALARIN GÜNEŞ ENERJİSİ
İLE ISITILMASI**

Melek EKİNCEK

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Temmuz-2009

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Melek Ekincek'in "Seraların Güneş Enerjisi ile Isıtılması" başlıklı Fizik Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 15.07.2009 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı):	Prof. Dr. ERTUĞRUL YÖRÜKOĞULLARI
Üye	: Prof. Dr. ÖNDER ORHUN
Üye	: YARD. DOÇ. DR. SALİH KÖSE

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
SERALARIN GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ISITILMASI

Melek EKİNCEK

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI
2009, 47 sayfa

Seralar kapalı mekanlar olup ısıtma ve soğutmanın yanı sıra her türlü teknolojinin kullanılabildiği ve her mevsimde ekonomik olarak taze ürün yetiştirilmesini sağlayan yapılardır. Seralarda yetiştirilecek ürün için istenilen sıcaklık elde edildiğinde sera ortamının ısısı sabit tutulabilmelidir. Bu sebeple ısı kayıplarını en aza indirmek için sera duvarlarının yalıtımı önemlidir. Tromb duvarı kullanımı pasif enerji depolamaya gösterilebilecek en iyi örneklerdendir. Tromb duvarının yüzey sıcaklığı ile seranın sıcaklığı birbirinden farklı olduğunda ısı alışverişi başlar. Deneyde iki farklı serada tromb duvarı kullanılıp duvarlar iki ayrı malzemedен yapılmıştır. Birinci seranın tromb duvarı siyah boyalı alçıdan, ikinci seranın tromb duvarı ise FDM (Micronal®) katkılanarak yapılmıştır. Bu çalışmada Anadolu Üniversitesi'nde özellikle kış aylarında +12°C/+14°C sıcaklık aralığında kalabilen güneş serası tasarlanarak prototipi yapılmış ve deney verileri alınmıştır. Serada gerekli koşulları düzenlemek için Visual Basic dilinde ve aynı zamanda sera için gerekli ısıyı hesaplayan bir program geliştirilmiştir. Güneş serasında faz değiştiren maddelerin (FDM) gizli ısı depolama özelliğinden faydalanılarak seraların ısıtılması amaçlanmıştır. Günün aynı saatlerinde FDM katkılı tromb duvarı içeren sera diğer seradan 3.7°C daha yüksek sıcaklığa sahip olduğu görülmüştür. Bu seralarda sebze ve bazı madenler kurutulmuştur. Sonucunda seraların yazın kurutma amacıyla kullanılabileceği gözlenmiştir. Tromb duvarının seralarda ısıtma maliyetlerini oldukça düşüreceği tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: FDM, Güneş Serası, Tromb Duvarı.

ABSTRACT
Master of Science Thesis
GREENHOUSES HEATING WITH SOLAR ENERGY

Melek EKİNCEK

Anadolu University
Graduate School of Sciences
Physics Program

Supervisor: Prof. Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI
2009, 47 pages

Greenhouses are covered places which beside heating and cooling, every kind of technology can be used and it supplies economically fresh plant every season. The temperature in the greenhouse had to fixed for grown up plants, while the temperature reaches optimum level. For this reason the insulation of the greenhouses walls important to decrease the lost of heat. The best example of storing passive energy is Tromb wall. Heat transfer starts when the Tromb wall's surface temperature different from the greenhouses temperature. Two different greenhouses tromb walls have been made two varied materials in the experiment. The first solar greenhouse's Tromb wall was made with plaster which painted black, the second Tromb wall has included PCM (Micronal ®). In this study, a solar greenhouses prototype have been done as proposes which temperature rates stay about +12°C/+14°C especially in winter at Anadolu University and experiment datas have taken. A programme has developped which language's Visual Basic, to arrange the greenhouses conditions and at the same time to calculate the essential heat. In the solar greenhouses have in mind to do heating the greenhosuses with property of latent heat storage which contains PCM. The solar greenhouses which includes Tromb wall with PCM has observed 3.7°C higher temperature then the other in the same times of the day. Vegetables and some mines have been dried in this solar greenhouses. It is observed the greenhouse can be use for drying in summer. It is estimated the cost of warming can be decrease with using tromb wall in greenhouses.

Keywords: PCM, Solar Greenhouses, Tromb Wall.

TEŞEKKÜR

Tez alıőması sűresince katkıları bulunan hocam Sayın Prof. Dr. Ertuęrul YÖRÜKOęULLARI'na teőekkűr ederim.

Yűksek lisans ve tűm hayatım boyunca bana destek olan, emeklerini űdeyemeyeceęim ailem ve yanımda olan herkese teőekkűr ederim.

Melek EKİNCEK

Haziran 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. SERA ÇEŞİTLERİ	3
2.1. Yararlanma Şekillerine Göre Seralar.....	3
2.1.1. Üretim ve yetiştirme seraları.....	3
2.1.2. Tohumculuk ve tohum seraları.....	3
2.1.3. Ürün koruma ve sergileme seraları.....	3
2.1.4. Araştırma seralar.....	3
2.2. İskelet Malzemesine Göre Seralar.....	4
2.2.1. Ahşap iskeletli seralar.....	4
2.2.2. Çelik iskeletli seralar.....	4
2.2.3. Alüminyum alaşımlı seralar.....	4
2.2.4. Hava şişirmeli seralar.....	4
2.3. Örtü Malzemesine Göre Seralar.....	4
2.3.1. Cam örtülü seralar.....	4
2.3.2. Polietilen (PE) örtülü seralar.....	5
2.3.3. Diğer malzeme örtülü seralar.....	5
2.4. Çatı Şekillerine Göre Seralar.....	6
2.4.1. Tek çatılı seralar.....	6
2.4.2. İki çatılı seralar.....	6
2.4.3. M çatılı seralar.....	6
2.4.4. Yuvarlak çatılı seralar.....	6
2.5. Kuruluş Şekillerine Göre Seralar.....	7
2.5.1. Bağımsız seralar.....	7
2.5.2. Bölmeli blok seralar.....	7
2.5.3. Bölmesiz blok seralar.....	7
2.5.4. Bağlantılı blok seralar.....	7
3. DÜNYADA SERACILIK	8
3.1. Serin İklim Kuşağındaki Ülkeler.....	8

3.2. Ilıman İklim Kuşağındaki Ülkeler.....	9
3.3. İki İklimin Egemen Olduğu Ülkeler.....	10
4. TÜRKİYE’DE SERACILIK.....	11
5. SERA PLANLAMASININ TEMEL İLKELERİ.....	16
5.1. Sera planlamasında çevre etmenleri.....	16
5.1.1. İklim.....	16
5.1.2. Işık.....	17
5.1.3. Sıcaklık.....	19
5.1.4. Sulama suyu.....	20
5.1.5. Toprağın yapısı ve kalitesi.....	20
5.1.6. Nem.....	20
5.1.7. Pazara ve ulaşım merkezine yakınlık.....	21
5.1.8. İşçi temini kolaylığı.....	22
5.1.9. Enerji kaynaklarının kullanımı.....	22
5.2. Seraların yerleşimi ve planlanması.....	22
5.2.1. Seranın temeli.....	22
5.2.2. Seraların boyutları.....	23
5.2.3. Seralarda havalandırma.....	24
6. GÜNEŞ SERALARI.....	25
6.1. Serada Güneş ışınlımından ısı kazanılması.....	26
6.1.1. Sera etkisi.....	26
6.1.2. Seranın güneş ışınlımı geçirgenliği.....	26
6.2. Serada Isı Kayıpları.....	27
6.2.1. İletimle Oluşan Isı Kaybı.....	28
6.2.2. Taşınım ile Oluşan Isı Kayıpları.....	29
6.2.3. Hava Değişim Oranı.....	30
7. SERALARDA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI.....	31
7.1. Seralarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri.....	31
7.2. Seralarda Isı Depolama Ve Faz Değiştiren Maddeler.....	31
7.2.1. Faz Değiştiren Maddeler.....	36
7.2.2. FDM’nin Birleştirilmesi.....	39
7.3. FDM Tromb Duvarı.....	39
8. DENEYİN YAPILIŞI.....	41
9. SERA ISI HESABI PROGRAMI KODLARI.....	42

10. SONUÇ VE TARTIŞMA..... 44

KAYNAKLAR..... 46

ŞEKİLLER DİZİNİ

7.2. Sıcaklık zaman grafiği.....	34
8.1. Uygulama seralarının fotoğrafları.....	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

4.1. Türkiye'de seraların dağılımı.....	12
5.1. Çeşitli bitkiler için en uygun sera sıcaklıkları (°C).....	20
6.1. Sera örtü malzemelerinin ışınım geçirgenliği.....	27
6.2. Örtü malzemelerinin doğrudan ve yaygın ışınım geçirgenliği.....	27
7.2. Çeşitli ısı depolama ortamlarının karşılaştırılması.....	35
7.3. 5000kJ enerji depolama için gerekli sıcaklık artışı.....	36
7.4. FDM'lerin avantaj ve dezavantajları.....	38
7.5. FDM'lerin özellikleri.....	39
8.1. Kritik hava sıcaklıklarında aylara göre seralarda ölçülen bazı sıcaklık değerleri.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

FDM	: Faz değiştiren madde
PAR	: Fotosentetik Aktif Radyasyon
ETS	: Toprakaltı-ısı-depolama
PE	: Polietilen
IR	: Kızılötesi (infrared)
q_i	: İletim ile ısı kaybı
q_c	: Taşınım ile ısı kaybı
k	: Örtü malzemesinin toplam ısı geçirme katsayısı
A_c	: Sera örtüsü yüzey alanı
A_g	: Sera taban alanı
t_i	: İç ortam sıcaklığı
t_d	: Dış ortam sıcaklığı
q_v	: Havalandırmayla oluşan toplam ısı kaybı
q_{sh}	: Duyulur ısı kaybı
q_{lh}	: Gizli ısı kaybı
V_s	: Sera iç hacmi
R_i	: İç yüzey ısı direnci
R_λ	: Yapı malzemesinin ısı direnci
R_d	: Dış yüzey ısı direnci
HDO	: Hava değişim oranı
ρ	: Hava yoğunluğu
c_p	: Sabit basınçta özgül ısı
r	: Buharlaşma gizli ısı
T_i	: Sera iç ortam havasının sıcaklığı
T_d	: Dış ortam hava sıcaklığı
W_i	: İç ortam havasının mutlak nemi
W_d	: Dış ortam havasının mutlak nemi
R_j	: Bireysel direnç

1. GİRİŞ

Sera, ülkemizde işsizliği azaltan, daha fazla ürün alınmasını sağlayan nüfusu kırsal kesimde tutarak çarpık şehirleşmeyi önleyen önlemlerin ilki olarak görülmektedir. Yılın her mevsiminde taze sebze, meyve ve çiçek tarlada ve bahçede yetiştirilemediğinden insan sağlığı için her mevsimde taze ürün yenilmesi gerekmektedir. Sebzelerin insan sağlığı yönünden önemi, içinde bulunan vitaminler, hormonlar, bazlar, mineral ve biyokimyasal maddelerden dolayıdır.

Sebzelerin çeşitli şekillerde saklanarak yetiştirme mevsiminin dışında tüketilmesi sorununa bir ölçüde çözüm olabilirse de, dondurulan soğuk hava depolarında, konserve yapılan veya kurutulan sebzeler, tazesine göre birçok özelliğini kaybetmesine neden olmaktadır. Bunun yanında bazı sebzelerin bu şekilde saklanmasına olanak yoktur. Sebze üretimindeki bu dar boğazı aşmak ve tüketiciye her zaman taze sebze sunabilmek için bazı özel yapılarda uygun çevre koşullarının sağlanmasına gereksinim vardır.

Sebze ve çiçeklerin yetiştirme, gelişme ve büyümeleri için çevre koşullarının uygun olmadığı mevsimlerde, taze sebze ve çiçek yetiştiriciliği ancak bu bitkilerin en iyi şekilde gelişmesi için uygun koşulların yaratıldığı sera olarak tanımlanan özel tesisleri planlamak ve kurmakla sağlanabilir. Seralarda bitkilerin ekonomik olarak yetiştirilmesi ve en iyi şekilde gelişmesi için uygun ısı, nem, hava ve ışık gibi etmenler, en az yatırım ve işgücü ile sağlanabilmelidir [1].

Seralar iklim koşullarının açıkta bitki yetiştirmeye uygun olmadığı dönem ve yerlerde kültür bitkilerinin ekonomik olarak yetiştirilmesini olanaklı kılan, bitkisel üretim için gerekli olan gelişim etmenlerini sağlayabilen, içinde hareket edilebilir yapılardır [2].

Sera başka bir deyişle; iklimle ilgili çevre koşullarına, tümüyle veya kısmen bağlı kalmadan gerektiğinde sıcaklık, ışık, nem ve hava gibi etmenler denetim altında tutularak, bütün yıl boyunca çeşitli kültür bitkileriyle bunların tohum, fide ve fidanlarını üretmek, bitkileri korumak, sergilemek amacıyla cam, plastik v.b. ışık geçirebilen malzeme ile kaplanarak değişik şekillerde yapılan, yüksek sistemli bir örtüaltı yetiştiriciliği yapısıdır [1].

