

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SANTRAL ATIK ISILARIYLA SERALARIN
ISITILMASI**

Makina Müh. Mehmet BAŞAK

FBE Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Enerji Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yard. Doç. Dr.Süleyman Hakan SEVİLGİN

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	2
2.1 Türkiye’de Seracılığın Durumu	4
3. SERA PLANLANMASI	7
3.1 Seracılığın Tanımı	7
3.2 Sera Yeri Seçiminde Etkili Faktörler	7
3.2.1 İklim	7
3.2.2 Toprak	8
3.2.3 Arazi Eğimi ve Yönü	8
3.2.4 Pazar ve Ulaşım	8
3.2.5 Su	9
3.3 Sera Tipinin Seçiminde Etkili Olan Faktörler	9
3.3.1 Blok Seralar ve Tekil Seralar	9
3.3.2 Sera Örtüsü	12
3.3.3 Seraların Yönlendirilmesi	13
3.3.3.1 Seraların Yönlendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	13
3.3.4 Seranın Boyutlandırılması	15
3.3.4.1 Genişlik	15
3.3.4.2 Uzunluk	16
3.3.4.3 Sera Yüksekliği	16
3.3.5 İşletmenin Mali Gücü	18
3.3.6 Mekanik Ekipman Kullanmaya Uygunluk	18
3.3.7 İleride Gelişme Olanakları	18
3.3.8 Farklı Bitki Türü Yetiştiriciliğine Uygunluk	18
4. SERALARDA ISITMA SİSTEMLERİ	19
4.1 Katı yakıt yakan ısıtma sistemleri	19

4.2	Sıvı yakıt yakan ısıtma sistemleri	19
4.3	Gaz yakıt yakan ısıtma sistemleri	19
4.4	Atık ısı kullanan sistemler	19
4.4.1	Atık ısı ile ısıtılması düşünülen seralarda dikkate alınması gereken noktalar	20
4.4.2	Kurumsal ve sosyal etkenler	20
4.4.3	Yatırım gideri	20
4.4.4	Ürünün pazarlanması	20
4.4.5	Yerleşim	20
4.4.6	Mülkiyet ve yönetim	21
4.4.7	Isı bedeli	21
4.4.8	Çevre	22
4.4.9	Kontrol listesi	22
5.	DÜŞÜK SICAKLIKLI ISITMA SİSTEMLERİ	24
5.1	Genel durum	24
5.2	Düşük sıcaklıklı ısıtma sistemlerinde ısıtma üniteleri ve tasarımı	26
5.2.1	Toprak veya zemin ısıtma sistemleri	26
5.2.1.1	Toprakta gömülü ısıtma boruları	26
5.2.1.2	Beton zemin ısıtma sistemi	27
5.2.1.3	Isıtılan masalar	29
5.2.2	Toprak ve hava ısıtma sistemleri	30
5.2.2.1	Borulu ısıtma sistemleri	31
5.2.3	Ortam havasının ısınmasını sağlayan borulu ısıtma sistemi	33
5.2.4	Fan yardımıyla çalışan konvektörler (hava ısıtma üniteleri)	35
5.2.5	Çatı ısıtması	38
5.2.6	Yetiştiricilik açısından sağlanan yararlar	39
6.	SERALARDA ENERJİ KORUNUMU	41
6.1	Sera örtü malzemeleri	41
6.1.1	Cam	42
6.1.1.1	Çift katlı cam tipleri	43
6.1.1.2	Tek kat metal kaplamalı cam	44
6.1.2	Sert plastikler	45
6.1.2.1	Akrilik (PMMA)	47
6.1.2.2	Polikarbonat	49
6.1.2.3	Polivinil klorid	49
6.1.3	Plastik örtüler	50
6.1.3.1	Çift kat örtü	54
6.2	Isı perdeleri	56
6.2.1	Isı perdesinin bitki sıcaklığına etkisi	57
6.2.2	Seranın çatı ve örtü sıcaklığına etkisi	57
6.2.3	Isı perdesinin hava değişim oranına etkisi	58
6.2.4	Isıtma borusu sıcaklığına etkisi	58
6.2.5	Toplam ısı geçiş katsayısına etkisi	59
6.2.6	Seralarda kullanılan ısı perdelerinin özellikleri	60
6.2.6.1	Genel istekler	61
6.2.6.2	Enerji korunumu	62
6.2.6.3	Isı perdelerinin yerleşimi	63
6.2.6.4	Perdelerin gerilmesi	64
6.2.6.5	Perdelerin yerleştirilmesi	64
6.2.6.6	Perdelerin yerleşim sorunları	66

6.2.6.7	Seralarda Perde Yerleşimi İçin Örnek Düzenlemeler.....	66
6.3	Isı Köprüleri ve Hava Kaçağı	68
6.4	Rüzgar kırınlar	71
6.4.1	Rüzgarın Etkisi	71
6.4.2	Isı Kayıpları	71
6.4.3	Rüzgarkırınların Etkisi.....	72
6.4.4	Tasarım ve Yerleştirme.....	72
6.5	Buharlaşmanın Azaltılması.....	73
6.6	Sera Yüzey Alanının Azaltılması	77
6.7	Öneriler	81
7.	EKONOMİK MODEL	83
7.1	En Yüksek Isı Talebi	83
7.2	Santral Atık Isısı Kullanan Organize Sera Bölgesi.....	86
7.3	Maliyet Modeli	93
7.3.1	Yatırım Masrafları	93
7.3.1.1	İletim Hattı Masrafları	93
7.3.1.2	Eşanjör Masrafları	95
7.3.1.3	Sera İçi İletim Hattı Masrafları.....	96
7.3.2	İşletme Masrafları	96
7.3.3	Bir Sera İçin Isıtma Maliyeti	97
8.	SERA ISITMA MALİYETLERİ	100
8.1	Hesaplamalarda Kullanılan Değerler.....	100
8.1.1	İklim Bilgileri	100
8.1.2	Sera Teknik Bilgileri.....	102
8.1.3	Ekonomik Veriler	104
8.2	Yatağan Örnek Uygulaması.....	105
	Bölgelerin Karşılaştırılması	109
8.3	109	
	Isı Fiyatı	109
8.3.1	109	
8.3.2	Örtü Malzemesi	110
8.3.3	Gece sıcaklık stratejisi	111
9.	SONUÇ.....	114
	KAYNAKLAR.....	117
	ÖZGEÇMİŞ.....	119

SİMGE LİSTESİ

A	Sera Yüzey alanı
a_b	Sera içi ısıtma boru alanı
A_c	Seranın çatı yüzey alanı
A_g	Sera taban alanı
A_x	Ön izolasyonlu borular arası mesafe
A_y	Seranın yan yüzey alanı
B	Ön izolasyonlu borularla hendek arasındaki mesafe
b	Sera genişliği
$b_ç$	Çatı yüzey genişliği
C_{aw}	Tekil bir sera için yatırım ve işletme masraflarının yıllık değer toplamı
$C_{aw,ısı}$	Isı enerjisi masraflarının yıllık değeri
$C_{aw,pompa}$	Pompa işletme masraflarının yıllık değeri
$C_{aw,s}$	Birim sera alanı için bir değere getirilmiş ısıtma masrafı
$C_{aw,yt}$	Yatırım masraflarının yıllık değeri
c_b	Boru birim fiyatı
c_{bir}	Boru birleştirme fiyatı
C_{bs}	Sera içi boru masrafı
c_{bs}	Sera içi boru birim masrafı
C_{bt}	Boru maliyeti
C_e	Eşanjör masrafı
C_h	Hafriyat maliyeti
$C_{ısı}$	Bir sera için yıllık ısı enerjisi masrafı
$c_{kazı}$	Birim kazı fiyatı
C_{kum}	Kum maliyeti
c_{kum}	Birim kum masrafı
c_p	Özgül ısı
C_p	Pompa masrafı
C_{ps}	Sera içi pompa masrafı
C_{pompa}	İletim hattı için pompa işletme masrafı
C_{pompas}	Sera içi pompalama masrafı
$C_{pw,ısı}$	Isı masrafının bugünkü değeri
$C_{pw,pompa}$	Pompalama masraflarının bugünkü değeri
C_t	Taşıma maliyeti

c_t	Birim taşıma masrafı
C_{yi}	Tekil bir sera için dağıtım hattı yatırım masrafı payı
C_{ys}	Sera içi yatırım masrafları
C_{yt}	Tekil bir için toplam yatırım masraflarının bugünkü değeri
d	Sera örtüsü kalınlığı
$d_{dış}$	Boru dış çapı
$d_{iç}$	Sera içi ısıtma boru iç çapı
$D_{izolasyon}$	Ön izolasyonlu borunun dış çapı
E_a	Eşanjör adedi
e_b	Isı enerjisi fiyat eskalasyonu
e_e	Elektrik enerjisi fiyat eskalasyonu
E_f	Birim eşanjör fiyatı
E_p	İletim hattı pompa yıllık elektrik talebi
E_{ps}	Sera içi pompa yıllık elektrik talebi
f	Sürtünme faktörü
F_b	Birim ısı enerjisi fiyatı
F_e	Birim elektrik fiyatı
f_s	Fitings oranı
g	Yerçekim ivmesi
H	Basma yüksekliği
h	Sera yan duvar yüksekliği
h_b	Boru dışındaki taşınım katsayısı
h_d	Boru dışındaki taşınım katsayısı
h_k	Borudaki basınç düşüşü
h_m	Çatı yüksekliği
I	Güneş radyasyonu miktarı
K	Isıtma sisteminin toplam ısı geçiş katsayısı
k_d	Sera örtüsünden dışarıya olan ısı taşınım katsayısı
k_{demir}	Boru malzemesinin ısı iletim katsayısı
k_{hava}	Havanın ısı iletim katsayısı
k_i	Sera içi ısı taşınım katsayısı
k_{su}	Suyun ısı iletim katsayısı
L	Sera uzunluğu
L_b	Sera içi boru boyu uzunluğu
L_i	İletim hattı boru sisteminin toplam uzunluğu

L_s	Üretici standart boru boyu
L^*	Birim boru uzunluğu
m	Debi
m_{1b}	Sera içinde bir boruya düşen debi miktarı
n	İşletmenin ekonomik ömrü
N	Pompa gücü
$Nu_{iç}$	Boru içindeki Nusselt sayısı
Nu_d	Boru dışındaki Nusselt sayısı
P_a	Pompa sayısı
P_f	Pompa fiyatı
Pr	Prandtl sayısı
Q	Sera ısı talebi
Q_g	Güneş radyasyonu ile kazanılan enerji
Q_i	Tekil bir sera saatlik ısı enerjisi talebi
Q_{iletim}	Isıtma sisteminin iletim yoluyla verdiği ısı enerjisi
Q_m	Birim alana düşen ısı yükü
Q_p	Debi
Q_k	Seradan kaçan ısı
Q_{maks}	Yıllık toplam ısı ihtiyacı
Q_{rad}	Isıtma sisteminin radyasyon yoluyla verdiği ısı enerjisi
Q_{top}	Isıtma sisteminin verdiği toplam ısı enerjisi
Q_T	Tekil bir sera toplam yıllık ısı enerjisi talebi
r	İskonto oranı
Ra	Rayleigh sayısı
Re	Reynolds sayısı
r_i	Isıtma borusu kıvrım yarıçapı
s	Boru kıvrım uzunluğu
S_a	Sera adedi
S_m	Sabit mesnet oranı
$T_ç$	Sera içi ısıtma sistemi çıkış sıcaklığı
T_d	Sera dışı sıcaklık
T_g	Sera içi ısıtma sistemi giriş sıcaklığı
T_i	Sera içi sıcaklık
ΔT_m	Logaritmik sıcaklık farkı
T_{ort}	Isıtma sisteminin ortalama sıcaklığı

U	Sera ısı geçiş katsayısı
U_h	Havalandırma yoluyla seradan oluşan kayıp katsayısı
U_s	Seranın yüzeylerinden gerçekleşen toplam ısı geçiş katsayısı
V	Ortalama rüzgar hızı
v_b	Sera içi ısıtma boru içindeki ortalama hız
V_{hendek}	Hendek hacmi
V_{kum}	Kum hacmi
z	Boru sayısı
z_b	Bitki sıra sayısı
λ	Sera örtüsü iletim katsayısı
α	Çatı eğimi
ρ	Yoğunluk
ν	Kinematik viskozite
β	Genleşme katsayısı
ν_{hava}	Havanın kinematik viskozitesi
ρ_{hava}	Havanın yoğunluğu
μ_{hava}	Havanın viskozitesi
σ	Stefan-Boltzman sabiti
ε	Yüzey yayma oranı
η_p	Pompa verimi
γ	Özgöl ağırlık
τ	Yüzey geçirgenlik oranı
ϕ	Yüzey yutma oranı

KISALTMA LİSTESİ

EES	Engineering Equation Solver
ETFE	Hostaflon
EVA	Etil Vinil Asetat
FEP	Teflon
IR	Isıl Işınım
PC	Polikarbonat
PE	Polietilen
PE-IR	Polietilen İnfrared
PMMA	Akrilik
PVC	Polivinil klorid
PVF	Tedlar
UV	Ultraviyole

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Blok cam sera [1]	9
Şekil 3.2 Blok plastik örtülü sera [2].....	10
Şekil 5.1 Toprakta gömülü ısıtma boruları.....	27
Şekil 5.2 Toprağa gömülü boruların iki farklı şekilde düzenlenmesi durumunda günlük ortalama sıcaklık değişimi	27
Şekil 5.3 Taşkın sulama sistemiyle birlikte kullanılabilen Hollanda tipi beton zemin ısıtma sistemi.....	28
Şekil 5.4 Gözenekli beton zemin ısıtma sisteminin kesiti.....	29
Şekil 5.5 Masa ısıtmasında alt kesit ve 40 °C besleme sıcaklığı için hareketli masalar üzerindeki saksı sıcaklığının değişimi.....	30
Şekil 5.6 Güneş enerjisi depolama (sunstock) sistemi	31
Şekil 5.7 Çoklu plastik borulardan oluşan toprak - ortam ısıtma sistemleri için bazı örnekler	32
Şekil 5.8 Borulu ısıtma elemanı (Agrotherm)	32
Şekil 5.9 Borulu ısıtma sistemi (Agroclim).....	33
Şekil 5.10 Isıtma boruları yerleşimi	33
Şekil 5.11 Spaghetti ısıtma sistemi.....	34
Şekil 5.12 Spaghetti ısıtma sisteminin ısı kapasitesi	34
Şekil 5.13 Spaghetti ısıtma sistemiyle ısıtılan serada farklı dış ortam ve akış sıcaklıklarında elde edilen iç ortam sıcaklığı	35
Şekil 5.14 Örnek ısıtma tesisi	36
Şekil 5.15 Eggborough elektrik santrali deneme seraları	37
Şekil 5.16 Fanlı konvektör ısıtıcı.....	37
Şekil 5.17 Çatı ısıtması için değişik uygulamalar	39
Şekil 6.1 Çift kat camda ısı geçişi	42
Şekil 6.2 Denenmiş bazı çift kat cam tipleri.....	43
Şekil 6.3 Çift-katlı sert plastik örtü malzemeleri.....	46
Şekil 6.5 Bazı plastik örtülerin kullanım süresine bağlı olarak ışık geçirgenliğinin değişimi .	53
Şekil 6.6 Plastik film örtüler için çelik çerçeveli panel.....	54
Şekil 6.7 Plastik seralarda örtülerin tutturulmasında kullanılan profiller.....	55
Şekil 6.8 Tünel sera örnekleri.....	56
Şekil 6.10 Dış ortam iklim koşullarının aynı olması durumunda, tek bölmeli cam serada ısıtma borusu sıcaklıklarının değişimi	59
Şekil 6.11 Değişik perde malzemeleriyle tek bölmeli cam seranın toplam ısı kayıp	