İnsanların her dönem taze ve kaliteli ürün bulma isteği, birim alandan yüksek verim alınması, düzenli ve sürekli işgücü ihtiyacı, gerek sera yapımı ve gerekse üretim esnasında diğer sanayi kollarının gelişmesine katkıda bulunduğu için seracılık dünyada olduğu gibi ülkemizde de en önemli tarımsal faaliyetlerden birisi haline gelmiştir.

1973 yılında Arap-İsrail savaşı sonunda OAPEC (Organization of Arab Petroleum Exporting Countries) yani Petrol İhraç Eden Arap Ülkeleri Teşkilatı batı ülkelerine karşı petrollerini bir koz olarak kullanmak amacıyla 1973 ve 1974 yıllarında petrol fiyatlarını bir yıl içersinde 4 kat artırınca ortaya çıkan enerji krizi pek çok sektör gibi seracılığı da etkilemiştir.

Bu yıllara kadar ısıtılmalı olarak yapılan dünya seracılığı; bu enerji dar boğazından sonra iki kuşağa ayrılmıştır. Ekonomisi daha güçlü olan serin-soğuk iklim kuşağındaki ülkeler klima kontrollü seracılık yaparken, ülkemizin de içinde bulunduğu ılıman-sıcak iklim kuşağındaki ülkeler de üretim ekolojik koşullara bağımlı olarak soğuk-seracılık halinde gerçekleştirilir hale gelmiştir.

Sahip oldukları ekolojik üstünlüklerden faydalanan ılıman-sıcak iklim kuşağı ülkelerinde seracılık hızlı bir şekilde gelişmiş ise de soğuk seracılıkta verim ve kalite ısıtılmalı seracılık düzeyine ulaşması mümkün olmamıştır [3].

Seralarda ısıtma veya soğutma masrafları seracılık ekonomisini etkileyen en önemli etmenlerdendir. Seracılığın maliyetleri sıcak bölgelerde soğutma ve soğuk bölgelerde de ısıtmaya yapılan masraflar yüzünden üretimin kısıtlanmasına sebep olmuştur. Üretimin aksamaması ve üreticiye ağır yük getirmemesi açısından yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artması gerekmektedir.

2. SERA ÇEŞİTLERİ

Seralar yararlanma şekli, ısıtılma durumları, büyüklükleri, çatı şekilleri, iskelet ve örtü malzemeleri gibi çeşitli yönlerden sınıflandırılabilir.

2.1. Yararlanma Şekillerine Göre Seralar

2.1.1. Üretim ve yetiştirme seraları

Üreticiler tarafından kullanılan seralar bu gruba girmektedir, bitkisel üretim amacıyla inşa edilmişlerdir.

2.1.2. Tohumculuk ve tohum seraları

Tohum kalitesinin yüksekliği için çevre koşulları denetim altına alınarak çeşitli bitkilerin tohumlarının üretilmesi amacıyla kurulan seralardır. Dışarıdan tozlanma olmaması için iyi koruma yapılmalıdır.

2.1.3. Ürün koruma ve sergileme seraları

Üretilen ürünün pazarlanmasında teşhir amaçlı kurulan seralardır. En çok çiçekçilikte kullanılır.

2.1.4. Araştırma seraları

Araştırma kurumları tarafından yürütülen araştırmaların gerektirdiği koşulların denetlenmesine olanak sağlayacak şekilde inşa edilen seralardır.

2.2. İskelet Malzemesine Göre Seralar

2.2.1. Ahşap iskeletli seralar

Konstrüksiyonunda ahşap malzeme kullanılan seralardır. Günümüzde bu tür seraların inşası yok denecek kadar azdır.

2.2.2. Çelik iskeletli seralar

Konstrüksiyonunda çelik kullanılan seralardır. Çelik malzeme galvanizli ve galvanizsiz olabilir. Galvanizli malzeme paslanmaya karşı dayanıklıdır. Eğer galvanizsiz malzeme kullanılırsa paslanmayı önlemek için boyanır.

2.2.3. Alüminyum alaşımlı seralar

Alüminyumun çeşitli katkı maddeleri ile sertleştirilerek inşa edilirler. Boya ve galvaniz gerektirmez ancak pahalı olduğu için seraların maliyeti yüksektir.

2.2.4. Hava şişirmeli seralar

İki kat yumuşak polietilenin arasına hava üfleyerek oluşturulur. Geçici ve taşınabilir sera yapımında kullanılır. Konstrüksiyonu yoktur [1].

2.3. Örtü Malzemesine Göre Seralar

2.3.1. Cam örtülü seralar

Sağlam konstrüksiyonu ve ısı izolasyonu yanında özellikle ışık geçirgenliği ile diğer tiplerden ayrılır. Kış dönemi yetiştiriciliğinde, yağışın ve kapalı günlerin çok olduğu bölgelerde cam seralar tercih edilmelidir. Cam seralar maliyet olarak polikarbonat ve plastik seraların arasında yer alır. Cam seralarda

yaygın olarak 4mm cam kullanılmaktadır. Konstrüksiyonu çelik, alüminyum veya sert PVC'dir.

i. Geniş açıklıklı cam sera:

Sera hacmi büyük olduğu için ısıtma ve havalandırmada büyük kolaylık sağlar. Kışın ısınan havanın yüksek hacimde uzun süre tutulması nedeniyle ılıman iklimli bölgelerde tercih edilmelidir. Çatıda boydan boya havalandırma kullanılarak, havalandırma oranı yükseltilebilir. Venlo tipine göre biraz daha pahalı olmasına karşın, sera içinde ışıklandırma ve iklim kontrolü daha iyidir.

ii. Venlo tipi cam sera:

Hollanda'da geliştirilen bu sera tipinde her bir açıklıkta iki çatı ve ortada bir oluk vardır. Geniş açıklıklı seraya göre yüksekliği ve iç hacmi daha azdır. Özellikle kar yükü olan bölgelerde ve ısıtma ihtiyacının uzun sürdüğü iklimlerde tercih edilebilir.

2.3.2. Polietilen (PE) örtülü seralar

Örtü malzemesi yumuşak şeffaf PE malzemedir. Plastik seraların tercih edilmesinin birinci nedeni yatırım maliyetlerinin düşük olmasıdır. Plastik seralarda örtü malzemesinin tutturulması, rüzgâr gergilerinin yerleştirilmesi, olukların uygun planlanması ve yan duvar-çatı havalandırmasına özen gösterilmelidir.

2.3.3. Diğer malzeme örtülü seralar

Polikarbonat, cam elyaf katkılı polyester, vb. seralardır. Polikarbonat örtüler hem plastik, hem de cam sera konstrüksiyonuna uygulanabilir. Polikarbonat örtülerin yaygın olan iki tipi, tek kat oluklu levha ve çok katlı levhalardır. Yay tipi seralarda oluklu tek kat levhalar, diğer sera tiplerinde ise çok katlı levhalar uygulanabilir. Polikarbonat levhaların cama göre avantajları dolu ve çarpmadan kaynaklı kırılmaya karşı direnci ve ışığı dağıtarak geçirmesi, plastiğe

göre avantajı da uzun ömürlü olmasıdır. Polikarbonat levhaların maliyeti cama göre 3-4 kat, plastik örtüye göre ise 8-10 kat daha yüksektir [4].

2.4. Çatı Şekillerine Göre Seralar

2.4.1. Tek çatılı seralar

Çatılar tek meyilli ve dolayısıyla tek yüzeylidir. Genellikle bir binanın veya bir duvarın güneye bakan tarafına dayanır. Aynı çatı tipi meyilli yerler için de söz konusu olabilir. Bunlarda çatı eğimi güneye baktığından güneş ışınlarından ve sıcaklığından iyi faydalanır. Genellikle amatör seralardır, tesisleri ucuzdur. Aynı, yani bir kenarı bir yere dayanmayan müstakil olarak da tek çatılı seralar yapılabilir. Fakat bu takdirde çift meyilli veya iki çatılı seralar tercih edilmelidir.

2.4.2. İki çatılı seralar

Daha iyi ışık alırlar. Çatının iki yüzü birbirine eşit ise "ikizkenar çatılı seralar" olurlar. Çatının biri uzun diğeri kısa ise "iki çatı kenarı eşit olmayan seralar" söz konusudur. Meyilli arazilerde de bu tip sera kuruluşlarına sıkça başvurulur.

2.4.3. M çatılı seralar

Yanyana gelen blok seralardır. İkizkenar veya iki kenarı eşit olmayan çatılı seraların yanyana gelmesinden oluşur.

2.4.4. Yuvarlak çatılı seralar

Çatısı yarım daire kesiti olan seralardır. PE örtülü seralarda genellikle tercih edilen çatı şeklidir [5].

2.5. Kuruluş Şekillerine Göre Seralar

2.5.1. Bağımsız seralar

Genellikle ailelerin bahçelerine kurdukları ve kendilerine yetecek şekilde ürün yetiştirdikleri ve tek bölmeli bağımsız seralardır.

2.5.2. Bölmeli blok seralar

Tek bölmeli seraların birleştirilmesi ile oluşan ve bölmelerin kaldırılmayıp her bölmede farklı türlerde ürün yetiştirilmesini sağlayan seralardır.

2.5.3. Bölmesiz blok seralar

Birleşen tekli seraların ara duvarlarının kaldırıldığı seralardır [1]. Blok seralar birbirlerine ekli olarak tesis edildikleri için tesis giderleri daha azdır. Aynı tür bitki yetiştirme söz konusu ise aralarında ara duvar gerekmez. Fakat her blok için ayrı bir türün yetiştirilmesi öngörülüyor ise her türe uygun farklı ekolojik koşullar yaratmak için blokların arasına perdeler koyarak birbirinden ayırmak gerekir [4].

2.5.4. Bağlantılı blok seralar

Birden fazla blok seranın birbirine ara bağlantılarıyla bağlanmasından oluşmuş seralardır [1].

3. DÜNYADA SERACILIK

Bitkileri örtü altında yetiştirme ile ilgili en eski yazılı belge Yunan filozofu Platon'un Phaedra adlı eseridir. M.Ö. 4. yy.'da örtü altı yetiştiriciliği yapıldığına dair bilgiler mevcuttur. Daha sonra İtalya'da Romalılar devrinde güneye bakan kuytu yamaçlarda açılan çukurların üzerinin şeffaf malzemeyle kapatılması ile sebze yetiştirilmiştir. Örtü altında bitki yetiştiriciliği, daha sonra Avrupa'da evlerin güneye bakan yönlerinin camla örtülmesiyle gelişmeyi sürdürmüştür[1].

16. ve 17. asırlarda yapılan, bu yapılar seracılığın ilk başlangıcı sayılabilir. 18. asırda bu yapılarda ışık miktarının az olduğu belirlenerek, yapı içine giren ışık miktarını arttırmak amacıyla pencere alanı fazlalaştırılmış ve çatıdan başka yan duvarlarında cam yapılması sağlanmıştır. Daha sonra ABD ve Avrupa'da sera yapımı, endüstri ile birlikte birinci dünya savaşından sonra hızlı bir şekilde gelişmeye başlamıştır.

Günümüzde uluslararası seracılığa bakılacak olursa, seraların dünya üzerinde geniş bir yayılma alanı olduğu görülür. Bu geniş yayılma alanı üzerinde ekolojik etmenler ve sera teknolojisinin oldukça farklı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, sera yetiştiriciliği yapılan ülkeleri farklı enlem dereceleri ve farklı sera teknolojileri göz önüne alınarak şöyle sınıflandırılması mümkündür [4].

1. Serin iklim kuşağındaki ülkeler,
2. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler,
3. İki iklimin egemen olduğu ülkeler.

3.1. Serin İklim Kuşağındaki Ülkeler

Bu kuşakta yer alan başlıca Avrupa ülkelerinden Hollanda, İngiltere, Danimarka, Almanya, Romanya, Bulgaristan ve Rusya'dır. Hollanda bu ülkeler içinde 10.000ha cam sera alanı ve üretim tekniği yönünden en başta gelen ülkedir. Bu ülkelerin seracılık yönünden ortak özellikleri şöyledir:

1. Sera yapı elemanları profil, çelik, alüminyum veya başka alaşımlardan, örtü malzemeleri ise camdır.

2. Sera yapımı ve ısıtma sistemlerinin kurulması yüksek bir yatırım gerektirmektedir.

3. İklim etmenleri, sera içi ısıtmasının uzun süre yapılmasını gerekli kılmaktadır.

4. Bu seralarda en uygun ısıtma, aydınlatma, havalandırma yapılmakta ve diğer kültürel işlemlerde eksiksiz yerine getirilmektedir.

Serin iklim kuşağındaki ülkelerin seracılık işletmeleri, ılıman iklim kuşağındaki seracılık işletmelerine göre üretim masraflarının yüksek olması, enerji giderinin fazla olması, ürün çeşidinin arttırılması zorluklarını içerir [4].