katsayısının (u) değişimi.....	60
şekil 6.12 Yerleştirme şekline bağlı olarak bazı perde tipleri.....	64
şekil 6.13 Sera içerisindeki perdeler için bazı yapım sistemleri.....	65
şekil 6.14 Perde yerleşimi için sera i yüksekliğinin bölünmesi	66
şekil 6.15 Perdenin iki düzeyde yerleşimi (kirişten kirişe perde hareketi).....	66
şekil 6.16 Plastik tünel serada perde sisteminin yerleşimi.....	67
şekil 6.17 Venlo tipi bir serada oluktan oluğa perde düzenlemesi	67
şekil 6.18 Kirişten kirişe perde düzenlemesi	68
şekil 6.19 Cam serada kenarlardan merkeze doğru perde düzenlemesi.....	68
şekil 6.20 Cam bağlantı çubuklarının tasarımı	69
şekil 6.21 Enerji kayıplarını azaltmada kullanılan bazı PVC kauçuk kaplama şeritler ve profiller	70
şekil 6.22 Cam serada kullanılan kaplama şeridi.....	70
şekil 6.23 Damla sulama ve gübre uygulaması.....	74
şekil 6.24 Yüzeyi Plastikle kaplanmış sera [3]	75
şekil 6.25 Yetiştirme ortamına kadar sulama sistemi	75
şekil 6.26 Dip kısmında sulama sistemi bulunan Danimarka yetiştirme masası	76
şekil 6.27 Gel git sulama için düzenlenmiş ısıtılan masa	77
şekil 6.28 Beton zemin üzerinde gel-git sulama için yapılmış bazı tasarımlar.....	77
şekil 6.29 Sera yüzey alanının hesaplanmasında gerekli sera boyutları.....	78
şekil 6.30 Değişik sayıda birleşik bölmeler halindeki seralar için açıklık ile yüzey / taban alanı oranı arasındaki ilişki.....	79
şekil 6.31 Değişik sayıda birleşik bölmeler halindeki seralar için bölme açıklığı ile yüzey / taban alanı oranı arasındaki ilişki	80
Çizelge 6.8 Toplam Isı Tüketim Katsayıları	82
şekil 7.1 rnek Seranın Boyutları.....	85
şekil 7.2 Organize sera bölgesi	87
şekil 7.3 Isıtma borularının sera içinde dizilişi	88
şekil 7.4 n izolasyonlu boruların yerleşimi	94
şekil 8.1 Saatlik ısı talebinin yıllık dağılımı	106
şekil 8.2 Düzenlenmiş yıllık ısı talebi.....	107
şekil 8.3 Tekil sera yıllık masraf payları [%].....	109
şekil 8.4 Isı fiyatının maliyete etkisi	110
şekil 8.5 örtü malzemelerinin toplam ısıtma maliyetine etkisi	111
şekil 8.6 Sera içi sıcaklığın toplam ısıtma maliyetine etkisi.....	113

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Türkiye’de seraların dağılımı (TUİK).....	4
Çizelge 3.1 Çatı Eğim Açısı İle Işık Yoğunluğu Arasındaki İlişki (Filiz. 2001)	14
Çizelge 6.1 Çift kat cam takılması durumunda ışık geçirgenlik ve yalıtım değerleri	45
Çizelge 6.2 Sert plastik örtülerin ışık geçirgenliği ve yalıtım değerleri	47
Çizelge 6.3 Yapay yıpratma testlerinin Batı Avrupa koşullarında doğrudan ışık geçirgenliğine etkileri.....	48
Şekil 6.4 Bazı plastik sera tipleri	50
Çizelge 6.4 Bazı Plastik Sera Örtülerinin Ortalama Uzun dalga Isıl Işınım (5 000-14 000 nm) ve Normalden Gelen Doğrudan Işınım (400-700 nm) Geçirgenlikleri	52
Çizelge 6.5 Bazı plastik Örtü bileşenlerin ışık geçirgenliği	55
Çizelge 6.6 Bazı Perde Malzemelerinin Işınım Özellikleri.....	63
Çizelge 6.7 Sera Boyutlarının Değişmesi Durumunda Bir Seranın Bağlı Enerji Kullanımı.....	79
Çizelge 8.1 Aylık ortalama güneş radyasyon değerleri (W/m^2) (RET Screen).....	100
Çizelge 8.2 Aylık ortalama dış ortam sıcaklıkları ($^{\circ}C$) (RET Screen)	101
Çizelge 8.3 Aylık ortalama rüzgar hızları (m/s) (RET Screen).....	102
Çizelge 8.4 Ön izolasyonlu boru boyutları [4]	103
Çizelge 8.5 Yaygın sera örtü malzemelerinin ısı iletim dirençleri [Yavuzcan 1995]	104
Çizelge 8.6 Organize sera bölgesi ekonomik verileri.....	105
Çizelge 8.7 Yatağan bölgesi için yıllık talepler.....	106
Çizelge 8.8 Yatağan Organize Sera Bölgesi masrafları	108
Çizelge 8.9 Tekil sera için ısıtma maliyeti	108
Çizelge 8.10 Antalya ili için örtü malzemesine göre ısı ve maliyet değişimi	110
Çizelge 8.11 Yatağan ili için örtü malzemesine göre ısı ve maliyet değişimi.....	111
Çizelge 8.12 Yatağan ili için iç ortam sıcaklığının maliyete etkisi	112
Çizelge 8.13 Antalya ili için iç ortam sıcaklığının maliyete etkisi.....	112

ÖNSÖZ

Bu çalışmada santral atık ısıları yardımıyla sera ısıtma projesinin esasları ortaya konup teorik bir uygulamaya yer verilmiştir ve maliyet analizi yapılmıştır. Bu çalışmamda bana desteklerini esirgemeyen, tez konusunun belirlenmesinde ve uzun süren çalışmamın her safhasında yardım, bilgi ve birikimlerini sabırla bana aktaran değerli hocalarım tez danışmanım Yard. Doç. Dr. Süleyman Hakan SEVİLGİN ve Yard. Doç. Dr. Hasan Hüseyin ERDEM hocalarıma, mesai arkadaşım Araş. Gör. Şaban Pusat'a ve maddi manevi katkılarından dolayı aileme teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Bu çalışmada ülkemizde de yaygın olarak uygulaması yapılan seracılık faaliyetinde ısıtma ihtiyacının santralden çekilen ısı enerjisi ile sağlandığı durum incelenmiştir. Sera ısı kayıplarının modellenmesinin ardından seradaki bitki sırasına bağlı olarak borulu ısıtma sisteminin modeli gerçekleştirilmiştir. Sonraki aşamada santralden çekilen sıcak suyun taşınacağı dağıtım hattının modellenmesi gerçekleştirilerek seçilen birim sera boyutlarına bağlı olarak tasarlanan organize sera bölgesinde kaç adet seranın ısıtılacağı hesaplanmıştır. Sistemin metrekare başına maliyet hesabı yapılarak ısıtma giderlerinin maliyet içerisindeki payına değinilmiştir. Çalışma esnasında sera projelendirme hesapları Engineering Equation Solver ve Excel programları yardımıyla saatlik iklim değerleri için gerçekleştirilmiştir. Bütün sistemin saatlik ihtiyaçları belirlenerek en yüksek değerlere göre sistemin kapasiteleri belirlenmiştir.

Referans bölge olarak Antalya seçilmiş ve organize sera bölgesinin Antalya iklim koşullarında kurulması halinde ısı talebi ve maliyetin değişimi karşılaştırılmıştır. Son olarak ısıtma giderlerini ve maliyeti düşürmek için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: seraların ısıtılması, ısıtma maliyeti, atık ısı

ABSTRACT

In this study we investigated the situation of a greenhouse, which has a common use in Turkey, heating need supplied by a power plant. After we modeled the greenhouse heat lost, piped heating system model was done that depends on the plant lineup. In the next step, the numbers of greenhouses that can be heated is calculated by designing an organized greenhouse area that is depend on the unit dimensions selected and hot water distribution line was modeled. We mentioned the heating expenses in total cost by calculating the system unit costs. Study was done with hourly meteorological variables by using Engineering Equation Solver and Excel software. All system hourly needs and system capacities determined by peak values. As a reference region Antalya was selected, and organized greenhouse area heating needs and costs for climate of Antalya compared. Finally we made some recomendations to reduce heating needs and costs.

Key Words: Heating of Greenhouses, heating cost, waste heat

1. GİRİŞ

Seralar, yapay olarak optimal çevre koşullarının kapalı bir mekan içinde yaratılması amacıyla planlanan ve inşa edilen yapılardır.

Günümüzde ülkemizin çeşitli yörelerinde sera yetiştiriciliğini ana veya yan uğraş dalı olarak sürdüren çok sayıda tarım işletmesi bulunmaktadır. Bu yetiştiriciliğin teknik ve ekonomik olarak yapılabilmesi için iki ana unsur bulunmaktadır. Bunlardan ilki yetiştirme için gerekli iklim koşullarının oluşturulabileceği ünitelerin planlanması, ikincisi ise bu koşullar altında en verimli şekilde yetiştiriciliğin uygulanmasıdır. (Filiz,2001)

Ülkemizde seracılık yaygın olarak Akdeniz bölgesinde yapılmaktadır. Ilıman iklim koşulları bu bölgede seracılığın ekonomik bir şekilde yapılmasına olanak vermektedir. Seracılık faaliyetinde iklim koşulları maliyetleri belirlediği için büyük önem arz etmektedir.

Seracılık ülke ekonomisi açısından önemli bir faaliyettir. Kışın üretilen ve bol miktarda tüketilen domates vb. sebzeler hem iç pazara hem de dış pazara satılmaktadır. Seracılık faaliyetinde ısıtma giderleri önemli bir yer tutmaktadır. Petrol fiyatlarındaki artış üreticileri alternatif ısıtma sistemlerine yöneltmiştir. Bu nedenle klasik ısıtma sistemlerinden farklı olarak jeotermal ve güneş enerjisi, ısı pompası gibi alternatif yenilenebilir ısıtma sistemleri ortaya çıkmıştır. Atık ısıyla sera ısıtılması da alternatif bir sera ısıtma sistemidir. Termik santral ve kojenerasyon tesisi gibi yüksek oranda ısı enerjisi açığa çıkaran sistemlerden çekilen sıcak suyla seraların ısıtılması ülkemizde de uygulanmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada Yatağan bölgesindeki termik santralden alınan ısı ile çevrede bir organize sera bölgesi tasarlanmış ve birim alan başına ısıtma sisteminin maliyeti hesaplanmıştır. Benzer bir hesap ülkemizde seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya bölgesi için de gerçekleştirilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Zabeltitz vd. (1996) atık ısılarla sera ısıtılması için tasarım yönergesi vererek atık ısı kullanan seralardaki uygulamalara dikkat çekmiştir. Atık ısı kullanan seralar için basit bir ekonomik model önermiştir.

Zhang vd. (1997) sera içi hava ve bitki sıcaklığını tahmin eden tek boyutlu nümerik bir model geliştirmişlerdir. Model sayesinde iklim bilgilerinin olması durumunda sera içi bitki ve hava sıcaklıkları tahmin edilebilmektedir.

Chinese vd. (2005) atık ısı ile sera ısıtması için iç ortam sıcaklığı, sera alanı vb. parametrelere bağlı olarak seçilen ısıtma sisteminin minimum yakıt tasarrufunu sağlayacak şekilde atık ısı sisteminin hangi şartlar altında ekonomik olacağını belirleyen ekonomik optimizasyon modeli ortaya koymuşlardır.

Karytsas vd. (2003), 25 °C çıkış kuyu sıcaklığında ve 10.8 MW_{th} kapasiteye sahip olduğu tahmin edilen Aristino-Traianoupolis jeotermal sahasında sera ısıtması yapılması durumunda, yıllık 7440 ton CO₂ emisyonunda azalma ve yıllık 930,000 \$/yıl eşdeğer dizel yakıtı tasarrufu sağlanacağını hesaplamışlardır.

Garcia vd. (1998) alternatif enerji kaynaklarının seraların ısıtılmasında kullanılması hakkındaki fizibilite çalışmasında ısı pompası, güneş kolektörü ve kojenerasyon sistemini klasik fosil yakıt yakan sistemle bilgisayar simülasyonu yardımıyla Avrupa'da farklı yedi bölge için karşılaştırmışlardır. Kojenerasyon sistemi elektrik-yakıt fiyat oranı göz önüne alındığında özellikle kuzey Avrupa ülkeleri için en uygun çözüm olarak bulunmuştur.

Sharma ve Sethi (2008b) dünya çapında kullanılan sera ısıtma teknolojilerinin ısıtma potansiyelleri, avantajları ve uygunluklarına yönelik farklı örtü malzemeleri altında performanslarını incelemiştir.

Sethi (2008a) bir seranın şekli ve yönelişi üzerine yaptığı deneysel çalışmada sera tipleri içerisinde çatı eğimi simetrik olmayan tek açıklıklı seranın en yüksek güneş radyasyonuna maruz kaldığını belirtmiştir. Tünel tip seranın ise yılın bütün aylarında en düşük güneş radyasyonu aldığını tespit etmiştir. 31 ve 77 enlem ve boylam derecesinde yaptığı deneysel çalışmada doğu-batı yöneliminin kışın yüksek yazın ise düşük güneş radyasyonu aldığını bulmuştur.

Yavuzcan (1995), borulu ve hava üfleli ısıtma sistemlerinin modellenmesinden bahsetmiştir.

Canakçı vd. (2006) seralarda sebze üretiminde biber, domates, salatalık ve patlıcan için yaptıkları maliyet analizinde domatesin en karlı sebze türü olduğunu bulmuşlardır.

Bartzanas vd. (2005) ısıtma sisteminin sera mikrokliması ve enerji tüketimi üzerine yaptıkları deneysel çalışmada, ısıtma borularına yardımcı olarak hava ısıtıcısının kullanılması durumunda enerji tüketiminin %19 artış gösterdiğini bulmuşlardır. Sera mikrokliması düşünüldüğünde, enerji tüketimindeki artışa rağmen olumlu sonuçların meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Litago vd. (2005) doğal havalandırma yapılan bir serada zaman serileri kullanarak ortaya koydukları modelde sera iç ortam sıcaklığının hesaplanmasında dış ortam sıcaklığının, havalandırma oranının ve güneş radyasyonunun dikkate alınması gerektiğini bulmuşlardır.

Kempkes ve Braak (2000) kasımpatı yetiştirilen bir serada ısıtma borularının sera içerisindeki yerleştirilme yüksekliğine bağlı olarak seradaki sıcaklık dağılımı ve enerji sarfiyatını irdemişlerdir. Yere yakın kurulan ısıtma sisteminin %7-9 ısıtma giderlerinde tasarruf sağladığını bulmuşlardır.

Teitel vd. (1999) bitki sıraları arasına yerleştirilmiş ısıtma boruları ile hava ısıtma kanalları arasında enerji sarfiyatı yönünden bariz bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte ısıtma borularının kullanılması halinde bitki yaprak sıcaklığının daha yüksek olacağını ve bitkinin mantar hastalığına karşı daha korunaklı olacağını ifade etmiştir.

Von Elsner vd. (2000a) ve (2000b), Avrupa ölçeğinde sera dizaynını etkileyen faktörleri ve iklim etkisi, konstrüksiyon malzemeleri ve yerel düzenlemelerin etkisinde kullanılan sera tiplerinin avantaj ve dezavantajlarının ortaya konduğu bir değerlendirme kaleme almışlardır.

2.1 Türkiye’de Seracılığın Durumu

Ülkemizde 2006 yılı verilerine göre Akdeniz bölgesinde Antalya, Ege bölgesinde Muğla, Doğu Anadolu’da Diyarbakır, Karadeniz bölgesinde Samsun, Marmara bölgesinde Yalova illerinde yoğun olarak seracılık faaliyeti yürütülmektedir. Kurulu seraların % 13.75’i cam seralardan oluşurken kalanı plastik seralardan oluşmaktadır. Türkiye’deki toplam kurulu sera alanının % 79’unu Antalya, Mersin ve Adana tek başına sırtlamaktadır. Bu illeri Muğla, Yalova ve Samsun illeri takip etmektedir. (Çizelge 2.1)

Çizelge 2.1 Türkiye’de seraların dağılımı (TUİK)

Örtü altı tarım alanları	2006 YILI				
	Toplam	Cam sera	Plastik sera	Yüksek tünel	Alçak tünel
Türkiye	497 412	68 403	181 919	98 550	148 540
İstanbul	1 087	-	235	851	1
Tekirdağ	92	1	20	67	4
Edirne	95	-	82	13	-
Kırklareli	48	-	40	8	-
Balıkesir	318	14	101	196	7
Çanakkale	204	1	133	59	11
İzmir	7 973	126	7 481	344	22
Aydın	5 129	31	635	3 094	1 369
Denizli	185	1	165	17	2
Muğla	22 294	5 084	12 760	2 813	1 637
Manisa	336	3	180	43	110
Afyonkarahisar	52	-	48	4	-
Kütahya	233	7	176	46	4
Uşak	160	-	68	92	-
Bursa	430	-	415	15	-
Eskişehir	410	-	175	235	-
Bilecik	767	-	638	129	-
Kocaeli	1 040	-	592	448	-
Sakarya	364	-	364	-	-
Düzce	47	-	-	47	-
Bolu	44	-	44	-	-
Yalova	30 891	54	-	30 837	-
Ankara	149	-	127	22	-
Konya	136	-	116	19	1

Karaman	9	3	6	-	-
Antalya	168 690	58 055	83 952	18 410	8 273
Isparta	219	52	160	-	7
Burdur	283	59	203	8	13
Adana	101 941	10	979	1 137	99 815
Mersin	122 292	4 851	65 191	33 252	18 998
Hatay	11 027	3	406	1 754	8 864
Kahramanmaraş	40	-	40	-	-
Osmaniye	1 133	-	33	-	1 100
Kırıkkale	46	-	1	35	10
Aksaray	16	-	16	-	-
Nevşehir	21	-	18	3	-
Kırşehir	126	-	2	124	-
Kayseri	14	-	14	-	-
Sivas	54	1	14	39	-
Yozgat	22	-	-	22	-
Zonguldak	1 092	-	363	316	413
Karabük	383	2	25	356	-
Bartın	866	-	2	711	153
Kastamonu	293	-	-	293	-
Çankırı	71	-	-	71	-
Sinop	333	1	129	185	18
Samsun	11 924	2	4 302	710	6 910
Tokat	619	3	211	150	255
Çorum	91	-	5	83	3
Amasya	1 387	-	228	957	202
Trabzon	98	-	98	-	-
Ordu	349	2	82	242	23
Giresun	180	1	75	65	39
Rize	8	1	7	-	-
Artvin	97	-	97	-	-
Gümüşhane	82	-	81	1	-
Erzurum	193	-	193	-	-
Erzincan	35	-	-	35	-
Bayburt	10	-	-	10	-
İğdir	6	-	-	6	-
Malatya	10	-	-	10	-
Elazığ	160	-	31	58	71
Tunceli	4	-	4	-	-
Van	47	-	-	47	-

Bitlis	7	-	7	-	-
Hakkari	3	-	3	-	-
Gaziantep	22	-	22	-	-
Adiyaman	36	1	32	3	-
Kilis	2	-	2	-	-
Şanlıurfa	202	21	114	47	20
Diyarbakır	306	13	98	10	185
Mardin	32	-	32	-	-
Batman	12	-	11	1	-
Şırnak	14	-	14	-	-
Siirt	21	-	21	-	-

3. SERA PLANLANMASI

3.1 Seracılığın Tanımı

Seralar, yapay olarak optimal çevre koşullarının kapalı bir mekan içinde oluşturulması amacıyla inşa edilen yapılardır. İklimle ilgili çevre koşullarına bağlı kalmadan bütün bir yıl boyunca, özellikle de tarla sebzeçiliğinin ve bahçe çiçekçiliğinin yapılmadığı mevsimlerde verimli ve ekonomik olarak taze sebze ve mevsimlik çiçek yetiştirme olanaklarının yaratıldığı tarımsal yapılara sera denir.

Bir başka tanıma göre de iyi ve dengeli beslenmeyi doğrudan etkileyen, taze sebzelerde yararlanmak ve onların yetiştirilebilecekleri koşulları kapalı ortamlarda sağlamak için iklime bağlı çevre koşullarının denetimi ile bitki yetiştirilmesine uygun ortamların yaratıldığı mekanlara sera adı verilir.

Seraların görevi ise tüm yıl boyunca yüksek verimli ve kaliteli ürün sağlamaktır. Bunun için de bitki gelişim etmenlerinin sürekli kontrol edilerek en uygun sınırlar arasında tutulması gerekmektedir. (Filiz 2001)

Seraların planlanmasında yer seçiminden sera boyutlandırmasına, ürünün pazarlanmasından iklim koşullarına kadar bir dizi etkenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

3.2 Sera Yeri Seçiminde Etkili Faktörler

Sera yeri seçimi, yetiştirilecek ürünlerin kalitesini ve ısıtma giderlerini doğrudan etkilemektedir. Bu bakımdan uygun bir yer seçiminde aşağıdaki değişkenler göz önünde bulundurulmalıdır.

3.2.1 İklim

Sera bitkilerinin kış aylarında doğal ışıktan mümkün olduğunca faydalanması gerekmektedir. Bu sebeple kış aylarında metrekare başına daha fazla güneş radyasyonu alan bölgeler tercih edilmelidir. Seralar kış aylarındaki ortalama ve en düşük sıcaklık değerleri yüksek olan bölgelere kurulmalıdır. Bir diğer etken de rüzgâr hızıdır. Rüzgâr hızının yüksekliği ve sürekliliği serada oluşan ısı kaybını artıracaktır. Sera kurulacak bölgede yönlendirme hâkim rüzgar yönüne en az cephe verecek şekilde olmalı ya da rüzgar kıranlar kullanılmalıdır.

Seraların kurulmak istendiği bölgenin ve bölgeye ait kuruluş yerlerinin iklim koşulları

farklıdır. Bölgenin ekstrem sıcaklık değerleri, rüzgar durumu, yağış şekli ve yoğunluğu, güneşlilik ve bulutluluk durumu gibi çeşitli faktörler sera tipinin seçiminde etkilidir. Örneğin; soğuk, rüzgârlı ve kar yağışlı bölgelerde seraların daha alçak, ılık bölgelerde ise daha yüksek olarak inşa edilmesi, karlı ve fırtınalı bölgelerde ise sera çatısının daha dayanıklı projelendirilmesi ve eğiminin buna göre düzenlenmesi gerekir.

Kış aylarında havadaki sislilik ve bulutluluk oranı yüksek olan bölgelerde sera kurulması uygun değildir. Aynı şekilde sera kurulacak bölgenin yakınında bulunan bir endüstri tesisinin atmosferi kirletmesi sonucu güneş ışınları parçacıklar tarafından yutulacağı için bitkilerin ışığı kesilecektir. Atık ısıyla seracılık uygulamalarında bu durum dikkate alınmalıdır. (Filiz 2001)

3.2.2 Toprak

Seracılık için en iyi toprak, suyu doğal olarak iyi süzebilen, verimli, derin tarım toprağıdır. Fazla taşlı topraklar seracılık için uygun sayılmazlar. Toprak verimliliği gübreleme ile takviye edildiğinden önemli sayılmayabilir. Toprağına bağlı kalmadan bitki üretimi (topraksız tarım) yapıldığı durumda toprak sadece taşıyıcı ortam görevi yapmaktadır.

3.2.3 Arazi Eğimi ve Yönü

Yüzey sularının tahliyesi için hafif bir eğimin olması birkaç sebepten dolayı istenebilir. Sera yerinin eğimli oluşu doğal akımlı sıcak su sistemlerinin çalışmasını kolaylaştırır. Eğimi %1-1,5'tan az olmayan hafif meyilli arazi doğal akımlı sıcak su sisteminin uygulanabilmesi için bir seçenek sayılabilir. Öte yandan bitişikteki diğer arazilerden yüzey suyu akışı ile hastalık taşınma olasılığından ötürü eğim sakıncalı olabilir. Eğimin fazla dik ve değişken olduğu arazilerde sera inşası zorlaşır ve inşa maliyetleri artar. Eğimi güneye doğru olan arazi soğuk günlerde güneş ışınımından faydalanmayı kolaylaştırır. Bu nedenle eğimli arazilerin ancak güneye yönelik olanları sera için uygundur.

3.2.4 Pazar ve Ulaşım

Pazara veya bir ulaşım yoluna yakınlık ürünün pazara iletilmesini, boşalan kasaların geri getirilmesini yardımcı işçi bulunmasını kolaylaştırır ve ucuzlaştırır. Aynı işlemlerin yapılmasını sağlamak için ana yola ulaşım olanaklarının işletme sahibi tarafından oluşturulması işletme giderlerini yükseltir.

3.2.5 Su

Serada kullanılacak sulama suyu zamanla tuzlanma ve kirlenme gibi kalite bozuklukları göstermeyecek nitelikte olmalıdır. Sulama suyu akarsulardan, göllerden, artezyen kuyularından ve yerleşim bölgesindeki şebekeden sağlanabilir. Genellikle sebzelerin gelişme süreçlerinde gerekli su miktarı ortalama olarak $12,5 \text{ lt/m}^2$ kadardır. Toprak tipine bağlı olarak bu miktar 40 lt/m^2 'nin üstüne çıkabilir.

3.3 Sera Tipinin Seçiminde Etkili Olan Faktörler

Sera tipinin seçiminde sera örtüsünden iklim koşullarına kadar birçok etken bulunmaktadır.

3.3.1 Blok Seralar ve Tekil Seralar

Birden fazla geniş çatı açıklığına sahip seralar, yan yüzeyleri birbirine ekli bloklar şeklinde planlanmış seralardır. Eklenme, ya blokların saçak çıkıntıları bir oluk ile birleştirilerek, ya da iki sera arası bir geçit (bağlantı) hacmiyle bağlanarak yapılır. Saçak çıkıntıları birbirine eklenerek planlanan blok seralardaki blokların arası; ya örtü malzemesi ile aynı olan bir perde (bölmeli tip) duvarıyla ayrılır, ya da bloklar arasında hacimleri ayırıcı bir duvar (bölmesiz tip) bulunmaz (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Blok cam sera [1]



Şekil 3.2 Blok plastik örtülü sera [2]

Hacimleri saydam bir malzeme ile sınırlandırılmayan blok seralardaki havalandırma uygulaması, diğerlerine göre daha etkilidir. Bu tiplerde ışık ve nem dağılımı dengesi daha kolay sağlanır. Bloktan bloğa geçme ve sera tarım işçiliği daha serbest ve kesintisiz yapılabilir. Ekli blok seralarda optimal ekolojik istekleri farklı bitkilerin yetiştirilmesi halinde; birbirlerine bir perde veya bir geçit hacmi ile ekli blok seraların planlanması gerekir. Çünkü aynı hacim içinde, farklı bitkilerin yetiştirildiği kısımlarda farklı çevre koşulları oluşturulamaz.

Araları bir perde ile ayrılmış bölmeli blok seralar, birbirlerinden belirli aralıklarla ayrılmış aynı büyüklükteki bireysel seralarla; maliyet yönünden karşılaştırılırsa; yapı için harcanması gerekli ilk sermaye, ekli blok şeklinde planlanmış seralarda daha düşük olur. Ekli blok seralar içinde aynı tür bitki yetiştirilmek istendiğinde, ara duvar perdesi gerekmez. Fakat her bir blok içinde farklı bitki türleri yetiştirilmek istendiğinde; her bir bitki türüne uygun Çevre koşulları yaratmak amacıyla, bloklar arasının perdelerle ayrılması zorunludur.

Birbirine yakın blokların, 2-4 m genişlikteki geçit hacimleriyle bağlanmasıyla düzenlenen blok seralar; ayrı bireysel seralardan farksızdır. Aradaki geçit hacmi çeşitli küçük alet ve makineleri geçici bir zaman içinde muhafaza etmek, çevre koşulu ayarlayıcı sistemin

çalıştırılma düzenlerini yerleştirmek, ambalaj işlemlerini yapabilmek ve büyük sıcaklık derecesiyle karşılaşmadan seraların birbirinden diğerine geçebilmek amacıyla kullanılır.

Aynı faydalı alan büyüklüğüne denk; ya belirli aralıklarla yan yana veya birbirine ekli olarak düzenlenmiş seralarda güneş ışığından faydalanma dereceleri karşılaştırılırsa, belirli aralıklarla yerleştirilen seraların güneş ışığından daha iyi faydalandıkları görülür. Çünkü birbirine ekli seralarda mahya ve dere hatları boyunca yerleştirilen çatı elemanları sera içini gölgeleyen yüzeyleri arttırır. Bu yüzden fazla adette ekli bloklar şeklinde düzenlenmiş seraların dış bloklarından elde edilen ürün orta kısımlarınkinden daha fazla olur.

Yan yana bloklar şeklinde düzenlenen seraların ilk yapı birim maliyeti, aynı üniteler şeklinde düzenlenenlerde daha az olur. Aynı şekilde bu tür seralarda ısıtma gideri, havalandırma elemanları giderleri daha düşük olur. Ayrıca toplam sera alanı için gerekli işçilik akımı kolaylaşır, yapılan işin verimliliği artar.

Yan yana birbirlerinden ayrı bloklar şeklinde düzenlenen seralarda; komşu yapıların birbirini gölgelemesini önlemek amacıyla; ara boşluklar bırakılır. Komşu üniteler arasında bırakılan bu boşlukların genişlikleri; kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilenlerde 3-5 m, Doğu-Batı doğrultusunda yerleştirilenlerde ise bu genişlik, seraların mahya yüksekliğine, kış güneşinin o bölgedeki eğiklik derecesine göre ve kuzey-güney yönlülerdekinden daha fazla olmak üzere değişir.

Yan yana ayrı üniteler şeklinde düzenlenen seralar arasındaki boş tarım alanı, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde ekonomik değerlendirme bakımından önemli bir sakıncadır. Çatı genişliği kısa olan seralarda bu önem daha büyüktür. Bu nedenlerle, optimal bir havalandırma uygulanacaksa çatı genişliği orta uzunlukta olan 3-5 gözlü seraların veya çatı genişliği uzun olan iki gözlü seraların uygulanması daha faydalı olur. Ayrı bloklar halinde tasarlanması düşünülen cam seralarda 9-12 m'lik bir çatı makası açıklığı uygulanması önerilebilir. Tarım işletmelerinde 1,5 m'lik bir uzunluğun katları olan büyük sera genişlikleri sera bitki türlerinin çoğu için uygun bir genişlik olarak kabul edilebilir. Birbirine ekli bloklar şeklinde düzenlenmesi tasarlanan cam seraların planlanmasında ise doğal ışıklandırma, yapının ilk maliyeti, ısıtma giderleri, havalandırma etkinliği gibi faktörlerin tümü dikkate alınarak; her bir ünitenin genişliği 9 m civarında olmak üzere 2-3 gözlü bloklar şeklinde düzenlenmesi daha uygundur. (Filiz 2001)

3.3.2 Sera Örtüsü

Genelde sera inşaatları dört kategoride ele alınmaktadır. Bunlar;

- 1- Cam
- 2- Plastik film
- 3- Fiberglas veya benzeri sert plastikler
- 4- 2 ve 3 no'lu malzemelerin kombinasyonu

Bu örtülerin tamamı genelde çelik veya alüminyum iskelet üzerine monte edilmektedir.

Cam seralar, cam malzemenin ağır ve pahalı olması ve ayrıca bu ağır malzemeyi taşıyacak iskeletin sağlam olma zorunluluğu nedeniyle en pahalı yapı türüdür. Yapı şekli genelde makas çatılı oluk genişlikleri 10.80-12.60 m aralıklarla yerleştirilen kolonlarla sağlanır. Bu tip seralar özellikle aşırı ışık parlaklığı isteyen bitkilerin yetiştirilmesi amacıyla tercih edilir. En yüksek ışık geçirgenliğine sahip cam örtüler, aynı zamanda düşük enerji etkinliğine sahiptirler. Tek camın ısıyı iyi izole edememesi ayrıca camlarda meydana gelen çok sayıdaki çatlak ve kırıklardan sera içine soğuk hava girmesi nedeniyle enerji maliyeti yükseltir. Bu nedenle bu tip seralarda çift cam uygulamaları gündeme gelmiştir. Fakat bu uygulama pahalı olması ve ışık geçirgenliğini kısmen engellemesi sebebi ile çok yaygın değildir.