3.2. Ilıman İklim Kuşağındaki Ülkeler

Bu kuşakta yer alan ülkelerin elverişli ekolojik koşulları, seracılığın kârlı olarak yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ortalama sıcaklıkların özellikle kış aylarında yüksek olması, seralarda en büyük girdi olan ısıtma masraflarını azaltması nedeniyle, bu ülkelerde sera alanları hızla artmaktadır. Bu iklim kuşağında Akdeniz'e kıyısı bulunan ülkelerde bulunmaktadır. İspanya, Türkiye, İtalya, Yunanistan, İsrail gibi ülkeler bu kuşakta yer almakta ve bunlar içinde ülkemizin sera kurmaya uygun çok büyük bir potansiyeli vardır. Bu kuşaktaki ülkelerin seracılık yönünden ortak özellikleri şunlardır:

1. Seracılık ilkbahar ve sonbahar turfandacılığı olarak iki ürün biçiminde yapılabilmektedir.

2. Seralar düşük yatırım masraflarıyla kurulabilmektedir.

3. Seracılıkta en büyük işletme gideri olan ısıtma, en düşük düzeyde tutulabilmektedir.

4. Yatırım ve işletme giderlerinin az olmasına karşın seralardaki üretim teknolojileri düşük düzeydedir. Bu nedenlerle, seralardan elde edilen ürünlerin verim ve kalitesi daha düşüktür.

3.3. İki İklimin Egemen Olduğu Ülkeler

Bu ülkelerde ortak olan özellik cam ve plastik seraların bir arada oluşudur. Akdeniz ülkelerinde seraların bu özellikte olmasına karşılık, bu ülkelerin içinde ABD ve Japonya'da plastik seralarda da yüksek teknoloji uygulanmaktadır.

Bütün dünyada sera ısıtılmasında gerekli olan büyük masraflar nedeniyle sera işletmeciliği soğuk bölgelerden ılıman bölgelere doğru, kış aylarında mevsimin uygun olduğu ve ısıtma masrafının düşük olduğu yörelere doğru kaymaktadır. Bu nedenle, sera işletmeciliği için 30-40 enlem dereceleri arasındaki ülkeler daha elverişli duruma gelmektedir. Çünkü 30. enlem derecesinin altına inildiğinde fazla sıcaktan seralarda soğutma, 40. enlem derecesinin üzerine çıktığında ısıtma masrafları yükselmektedir [4].

4. TÜRKİYE'DE SERACILIK

Ülkemizde seracılık 1970 yılından sonra gelişme göstermiştir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2006 verilerine göre Türkiye'de 49 bin 741 hektar alanda örtüaltı yetiştiricilik yapılıyor [6]. Seracılık Türkiye için önemli tarımsal üretim kollarından biridir. Ülkemizde seracılık başlangıcı 1940'lı yıllarda, sera işletmelerinin kurulması iklim yönünden en uygun olan Antalya ve Mersin illerinde başlamıştır. Aslında serada bitki yetiştiriciliği ülkemizin her tarafında yapılırsa da, bitkiler için uygun çevre koşullarının sağlanmasında, ekonomi, taşıma ve pazarlama gibi etkenler sera işletmeciliğini kısıtlar veya geliştirir [1]. Bu arada düşünülmesi gereken diğer bir nokta da serada bitki yetiştirilmesine daha az uygun olan fakat büyük tüketim merkezlerine yakın olan yerlerde, seranın ısıtılması için harcama artarken, taşıma masraflarının da azalması sera yapımında etkili rol oynayabilir. Bu alanlar, güneş enerjisinden yararlanarak ısıtma giderlerinin azaltılması gibi teknik önlemler yanında, doğada bulunan sıcak su, kaynar su ve buhar gibi jeotermal kaynakların da aynı amaca uygun olarak kullanılması ile ülkemiz sera işletmelerinin alanlarının büyümesinde önemli katkısı olabilecektir.

Sera işletmeciliğini kısıtlayıcı en büyük etmen, sera içinde bitki gelişmesi için en uygun sıcaklığı sağlamada kullanılan yakıt ile ısıtma sistemi bakım giderleridir. Bu nedenle ülkemizde sera işletmeciliği kurulabilecek bölgeler Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz Bölgeleri ile uygun mikro iklimi olan yörelerdir.

Ülkemiz diğer Akdeniz ülkelerine göre daha büyük bir seracılık potansiyeline sahiptir. Bunun nedeni, İspanya ve Fransa kıyıları altyapısı çok iyi olan bir turizm alanı olması ve bu tesislerden sera kurulacak alanın kısıtlı kalmasıdır. İtalya ve Yunanistan'da ise kıyıları oldukça engebeli ve dağlık olması nedeniyle, sera işletmeciliği için alanın çok az olmasıdır. Afrika kıyılarındaki Fas, Cezayir, Tunus, Libya gibi ülkelerde ise, uzun süreli yetiştiricilik için kışın ısıtma yanında sıcak mevsimlerde, soğutma da gerekmektedir [7].

Ülkemiz seracılığı Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı şeridinde dağılıma ve gelişme göstermektedir. Bu dağılım içerisinde yer yer yoğun üretim alanları doğmuştur.

Türkiye'de seracılık kış aylarının en sıcak geçtiği Akdeniz yöresinde toplanmıştır (Çizelge 4.1). Akdeniz Havzasında Türkiye, toplam sera alanı bakımından İspanya ve İtalya'dan sonra üçüncü sırada bulunmakta, sebze yetiştirilen sera alanı bakımından ise İspanya'dan sonra ikinci sırada gelmektedir [7]. Ülkemizde seracılığın bölgelerimize göre belirgin özelliklerini şöyle özetleyebiliriz;

Çizelge 4.1. Türkiye'de seraların dağılımı [7]

İller	Alan(da)	%	Cam(da)	PE(da)
Antalya	51.194	60.0	13.176	38.018
Mersin	19.939	23.4	1.068	18.871
İzmir	2.120	2.5	293	1.827
İstanbul	782	0.9	117	665
Muğla	9.642	11.3	1.050	8.592
Diğerleri	1.654	1.9	126	1.528
Toplam	85.331	100.00	15.830	69.501

Seracılığın yoğun olarak yapıldığı en kuzeydeki yöre Yalova'dır. Mikro klima özelliği gösteren ekolojik yapısı ve İstanbul gibi büyük bir tüketim merkezine yakın olması önemini korumaktadır. Son yıllarda bu yöredeki sera işletmelerinin özelliği kesme ve saksı çiçeği yetiştiricilik tekniğinin uygulanmasıdır.

İzmir'de seraların büyük bölümü Balçova, Narlıdere ovasında bulunmaktadır. Yörenin mikro klima özelliğindeki ekolojik uygunluğu, zengin jeotermal kaynakların toprağın kolay ısınmasına etkisi, İzmir gibi büyük bir pazara yakınlığı bölgede seracılığın gelişmesindeki önemli etmenlerdir. Seralarda en çok hıyar yetiştirilmekte ve daha sonra ilkbaharda semizotu, sonbaharda marul gelmektedir. Son zamanlarda süs bitkileri yetiştiriciliği de artmaya başlamıştır.

Seraların bulunduğu alanların yoğun yerleşim merkezleri olması nedeniyle, İzmir dolayında seracılık alanı yönünden doyum noktasında bulunmakta ve bu alanların fazla artması şimdilik beklenmemektedir.

Sera alanlarının son zamanlarda hızla arttığı il olan Muğla'da seralar, Fethiye ilçesinde yayılmaktadır. Seracılık bu ilçede yeni olduğundan, seralarda tek ürün olarak domates yetiştirilmektedir. Ekolojik koşulların uygun olması ve sera kurulacak alanların bulunması, seracılık yönünden bu ilimizin büyük bir potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

Antalya yöresinde ise sera tarımı Kaş, Gazipaşa ilçeleri arasındaki kıyı şeridinde yoğun olarak yapılmaktadır. Yöre sera alanlarının fazlalığı ve sera üretim tekniği yönünden ülkemizde en iyi durumdadır. Bölgede sera sebze üretiminde ana ürünler domates, biber, hıyar ve patlıcan'dır. Son yıllarda süs bitkilerinin yetiştirilmesine de başlanmıştır. Bölgede sonbahar ve ilkbahar yetiştiriciliği yapılan bazı mikro klima yörelerinde ısıtma masrafı tümüyle ortadan kalkmaktadır.

Mersin ilindeki seralar Mersin'den başlayıp batıya doğru kıyı şeridindedir. Mersin ili seralarındaki sebze üretiminde domates, biber ve hıyar yer almaktadır. Bölgenin ekolojik koşullarının uygun olmasına karşılık, üretim tekniğinin iyi olmaması nedeniyle, niteliği düşük ürünler elde edilmektedir [4].

Türkiye seracılığında son beş yıldaki gelişmeler incelendiğinde, Türkiye'de seracılığın yıllık ortalama artış hızı % 15 dolayındadır. Bu artış hızı bir çok ülkeden daha fazladır. Ülkemiz seralarında dört mevsim üretim yapabilmek için yazın serinletme sistemlerine, kışın ise ısıtma sistemlerine gereksinim vardır. Jeotermal kaynaklar yönünden zengin olan alanlarda bu kaynaklardan yararlanarak hem ısıtma, hem de soğutma yapmak mümkündür.

Üreticiler genellikle ısıtma girdilerinin yüksek olmasından dolayı sadece çok soğuk ve donlu günlerde birkaç kez katı ve sıvı fosil yakıtlar kullanarak ısıtma yapmaktadırlar. Oysa bu, standart iklimsel koşullar sağlanamadığı için ürün kaybına ve kalite düşmesine sebep olmaktadır.

Türkiye seracılığı bugün Samandağı'ndan Yalova'ya kadar Akdeniz ve Ege kıyı şeridinde yayılırken, jeotermal enerji alanlarımızda da büyük bir potansiyel bizi beklemektedir [8].

Toplam sera alanının %96'sında sebze, %3'ünde süs bitkileri ve %1'inde meyve üretimi gerçekleştirilmektedir. Serada üretilen sebze türleri arasında ilk sırada domates yer almakta, daha sonra sırası ile hıyar, biber ve patlıcan gelmektedir. 2005 yılında Türkiye'de yaklaşık 75ha alanda topraksız tarım yapıldığı bildirilmektedir. Sera işletmeleri geleneksel ve modern işletmeler olarak ikiye ayrılabilir.

Modern işletmelerin toplam sera alanında ancak %1 paya sahip olduğu tahmin edilmektedir. Geleneksel sera işletmelerinde iklim kontrolü bulunmamakta, üretim genellikle sadece don zararından korunmaya yönelik önlemlerin (çatı yağmurlama, bireysel ısıtıcı, vb.) alındığı basit yapılar altında sürdürülmektedir. Modern seralar ise iklim kontrollüdür ve ihracata yönelik üretimin hedeflendiği bu işletmelerin bazıları jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Antalya'da bulunan modern işletmelerde ise merkezi ısıtma sistemi mevcut olup, ısı kaynağı olarak LPG, motorin veya kömür kullanılmaktadır.

Türkiye'de seracılık, diğer Akdeniz ülkelerindeki seracılığa benzerlik göstermektedir. Plastik örtü kullanımı yaygındır, ancak diğer Akdeniz ülkeleri ile karşılaştırıldığında, ülkemizde cam sera alanı daha fazladır. Su varlığı ve kalitesi ile diğer Akdeniz ülkelerinden daha şanslı konumdadır [9].

Ülkemiz seralarının işletme yapısı aile işletmeleri şeklinde ve ortalama büyüklükleri 400-1500m² arasında değişen küçük işletmeler şeklindedir.

Ülkemizde ve diğer ülkelerde bazı durumlarda sera işletmeciliği veya sera yetiştiriciliği ile "Örtüaltı yetiştiriciliği" aynı anlamda kullanılmaktadır. Örtüaltı yetiştiriciliği oldukça geniş kapsamlı ve çevre koşullarının olumsuz etkisini kısmen veya tamamen ortadan kaldırarak bitkisel üretim yapmaya yarayan alçak veya yüksek sistemler olarak tanımlanabilir. Örtüaltı yetiştiriciliğini dört ayrı sınıfta inceleyebilir.

i. Yüzeysel Örtüler: Örtüaltı yetiştiriciliğinde malçlama, yüzeysel örtüler, yastıklar şeklinde yapılan ve kısa veya uzun süre bitkilerin üzerini kapatan, ayrıca tüm tarımsal işlemlerin dışarıdan yapıldığı sistemlerdir.

ii. Alçak tüneller: Yerden yüksekliği 1m²'ye kadar olan bu örtüler, havalar ısınınca ve bitkiler belirli bir yüksekliğe ulaşınca kaldırılır. Tarımsal işlemlerin hepsi örtü dışından yapılır.

iii. Yüksek tüneller: Örtüaltı yetiştiriciliğinde insanın içerisine rahatça girebileceği, tarımsal mekanizasyona olanak sağlayan, ancak ısıtma, havalandırma sistemleri genellikle olmayan, dar ve yarım daire kesitli yapılardır. Bu örtü tiplerinin hepsi plastik örtülerdir [1].