Plastik film seralar genelde yarım dairesel çatılı veya yan yüzeyleri dik kemer çatılı tiptedir. Yan, ön ve arka yüzeyler fiberglas olarak inşa edilebilir. Kullanılan plastik film malzemenin kalitesine bağlı olarak bu örtüler üç yıl veya daha az periyotlarda bakım amacıyla değiştirilir. Plastik örtülü seralarda genelde çift kat plastik örtü kullanımı hem çatı ve yan yüzeylerde meydana gelen ısı kayıplarını azaltarak % 30 - 40 oranında ısı tasarrufu sağlar hem de seraya dışarıdan gelebilecek soğuk hava sızmalarını engeller. Bu nedenle enerji etkinliği bakımından çift kat plastik örtülü sera dizaynı çoğu zaman tercih nedenidir. Plastik film, camdan daha az radyasyon iletimine sahip olmasına rağmen, cam seralara oranla ısı izolasyonu bakımından daha elverişlidir. Cam seralarda oluşan çatlaklardan sera içine sürekli soğuk hava sızmaları, plastik film kullanılarak önlenir. Plastik film seralardaki ısı yalıtımı üstünlüğü, bu malzemenin düşük ışık geçirgenliği dezavantajını ikinci plana atmaktadır. Sonuç olarak ışığa yüksek duyarlılık gösteren bitkiler çift kat örtülü seralarda başarı ile üretilmeyebilirler. Plastik seralar 9 m genişlik ve 45 m uzunlukta inşa edilebilirler.

Fiberglas seraların inşa tekniği cam seraların inşasına benzemektedir. Bunlar genelde sivri

çatı dizaynı olup, örtü malzemesi, camdan daha hafif olduğu için taşıyıcı yapı maliyeti cam seralara göre daha azdır. Isı kayıp oranları cam seralarla hemen hemen aynıdır.

3.3.3 Seraların Yönlendirilmesi

Sera uzun ekseninin yerleştirilme yönü; güneş enerjisinden faydalanma oranında etkilidir. Bu eksenin doğu—batı doğrultusunda yerleştirilmesi kışın güneş enerjisinden faydalanma etkinliğini artırır. Bu etkinlik özellikle kuzey-yarım küresindeki ülkelerin kuzey enlemlerinde önemle dikkate alınmalıdır. Kuzey yarım küresinde enlem dereceleri arttıkça kışın güneş ışınlarının toprak yüzeyine geliş açıları küçülür. Bu nedenle kuzey enlemlerinin kış seracılığı uygulanan bölgelerinde; bireysel seraların doğu—batı doğrultusunda yönlendirilmesi önerilebilir. Fakat bu seralarda, çatı aşıklarının aynı alanları sürekli olarak gölgeleme sakıncası görülebilir. Güneye kayan enlem bölgelerinde seraların kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmesi uygundur.

Doğu—batı doğrultusunda yönlendirmede güneş ışınları, seranın güney yüzeylerinden girer. Fazla sayıdaki seraların doğu—batı doğrultusunda sıralar şeklinde düzenlenmesi halinde; ilk sıranın kuzeyinde bulunan seralar, güneyde yerleştirilmiş komşu sıra tarafından gölgelenebilir. Bu sakınca seralar arasında boş gölgelenme aralıkları bırakılarak giderilebilir. Ortalama olarak bu aralık alanı taban, alanın % 10'u kadardır.

3.3.3.1 Seraların Yönlendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

—Doğu-Batı Doğrultusu:

Burada seranın doğrultusu (uzun eksen doğrultusu) doğudan batıya doğrudur. Çatının geniş kısmı yalnız öğle saatlerinde tamamen güneşe maruz kalır. Bunun için kışın öğle saatlerinde çok iyi bir ışık verimi sağlanır. Bu pozitif tesir yazın bazen negatif bir etkiye dönüşebilir. Günün tam ortasında güneş seranın üstünde aşırı bir ısı etkisi yapar. Bazı hassas bitkilerden karanfil ve süs bitkileri bu durumda zarar görür. Bundan dolayı bir kalite düşüklüğü ve bir verim azalması meydana gelir. Kışın ise güneşin etkisinin çok düşük olmasından dolayı güneş ışınları yeryüzüne tam ulaşamazlar. Bazı zamanlarda yapraklarının dökülmesi gerekli olan bitkilerin yapraklarının kuruyup dökülmesi sağlanamaz. Bu kusurlar tekil seralarda olduğu gibi birçok bölümden meydana gelmiş, blok seralar içinde geçerlidir. Hatta birbirlerini gölgelermeleri dolayısıyla daha da mahsurludur.

—Kuzey-Güney Doğrultusu:

Böyle bir serada doğrultu kuzeyden güneye doğrudur. Bu yönlendirme şeklinde güneş öğle vakti en yüksek olduğunda sera çatısının yalnız dar bir şeridini aydınlatır. Kışın diğer Doğu-Batı doğrultusundaki seralara nazaran daha az ışık alır. Fakat buna karşılık akşam ve sabah saatlerindeki güneş ışınlarından maksimum derecede faydalanılır. Kuzey-Güney doğrultusundaki bir sera yukarıda sayılan sebeplerden dolayı yazın pek sıcak olmaz. Bu tip seralar nazik bitkilerden olan süs çiçekleri ve karanfil için uygundur. Genel olarak doğu-batı yönünde yerleştirilmiş bir seranın kuzey-güney doğrultusunda bulunan bir seraya nazaran kışın ışık veriminin ne oranda fazla olduğu hakkında çok kesin bir şey söylenmemekle birlikte, doğu-batı yönünde inşa edilen bir seranın, kuzey-güney doğrultusunda bulunan bir seraya nazaran, çatı eğim açısı ile bağlantılı olarak kasım ayında yapılan bir araştırmadan Çizelge 3.1'deki sonuçlar elde edilmiştir

Çizelge 3.1 Çatı Eğim Açısı İle Işık Yoğunluğu Arasındaki İlişki (Filiz. 2001)

Çatı Eğim Açısı	Işık Fazlalığı
0°	%16,1
10°	%14,0
20°	%10,8
30°	%10,8
40°	%17,0

Bu rakamların tek bir bloktan oluşmuş bir sera üzerinde elde edildiği düşünülürse yan yüzeylere gelen ışık miktarının ne kadar büyük bir rol oynadığı görülür. 0° eğimli seranın (düz çatılı sera) %16,1 fazla verim sağlamanın sebebi, çatı eğim açısı değildir. Aksine bu faktörü meydana getiren sebep seranın konumu yani yönlendirilmesidir. Kuzey-Güney doğrultusundaki bir serada öğle vakti seranın yalnız küçük bir bölümü güneş yüzü görür. Doğu-Batı yönündeki bir sera ise öğle vakti bütün bir yan yüzeyi boyunca güneşe maruz kalır. Burada da söz konusu seralar yine tek bloktan oluşmuş seralardır. Çünkü bu seraların maruz kaldıkları ışınlar, çatıdan değil de yan duvarlardan girmektedirler. Bu çizelgedeki değerleri eğer bir çok bloklardan meydana gelmiş seralar için uygulamak istersek her sera bloku arasında 6-8 m aralık olmalıdır. Sonuç olarak tek bloktan ibaret seraların ışık verimi, birden fazla bloktan meydana gelmiş seralara nazaran daha yüksektir. Yalnız konstrüksiyonlarda tek

bloklı seraların tercih edilmemelerinin sebebi, bunların birçok bloktan meydana gelmiş seralara nazaran inşaat, ısıtma ve havalandırma masraflarının daha yüksek olmasıdır.

Birçok faktör ele alınarak yapılan araştırmalar sonucunda araştırmacılar doğal olarak kuzey-güney doğrultusunun en uygun olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak kışın çok güneş görmesi gereken seraları doğu-batı doğrultusunda yerleştirmek mümkündür. Fakat sera kurulacak arazi her zaman serayı istediğimiz yönde kurmaya elverişli olmayabilir. Bu durumda ön planda gelen arazinin şeklidir. Bunun için arazinin durum planına uymak gerekir. Daha başka tipteki araziler için kuzeybatı-güneydoğu doğrultusu düşünülebilir. Bu durumda sabah güneşi seranın geniş tarafına gelir. Güneybatı-Kuzeydoğu doğrultusunda da, kışın öğleden sonraları iyi bir ışıklandırma sağlanabilir. (Filiz 2001)

3.3.4 Seranın Boyutlandırılması

Sera yapılarının büyüklüğü; genişlik, uzunluk ve yükseklikle ilgili üç boyutla belirlenir. Bu boyutların seçilmesinde etkili olan faktörler vardır.

3.3.4.1 Genişlik

Sera için uygun genişliğin seçilmesinde etkili olan faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Sıralar arası genişlik veya sıra uzunluğu
- Sera tarım işçiliğinde kolaylık
- Sera çatısının inşasında kolaylık
- Serada yetiştirilmek istenen bitki türü
- İhtiyaç duyulan alan büyüklüğü

Sera ünitelerinin her bir m² birim alanının maliyeti, taban alanının büyümesi veya küçülmesi halinde hiperbol şeklinde bir eğri gösterir. Taban alanının fazla genişletilmesi halinde çatı kirişlerini taşıyan kolonların arasındaki mesafe artacak ve neticede inşa birim maliyetleri yükselecektir. Buna karşın taban alanının büyümesi halinde birim alana düşen ısıtma yüzey alanı azalacağı için birim alan için ısıtma maliyetleri azalacaktır. Bütün bu etmenler dikkate alındığında bir üniteye ait sera alanının 500–600 m²'den küçük olmaması önerilir. Bu öneriye uygun olarak sera genişliğinin cam seralar için 9–12 m, plastik seralar için 6–9 m arasında olması uygun olur.

3.3.4.2 Uzunluk

Her bir yetiştirme ünitesi için gerek duyulan alanın taban genişliğine bölünmesiyle bulunur. Sera uzunluğunun fazla oluşu pompasız sıcak su sistemlerinin etkinliğini azaltır. Kısa seralarda ise tarım işçiliği kolay yapılamaz. Bu nedenle sera uzunluğunun 30–60 m arasında tutulması önerilebilir.

3.3.4.3 Sera Yüksekliği

Sera yüksekliği,

—Başlangıçta ve gelecekte yetiştirilmek istenen bitki boyuna

—İşçiliğin rahat yapılması için gerek duyulan düşey açıklığa

—Bölgenin iklim karakterine

—Havalandırma için bitkilerin üzerinde bırakılması gereken hacme bağlı olarak değişir.

Sera hacmini belirleyen yükseklikle ilgili boyut yan duvar yüksekliği ve çatı yüksekliği olmak üzere iki kısımda tasarlanır. Yan duvar yüksekliği sera tarım işçiliğine uygun en küçük yükseklik olarak 1.80-1.85 m'den kısa olmaması önerilir.

Kısa genişlikli seralarda çatı ortasındaki alt elemanın yüksekte bulundurulması koşuluyla bu yükseklik 1,6 m'ye indirilebilirse de; basık seralarda havalandırma etkinliği ve bitki gelişmesi zayıflar.

Domates, hıyar, fasulye gibi iplere asılarak yetiştirilmesi tasarlanan seralarda yan yükseklik 2,00 m'den az olmamalıdır. Tarım işçiliğinin makinelerle yapılması planlanan seralarda ise yan yükseklik; içeride çalışma serbestliği verebilecek bir düzeyde yani 2,20 m'ye ulaştırılması önerilir. Benzer şekilde raflarda veya yetiştirme tablalarında süs bitkileri yetiştirilmesi planlanan seralarda yan yükseklikler raf tipi ve düzenine uygun olarak daha yüksek tutulması gerekebilir.

Sera yüksekliği; yapının dış yüzey örtüsünü oluşturan toplam alan büyüklüğünü de belirler. Toplam dış yüzey alanı büyük olan seralarda, soğuk mevsimlerde örtü elemanlarından kaybolan ısı miktarı fazla olur. Sera yüksekliğinin az olması soğuk mevsimlerde enerji tasarruf sağlar. Ülkemiz sera işletmelerinde sera yan yükseklik değerleri ılık bölgelerde 2,1-2,3 m, serin bölgelerde 2,0-2,1 m, soğuk bölgelerde ise 1,8-2,0 m arasında olması önerilebilir.

Sera çatı yüksekliği, çatının eğimine ve genişliğine bağlı olarak değişir. Çatı elemanının

fazlalaşması, çatı yüksekliğini artırır. Çatı eğimi değişmese bile çatı makasının genişletilmesi çatı yüksekliğinin artmasına sebep olur. Çatı yüksekliğinin fazlalaşması; sera havalandırma hacmini ve küçük oranla çatı yüzeyini büyültür.

Çatı eğimi sera içinin özellikle kış aylarında güneş ışınlarından faydalanma oranlarıyla yakından ilgilidir. Sera çatısının güneşe yönelik yüzeylerinin yatayla yaptığı açı (eğim) küçüldükçe, güneş ışınlarından faydalanma oranı azalır. Bu açı veya eğim büyüdükçe, faydalanma oranı yükselir. Zira, güneş enerjisinin saydam çatı örtüsünden kırılma ve yansıma şeklindeki kaybı bu açı büyüdükçe azalır. Kuzey yarım küresi ortalarında farklı eğimlerde sera çatı yüzeyinden, kırılma ve yansımayla kaybolan güneş ışınları oranı Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Farklı Çatı Yüzeyi Eğimlerinde, Kışın Çatı Örtüsünden Kaybolan Güneş Işınları Oranı (Filiz. 2001)

Çatı Yüzeyi Eğimi (Açı Derecesi)	Kaybolan Güneş Işınları Oranı (%)
15 ⁰	30
20 ⁰	22
30 ⁰	11,2
40 ⁰	5,7
50 ⁰	3,4
60 ⁰	2,7
Yarım Küre Merkezinde	8,2
Yarım Silindir Merkezinde (Tünel tipi plastik)	9,8

Çatı eğimi yüksek oranda güneş ışığı geçirimini sağlayacak, fazla mahya yüksekliği veya geniş çatı alanı yaratmayacak şekilde seçilmelidir. İşletmelerde uygulanması önerilebilecek çatı eğimi açısı değeri, soğuk bölgelerde 30-35⁰, serin bölgelerde 26-29⁰, ılık bölgelerde 23-25⁰, ülkemizde ortalama 26,5⁰ dir.

A.B.D’de yapılan seralarda çatı eğimleri 26–32°’ler arasında değişmektedir. Genellikle 7,65 m genişlik seralarda çatı eğimi 32°, 7,65 m’den daha geniş seralarda 26°’lik bir çatı eğimi kullanılmaktadır. Eğime ve sera tipine göre değişen çatı yüksekliği 4,5–6,5 m değerleri arasında olması önerilebilir. Ayrıca bazı araştırmacılar serada en önemli boyut genişlik

olduğundan bununla çatı yüksekliği arasında bir oran kabul edilmiştir. Bu oran 1/4 olduğunda çatı açısı 26°-26,5° değerlerini almaktadır. Yarım silindir şeklinde planlanan plastik örtülü seralarda yan yükseklik ve çatı yüksekliği birleşmiş durumda olur. Bu yüzden, silindirik seralarda yükseklik sebze seraları için 2,5-3,15 m, kesme gül seraları için 3,25-4,0 m arasında önerilebilir. (Filiz 2001)

3.3.5 İşletmenin Mali Gücü

İşletmenin sahip olduğu ekonomik güç ve sera inşası için ayırabileceği sermayenin büyüklüğü uygulanabilecek sera tipinin tespitinde çok etkilidir. Başlangıç sermayesinin az olduğu işletmelerde ilk maliyetler düşük, sermayenin yeterli olduğu işletmelerde ise ilk maliyetler yüksek fakat yıllık yapı giderleri daha az olan sera tipleri seçilebilir.