5. SERA PLANLAMASININ TEMEL İLKELERİ

Seralar tarım işletmesinin tüm konumu içerisinde diğer yapılarla uyum göstermelidir. Seraların iç ortamı yıl boyunca bitki yetişmesine uygun optimum çevre koşullarını sağlamalıdır. Seralar için ayrılan alan büyüklüğü, işletmenin ileride uygulamayı düşündüğü seracılığa yeterli olmalıdır. Sera işletmesini oluşturan üniteler işçilikte verimliliği sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir. Sera ekonomik ve sağlam bir yapıya sahip olmalıdır.

5.1. Sera Planlamasında Çevre Etmenleri

Bir bölgede inşa edilecek seranın pek çok durumla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu durumlar şöyle sıralanabilir [5]:

5.1.1. İklim

İklim öğeleri, çeşitli oranlarda birleşerek bir yerin iklimini oluşturan atmosfer özellikleridir. Güneşlenme, sıcaklık, basınç, rüzgar, yağış vb. iklim öğeleridir. Bu iklim öğeleri birtakım etmenlerin etkisiyle belirir ve biçimlenir. Bu iklim etmenleri enlem etkisi, kara ve denizlerin etkisi, yükseklik, rüzgâr yönü, yer şekilleri, bitki örtüsü, deniz akıntıları vb. olaylardır.

İklim öğe ve etmenleri bir dereceye kadar birbirinden ayırt olunabilir. Fakat bu ayırma her zaman kolay değildir. Örneğin rüzgar yönü kuşkusuz bir iklim öğesidir. Ancak denizden karaya esen rüzgar, nem ve serinlik getiren bir etmen olarak da etki yapar. İklim öğelerinin bir bölümü ölçülebilir (örneğin; enlem), diğer bir bölümü ise ölçülemez (örneğin; deniz etkisi). İklim etmenlerinin etkilerinin de ölçülebildiği ve ölçülemediği durumlar vardır. Sonunda bu öğe ve etmenlerin çeşitli oranlarda karışmasıyla iklim tipleri, onlara bağlı olarak iklim bölgeleri ve iklim kuşakları doğar.

İklim, coğrafi çevrenin şekillenmesini ve insan yaşamını çok yakından kontrol eden bir etmendir. İklimin etkisi uzun yıllar boyunca kendini gösterdiği gibi cansız çevrede ve özellikle bütün canlıların yaşamındaki yıllık değişimleri de

iklim düzenler. İklimin etkilerini yansıtan pek çok örnek verilebilir. Bu etkilerin bazıları kısaca şöyle belirtilebilir:

İklim, özellikle sıcaklık ve nem, kayaların fiziksel parçalanması ve kimyasal dağılmasının belli başlı etmenlerindedir. Yeryüzünde işleyen dış kuvvetlerin dağılışı, etki şekilleri ve etki süreleri iklimin kontrolü altındadır. Akarsu topografyası, kurak bölge şekilleri, buzul yöreleri, hatta kıyı şekilleri iklime uygun bir dağılışı gösterir.

İklim insanın yalnız yaşayışı değil, ekonomik etkinlikleri üzerinde de büyük etkiye sahiptir. Tarım ve endüstri alanlarının dağılışı, onlara bağlı olarak ticaret şekilleri iklimin kontrolü altındadır.

Seracılıkta da seçilen yerin iklimsel açıdan uygun bölgede kurulması önem arz etmektedir. Seralar yapı malzemelerinden dolayı bazı riskler taşımaktadır. Cam seralarda dolu, plastik seralarda fırtına ve hortum hasarı bu risklerden sayılabilir. Seralarda don olayının yaşanmasına karşılık güneye bakan meyilli araziler tercih edilmesi bu etkiyi azaltacak önlemlerdendir. Sel ve taşkın ihtimallerine karşılık da seçilen arazinin dere ve kanallardan uzak ve yüksekte olmasına dikkat edilmelidir.

5.1.2. Işık

Seraların ışık kaynağı Güneş'tir ve Güneş'ten gelen ışınların dalga boyları ve ışık renkleri farklı farklıdır [10].

$$E = mc^2 \quad (5.1)$$

Burada m kütleyi, c ise ışık hızını belirtmektedir. Denklem madde ve enerjinin karşılıklı olarak değişebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Maddeyi oluşturan atomlar büyük bir enerji deposudur. Maddeyi oluşturan atom çekirdeği parçalandığında maddenin bir kısmı enerjiye dönüşür. Bu dönüşümün gücü Güneş ve yıldızlarda dünyadan daha fazladır. Yeryüzündeki canlı organizmalar tarafından kullanılan alınabilir enerjinin çoğu, Güneş ve diğer yıldızlardan gelen ışımsal enerji ile sağlanmaktadır. Işık, bitkilerin fotosentezde kullandığı en gerekli temel etmendir. Bitkilerin gelişmesinde ışık rengi, yoğunluğu, günlük ışıklandırma

periyodu ve gelişme süresince toplam ışıklanma süresi önemlidir. Örneğin, Güneşte maddeyi enerjiye dönüştüren mekanizma sonucu Güneş'in yüzey sıcaklığı 6000°C, iç sıcaklığı 20000°C'ye ulaşmaktadır.

Uzaya Güneşten yayılan enerjinin yarısı dünya atmosferinin yüzeyine kadar ulaşmaktadır. Işık, Güneş ışınımının görünen parçasıdır ve enerjinin yarısını oluşturur.

Direk ışık bitkilerin sıra aralarında daha fazla gölge oluşturur. Bu nedenle buzlu cam veya diğer örtü malzemelerinde bulunan direk ışığı difüz ışığa dönüştürme seralarda %30 verim sağlar. Difüz (yayılı) ışık hava içindeki gaz molekülleri ve su damlaları tarafından absorbe edildikten sonra yayılan ışığa denir. Güneşten gelen bu elektromanyetik ışınım üç grupta toplanabilir.

i. **Kısa dalga boylu(mor ötesi-UV)ışınlar:** Dalga boyları 290nm-360nm arasındadır. Dünyaya gelişi sırasında büyük bir kısmı ozon tabakası tarafından tutulur. Dünya üzerine ulaşan az bir miktarı bitkilerde renk oluşumu ve büyümeyi engeller. Cüceliğe neden olur. Yüksek dağlarda bitki bulunmaması veya bitkilerin kısa boylu olması burada ozon tabakasının ince olması nedeniyle daha fazla UV ışın bulunmasıdır.

ii. **Orta dalga boylu ışınlar:** Dalga boyları 360nm-760nm arasındadır.

-mor ışıklar:	360nm-424nm
-mavi ışıklar:	424nm-492nm
-yeşil ışıklar:	492nm-535nm
-sarı ışıklar:	535nm-586nm
-turuncu ışıklar:	586nm-647nm
-kırmızı ışıklar:	647nm-769nm

Bu ışınların bitki gelişimi üzerine etkisi dalga boyuna göre farklılık gösterir. Bitkilerin özümlemeleri 430nm ile 660nm arasında daha fazla olmaktadır. Mavi ışık bitkilerin boylanmalarını artırmaktadır. Kırmızı ışığın yokluğu tohumların çimlenmesini ve gelişmesini engellemekte, çiçeklenmeyi geciktirmektedir. Yeşil ışık büyümeyi olumsuz etkilemektedir.

iii. **Uzun dalga boylu (kızılötesi infraruj) ışınlar:** Dalga boyları 760nm'den büyük ışıklardır. Fotosentezden çok ısınma etkisi yapar. Güneşten dünyaya gelen ışınlar ışık spektrumunda mavi yeşil bölgede yoğunlaşmakta olup 475nm pik

noktayı oluşturmaktadır. Oysa kırmızı ışığın 675nm'deki değerinde fotosentez maksimum olmaktadır. Fotosentez bitkide organik madde üretimi için sınırlayıcı etken değilken ışık sınırlayıcı etken olabilmektedir. Dünya üzerine ulaşan Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR)'ın iki boyutu vardır [1]. Işığın şiddeti, süresi ve niteliği seralar için önemli etki oluşturmaktadır. Işığın niteliği (dalga boyu) zararlılarla mücadelede son zamanlarda önemli araştırmalar içermektedir [10].

Sera içindeki bitkilerin dengeli büyüme ve gelişmeleri için seraların ve sera içindeki bitki sıralarının yönlendirilmesi gerekir. Bitki sıralarının kuzey-güney doğrultusunda düzenlenmesi ile dengeli bir şekilde ışıktan yararlanması için seranın doğu-batı yönünde yerleştirilmesi gerekir. Serayı oluşturan kiriş ve kolon gibi yapı elemanları mümkün olduğu kadar ince yapılmalı ve daha iyi bitki gelişimi için ışığın yetmediği yerlerde yapay ışıklandırma yoluna gidilmelidir [1].

Kış aylarında normal bir sera yetiştiriciliği için 2000 h/yıllık bir ışıklandırma periyodu gereklidir. Ülkemizde ışıklandırma süreleri güneyden kuzeye doğru yaklaşık 3000-1900 h/yıl arasında değişmektedir [11].

5.1.3. Sıcaklık

Bitkiler normal gelişmelerini tamamlayabilmeleri için en uygun sıcaklık derecesinde belirli bir süre geçirmeleri gerekir. En uygun veya optimum sıcaklığın tanımını yapmak zordur. Çünkü bitkiler için en uygun sıcaklık, havanın nem oranı ve ışıklandırma gibi etmenlerle yakından ilgilidir. Işıkların olmaması nedeniyle, sera içinin gece gündüzdü 5-8°C kadar daha düşük sıcaklıkta olması gerekir. Aslında her bitki türü için en uygun sıcaklık derecesinin sınırları farklıdır. Fakat sera içinin soğuk günlerde 15°C'den düşük, güneşli ve sıcak günlerde 30°C'den yüksek olmaması istenir. Çeşitli bitki türlerinin sera koşullarında istedikleri en uygun çevre sıcaklığı Çizelge 5.1'te görülmektedir.

Seralarda sıcaklığın, bitki türleri için farklı gelişme dönemlerinde istenilen en yüksek sıcaklığın üstüne ve en düşük sıcaklığın da altına düşmemesi gerekir. Sera toprak sıcaklığının da belirli bir sınırın altına düşmesi bitki gelişmesini durdurur. Sera içi sıcaklığının en yüksek sıcaklığı aşmasıyla, bitkilerde özümleme durmaktadır. Ülkemizde sera işletmeciliği genellikle ılımlı Akdeniz ve Ege

bölgelerinde olması ve ısıtmanın yapılmaması nedeniyle, sera toprakları havasından ve güneş radyasyonundan aldığı ısı ile ısınır [10].

Çizelge 5.1. Çeşitli bitkiler için en uygun sera sıcaklıkları (°C) [12]

Bitki	Gündüz sıcaklığı(°C)	Gece sıcaklığı(°C)	Havalandırma sıcaklığı(°C)	En yüksek sıcaklık(°C)
Domates	18-20	15-17	22-24	27
Biber	18-20	15-17	22-24	27
Patlıcan	18-20	15-17	22-24	27
Hıyar	22-25	16-20	27	30

5.1.4. Sulama suyu

Seralar sulama suyunun kalitesi, yetiştirilecek ürünün türünü de belirlediği gibi, suya kolay ulaşılabilirlik de ayrı bir önem taşımaktadır. Sulama suyu için derin kuyular kullanılabilir [5].

Örneğin, domates bitkisi salatalığa göre tuzluluğa daha dayanıklı olduğu için kalitesi düşük sularda yetiştirilebilir [12].

5.1.5. Toprağın yapısı ve kalitesi

Seralarda yüksek verim elde edebilmek için, geçirgen, verimli, derin, su tutma kapasitesi yüksek topraklar (tınlı, kumlu yapıdaki topraklar) seçilir. Analiz yapılarak toprağın tekstürü (hafif yada ağır bünyeli), elektriksel iletkenliği (tuzluluk durumu), alkaliliği, bor konsantrasyonu ve derinliği tespit edilmelidir. Ayrıca bitki besin maddesi analizleri yapılarak toprağın verimliliğinin belirlenmesinde de yarar vardır [5].

5.1.6. Nem

Sera toprağının, bitkilerin gereksinimlerine göre sulanması gerekir. Sulama nedeniyle nemli olan toprağın nem basıncı, sera havasının nem

basıncından daha yüksek olduğundan, toprak suyu buharlaşarak sera havasına yayılır. Böylece sera havasının nem oranının yükselmesi bir noktaya kadar bitki gelişmesinde olumlu etkide bulunur.

Bitkilerin topraktan aldığı suyun bir kısmı özümlemede (fotosentezde) ve bir kısmı da terlemede (transpirasyonda) kullanılır. Terlemede kullanılan su buharlaşarak sera havasına karışarak, sera içinde nemin yükselmesine neden olur. Bitki özümlemesi için sera içindeki CO₂'in kullanılarak sera havasında CO₂ derişiminin azalması ve sera içindeki ısı birikimini engellemek için havalandırma yapılır. Havalandırma ile sera içindeki havanın nem oranı düşer. Bu nem çeşitli önlemlerle tekrar normal düzeyine yükseltilmelidir.

Seradaki havanın nem oranının en uygun sınırları, yetiştirilen bitki türüne, seranın sıcaklığına, ışıklandırma yoğunluğuna ve özümleme hızına bağlı olarak değişir. Oransal nemin çok düşük olması bitki büyümesi ve gelişmesini geriletmesi yanında, çok yüksek nem oranı da sera örtüsünün iç yüzeyinde yoğunlaşma ve bu nemin bitkiler üzerine damlamasıyla bitkilerin hastalanmasına da neden olur. Ayrıca yüksek hava nemi, bitkiler için zararlı mikroorganizmaların gelişmesi için uygun ortam oluşturur ve mantar hastalıklarının oluşmasına neden olur.

Oransal nemin bir sayısal değerle gösterilmesi zordur. Çünkü bitkilerin oransal nem gereksinimi bitki türüne göre değişmesi yanında, diğer çevre koşulları ve bitkinin farklı gelişme çağlarında da aynı değildir [5].

5.1.7. Pazar ve ulaşım merkezine yakınlık

Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin modern işletmelere ve ürünlerin sevk edildiği pazara yakın olması maliyetlerin azaltılması açısından önemlidir.

Serada yetiştirilecek ürünün kesme çiçek gibi çabuk bozulan ve ticari değeri yüksek ürün olması halinde yerin uluslararası uçuşlara bağlantı veren işlek bir havaalanına yakınlığı da önem kazanmaktadır [13].

5.1.8. İşçi temini kolaylığı

Yoğun işgücü gerektiren bir üretim şekli olan sera tarımında, küçük işletmelerde gerekli işler için işgücü aile fertleri tarafından karşılanmaktadır. Büyük işletmelerde ise ek işgücü ihtiyacı mümkün olduğu ölçüde yakın yöreden temin edilmelidir [13].

5.1.9. Enerji kaynaklarının kullanımı

Ucuz enerji kullanım olanağı sera yerinin seçimine etki eden önemli bir faktördür. Seralarda ısıtma için elektrik, doğalgaz, jeotermal enerji, güneş enerjisi, kömür, kalorifer yakıtı, odun, talaş gibi yakıtlar kullanılır [13].

5.2. Seraların Yerleşimi ve Planlanması

Sera uzun ekseninin yerleştirilme yönü, güneş enerjisinden faydalanma oranına etkilidir. Bu nedenle planlama yapılırken tekil seraların uzun eksenlerinin doğu-batı doğrultusunda, çok çatılı blok seraların kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmesine, seraya gölgeleme yapacak yüksek yapıların kuzeyde yer almasına dikkat edilmelidir. Diğer yönlerde yerleştirilecek her yapı en az kendi yüksekliği kadar seradan uzaklaştırılmalıdır. Komşu tekil seralar arasında taban alanının %30'u kadar boşluk bırakılmalıdır [14].

5.2.1. Seranın temeli

Temel kolonlarla kendi üzerine gelen seranın tüm yükünü taşıyabilmelidir. Cam seralarda temel duvarı yapmak için, 70cm genişlikte ve 80-100cm derinlikte sera çevresi boyunca temel çukuru kazılır. Eğer zeminin emniyeti yeterli değilse alt kısmına 20cm yükseklikte betonarme sömel yapılıır. Bu sömel yerine tesviye betonu da yeterli olabilir. Sömelin üzerine temel çukuru iki taraftan 10cm örme payı olarak boş bırakılır ve 50cm kalınlığında taş duvar çimento takviyeli kireç harcıyla zemini en az 10cm geçecek şekilde örülür.

Plastik seralarda her dikmenin altına 20x30x40cm boyutlarında veya 20-30cm çapında 30-40cm derinliğinde silindirik beton dökmek yeterli olur. Ayaklar üzerine dikmelerin (kolonların) bağlanacağı şekilde vidalanacak veya kaynaklanacak gibi lama demirleri yerleştirilmelidir.

Plastik örtülü ahşap seraların temel duvarları fazla yük taşımadıkları için, tuğla, beton briket, beton veya taş ile yapılabilir. Temel duvarların genişliği, beton sömeller ve briket duvar için en az 35cm, tuğla duvar için 23-35cm, taş duvar içinse 50cm olmalıdır.

Taban suyu yüksek olduğu yerlerde toprak seviyesinin biraz üstüne çıkılmalıdır. Sera içinde masalar ve tezgahlar bulunuyorsa toprak üstü duvarlarının yüksekliği 10-15cm daha yüksek olabilir. Seraların çevresinde yağışlarla oluşabilecek arazi yüzey ve durgun yüksek taban suyunun drenajını sağlamak amacıyla, sera temel duvarları çevresinde bir drenaj sisteminin yapılması gerekir [14].

5.2.2. Seraların boyutları

Sera genişliği sera tipine bağlı olarak tekil seralarda 3 ve 3'ün katları (3-6-9-12-15m), şeklinde planlanır. Blok seralarda ise ortada geniş bir yol bırakılmak koşuluyla sera eni 100-200m'ye kadar artırılabilir. Sera boyu doğal havalandırmalı tekil bir serada, havalandırmanın etkin çalışabilmesi için 50m'yi aşmamalıdır. Modern blok seralarda havalandırmanın yeterli olması koşuluyla sera boyu 100-110m'ye kadar çıkarılabilir.

Sera yan yüksekliği bölgenin iklim özelliklerine göre 2-4m arasında değişir. Sera temelleri sürekli ve teksel temel olarak planlanabilir. Tekil plastik seralarda teksel temel, geniş açıklıklı cam seralarda ise sürekli temel gerekir. Temel derinliği bölgenin don derinliğine göre belirlenir. Subasman duvarı genelde zeminden 30cm yüksekte yapılır [4].

Çatı eğim açısı, bölgenin enlem derecesine göre belirlenir. Seraya giriş çıkışı sağlamak amacıyla tekil seralarda kısa kenarlara, blok seralarda ise yan cepheye kapılar yerleştirilir [14]. Kapılar, iki yana sürgülü ya da menteşeli olabilir.

Tek kanatlı kapıların boyutları en az (1.2-2.2m), çift kanatlı kapıların boyutları ise en az (2.2-2.4m) arasında değişir. Sera çatı elemanları, camların ve diğer örtü malzemelerinin yerleştirildiği mertekler, merteklerin yükünü taşıyan ve bunu çatı makaslarına ileten ve çatı makaslarını birbirine bağlayan aşıklar, tüm çatının yükünü kolonlara aktaran çatı makaslarından oluşur.

Mertek aralığı cam seralarda 50-60cm, plastik seralarda ise, 100-200cm olabilir. Çatı makası aralıkları, 2-4m arasında değişir. En uygun planlama aralığı 3m'dir [4].

5.2.3. Seralarda havalandırma

Sera da sıcaklık ve nem dengesi bitkiler için büyük önem taşır. Ayrıca CO₂ miktarı kimyasal açıdan havanın tazeliğini gösterir. Sıcaklık arttığında ani soğutma yapılması bağıl nemi çok kısa sürede arttırır [1]. Yükselen bağıl nem, sıcaklık ve bitkinin kimyasal açıdan taze hava alamaması bitkilerde fizyolojik dengenin bozulmasına neden olur. Sonuçta bitkide hastalıklar gözlenir ve verim düşer [15]. Serada havalandırma birçok açıdan fayda sağlar.

Bitki solunum yaparak ortamdan aldığı CO₂'i bir takım kimyasal reaksiyonlar sonucunda O₂'ye çevirmektedir. Bu sebeple serada CO₂ oranı azalmış, O₂ oranı artmış olur. Terleme ile de havanın bağıl nemi artmış sonuçta da hava bazı kimyasal gazlar yönünden zenginleşmiş olur. Havalandırma sayesinde bitkiye gerekli olan kimyasal açıdan taze hava sağlanmış olur.

Seranın güneş ışınları tarafından aşırı derecede ısıtılması sonucunda sera içindeki hava yükselir havalandırma sayesinde kısmi soğutma sağlanır.

Sera içindeki bitkilerde çiçeklerin tozlanabilmesi ve bitki çevresindeki kısa sürede kimyasal bileşimi bozulmuş havanın yer değiştirebilmesi için, sera içi havasının belli bir hızda hareket etmesi sağlanmalıdır. Havalandırma ile sera içindeki hava sirkülasyonu sağlanmış olur [1].

6. GÜNEŞ SERALARI

Güneş seraları oluşturulurken değinilmesi gereken en önemli nokta, güneş enerjisi ile işletilen seranın doğru yönde konumlanmış olmasıdır. Kışın seranın güneş ışınlarından yararlanması için seranın uzun ekseninin Doğu-Batı doğrultusuna yönelmiş olması gerekir. Güneş ışınlarından en uygun şekilde (direk/dolaylı) faydalanabilmek için seranın güneşten en çok faydalandığı yönün saydam bir örtü ile kaplanması gerekir. Bu seralar; bireysel seralar ve bir yere dayanarak oluşturulan bitişik seralardır [14].

Bireysel seralar en uzun eksenini doğu-batı yönelimlidir. Güney duvarı güneş enerjisini maksimum toplayan örtü ile kaplanmış, kuzey duvarı ise ısı kaybını en iyi önleyecek şekilde yalıtılmıştır. Doğu-batı yönelimli seralarda zayıf olan ışığın dağılımını önlemek için kuzey duvarı ya kaplanır ya da yansıtıcı maddelerle boyanır. Bireysel seralarda;

1. 60°-90° kuzey enlemlerinde, soğuk kış şartlarında yıl boyunca üretim yapabilmek için kuzeyde çatı olmayıp ısı depolama için kuzey duvarı dik olmalı ki, yıl boyunca bitkilerin maksimum güneş ışınımını alması sağlanmalıdır. Güney çatı eğimi ise 40°-60° olup üzerinde karın durmaması sağlanır ve duvar bitimi daha fazla ışık alabilmesi için önemle kaplanmalıdır.

2. Orta enlemlerde (30°-60°), soğuk kış şartlarında yıl boyu üretim için; Kuzey çatı eğimi 45°-60° arası ve ısı depolama için kuzey duvarı dik olmalıdır. Çatı iskeleti dik olmalı ve duvar bitimlerinin bir kısmına ek ışıklandırma yapılmalıdır.

3. 0°-30° enlemlerinde, daha yumuşak kış şartlarında yıl boyunca üretim için daha az ısı depolama gerektirir. 45°-70° eğimli kuzey çatısı ve eğer az yer varsa ısı depolama için kuzey duvarı kısa olabilir. Eğer ısı depolama gerekmiyorsa kuzey çatısı toprağa kadar indirilebilir. Bireysel seralar, bitişik seralardan farklı olarak kuzey tarafı izole edilmez. Bu yapılarda ısı girişı için güneşin absorpsiyonu ve dağılımı uygulamalarının geliştirilmesini gerektirir. Bu solar ısının toprak altında, tabanda toplanmasını gerektirir. Bu sürece ETS (Toprakaltı-ısı-depolama) olarak adlandırılır. Diğer depolama maddelerine

(örneğin taş ve su gibi) ek olarak ısı kayıplarını en aza indirmek için sera duvarlarının yalıtımı önemlidir.

Seranın güney yüzünden en güçlü güneş ışınımı almasından dolayı güneye bakmalı fakat etrafında güneşi engelleyecek durumlar söz konusuysa 15°-20° güneye doğru yönelim %90 ısı yakalanmasını sağlar. İlkbaharda güney doğuya doğru yönelim en iyi güneş kazancı sağlar [14].

6.1. Serada Güneş Işınımından Isı Kazanılması

6.1.2. Sera etkisi

Sera ortamına ulaşan kısa dalga boylu ışınımın büyük bir bölümü sera içerisinde yüzeyler tarafından soğurular, bir kısmı da sera ortamına geri yansır. Kısa dalga boylu ışınımı soğurarak ısınan yüzeylerden taşınım ile ortam havasına ısı geçişi olur ve ortamın sıcaklığı yükselir. Cam ve plastik malzemeler kısa dalga boylu ışınımı geçirir fakat uzun dalga boylu ışınımını geçirmediğinden dolayı ortamda büyük bir ısı kazancı oluşur. Buna sera etkisi denir. Sera tamamen dolu ise ışınımın yaklaşık %20'si bitkiler tarafından yansıtılır ve geri kalan kısmı soğurular [15].

6.1.3. Seranın güneş ışınımı geçirgenliği

Örtü malzemeleri güneş ışınımının ancak bir kısmını geçirebilmektedir. Işınım geçirgenliği sera içindeki yatay yüzeye ulaşan ışınımın, sera dışındaki yatay bir yüzeye düşen ışınım oranıdır. Geçirgenlik örtü malzemesine bağlı olduğu kadar ışınların geliş açısına, seranın konumuna, kirlilik derecesine, mevsimler ve günün zamanı gibi faktörlere de bağlıdır [15].