3.3.6 Mekanik Ekipman Kullanmaya Uygunluk

Toprak işçiliği, ilaçlama, gübreleme, ürün hasadı, ambalajlama gibi işlemlerin ekipmanlarla yapılmasının tasarlandığı seralarda; taban boyutları, giriş-çıkış kapıları, servis yolları ve duvar yükseklikleri uygun bir şekilde boyutlandırılmalıdır.

3.3.7 İleride Gelişme Olanakları

Başlangıçta tek bir sera ünitesi ile üretime başlaması kararlaştırılan bir işletmede zamanla üretim alanının büyütülmesi ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle sera tipinin seçiminde ilerleyen zamanlarda oluşabilecek büyüme ve gelişme olanakları dikkate alınmalıdır.

3.3.8 Farklı Bitki Türü Yetiştiriciliğine Uygunluk

Bir sera işletmesinin fiziki yapısı başlangıçta tek bir bitki türünün yetiştirilmesine uygun bir şekilde tasarlanabilir. Bu durumda başka bir tür bitki yetiştirilmek istendiğinde yapı işlevselliğini kaybeder. Örneğin sadece fide ve çelik üretimi amacıyla planlanan veya küçük boyutlu bitkilerin yetiştirilmesine olanak verecek şekilde inşa edilen alçak bir sera başka tip ve türde bitkilerin yetiştirilmesi için uygun olmayabilir. Bu nedenle ileride farklı tipte bitki türlerinin yetiştirilme olasılığı bulunan seralar, tip, boy ve büyüklük bakımından en kritik ve en uygun koşullara gereksinim duyan bitkiler göz önüne alınarak planlanması gerekir. (Filiz.2001)

4. SERALARDA ISITMA SİSTEMLERİ

4.1 Katı yakıt yakan ısıtma sistemleri

Odun, kömür ve biyokütle yakma sistemlerinden müteşekkildir. Katı yakıt yakan ısıtma sistemlerinde aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir.

—Kullanılan katı yakıt türü

Kömür kullanılıyorsa yakıtın,

—Buharlaşma yüzdesi

—Kül içeriği

—Şişme sayısı

—Genleşme indeksi

—Yapışma gücü

4.2 Sıvı yakıt yakan ısıtma sistemleri

Sera ısıtmak amacıyla son on yıldan bu yana uygulamada yaygın olarak sıvı yakıt yakan üniteler kullanılmaktadır. Son zamanlarda bu ısıtma sistemlerinde yapılan birkaç düzenlemeden birisi daha temiz ve iyi bir yanma için belirli oranda yakıt ve su karışımının yakılması işleminin gerçekleştirilmiş olmasıdır. Diğer bir uygulama da düşük sıcaklıklı su kazanlarının (40-50 °C) kullanılmaya başlanmış olmasıdır.

4.3 Gaz yakıt yakan ısıtma sistemleri

Genel olarak gaz yakıtlar özellikle de ilk olarak doğal gaz Avrupa ülkelerindeki sera endüstrisinde büyük önem kazanmıştır. Baca gazı yapısının ısı geri kazanımı için uygun oluşu ısı geri kazanım tekniklerinin geliştirilmesine ışık tutmuştur. Baca gazı uygun oranda temiz hava ile karık durumda olduğundan serada karbondioksit gereksinimi için kullanılabilir.

4.4 Atık ısı Kullanan Sistemler

Atık ısı kullanan sistemlerde herhangi bir yakma sistemi mevcut değildir. Bunun yerine sıcak su yardımıyla seraya ısı transferi gerçekleştirilir. Atık ısı kullanan sistemlerde aşağıdaki

noktalar dikkat edilmelidir.

4.4.1 Atık Isı İle Isıtılması Düşünülen Seralarda Dikkate Alınması Gereken Noktalar

Atık ısıyla ısıtılması düşünülen seralarda normal prosedürden farklı olarak projelendirme safhasında bir dizi etken göz önünde bulundurulmalıdır.

4.4.2 Kurumsal ve Sosyal Etkenler

Isıtma sistemlerinde ısının iletimi ve dağıtımında karşılaşılan teknik sorunların giderilmesi önemli olmakla birlikte, seraların ısıtılmasında endüstriyel ısıl atıkların yararlanımına ilişkin olarak yapılan projenin başarıya ulaşması için, bu sorunların giderilmesinin dışında başka sorunlarla da karşılaşılmaktadır. Ekonomik durum, pazarlama organizasyonu, personel durumu ve çevre ilişkileri de kaçınılmaz olarak ortaya çıkmaktadır. Belirtilen bu durumların her biri ayrı ayrı dikkate alınmazsa, projenin başarıya ulaşmasında ciddi güçlüklerle karşılaşılabilir.

Belirtilen bu faktörlerin özellikleri her durumda farklı olabileceğinden, düzenlenen projenin planlama aşamasında dikkate alınması gereken bazı temel ilkeler vardır.

4.4.3 Yatırım Gideri

Atık ısı ile ısıtma projesi, yüksek sermaye yatırımı gerektirir. Yatırımda önem taşıyan faktörlerin özelliklerinin uygun olarak belirlenmesinde güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu nedenle, başlangıçtaki planlama aşamasında sermaye bedelinin gerçek olarak belirlenmesine büyük önem verilmelidir. Aksi takdirde projenin ekonomik olarak devamlılığı ciddi durumlarla karşılaşabilir. Projenin uygulamaya başlanmasına karar verme ve projenin tamamen uygulamaya konulmuş olması arasında geçen sürenin doğru olarak belirlenmesi de önemlidir.

4.4.4 Ürünün Pazarlanması

Yeni durumda geniş sera alanlarının kurulacağı yerlerde, yetiştirilen ürünlerin pazarlanması için uygun pazar yerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

4.4.5 Yerleşim

Mevcut ısı kaynağından yararlanmak üzere yeni seraların kurulduğu yerlerde ısı kaynağının bulunduğu bölgede ticari olarak sera üretimi yapılmıyor olabilir veya ısı kaynağı bölgede

mevcut seralardan çok uzakta bulunabilir. Bu nedenle, aşağıda belirtilen özellikler konusunda ortaya çıkabilecek güçlüklerin değerlendirilmesi önemlidir.

- Yapılan üretimin yerel pazarların gereksinimlerinden fazla olduğu yerlerde piyasa araştırması,
- Üretim için artan ulaşım giderleri,
- Becerikli ve deneyimli işçilerin bölgesel olarak yeterliliği,
- Servis, bakım ve özel ekipmanların sağlanmasında karşılaşılan gecikmeler ve ek giderler,
- Özel danışman ve danışmanlık hizmetlerindeki eksiklik.

4.4.6 Mülkiyet ve Yönetim

Endüstriyel ısı atıklarının kullanıldığı ülkelerde, birçok işletme, alışlagelen ve başarılı olan aile işletmeciliği ilkelerinden farklı bir yapıya sahiptir. İşletmenin büyüklüğüne göre, limited şirketler veya kooperatifler tarafından işletilebilir. Bununla birlikte üreticiler tarafından bağımsız olarak işletilen işletmeler de bulunmaktadır. Ayrıca, katılım paylarına göre bazı birimlerden ortak olarak da yararlanabilirler. Bu işletme sistemlerinin her birinde, yeterli eğitim görmüş uzman kişilere yer verilmesine ve ticari girişimin bir bütün olarak işletilebilmesi için uygun yapının oluşturulmasına önem verilmelidir.

4.4.7 Isı Bedeli

Sera üreticisi tarafından atık ısının alındığı işletmeye ödenmesi gereken birim ısı bedeli; atık ısının asıl değerine, üretici ve işletme arasındaki mevcut ticari ilişkiye bağlı olarak değişir. Genellikle 35 °C den daha düşük sıcaklıktaki atık ısı için, enerji değerine bağlı olarak ödenmesi gereken bir ücret söz konusu değildir. Ancak, bu atık ısıyı kullanacak olan üretici, ısının seraya taşınmasında gerekli olan boru ağının düzenlenmesi ve pompa ünitesinin kurulması için gerekli yatırım giderlerini karşılayacaktır.

Daha yüksek sıcaklıkta atık ısının sağlandığı durumlarda elde edilen ısının birim bedeli, elektrik üretim tesisindeki ısıdan ek elektrik üretimi sağlaması gibi alternatif bir kazancı da yansıtacaktır. Bu bedel, henüz önemli düzeyde olan alışlagelen ısı kaynağından elde edilen ısı maliyetinden daha düşüktür.

Bazı durumlarda, atık ısının elde edildiği tesisin işletmecisi, bu ısıyı üreticilere bireysel olarak satmaktadır. Bununla birlikte, atık ısının üretildiği tesisten ısıyı satın alan ve daha sonra

üreticilere pazarlayan, ısının taşınması ve dağıtılması işlevlerini üstlenmiş olan üreticilerin oluşturduğu üretici kooperatifi gibi bir organizasyon oluşturulabilir. Üretici, ısı dağıtımını yapan kooperatifin bir ortağı da olabilir. Kurulan organizasyonda, üreticilerin kollektif ve bireysel olarak kullandıkları ısı için ödemeleri gereken ısı ücreti konusunda bir takım sorunlar ortaya çıkabilir. Bu organizasyon örneklerine Hollanda'da rastlamak mümkündür.

Çekilen ısı için uygulanmakta olan diğer bir yaklaşım da, belirlenen ücretin elde edilen ısı miktarına değil, sabit kaynak sıcaklığında çıkarılan su miktarına bağlı olmasıdır. Isı kaynağından gelen sudan mümkün olduğunca fazla ısı çekilmesi, üreticinin aynı ücret için daha fazla ısı kazanımı sağlamasına neden olur. Bu durumda üreticinin ısıtmada kullandığı suyun, mümkün olabilen en düşük sıcaklıkta ısı kaynağına geri dönmesi sağlanmalıdır. Benzer yöntem Danimarka'nın Odense yakınındaki Stige'deki birleşik halde ısı ve güç sistemleri projesinde uygulanmaktadır.

4.4.8 Çevre

Atık ısı sağlayan endüstri tesislerinin, seralardaki çalışmalara çevre zararı olarak etkili olma olasılığının da göz önünde bulundurulması gerekir. Bu olumsuzluklar, atık ısı sağlanan tesisin bacalarından veya kömür depolarından çıkan tozların sera çatısında birikmesi, halta bacalardan ve soğutma kulelerinden gelen atıklar nedeni ile seraya giren ışık miktarının azalması şeklinde olabilir.

4.4.9 Kontrol Listesi

Sonuç olarak, endüstriyel ısı atıklardan yararlanmak için hazırlanan projenin ön değerlendirme aşamasında aşağıda belirtilen konuların incelenmesi yararlı olur.

— Mevcut ısı miktarı ne kadardır?

— Isı bırakılması su veya hava ortamlarından hangisinde olmaktadır?

— Dışarıya bırakılan ısının sıcaklığı ne kadardır?

Yapılacak olan projelerde yeni sera kurulması düşünülüyor ise;

—Serada hangi ürünler yetiştirilecektir?

—Yetiştirilen ürünler nereye pazarlanacaktır?

— Bölgede alışlagelen bir sera yetiştiriciliği yapılmakta mıdır?

- Isı kaynağı ile sera arasındaki uzaklık ne kadardır?
- Atık ısı seranın ısı gereksinimini karşılayabilecek kapasitede mi yoksa ek ısıtma gerekli midir?
- Yardımcı ısı kaynağına gereksinim var mıdır?
- Seralarda ısı dağıtım sistemi olarak hangi yöntem kullanılacaktır?
- Ne kadar ek enerji (fan, pompa vb için) gerekecektir?
- Isı için ne kadar ücret ödenecektir?
- Projenin yatırım giderleri nasıl karşılanacaktır?
- Çevreye zararlı etkisi olacak mıdır? (Zabeltitz vd.1996)

5. DÜŞÜK SICAKLIKLI ISITMA SİSTEMLERİ

5.1 Genel Durum

Günümüzde seraların ısıtılması amacıyla, değişik kaynaklarda bulunan düşük sıcaklıktaki suların yararlanılmaktadır. Değişik sera ısıtma sistemleri anlatılmadan önce, bu sistemlerden yetiştiricilik açısından beklenen bazı özelliklerin bilinmesinde yarar vardır.

Verimli bir bitkisel üretim için dış ortam sıcaklığının uygun olmadığı durumlarda, serada bitki gelişimi için uygun iç ortam sıcaklığının sağlanması temel gereksinimdir. Seralarda kullanılan ısıtma sistemlerinden beklenen bazı özellikler aşağıdaki gibidir.

—Isıtma sistemi, seranın aydınlanma koşullarını mümkün olduğunca en düşük düzeyde engellemelidir.

—Isıtma tesisatı, serada mümkün olduğunca az yer kaplamalı ve üretim alanını kısıtlamamalıdır.

—Isıtma sistemi, serada çalışma koşullarını önemli ölçüde etkilememelidir. Sistem çalışma koşullarını ergonomik açıdan uygun olmayan duruma getirmemeli ve fanların çalışmalarıyla oluşan gürültü, serada çalışanları rahatsız etmemelidir.

—Serada ısıtma sisteminin çalışması nedeniyle hava hızının artması sonucunda, bitkiler titreşimden ve hava hızının artmasından zarar görmemeli, ürünlerin kurummasına neden olmamalıdır.

—Seranın özgül ısı tüketimi mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Serada ısıtma yüzeylerinin genişlemesi veya hava dolaşımının artması, seranın özgül ısı gereksiniminin artmasına neden olur.

—Serada sıcaklık değişimlerinin en aza indirilmesi, üretim alanının tamamında bitki su tüketimi ve gelişiminin eşit olarak sürdürülmesi için ısı dağılımı mümkün olduğunca tek düze olmalıdır. Seradaki sıcaklık dağılımında sadece çok küçük değişikliklere izin verilebilir.

—Isıtma sistemi, seradaki ürünün nemliliğini etkin olarak giderebilmelidir. Bununla birlikte bu durum, bitki hastalıklarının önlenmesi için çok etkin olmamalıdır.

—Isıtma sistemi seradaki iklim parametrelerindeki değişimlere hızlı bir şekilde uyum gösterebilmesi için kontrol edilebilmelidir.

—Sistemin bakım gereksiniminin az ve çalışma emniyetinin yüksek olması istenilen önemli bir özelliğidir.

Isıtma sistemlerinden istenilen bu özellikler, sistemlerin farklı özelliklere sahip olması nedeniyle tüm konumlarda sağlanmayabilir. Bu nedenle, sistemlerin üstünlük ve olumsuzluklarının belirlenmesi gerekir. Akış sıcaklığı 20–50 °C olan düşük sıcaklıklı bir ısıtma sistemi ile alışlagelen bir ısıtma sistemi arasındaki farklılıklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

—Alışlagelen ısıtma sistemlerinde olduğu gibi düşük sıcaklıklı ısıtma sisteminden de aynı miktarda ısı elde edilebilmesi için, ısıtma yüzeyleri genişletilmeli veya sera ortamına ısı geçiş koşulları elektrikle çalışan fanlarla iyileştirilmelidir.

—Düşük sıcaklıklı ısıtma sisteminde, suyun seraya girişi ve çıkışı arasındaki sıcaklık düşmesi çok azdır. Sonuç olarak alışlagelen ısıtma sistemiyle aynı miktarda ısı enerjisi taşımak için daha fazla su debisi gerekmektedir. Bu durumda suyun seraya taşınmasında daha büyük çaplı boru ve daha büyük boyutlarda pompa kullanılması gerekli olduğundan sistemin elektrik tüketimi ve dolayısıyla işletim giderleri artmaktadır.

—Hava ısıtıcılarının kullanıldığı durumlarda çıkış havasının sıcaklık farkı daha düşük olduğundan daha fazla miktarda hava gereklidir. Bu durumda da yine elektrik tüketimi ve dolayısıyla işletim giderleri artar. Özellikle merkezi hava ısıtma üniteleri geniş sera alanlarında (bir kaç yüz m² veya daha fazla) tekdüze sıcaklık dağılımını sağlayamamakta, kuru bölgeler oluşmasına, hava hızının artması sonucunda da bitkilerin zarar görmesine neden olmaktadır.

—Düşük sıcaklıklı ısıtma sistemlerinde daha fazla miktarda su veya hava akışları gerekli olduğunda, sistemin elektrik tüketimini en aza indirmek için daha üstün özelliklere sahip kontrol sistemlerine gereksinim vardır.

—Düşük sıcaklıklı ısıtma sisteminin yatırım ve işletme giderlerini azaltmak için, seranın çift kat örtü ile kaplanması, ısı perdeleri kullanılması vb. gibi ısı korunumuna yönelik teknikler, uygulanarak seranın ısı gereksinimi azaltılmalıdır.

—Düşük sıcaklıklı ısıtma kaynaklarının başlıca üstünlüğü, yüksek sıcaklıktaki kaynaklardan elde edilen ısı fiyatından daha ucuz veya bazı durumlarda, elektrik santrallerindeki düşük sıcaklıktaki atık ısıda olduğu gibi ücretsiz olmasıdır.

—Düşük sıcaklıklı ısıtma uygulamalarında serada ısıtma boruları, bitkilere zarar vermeksizin

ürünlere daha yakın olarak yerleştirilebilir. Böylece ürünlerin yakınındaki ortamda ısı dağılımı daha iyi kontrol edilebilir.

—Bitkilerin altında veya bitki sıraları boyunca ısıtma elemanları yerleştirildiğinde ışınlama çatıya doğru olan ısı kayıpları bitki yaprakları tarafından engellenerek azalmaktadır.

—Alışlagelen ısıtma sistemlerinde kullanılan daha pahalı çelik veya alüminyum borular yerine düşük sıcaklık ısıtma sistemlerinde ucuz plastik malzemelerden örneğin, polietilenden yararlanılabilir. (Zabeltitz vd.1996)

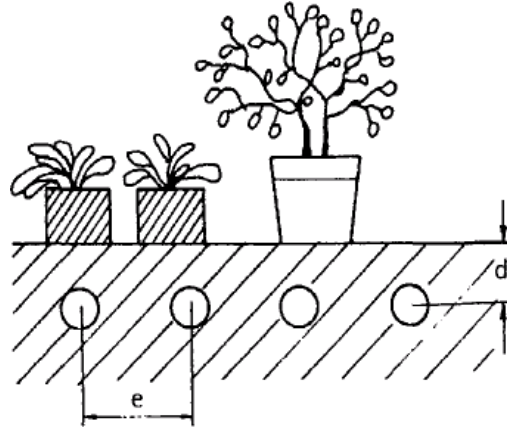
5.2 Düşük Sıcaklıklı Isıtma Sistemlerinde Isıtma Üniteleri ve Tasarımı

5.2.1 Toprak veya Zemin Isıtma Sistemleri

Serada, bitkilerin yetiştirildiği toprağın ısı dönüştürücü olarak kullanılmasını sınırlandıran değişkenler vardır. Bu nedenle seradaki toprak, yetiştirme ortamı olarak kullanıldığında, toprakta bitki köklerinin bulunduğu bölgedeki sıcaklık çok yüksek olmamalıdır. Toprak içerisindeki bitki kök bölgesi sıcaklığı 25 °C 'yi geçmemelidir. Uygulanan yetiştirme sistemine bağlı olarak en uygun kök bölgesi sıcaklığı 15-22 °C arasında değişmektedir. Bu durumda ısı kapasitesi, toprak ve ortam havası arasındaki sıcaklık farkıyla doğrudan orantılı olduğundan, toprak veya zeminin ısı verimi sınırlanmaktadır. Bu nedenle yaygın olarak kullanılan toprak veya zemin ısıtma sistemleri ile toprakta uygun yetiştirme koşullarının sağlanması amaçlanmaktadır. Burada ortam ısıtma sistemleri ile hedeflenen amaçlar gerçekleştirilemez. Bu bölümdeki şekiller (Zabeltitz vd.1996)'den alınmıştır.

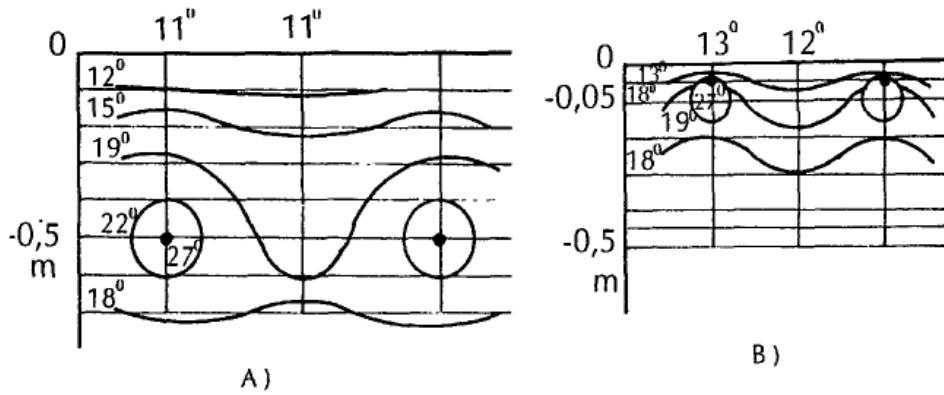
5.2.1.1 Toprakta Gömülü Isıtma Boruları

Isıtma boruları toprak içerisine farklı derinlik (d) ve aralıklar (e) ile yerleştirilebilir (Şekil 5.1). Borular toprak içerisine genellikle 5-50 cm derinlik ve birbirinden 20-80 cm aralıkla yerleştirilir. Bu amaçla yaygın olarak, 2-10 cm çapında polietilen (PE) borular kullanılmaktadır.



Şekil 5.1 Toprakta gömülü ısıtma boruları

Toprak içerisine doğru olan ısı akışı ve sıcaklık dağılımının belirlenmesi için değişik araştırmacılar Kendricks ve Havens; Boulard; Merbaum ve ark, tarafından eşitlikler geliştirilmiştir (Şekil 5.2). Kök bölgesi sıcaklığının aşırı yükselmesini önlemek için ısıtma suyu sıcaklığı 25–35 °C arasında, en yüksek 40 C olmalıdır. Toprağa gömülü ısıtma boruları, iç ve dış ortam arasında genellikle 5K'den daha yüksek sıcaklık farkı sağlayamaz. Bundan dolayı bu sistemler, ortam havası ısıtma sistemleri ile birlikte kullanılmalıdır.



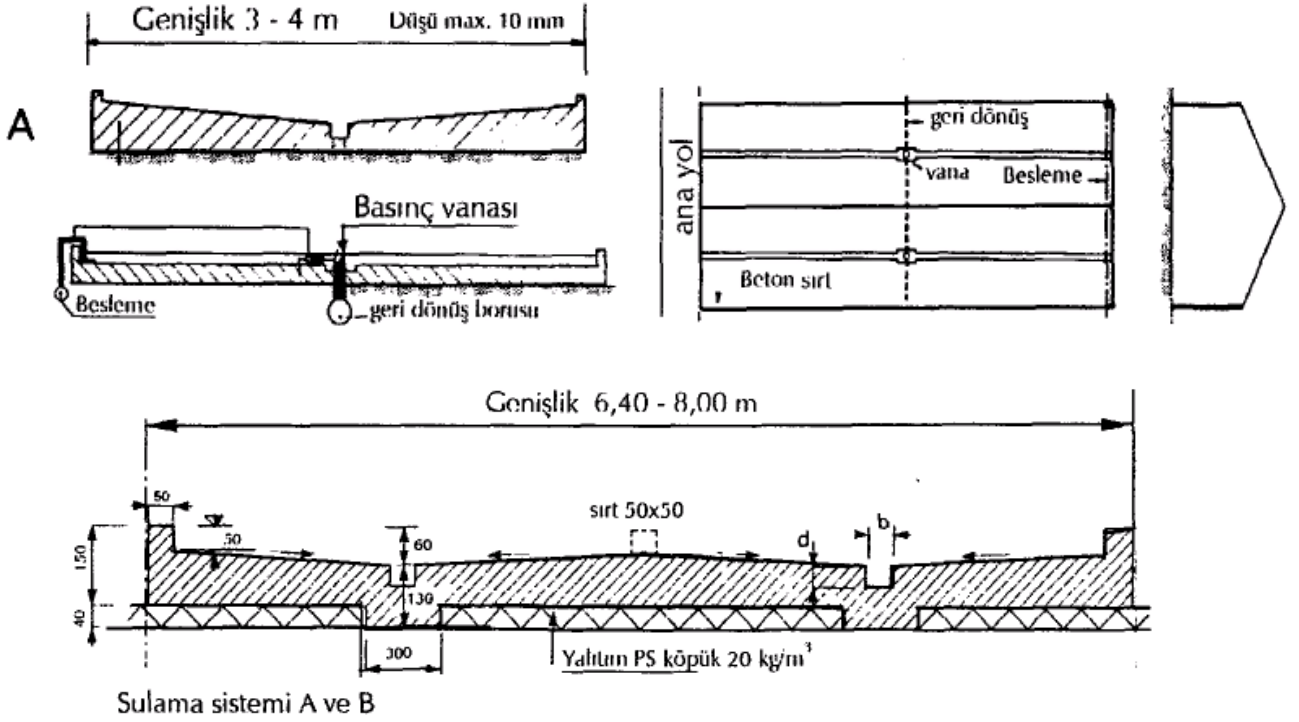
Şekil 5.2 Toprağa gömülü boruların iki farklı şekilde düzenlenmesi durumunda günlük ortalama sıcaklık değişimi

Şekil 5.3 A'da boruların 50 cm derinlikte olması durumunda dağılan ısı 25 W/m^2 'dir. Derinliğin 5 cm olması durumunda (Şekil 5.3.B) dağılan ısı 60 W/m^2 'ye ulaşmaktadır.

5.2.1.2 Beton Zemin Isıtma Sistemi

Hollanda'da uygulanmaya başlayan bu sistem, 300 mm aralıkla gömülü 16-20 mm çapındaki PE borular ve 95-105 mm kalınlığında takviyeli beton zeminden oluşmaktadır. Boruların

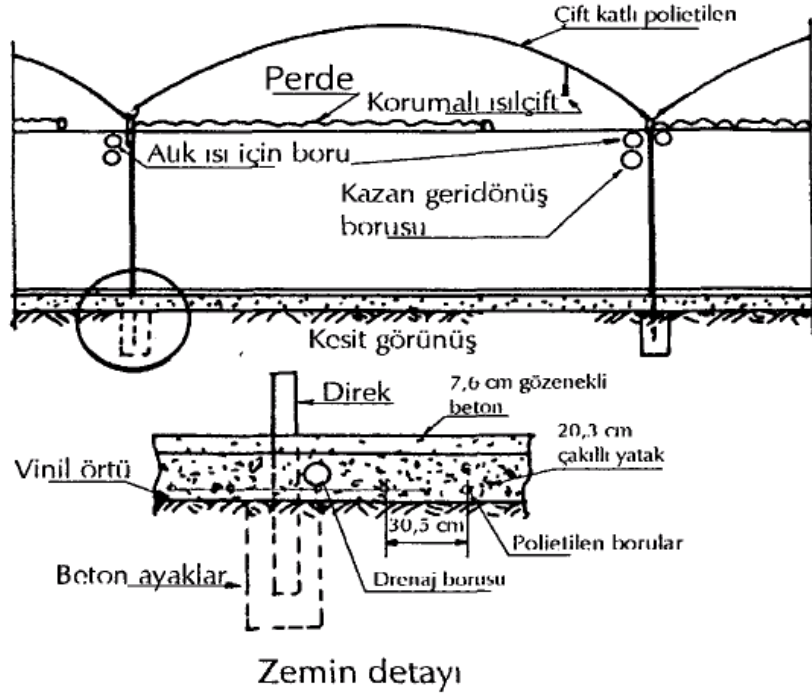
altına 50 mm kalınlıkta polisitren köpük yerleştirilerek sistemin tabana çok fazla ısı kaybetmesi önlenir (Şekil 5.3). Uygun eğim sağlanarak, yataklar üzerinden akış sağlayan otomatik sulama sistemiyle birlikte kullanılabilir. Sistemde kullanılan ısıtma suyu sıcaklığı 40 °C 'dir.



Şekil 5.3 Taşkın sulama sistemiyle birlikte kullanılabilen Hollanda tipi beton zemin ısıtma sistemi

Bu şekilde tasarlanmış bir zemin, ısıtma ve sulama sistemleri yanında saksı bitkilerinin sergilenmesi amacıyla da kullanılabilir. Sistemin ısı kapasitesi çalışma sıcaklığına bağlı olarak yaklaşık 40–60 W/m² 'dir.

ABD'de gözenekli beton zemin tercih edilmektedir. Bu tür tasarım; PVC kaplı doğal zemine su yalıtımı, drenaj borularının gömülü olduğu 20 cm kalınlıkta kaya yatağı ve 8 cm gözenekli beton kaplamadan oluşur. Zemindeki boşluklar su doludur. Su dağıtımını sağlayan drenaj boruları, tekdüze sıcaklık dağılımı sağlar (Şekil 5.4).

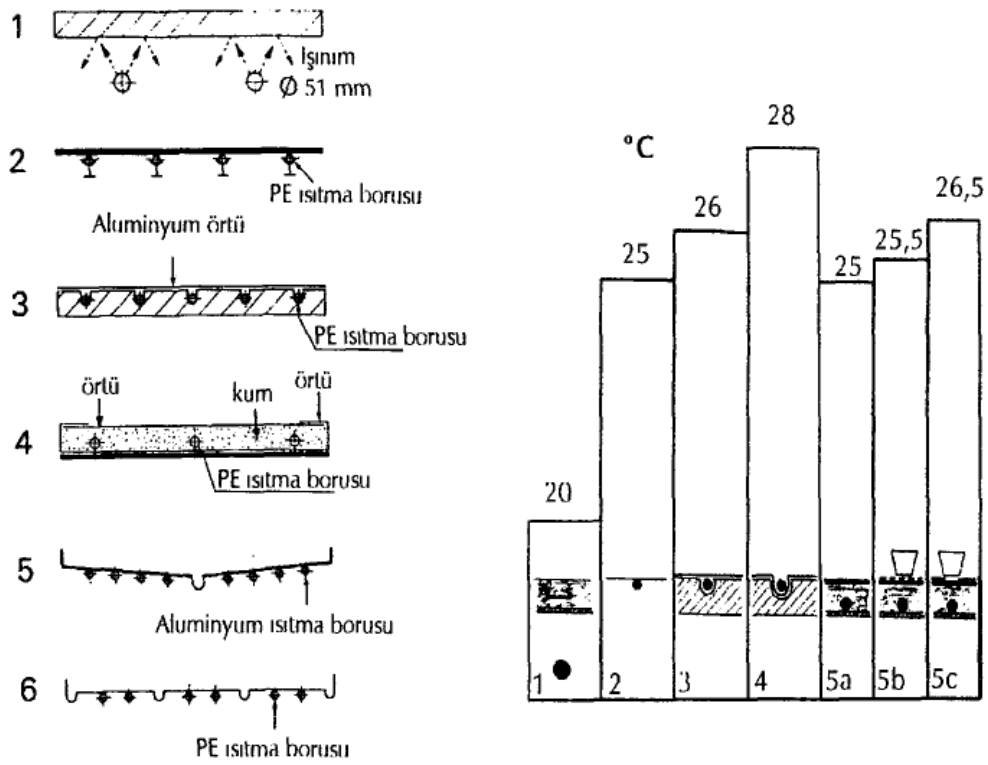


Şekil 5.4 Gözenekli beton zemin ısıtma sisteminin kesiti

Bu sistem, güneş enerjisi veya atık ısı kaynaklarının kullanımına uygundur. Gözenekli beton zemin ısıtma sisteminde ısı geçiş katsayısı, çıplak bir zemin için $8,8 \text{ W/m}^2$ ve tamamen bitkilerle kaplı açık bir zemin için $5,1 \text{ W/m}^2$ dir. Bildirilen bu değerlerde, zemin üzerindeki serbest su ve sera havası arasındaki sıcaklık farkı dikkate alınmıştır. Bu ısıtma sisteminin asıl üstünlüğü; acil durumda zemin sıcaklığını dengeleyen çok büyük bir ısıl kütlelen oluşmuş olması ve toprağa gömülü borularla yapılan ısıtma sistemi ile karşılaştırıldığında toprak yüzeyindeki sıcaklık dağılımının oldukça tekdüze oluşudur. Bununla birlikte, gözenekli beton zeminden önemli ölçüde buharlaşma oluşur. Bu durumda sera ortam havasının nemi yükselir ve sera duvarlarından çok fazla yoğuşma oluşur. Bu nedenle Amerika'daki domates üreticileri bu sorunların önlenmesi için zemin yüzeyini beyaz plastik filmle kaplamaktadır. (Zabeltitz vd.1996)

5.2.1.3 Isıtılan Masalar

Serada yetiştirme masalarının üzerindeki üretim koşullarının iyileştirilmesi için alt kısımlarında ısıtma borularıyla bağlantılı olan farklı şekillerde tasarlanmış ısıtma sistemleri kullanılır (Şekil 5.5). Masa yapısına bağlı olarak çalışma sıcaklığı $30-40 \text{ }^\circ\text{C}$ ve ısı iletim katsayıları da $1,3 - 5,6 \text{ W/m}^2$ arasında değişir. Masaların üzerindeki saksı sıcaklığı, ekipman çeşidi ve su sıcaklığına bağlı olarak yükselmektedir.