Çizelge 6.1. Sera örtü malzemelerinin ışınım geçirgenliği [15]

Örtü malzemesi	Kalınlık (mm)	Kullanım süresi (yıl)	PAR Geçirgenliği (%)
Cam	-	30	88
Çift Cam	3.175	30	71
Akrilik	8.16	20+	83
Pc	6.8	15	79
FRP	-	10 – 15	88
PE(UV katkılı)	0.1 – 0.2	2-3	87
PE(IR katkılı)	0.1 – 0.2	3	82
PVF	0.05 – 0.01	10+	92

Çizelge 6.2. Örtü malzemelerinin doğrudan ve yaygın ışınım geçirgenliği [15]

Örtü Malzemesi	Kalınlık (mm)	IR Geçirgenliği (%)	Işık Geçirgenliği (%)
PE	0.200	55	92-93
PE (UV katkılı)	0.200	56	89-92
PE (IR katkılı)	0.200	33	86-92
EVA	0.180	22	91
PVC (açık)	0.200	17	87-91
PVF (Tedlar)	0.200	33	93-94
Polyester	0.125	5	89-90
FEP (Teflon)	0.050	57	96

6.2. Serada Isı Kayıpları

Seraların kapı ve pencereleri çevrelerinden, örtü malzemesinin ekleme kısımlarından, duvar ve çatıların birleştikleri yerlerden sera dışına ısı taşınması ile ısı kaybı olmaktadır. Bu sızdırma kayıpları seranın diğer yerlerinden olan ısı kaybının %10-15 dolayında fazlalaşmasına neden olur. Yani seradaki ısı kaybına %10-15 eklenerek, sızmalardan dolayı olan ısı kaybı da hesaplamaya eklenmiş olur. Cam yüzeyinin altına, plastik ikinci bir örtünün yerleştirilmesi ısı kaybını önemli ölçüde azaltılabilir. Bir seranın toplam ısı kaybı (Q_k):

$$Q_k = q_i + q_c \quad (6.1)$$

Burada q_i iletim ile ısı kaybı, q_c taşınım ile ısı kaybını göstermekte olup birimleri W/m^2 'dir.

6.2.1. İletimle oluşan ısı kaybı

Örtü malzemesinden dış ortama ısı enerjisinin kaybıyla oluşur. Sera iç ortamıyla ısınan örtü malzemesi soğuk dış ortamla etkileşir. İletim kayıpları örtü malzemesinin güçlendirilmesiyle azaltılabilir. İletimle oluşan ısı kaybı;

$$q_i = k \cdot (t_i - t_d) \quad (6.2)$$

Bu eşitlikte;

k = örtü malzemesinin toplam ısı geçirme katsayısı ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A_c = sera örtüsü yüzey alanı (m^2)

A_g = sera taban alanı (m^2)

t_i = iç ortam sıcaklığı ($^\circ C$)

t_d = dış ortam sıcaklığı ($^\circ C$)

k katsayısı malzemelerin ısı dirençleri ve yüzey dirençleri toplanarak belirlenir.

$$k = \frac{1}{\sum R_j} \quad (6.3)$$

Burada R_i iç yüzey ısı direnci, R_{λ} yapı malzemesinin ısı direnci, R_d dış yüzey ısı direnci ve birimi $m^2 \cdot ^\circ C/W$ 'dir. Toplam ısı direnç, bireysel dirençlerin toplamına eşittir.

$$R = \sum R_j \quad (6.4)$$

R_j bireysel direnci gösterir ve birimi $m^2 \cdot ^\circ C/W$ 'dir.

6.2.2. Taşınım ile oluşan ısı kayıpları

Isınan hava çatıya doğru yükselir ve bulunan açıklıklardan dış ortama çıkar ve sera duvarlarındaki açıklıklardan da içeriye doğru soğuk hava sızar. Buna Taşınım ile ısı kaybı denir. Açıklıklar kapatılarak taşınım ile ısı kayıpları en aza indirilebilir. Sera içine hava sızması (infiltrasyon), rüzgar basıncı veya sıcaklık farkı nedeniyle küçük açıklıklardan oluşan doğal hava akımıdır. Seralarda kontrol edilemeyen doğal havalandırma olarak da isimlendirilir. Havalandırma ile duyulur ısı ve gizli ısı kayıpları taşınan ısı enerjisini oluşturur. Gizli ısı kaybı suyun buharlaşmasıyla bitkilerden transpirasyon ve topraktan buharlaşma yoluyla taşınan ısı enerjisidir. Duyulur ısı kaybı havalandırma ile taşınan ısı enerjisinin çok büyük bir bölümünü oluşturur. Duyulur ve gizli ısı kaybı;

$$q_v = q_{sh} + q_{lh} \quad (6.5)$$

$$q_{sh} = V_s \cdot HDO \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_i - T_d) / 3600 \quad (6.6)$$

$$q_{lh} = V_s \cdot HDO \cdot \rho \cdot r \cdot (W_i - W_d) / 3600 \quad (6.7)$$

eşitliklerinden hesaplanır.

q_v = havalandırma ile oluşan toplam ısı kaybı (W)

q_{sh} = duyulur ısı kaybı (W)

q_{lh} = gizli ısı kaybı (W)

V_s = sera iç hacmi (m^3)

HDO = hava değişim oranı (h^{-1})

ρ = hava yoğunluğu (kg/m^3)

c_p = sabit basınçta özgül ısı ($J/kg \text{ } ^\circ K$)

r = buharlaşma gizli ısı (J/kg)

T_i = sera iç ortam havasının sıcaklığı ($^\circ K$)

T_d = dış ortam hava sıcaklığı ($^\circ K$)

W_i = iç ortam havasının mutlak nemi (kg/kg) ve

W_d = dış ortam havasının mutlak nemi (kg/kg)

Havalandırmayla gerçekleşen duyulur ısı akışının gizli ısı akışına oranı, Bowen oranı olarak tanımlanır.

$$\beta = \frac{h}{h} = \left(\frac{1 \cdot 1 \cdot \text{ısı}}{1 \cdot 1 \cdot \text{ısı}} \right) \quad (6.8)$$

Bowen oranı bitki örtüsünün enerji üzerine etkisinde kullanılabilir. Yüzeyi ıslak olduğundan buharlaşma hızı da yüksektir. Bu sebeple iç ve dış ortamın mutlak nem farkı artar. Yatayda gerçekleşen ısı geçişi β değerini etkiler. İç ve dış ortamın mutlak nem farkı arttığından gizli ısı daha çok transfer edilecek ve β düşük fakat pozitif değer alacaktır. Bitki örtüsü kuru olduğunda duyulur ısı şeklinde enerji geçişi olur ve β pozitif ve yüksektir. Bu iç ve dış ortamın mutlak nem farkının az olduğunu gösterir.

6.2.3. Hava Değişim Oranı

Sera içi sıcak hava ile dış ortamın soğuk havası arasında sürekli bir yer değişimi söz konusudur. Bir saat süresince sera içindeki havanın dış ortamın havası ile yer değiştirme sayısı hava değişim oranını (HDO, $1/h$) verir.

$$\text{HDO} = \frac{h}{h} \quad (6.9)$$

Hava değişim oranı sera tasarımı, örtü malzemesinin çeşidi, örtü malzemesinin seraya örtülme durumu, rüzgar hızı ve yönü aynı zamanda iç ve dış ortam hava sıcaklıklarına bağlıdır.

$\text{HDO} = 1-20 \text{ h}^{-1}$: yetersiz havalandırma

$\text{HDO} = 20-50 \text{ h}^{-1}$: iyi havalandırma

$\text{HDO} > 50 \text{ h}^{-1}$: çok iyi havalandırma

Hava değişim oranı bu değerler arasında net bir şekilde havalandırma gereksinimini ifade etmiş olur [15].

7. SERALARDA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

Dış ortam sıcaklığının sera iç ortam sıcaklığından daha düşük olduğu gündüz sürelerinde, sera ısı gereksiniminin bir bölümü sera içinde soğrulan güneş ışınımıyla karşılanır. Sera iç ortam sıcaklığının düşük olduğu dönemlerde güneş ışınımını ısı enerjisiye dönüştürmek ve sıcaklık düştüğünde ısı enerjisini karşılamak amacıyla ısı enerjisi depo etmek gerekir.

7.1. Seralarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Sera ısıtmada güneş enerjisinden etkin olarak yararlanabilmek için, toplam güneş ışınımının ısı enerjisiye dönüştürülmesinde uygulanan yöntemlere bağlı olarak, değişik şekilde tasarımlanabilen güneş enerjili ısıtma sistemlerinden yararlanılabilir.

Sera dışına yerleştirilen ve ısı taşıyıcı akışkan olarak hava/su kullanılarak güneş topaçlarından kazanılan ısı enerjisini depolanacak ortama (ısı deposuna) göndermek bu yöntemlerdendir.

Sera içerisine yerleştirilen ve seranın bütünleşik bir elemanı olan güneş topaçlarından kazanılan ısıyı sera tabanına yerleştirilen ve içerisinde katı/sıvı durumda ısı depolama materyali bulunan ısı depolarında depolamak da diğer yöntemlerdendir. Bu yöntemde ısı toplama ünitesi olarak, çift kat örtü arasından akışkan dolaşımıyla kızıl ötesi (IR) ışınım enerjisinin soğurulması için çift katlı sera çatısı veya duvarlarından yararlanılabilir [15].

7.2. Seralarda Isı Depolama ve Faz Değıştiren Maddeler

Bir binada veya ısıtılacak bir iç ortamda konforlu bir sıcaklık elde edebilmek için belirli bir miktarda enerji gereklidir. Isıtma ve soğutma için gerekli olan enerji genelde elektrik, fosil yakıtlar ve biyogazdan elde edilir. Yeryüzüne gelen güneş enerjisinin %46'sı sadece toprak tarafından absorbe edildiğine göre güneş enerjisini kullanarak ısıtma yapabilmek oldukça kazançlı bir kullanımdır.

Seralarda günümüzde ısıtma ve soğutmada karşılaşılan gereksinimleri temin etmek için çok çeşitli ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Seralarda özellikle ısıtma sistemleri daha büyük önem arz etmektedir. Bu ısıtma sistemleri buhar veya sıcak sulu radyatörlü sistemler, fosil yakıt kullanılan ısıtma sistemler veya elektrikli ısıtıcılar ve benzerleridir. Bu sistemler genelde seralarda ısıtma yükü ihtiyacını karşılamaktadır. Fakat bu tür sistemlerde sıcaklık dağılımı, dış ortam hava koşullarından oldukça çok etkilenir. Ayrıca bu tür sistemlerde istenilen rutubet seviyesini sağlamak zordur.

Güneş enerjisine dayalı olarak kapalı mahallerin ısıtılması aktif ve pasif yöntemler kullanılarak olmaktadır. Aktif yöntemde sisteme ek enerji verilmekte, pasif sistemde ise ek enerji ihtiyacı olmadan sadece yüzey şekilleri ile ısı geçişi sağlanmaktadır. Pasif sisteme en iyi örnek seranın sadece konumu ve şekli yapısı ile güneş enerjisi yardımıyla ısıtılmasıdır. Aktif yöntem ise ek bir düzenek kullanarak ve sisteme ek enerji vererek seraların ısıtılmasıdır. Her iki yöntemin de avantaj ve dezavantajları vardır. Isı depolama yöntemi duyulur ısı depolama ve gizli ısı depolama olmak üzere iki ana grup altında incelenebilir.

Duyulur ısı depolaması hal değişimi, yani ergime veya buharlaşmanın olmadığı zamanda güneş enerjisi depolanmasıdır [16]. Duyulur ısı maddenin katı veya sıvı fazında depolanabilir [17]. Sıcaklığın artışı depo edilecek malzemede hissedilebilir veya çeşitli ölçümlerle tespit edilebilir. Depolama ortamı olarak suyun kullanılmasında, suyun duyulur ısısından faydalanılır. Katı fazda en iyi örnek kaya yataklarına ısının depolanmasıdır [16].