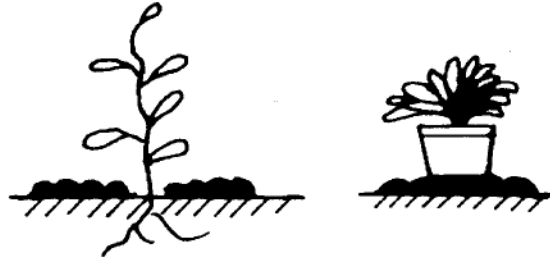


Şekil 5.5 Masa ısıtmasında alt kesit ve 40 °C besleme sıcaklığı için hareketli masalar üzerindeki saksı sıcaklığının değişimi

5.2.2 Toprak ve Hava Isıtma Sistemleri

Geçtiğimiz yıllarda birçok ülkede, doğrudan toprak yüzeyine serilen ve ortam havası ile temas halinde olan bazı ısıtma sistemlerinde kullanılan ısı dönüştürücüler üzerinde çalışılmıştır.

İlk olarak Fransa'da geliştirilen ışınım malçı veya güneş depolama sistemi (sunstok) olarak bilinen sistem Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Bu sistemler, içerisinde yerçekimi yardımıyla veya çok düşük basınçla düşük sıcaklıkta su dolaşımı sağlanan yaklaşık 25 cm genişliğindeki plastik malzemelerden oluşmaktadır. Bu ısıtma sistemi ucuz ancak dayanım süresi kısa olduğundan iki yılda bir değiştirilmelidir. Sistem, sızıntılara karşı duyarlı olduğundan uygulamada yaygın olarak kullanılmamaktadır.



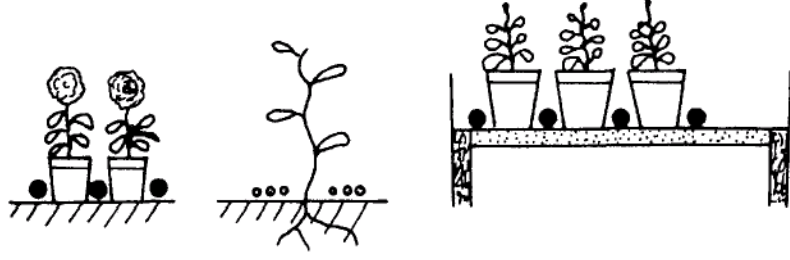
Şekil 5.6 Güneş enerjisi depolama (sunstock) sistemi

İçerisi su dolu büyük çaplı (0,15 – 0,50 m) plastik borular, bu grupta değerlendirilir. Su boruları, gündüz süresince güneş ışınımını soğurarak, ısı toplar ve dönüştürücü gibi çalışır. Güneş ışınımının soğrulması, seranın fazla sıcaklık ve neminden ısı, taşınım ile gündüz borulardaki suda birikir. Gece hava sıcaklığı düştüğünde ise biriken bu ısı, sera ortamına geri verilir. Bu tip güneş enerjisiyle pasif ısıtma sistemleri; güneş enerjisinin depolanması için mümkün olduğunca uzun süre güneş ışınımı alan, seradaki bitkilerin su tüplerini gölgelemediği ve bitkilerin dondan zararlanma tehlikesinin bulunduğu kış ve erken ilkbahar periyodunda Akdeniz bölgesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Bu tip sistemler, genellikle ısıtılmayan seralarda bitki gelişimi için uygun koşulları sağlayamamakla birlikte, bitkilerin ilk gelişme aşamalarında dondan zararlanma riskini azaltmakta ve bitkilerin gelişme döneminde düşük sıcaklıklardan etkilenmelerini önlemektedir.

Kıbrıs'ta Bredenbeck tarafından plastik seralarda çevre uzunluğu 1 m olan su tüpleri ile yapılan bir araştırmada, 1000 m² sera toprak alanı için 33 m³ su kullanılarak, ısıtılmayan seraya göre yaklaşık olarak 4–5 °C sıcaklık artışı sağlanmıştır. Grafiadellis (1986) tarafından Kuzey Yunanistan koşullarında yapılan bir araştırmada, sera tabanına serilmiş olan siyah PE üzerine yerleştirilmiş ve alt kısmı hava kabarcıklı plastik tabakayla yalıtılmış 30 cm çapındaki su tüpleri, 1000 m² sera taban alanı için 80 m³ su ile doldurulmuşlardır. Bu araştırmada da ısıtılmayan seraya göre bir önceki araştırmada olduğu gibi yaklaşık olarak 5 °C sıcaklık artışı sağlanmıştır. Su tüpü malzemesinin; ucuz, geçirgen ve kullanım süresi uzun olan 250 µm kalınlığında polietilen plastik (PE) olması önerilmiştir.

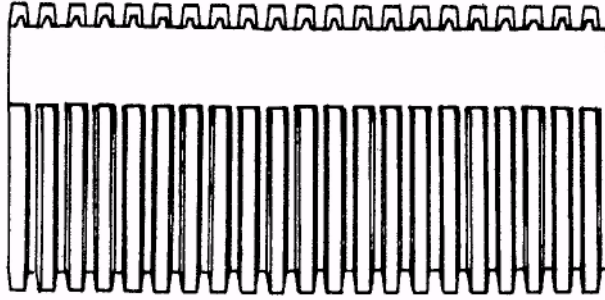
5.2.2.1 Borulu Isıtma Sistemleri

Bu sistemler (Şekil 5.7) küçük çaplı (6 mm'den 60 mm'ye kadar) çok sayıda plastik borulardan oluşur.



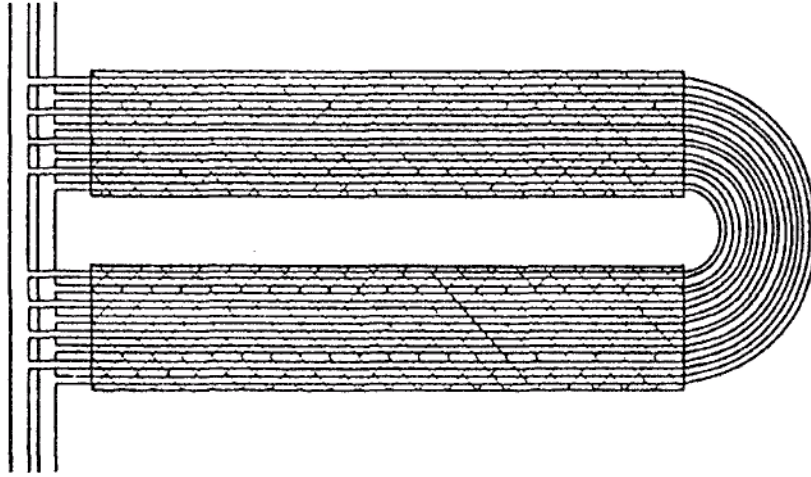
Şekil 5.7 Çoklu plastik borulardan oluşan toprak - ortam ısıtma sistemleri için bazı örnekler

Uygulamada plastik borular, belirli aralıklarla tek tek yerleştirilebildiği gibi bitki sıraları arasına birbiri ile bağlantılı birkaç borudan oluşan guruplar şeklinde de yerleştirilebilir. Belirli aralıklarla tek tek yerleştirilerek yapılan düzenlemede, oluklu veya düz plastik borular oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip düzenlemelerde ısı iletim katsayısı (1 m uzunluk için) $0,67 \text{ W/m.K}$ 'den (CERN de kasımpatı ile yapılan araştırmada; Bourgeois, 1986) $1,6 \text{ W/m.K}$ 'e (Drossbach, Federal Almanya'dan üretici firmalar değeri, Agrotherm, Şekil 5.8) kadar değişmektedir.



Şekil 5.8 Borulu ısıtma elemanı (Agrotherm)

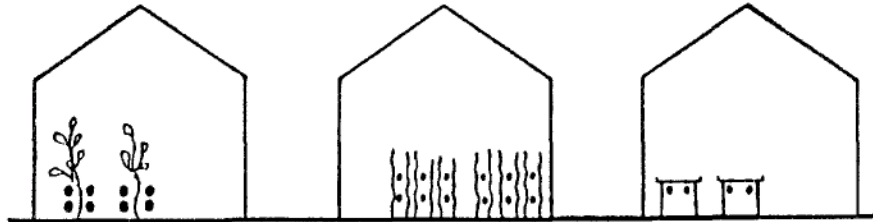
Birbiri ile bağlantılı çoklu boru haline getirilmiş 8 adet borudan oluşan sistem Şekil 5.9 'da gösterilmiştir. Boru demeli 15 cm genişliğinde ve ısı iletimi $15,3 \pm 4 \text{ W/m.K}$ 'dir.



Şekil 5.9 Borulu ısıtma sistemi (Agroclim)

5.2.3 Ortam Havaasının Isınmasını Sağlayan Borulu Isıtma Sistemi

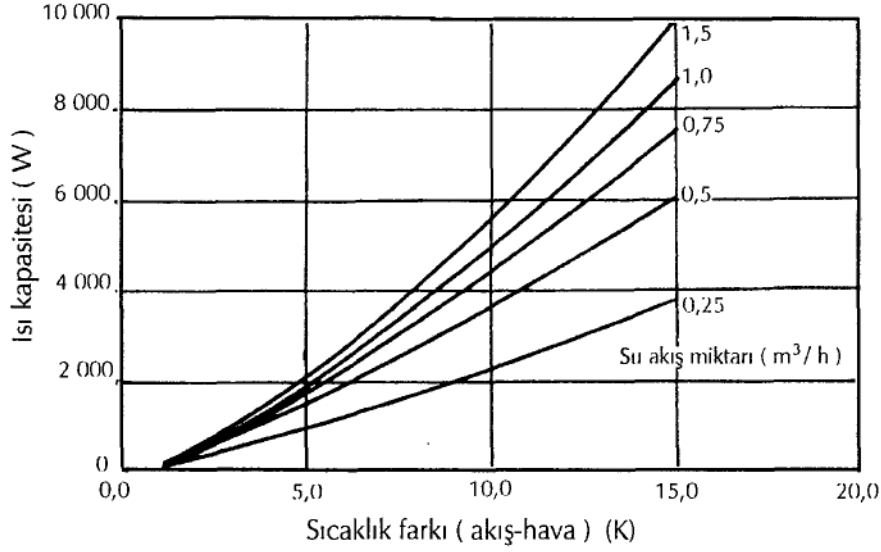
Bu ısıtma sistemlerinin bir önceki bölümde anlatılan sistemlerden en önemli farkı, toprak (veya masa) seviyesinin üzerinde farklı yüksekliklerde ve genellikle toprağa yakın olarak sera yetiştirme ortamına yerleştirilen ısı dönüştürücülerdir. Bu sistemlerde toprak veya ortam, doğrudan ısı iletimi ile değil, ısıtma borularından ışınlama ile olan ısı geçişiyle ısınmaktadır. Yetiştirilen bitkilerin özelliklerine bağlı olarak ısıtma boruları farklı pozisyonlarda düzenlenebilir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 Isıtma boruları yerleşimi

Bir önceki bölümde (Bölüm 5.2.2) anlatılan ısı dönüştürücüler bu tip ısıtma sistemlerine de uyarlanabilir. Bu amaçla polietilen (PE) veya polipropilen (PP) plastik borular çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Çelik veya alüminyum boruların maliyetleri yüksek olduğundan daha az kullanılır. Bu ısıtma sistemlerinin farklı tasarım ve yerleşimleri konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Çok sayıda borulardan oluşan sistemler düşey durumda yumuşak plastik film borular farklı tip düzenlemeler ile ısıl özellikleri ve pratik uygulamaları değişik tip ısıtıcılar, onların ısıl özellikleri, ekonomik değişkenleri ve pratik uygulamaları araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Bu tip ısıtma sistemlerine bir örnek olarak spaghetti ısıtma sistemi diye

Sağlanan sıcaklığın düşmesi durumunda, büyük boyutlu düşük sıcaklıklı ısıtma sisteminin göstereceği etki, belirtilen çalışmanın diğer eğrilerinde gösterilmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13 Spaghetti ısıtma sistemiyle ısıtılan serada farklı dış ortam ve akış sıcaklıklarında elde edilen iç ortam sıcaklığı

Isıtma sisteminin; $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ dış ortam, $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ iç ortam ve $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ kaynak sıcaklığı için tasarlanması durumunda, sistemin akış sıcaklığındaki 1 K 'lik değişim, iç ortam hava sıcaklığını $0,75\text{ K}$ değiştirecektir. Şekil 6.13 den de izlenebileceği gibi bu durumdan ısıtma sisteminin çok durağan olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin; akış sıcaklığının 10 K düşmesi durumunda, iç ortam sıcaklığı donma noktası dolaylarında kalacaktır. Güneşin iç ortam sıcaklığını yükseltmesi durumunda ise, ısıtma borusu ve ortam havası arasında sürdürülen sıcaklık farkı azaldığından sistemin ısı verimi otomatik olarak sınırlanacaktır. Bundan dolayı, kontrol sistemi ve yedeklenen ısıtma sistemi bu durumu dikkate alabilir. (Zabeltitz vd.1996)

5.2.4 Fan Yardımıyla Çalışan Konvektörler (Hava Isıtma Üniteleri)

Isı dönüştürücülerin seranın yetiştirme ortamına yerleştirildiği daha önce anlatılan ısıtma sistemlerinin tersine, bu sistemler daha az hacim kaplar ve büyük bir hacmi ısıtır (sudan havaya ısı dönüştüren sistemler). Bu tip sistemlerde ısı geçişi, zorlanmış taşınım (fan yardımıyla) sağlanır. Sistem iki temel bileşenden oluşur.

Bunlar:

—Sudan-havaya ısı dönüştürücü

—Elektrikli fan.

Genellikle serada bitki sıralarının arasına yerleştirilen ve üzerinde belirli aralık ve çapta delikler bulunan PE hava kanallarıyla ısıtılan hava, bütün sera ortamına dağıtılır. Bu sistemlerde seranın ısı gereksinimine ve kaynak sıcaklığına bağlı olarak geleneksel veya özel tasarlanmış ısıtma üniteleri kullanılmaktadır.