Herhangi bir maddenin ısıtılması veya soğutulması esnasında faz değiştirirken sıcaklığın sabit kaldığı andaki ısıyı Gizli Isı olarak adlandırılır. Bir sıvı soğutulmaya başladığı zaman molekülleri gitgide daha yavaş hareket etmeye başlar. Soğutma sırasında öyle bir sıcaklığa gelinir ki, moleküller olabildiğince düşük kinetik enerjiye sahip olurlar ve moleküller arası çekim kuvveti onları bir kristal içinde istiflemeye başlar. Bu durumda sıvı donmaya başlıyor olarak tanımlanmaktadır. Kristal içinde belli noktalarda yerlerini alan moleküllerin kinetik enerjileri sıvı fazda kalanlara oranla daha düşüktür. Bu nedenle sıvı fazdaki moleküllerin sıcaklığı ve dolayısıyla ortalama kinetik enerjileri

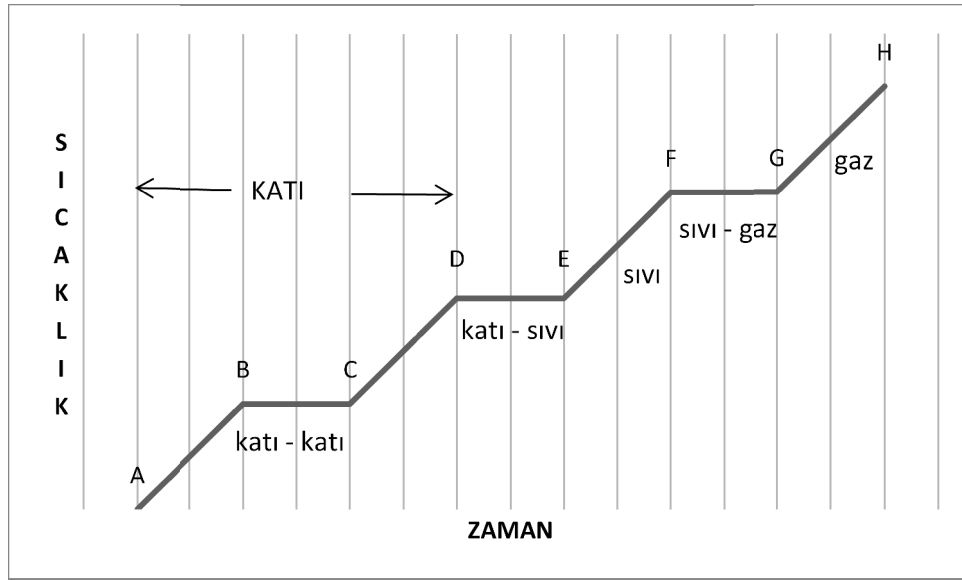
yükselecektir. Bütün maddeler faz değiştirebilir, fakat birçok maddenin faz değişimi arzulanan sıcaklıkta değildir.

Gizli ısı depolamasında, sıvı-buhar faz değişiminde enerji depolanabileceği gibi, katı-sıvı fazında da depolanabilir. Sıvı-buhar faz değişiminde, sabit basınçta hacim çok arttığından veya sabit hacimde basınç çok arttığından, ısı depolamasında fazla tercih edilmez. Bu tür faz değişimdeki ısı depolamasına daha çok soğutma sistemlerinde rastlanmaktadır. Gizli ısı depolamasında, daha çok katı-sıvı faz değişiminden yararlanır. Bir katı cismin birim kütesini sıcaklık değişimi olmadan sıvı hale geçirmek için, verilmesi gereken ısı miktarına Erime Gizli Isısı denir. Gizli ısı depolama sistemlerinde gizli ısı depolama maddenin faz değişimi sırasında artar [16].

Enerjinin tüketimi ve tedarik edilmesi arasında uyumsuzluk olmasının yanı sıra enerji depolama gereklidir. Faz değiştiren malzemelerin kapsülleştirilerek kullanımı yüksek verimlilikle yüksek depolama yoğunluğunun elde edilmesi en önemli enerji depolama yöntemlerindedir. FDM'ler kullanılarak termal enerji depolama yöntemlerinin uygun olarak yapıımı FDM'lerin faz değişim süreci ve ısı transferi hakkında ölçümlere bağlıdır. Enerji depolama yakıt tasarrufu ve enerji sarfiyatının azalması ile sistemi daha verimli hale getirir. İyi huylu enerji tüketimi ve daha verimli olması sebebiyle tercih edilir. Termal enerji depolama belki insanlık tarihi kadar eski bir geçmişe sahiptir. İnsanlar buz kütlelerini sonradan kullanmak üzere depo ederlerdi. Isı depolama tekniklerinin değişimi dört beş yüzyıla dayanmaktadır. Enerji taleplerindeki artış, fosil yakıtların kıtlığı ve çevresel etkilerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini hızlandırdı.

Güneş enerjisi, en büyük yenilenebilir enerji kaynağıdır, yapısı kesiklidir ve verimli ve etkili enerji depolama sistemlerinde kullanımında etkilidir. Termal enerji bol olduğu zaman depolanır ve daha sonra kullanılabilir. Fakat güneş enerjisi ısı depolama yönteminin en önemli, verimli, ekonomik ve güvenilir olması için ısı depolama cihazları ve metotları geliştirilmelidir. Termal enerji depolama sistemleri duyulur, gizli veya ikisinin birleşimi şeklinde olabilir. Duyulur ısı depolamada depolama maddesinin sıcaklığının artması ile ısı depolanırken, gizli ısı depolamada maddenin faz değişimi ile ısı depolanır.

Şekil.7.2. Bir maddeye ısı verildiği zaman ısınma sırasında maddenin iç enerjisindeki değişimi gösterir. İyi bilinen sonuç ya sıcaklıktaki artış (duyulur ısı) yada faz değişimidir (gizli ısı). Başlangıçta A noktasında katı fazla başlayan bir maddeye ısı verildiğinde katının sıcaklık artışına neden olur (A-B aralığı), takip eden aşamada katı-katı olan kristal yapı faz değiştirir (B-C aralığı), tekrar katının duyulur ısı artar (C-D aralığı), katı-sıvı faz değişimi (D-E aralığı), duyulur ısı artışı (E-F aralığı), sıvı-gaz faz değişimi (F-G aralığı), ve gazın duyulur ısı değişimidir (G-H aralığı).



Şekil 7.2. Sıcaklık zaman grafiği [20]

Toplam depolanan enerji miktarı şöyle ifade edilebilir;

$$Q = m \int C_p(T)dT + L + L + \int C_p(T)dT + L + \int C_p(T)dT \quad (7.1)$$

m maddenin kütlesi, C_{pS} katı haldeki maddenin öz ısısı, C_{pL} sıvı haldeki maddenin öz ısısı, C_{pG} gaz haldeki maddenin öz ısısı, L_P katı-katı faz değişiminin gizli ısısı, L katı-sıvı faz değişiminin gizli ısısı, L_G sıvı-gaz faz değişiminin gizli ısısıdır.

Maddenin depolama kapasitesi öz ısı ve gizli ısı değişimine bağlıdır. Bu nedenle depolama ortamı için yüksek özısı ve gizli ısı kapasitesine sahip olması talep edilir.

Belli bir miktarda enerji depolamak için faz değişimi ile enerji depolamada daha küçük hacim ve ağırlıkta maddeye ihtiyaç duyulur. Bu gerçek Çizelge 7.2’de gösterilmiştir. İlk sıcaklığı 35°C olan 20.513kg Parafin mumu (katı-sıvı FDM) erime noktasında (59.9°C) 5000kJ enerji verir. Aynı miktarda enerji depolamak için diğer duyulur ısı depolama ortamı Çizelge 7.3’te gösterildiği gibi daha fazla ısıtılmalıdır.

Çizelge 7.2. Çeşitli ısı depolama ortamlarının karşılaştırılması (depolanan enerji=5000kJ, T=25°C)
Bağlı hacim ve kütle Parafin mumunun ısı depolamasına aittir [20]

Özellik	Isı Depolama Maddesi						
	Parafin mumu	Su	Dowtherm .A	Therminal 66	Kalıp demir	Kaya	Beton
Gizli ısı(kJ/kg)	190						
Özısı (kJ/kg K)	2.15	4.19	2.2	2.1	0.54	0.88	0.882
Yoğunluk (kg/m ³)	790	1000	867	750	7200	1600	2200
Depolama kütlesi (kg)	20.513	47.73	90.91	95.24	370.37	227.27	226.76
Bağlı kütle(m ³)	1	2.33	4.43	4.64	18.1	11.08	11.05
Depolama hacmi (m ³)	0.0259	0.047	0.10485	0.127	0.0514	0.142	0.1031
Bağlı hacim	1	1.84	4.04	4.89	1.98	5.47	3.969

Çizelge 7.3. 5000kJ enerji depolama için gerekli sıcaklık artışı [20]

Isı depolama maddesi	Sıcaklık artışı (°C)
Parafin mumu	59.9
Su	93.17
Dowtherm A.	145.8
Therminal 66	151.1
Kalıp demir	486.4
Kaya	312
Beton	311.4

*Erime sıcaklığı

Gizli ısı depolama sistemi üç ana bileşeni içermektedir:

1. Bir gizli ısı depolama sistemi tasarımında, belli bir faz değişim malzemesinin erime ve katılaşma periyotları bilinmelidir [21]. FDM istenilen sıcaklık değeri için uygun olmalıdır.
2. FDM için kapsül (FDM'lerin kapsülleştirilmesi)
3. FDM'den ısı alıcıya ve ısı kaynağından FDM'ye ısı transfer edebilmek için ısı değişim yüzeyi gereklidir.

7.2.1. Faz Değiştiren Maddeler

FDM'ler duyulur ısı depolama maddeleri ile kıyaslandığında oldukça yüksek termal enerji depolama yoğunluğuna sahip ve faz değişimi ile sabit sıcaklıkta büyük miktarlarda enerji absorplayan veya salabilen enerji depolama maddeleridir [20]. FDM'ler organik, inorganik ve ötektik FDM'ler olarak üç sınıfa ayrılır [22].

Lane ve arkadaşları 20000 madde üzerinde 10-90°C erime noktası aralığında geniş bir araştırma yapmıştır. Çoğunluğu uygun olmayan erime noktasına, erime ile bozulma veya veri eksikliğine sahiptir.

Gizli termal ısı depolama sistemlerinin tasarım ve uygulamaları kullanılan FDM'lerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Daha yüksek enerji yoğunluklu FDM'nin tasarlanan her bir uygulama için kullanımı daha küçük bir

depolama hacmi gerektirir. Isı değişim yapısı için daha az maliyet gerektirir veya tüm benzer sistemlerin hacimleri arasında sistemin toplam ısı kapasitesi daha büyüktür. Farklı derecede katkılanmış FDM'lerin teknik olarak sınıflandırılmasında üreticiden üreticiye termofiziksel özellikleri değiştirdiğinden verimli ısı depolama sisteminin tasarımı elde edilen hiçbir veri ile basitleştirilememiştir. İstenilen sıcaklık aralığında maddelerin çoğu yüksek erime ısısına sahiptir. Fakat onların ısı depolama malzemesi olarak kullanımı uygun termal, fiziksel, kimyasal özellikleri ve ekonomi faktörüne bağlıdır [20].

Çizelge 7.4. FDM'lerin avantaj ve dezavantajları [22]

Avantajlar		
Organikler	inorganikler	Ötektikler
1.Geniş sıcaklık aralığına sahip olma	1.Yüksek hacimli gizli ısı depolama kapasitesi	1.Saf maddeler gibi net erime noktasına sahiptirler.
2.Uzun süre soğutma olmaksızın donma	2.Düşük maliyet ve kolay bulunabilirlik	2.Hacimsel depolama yoğunlukları organik bileşiklerin çok az üzerindedir.
3.Kendiliğinden çekirdekleşme özelliği	3.Net erime noktası	
4.Geleneksel inşaat malzemeleri ile uyum	4.Yüksek termal iletkenlik	
5.Kimyasal olarak değişmezlik	5.Yanmaz	
6.Güvenilir ve tepkimeye girmez		
7.Geri dönüşümlü yapı		
Dezavantajlar		
1.Donma süreci boyunca fazla ısı değişimi gerekir.	1.Hacim değişimi çok fazladır.	1.Termal depolama uygulamalarında yeni olması sebebiyle bu maddelerin termofiziksel özellikleri adına sınırlı bilgi vardır
2.Hacimsel ısı depolama kapasitesi düşüktür.	2.Katı-sıvı faz geçişinde en büyük problem aşırı donmadır	
3.Yanıctır. Bu uygun bir kapla kolaylıkla azaltılabilir	3.Çekirdekleşme etkenlerine gereksinimi vardır	
4.Maliyet nedeniyle teknik olarak tamamen işlenmiş yağ ve aslen Parafin karışımları kullanılabilir.		

Çizelge 7.5. FDM'lerin özellikleri [22]

Termodinamik özellikler	Erime sıcaklığı istenilen sıcaklık aralığında olmalı
	Birim hacimde yüksek birleşme gizli ısısına sahip olmalı
	Yüksek özısı, termal iletkenlik ve yoğunluklu olmalı
	Faz değişiminde küçük hacim değişimi ve içerik problemini azaltmak için uygulanan sıcaklık aralığında düşük buhar basıncına sahip olmalı
	Uygun erime noktası
Kinetik özellikler	Sıvı fazın aşırı soğumasını önlemek için yüksek çekirdekleşme oranına sahip olmalı
	Depolama sisteminden ısının geri kazanımı için kristal büyüklüğünün yüksek oranda olması gerekir.
Kimyasal özellikler	Kimyasal sabitlik
	Tamamen donma/erime çevrimi
	Çok sayıda erime/donma sonucu eksilmeme
	Aşındırıcı, patlayıcı ve yanıcı olmayan, zehirsiz madde olmalı
Ekonomik özellikler	Düşük maliyet
	Geniş aralıkta geçerli olmalı

7.2.2. FDM'nin Birleştirilmesi

Başarılı bir sistem FDM'nin kullanımı ve ısı transfer sınırları içerik tasarımının gelişimine bağlıdır. Kapsüllerin farklı geometrilerle FDM doldurulması kendine has avantaj ve dezavantajlara sahiptir [20].

FDM'lerin birleştirilmesi Haves ve Feldman'a göre: direk birleşme, daldırma ve kapsülleştirme olarak üç gruba ayırmıştır [22].

7.3. FDM tromb duvarı

Tromb duvarı dolaylı kazanım yaklaşımının ilk örneklerindedir. Evin güney duvarında kalın bir duvar bölmesi içerir. Duvarın dış yüzeyi duvar kütlelerinde ısıyı absorblamak amaçlı koyu renklidir. Isı uzun süren periyotlar halinde tromb duvarından eve dağılır. Odanın sıcaklığı duvar yüzeyinin sıcaklığından aşağı düştüğü zaman ısı odaya yayılmaya başlar. Tromb duvarından

ısı kaybı, kaplama ve duvar arasına gece yalıtkan bir perde kullanılarak kontrol edilebilir. Geleneksel tromb duvarı duyulur ısı depolamaya dayalıdır fakat potansiyelinden dolayı birim kütleye daha büyük ısı depolamak için FDM'li tromb duvarı başarılı uygulamalarını hala beklemektedir. Bir evin pencereli güney tarafı FDM'yle inşa edilmelidir. Gelen güneş ışınımı ile gün boyu duvar ısıtılır, FDM erir. Gece evi ısıtmak için duvardan ısı çekilir. Belli bir miktar ısıyı depolamak için FDM'ler su duvarları veya kütleli tromb duvarlarından daha az yer kaplar ve daha hafiftir. Bu sebeple binalara FDM'ler kullanılırsa daha uygun olur. Tromb duvarında salt hidratlar ve hidrokarbonlar FDM olarak kullanılabilir. Eğer FDM'li duvar uygun bir şekilde yapılırsa, bölme duvarlarla kıyaslanabilir özellikler göstererek birçok istenmeyen durumu ortadan kaldırır.

Deneysel ve teorik çalışmalar FDM'lerin tromb duvarı olarak kullanımının araştırılmasına yön verdi. Knowler tromb duvarında iletkenlik ve etkililiği arttırmak için metal katkılı CG parafin waxı kullandı.

Buddhi ve Sharma farklı kalınlıkta ve farklı sıcaklıkta FDM'lerin güneş ışınımı geçirgenliklerini ölçtüler. Sterik asit FDM olarak kullanıldı. Aynı kalınlıkta camla kıyaslandığında FDM'nin geçirgenliğinin camdan daha fazla olduğunu buldular ve yeni bir uygulama olarak camlarda/duvarlarda FDM'lerin saydam yalıtım malzemesi olarak kullanılmasını önerdiler.

Stritih ve Novak bina havalandırması için güneş enerjisini siyah parafin wax'a (erime noktası 25-30°C) soğuran bir duvar yaptılar. Depolanan ısı binanın havalandırılması için gerekli olan havanın ısıtılması için kullanıldı. Absorbsiyonun verimi %79 bulundu. Simülasyonun sonucu gösterdi ki duvar, depolanan ısı enerjisinin miktarını duyulur veya gizli olarak belirliyor ve FDM'nin erime noktası çıkış hava sıcaklığından etkileniyor. Analizler ısınma için optimum kalınlığın 50mm ve erime noktasının oda sıcaklığından birkaç derece altında olduğunu gösterdi [23].

8. DENEYİN YAPILIŞI

Bu alıŐmada Anadolu niversitesi'nde özellikle kış aylarında +12°C/+14°C sıcaklık aralığında kalabilen güneş serası tasarlanarak prototipi yapılmış ve deney verileri alınmıştır. Deneyde iki farklı serada tromb duvarı kullanılıp duvarlar iki ayrı malzemeden yapılmıştır. Birinci seranın tromb duvarı siyah boyalı alçıdan, ikinci seranın tromb duvarı ise FDM (Micronal®) katkılanarak yapılmıştır. İkinci serada faz değiştiren malzeme olan (Micronal®) kullanılarak seranın ısıtılması sağlanmıştır.

Seraların gün içerisinde aynı saatlerde bulunduğu evre ile birlikte sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Sera kurulmak istenen bölgede tüm Őartları değerlendirmek için sera ısı gereksinimini hesaplayan Visual Basic dilinde program geliştirilmiştir.

Butil sterat madeni ve bazı sebzelerin kurutulması sonucunda kurutma için kullanılabilmesi araŐtırılmıŐtır.

AŐaęıda uygulama seralarının fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 8.1. Uygulama seralarının fotoğrafları

9. SERA ISI HESABI PROGRAMI KODLARI

```
Public Class Form1
Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click

Dim Ac As Double
Dim Qg As Double
Dim us As Double
Dim uh As Double
Dim uu As Double
Dim Qk As Double
Dim Q As Double

Ac = (1.16) * TextBox1.Text
Qg = 0.5 * TextBox2.Text * Ac
us = 1 / ((1 / TextBox6.Text) + TextBox5.Text / TextBox3.Text + 1 /
TextBox4.Text)
uh = (0.19) * TextBox7.Text
uu = uh + us
Qk = TextBox8.Text * uu * (TextBox9.Text - TextBox10.Text)
Q = Qk - Qg
Label1.Text = Q

End Sub
Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
Label1.Text = ""
TextBox1.Text = "0"
TextBox2.Text = "0"
TextBox3.Text = "0"
TextBox4.Text = "0"
```

```
TextBox5.Text = "0"  
TextBox6.Text = "0"  
TextBox7.Text = "0"  
TextBox8.Text = "0"  
TextBox9.Text = "0"  
TextBox10.Text = "0"
```

```
End Sub  
End Class
```

10. SONUÇ VE TARTIŞMA

Dış ortam sıcaklığının sera iç ortam sıcaklığından daha düşük olduğu gündüz sürelerinde, sera ısı gereksiniminin bir bölümü sera içinde soğurulan güneş ışınımıyla karşılanır. Sera iç ortam sıcaklığının düşük olduğu dönemlerde güneş ışınımını ısı enerjisiye dönüştürmek ve sıcaklık düştüğünde ısı enerjisini karşılamak amacıyla ısı enerjisi depo etmek gerekir [15].

Deneyde sadece pasif enerji depolama sistemleri ile serada sıcaklık değerleri ölçülerek sera etrafındaki bölgenin sıcaklığı ile kıyaslama yapılmıştır.

Çizelge 8.1. Kritik hava sıcaklıklarında aylara göre seralarda ölçülen bazı sıcaklık değerleri

Tarih	Saat	Ay	Hava Sıcaklığı °C		Sıcaklık °C	
			Maksimum	Minimum	1.Sera	2.Sera
25.11.2009	12.00	Kasım	18	-1	9	10
15.12.2009	12.00	Aralık	9	2	10	12
16.01.2009	12.00	Ocak	17	-3	17	27
15.02.2009	12.00	Şubat	14	-4	10	10
07.03.2009	12.00	Mart	11	-4	14	16
19.04.2009	12.00	Nisan	25	6	31	32
23.05.2009	12.00	Mayıs	34	11	44	61
23.06.2008	12.00	Haziran	34	17	52	58
16.07.2008	12.00	Temmuz	36	19	55	55
19.08.2008	12.00	Ağustos	38	15	60	62

Tromb duvarı ve seranın güneşe göre konumlandırılması sonucunda “Güneş Seraları” yapılmıştır. Tromb duvarı gün içerisinde güneşten aldığı enerjiyi depolamaktadır. Duvar yüzeyinin sıcaklığı ile sera içindeki sıcaklık arasında fark oluştuğunda ortamla tromb duvarı arasında ısı alışverişi gerçekleşmektedir. Seranın sıcaklığı tromb duvarının yüzey sıcaklığından düştüğü zaman seraya tromb duvarından ısı yayılmaya başlamıştır. Güneş serasında faz değiştiren maddelerin (FDM) gizli ısı depolama özelliğinden faydalanılarak seraların ısıtılması amaçlanmıştır.

Sonuçta günün aynı saatlerinde FDM katkılı tromb duvarı içeren sera diğer seradan yaklaşık olarak 3.7°C daha yüksek sıcaklığa sahip olduğu görülmüştür. Bitkiler için 1°C sıcaklık bile hayati önem taşımakta olduğundan elde edilen bu derecedeki fark seradaki bitkiler için tatmin edici görülmüştür.

İlaç endüstrisinde kullanılan “Butil sterat” madeninin serada kurutulması için 65°C sıcaklıkta yarım saatte yaz şartlarında kurutma %6 verimle gerçekleşmiştir. Bu kurutma sanayide de aynı verimle gerçekleştiğinden çıkan sonuç olumlu bulunmuştur. Böylelikle bu seraların yazın kurutma amaçlı sera olarak kullanılabilceği gözlenmiştir.

Ülkemizde aktif sistemlere ek olarak kullanılanılabilecek pasif sistemlerin seralarda üretim maliyetlerini oldukça düşüreceği tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Çolak, A., *Sera İçi Kliması ve Otomasyon*, Muğla Üniversitesi Yayınları, Muğla, 2002
- [2] Yağcıoğlu, A., *Sera Mekanizasyonu*, Ege Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir, 2005
- [3] Tüzel, Y., Gül, A., Dura, S., Jeotermal Enerjinin Tarımda Kullanım Olanakları, Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, s.484-491, Pamukkale Üniversitesi. Denizli, 1994
- [4] Yüksel, A. N. , *Sera Yapım Tekniği*, Hasad Yayıncılık, İstanbul, 2004
- [5] Filiz, M., *Sera İnşası ve Kliması*, Akademi Kitabevi, İzmir, 2002
- [6] Anonim, Türkiye İstatistik Kurumu, 2006.
http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=44&ust_id=13.
- [7] Çimen, Z. A., “Antalya İli Kumluca İlçesindeki Sera Üreticilerinin Pazarlama Sorunları”, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, 1, 1-14, 2001.
- [8] Özdemir, M.A., BAHADIR, M., “Türkiye’de Önemli Bir Seracılık Alanı: Yalova İli”, Coğrafi Bilimler Dergisi, 5(1), 17-36, 2007.
- [9] Emekli, N. Y., Baştuğ, R., Büyüктаş, K., “Antalya İli Kumluca İlçesindeki Seraların Mevcut Durumu, Sorunları Ve Uygun Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi”, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2), 273-288, 2007.
- [10] Sevgican, A., Tüzel, Y., Gül, A.,. “Türkiye’de Örtüaltı Yetiştiriciliği”, Türkiye Ziraat Müh. V.Teknik Kongresi, II, 679-707, Ankara, 2000.
- [11] Anonim, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 2008.
<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>
- [12] Ertekin, Ü., *Seracılık ve Örtüaltı Biber, Domates, Hıyar, Patlıcan Yetiştiriciliği*, Mars Matbaası, Ankara, 2002.
- [13] Zabeltitz, C., V., Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., *Seralarda ısıtma: (enerji koruma ve yenilenebilir enerjiler)*, TEMAV Yayınları, Ankara, 1996.
- [14] Bellow, B, *Solar Greenhouses*, ATTRA Publication, Fayetteville, USA, 2003.

- [15] Başçetinçelik, A., *Güneş Enerjisi ile Sera Isıtma*, Uğurer Tarımsal Kitap Pazarlama, Kayseri, 2003.
- [16] Benli, H., Durmuş, A., “Havalı Güneş Kolektörleri ve Gizli Isı Depolama Yöntemi Kullanılarak Sera Isıtılması”, *Mühendis ve Makina*, **48**(569), 16-26, 2007.
- [17] Abhat, A., "Low Temperature Latent Heat Thermal Energy Storage: Heat Storage Materials", *Sol. Energy*, **30**(4), 313-332, 1983.
- [19] Öztürk, H. H., “Experimental evaluation of energy and exergy efficiency of a seasonal latent heat storage system for greenhouse heating”, *Energy Conversation and Management*, **46**, 1525, 2005.
- [20] Regin, A.F., Solanki, S.C., Saini, J.S., “Heat transfer characteristics of thermal energy storage system using PCM capsules”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **12**, 2438–2458, 2008.
- [21] Erek, A., Acar, M., A.,”Radyal Kanatlı Boru Çevresinde Faz Değişimi İle Isı Depolanması”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* , **5**(2), 61-71, 2003.
- [22] Pasupathy, A., Velraj, R., Seeniraj, N.V., “Phase change material-based building architecture for thermal management in residential and commercial establishments”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **12**, 39–64, 2008.
- [23] Tyagi, V.V., Buddhi, D., *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **11**, 1146-1166, 2007.