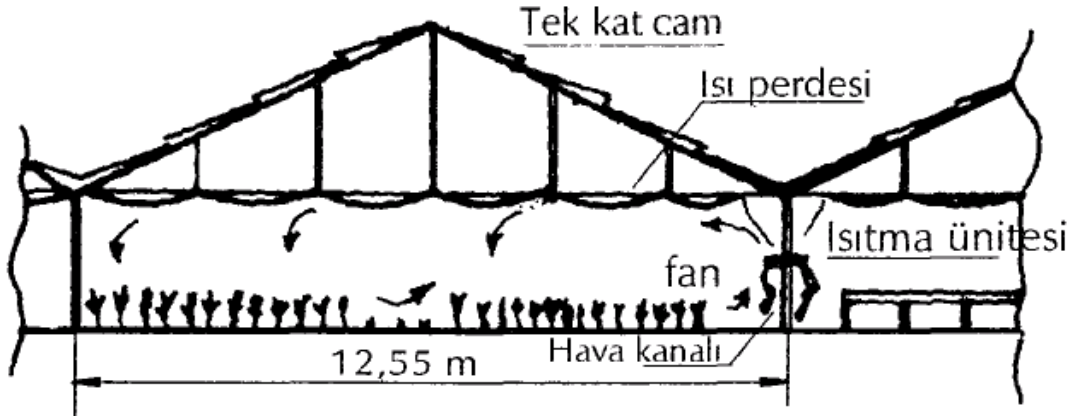
Sera yan duvarlarına yerleştirilen ısıtma sistemi Şekil 5.14 'de sıcak hava dağıtımı için tasarlanmış ısıtma sistemi, Şekil 5.15 'de ve Şekil 5.16'da de domates üretiminde yaygın olarak kullanılan özel olarak tasarlanmış bir ısıtıcının kesiti gösterilmiştir.

Akış sıcaklığı: 26 °C Geri dönüş sıcaklığı: 20 °C

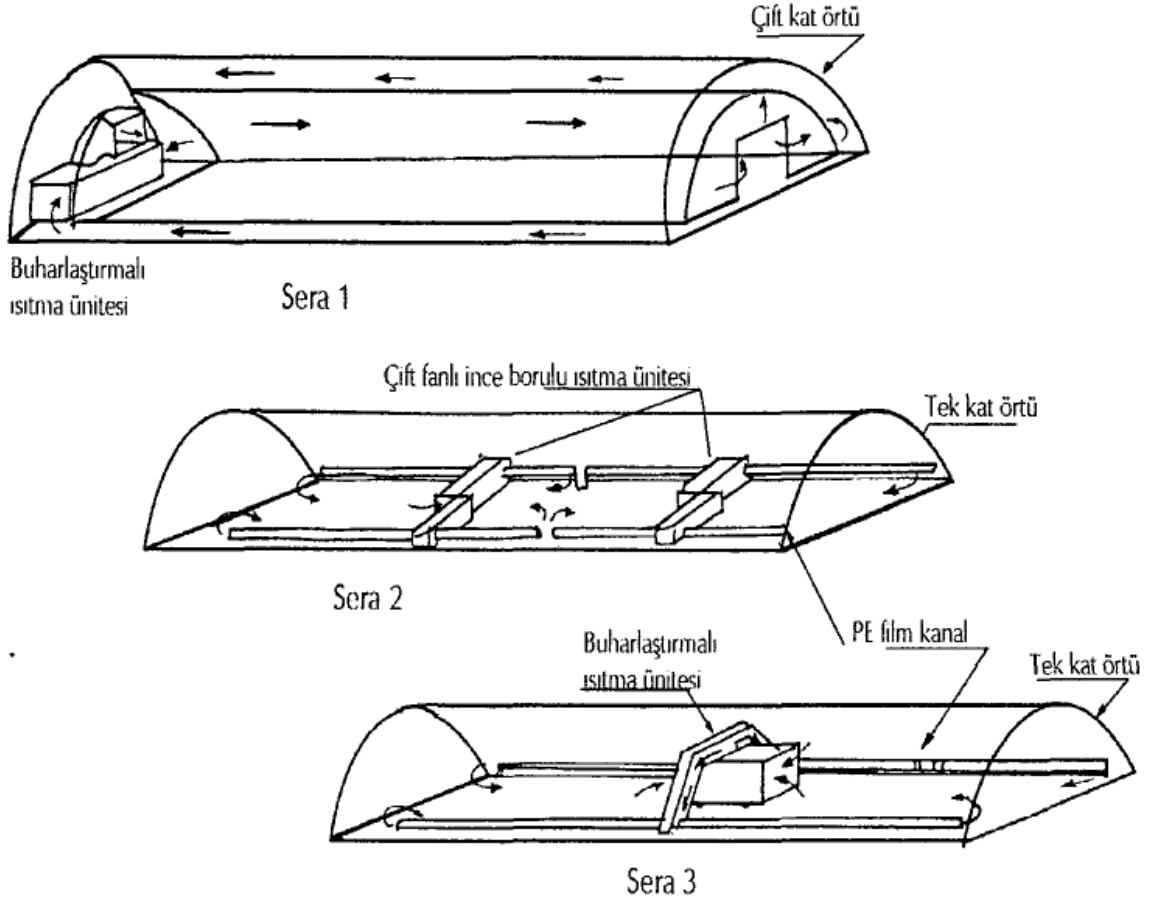
İç sıcaklık: 16 °C Isı gereksinimi: 240 W/m²

Isıtılan alan: 1,6 m²/m² Isı verimi: 248 W/m²

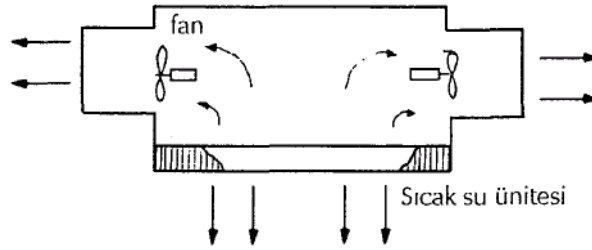
Hava dolaşımı: 162 m³/m²h Elektriksel güç: 8 W/m²



Şekil 5.14 Örnek ısıtma tesisi



Şekil 5.15 Eggborough elektrik santralı deneme seraları



Şekil 5.16 Fanlı konvektör ısıtıcı

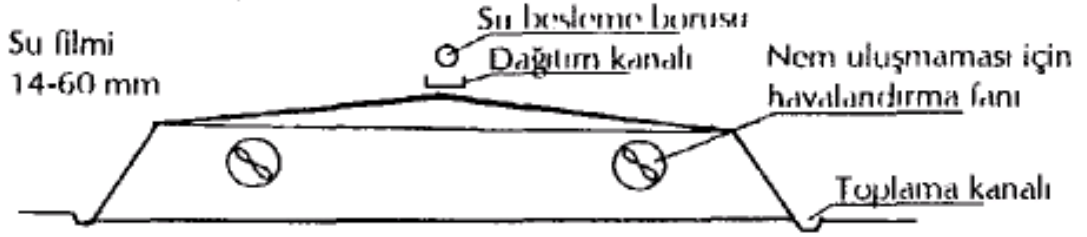
Bu sistemlerin ısıtma kapasiteleri kolayca kontrol edilebildiğinden, bunları daha yavaş çalışan sistemlerle birlikte kullanmak mümkündür. Özellikle aşırı ısı gereksiniminin olduğu dönemlerde bu tür bir düzenleme önerilir. Sistemin işletme giderleri, elektrik enerjisi tüketim giderlerine büyük ölçüde bağlı olduğundan, elektrik tüketimi optimize edilmelidir.

5.2.5 Çatı Isıtması

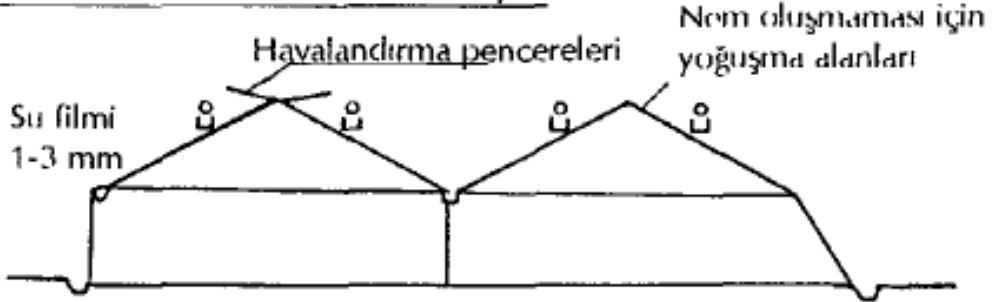
S.S.C.B'de 1945-1950 yılları arasındaki dönemde, elektrik üretim santrallerinden sağlanan atık su, eğim açısı küçük olan seraların çatısı üzerinden fazla miktarda akıtılarak seraların ısıtılmasında kullanılmıştır. Sera yapılarının su sızdırmaz olmayışı, çatıda yosun oluşması ve sera içerisinde ışık ve nemle ilgili bazı sorunların ortaya çıkması gibi nedenler, bu tür uygulamaları durdurmuştur. Çatıdan yapılan ısıtma uygulamaları 1960'lı yıllarda Doğu Almanya'da daha sonra Fransa, Federal Almanya ve ABD 'de görülmektedir (Şekil 5.17). Bu konuda yapılan bütün çalışmalarda sera çatısı üzerindeki sıcak su katmanıyla iç ortam ısısı korunmuş ve iç ortam sıcaklığı belirli düzeyde tutulabilmiştir. Sadece aşırı ısı gereksiniminin olduğu dönemlerde ek bir ısıtma sistemi önerilmektedir. Bu tür ısıtma uygulamalarında karşılaşılan en önemli sorun; kirlenmiş santral suyu kullanıldığından cam örtü üzerinde yosun oluşması nedeniyle seraya giren ışık miktarındaki azalmadır.

Sadece ABD'de yapılan bazı çalışmalarda, elektrik santrallerinde soğutma suyu olarak göllerden sağlanan temiz su kullanıldığından, yukarıda belirtilen sorunlar oluşmamaktadır. Temiz su kullanılması durumunda oluşan ışık kaybı ihmal edilebilir düzeyde olup, bu durumda kirli su kullanılması halinde dahi, yosun oluşmaksızın % 3 oranında ışık kaybı oluşur. Sadece bir aylık çalışma döneminde dahi, sera çatısında yosun oluşması ile ortaya çıkan ışık kaybı, % 15'i geçebilir.

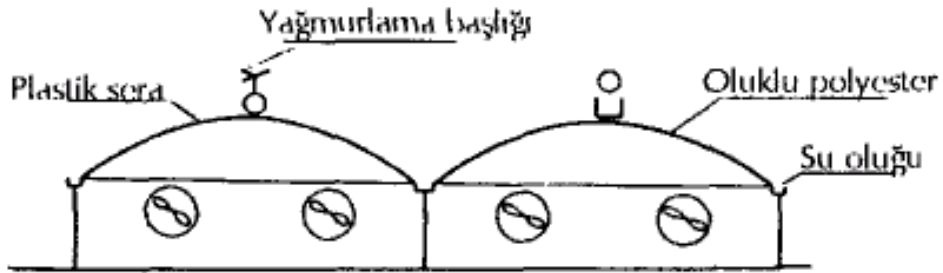
Hydro-sera (Rusya)



Çatı ısıtma (Hannover, Almanya)



Çatı ısıtma (Illinois, ABD)



Şekil 5.17 Çatı ısıtması için değişik uygulamalar

5.2.6 Yetiştiricilik Açısından Sağlanan Yararlar

İyi tasarlanmış düşük sıcaklıklı ısıtma sistemi ile sağlanan, iç ortam havası ve kök bölgesi sıcaklıkları gibi ortam koşulları, klasik yüksek sıcaklıklı ısıtma sistemleri tarafından sağlanan koşullarla karşılaştırıldığında oldukça iyi olduğu belirlenmiştir. Düşük sıcaklıklı ısıtma sistemi ile sağlanan ortam koşullarının iyi olması nedeni ile seradaki bitkiler daha iyi gelişmekte ve patolojik zararlanma oranı azalmaktadır. Seralarda farklı kök bölgesi ve ortam sıcaklığı rejimlerinin bitki gelişimi ve ürün kalitesine etkilerinin belirlenmesi amacıyla çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Toprak veya yüzey ısıtma sistemi uygulandığında, sistemde bazı düzenlemelere özen gösterilmelidir. Toprak sıcaklığı, uygun sınırlarda (Örneğin domates yetiştiriciliğinde 18 °C)

tutulmalıdır. Güneş enerjisi depolama sistemi (sunstock) uygulandığında, su sıcaklığı, domates yetiştiriciliğinde 25-28 °C dolaylarında kalmalıdır. Bu ısıtma sistemlerinin uygulanması durumunda karşılaşılan diğer bir sorun da, sızdırmazlığı iyi olan seralarda gece ve sabah erken saatlerde nem oranı yükseldiğinden toprakta buharlaşma oranının artmasıdır. Bu nedenle, ortam neminin iyi bir şekilde kontrol edilmesi gereklidir. Bu durumda ortam sıcaklığını arttırma ve türbülansla hava değişimini hızlandırma olanağına sahip olan, bitkiler ile ortam havası arasında oluşan kabul edilebilir yoğuşma zararına karşın, ısıtıcı ünitelerin kullanılması oldukça yararlıdır.

İklimlendirme için, kontrol yöntemleri bakımından düşük sıcaklıklı ısıtma sistemleri uygulandığında oldukça iyi ekonomik yarar sağlanabilir. Özellikle, ucuz düşük sıcaklıklı ısı kaynağı ve uygun sıcaklık kontrolüyle asıl ısıtma yükünü karşılayan ısıtma sistemi uygulandığında önemli oranda tasarruf sağlanabilir (Zabeltitz vd.1996).

6. SERALARDA ENERJİ KORUNUMU

Birçok iklim bölgesinde, seraların en önemli amacı; gün veya yılın soğuk geçen dönemlerinde iç ortamda, dış ortamdaki daha yüksek sıcaklık sağlamaktır. Sera içerisindeki sıcaklık artışı, bir yandan doğal ışınım ve ısıtma sistemi ile sera ortamına kazandırılan enerjiye, diğer yandan da sera örtüsünden (duyulur ısı) ve ürün tarafından (gizli ısı) kaybolan ısıya bağlı olarak değişir. Ürün tarafından kaybolan ısının, diğer bir deyişle buharlaşma ve terlemenin, sera ısı dengesine etkisi ihmal edilebilir.

Toplam ısı geçiş katsayısının azaltılmasında, özümleme ve üretime olan etkisinden ayrı olarak, sera örtüsünün ışık geçirgenliğinin olumlu etkisini de dikkate almak gerekir. Bu nedenle, örtü malzemesi ve sera yapısının ışık geçirgenliğinin yüksek olması, toplam ısı geçiş katsayısının azaltılmasında önemli bir başlangıç olacaktır. Bu bölümdeki şekil ve çizelgeler (Zabeltitz vd.1996)'den alınmıştır.

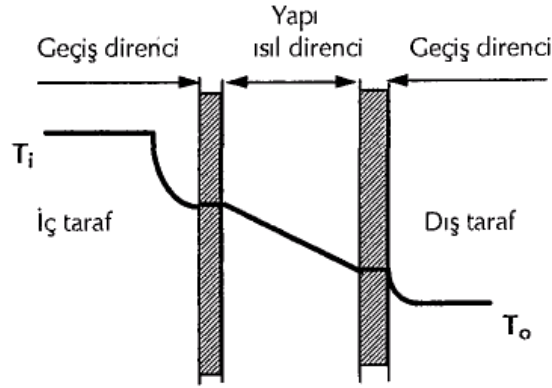
6.1 Sera Örtü Malzemeleri

Seralarda enerji korunumu için uygulanan yöntemlerden birisi de örtü malzemelerinin yalıtım değerinin artırılmasıdır. Bu durum bileşik malzeme uygulaması ile gerçekleştirilebilir. Örneğin; seranın çift kat cam veya sentetik çift-dokulu örtü malzemeleri ile örtülmesi, yayma özelliği düşük olan metal oksit kaplamalı cam kullanılması (gökyüzüne doğru olan ışınımı azaltmak için) ya da serada var olan tek katlı örtü üzerine ikinci bir örtü çekilmesi gibi. Örtü malzemesi veya sera yapısından ekonomik olarak yararlanmak için, değişik özelliklere bağlı olarak seçim yapılmalıdır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ışık geçirgenliği,
- rüzgâr ve kar yüklerine karşı dayanım ve bozulma,
- dolu yüküne karşı direnç,
- yalıtım değeri,
- ısı geçirgenlik (3 000 nm 'nin üzerinde kızılaltı ışınım),
- UV geçirgenliği (400 nm 'ye kadar morötesi),
- yıpranmaya karşı direnç (bozulma),
- yırtılma direnci,

- lekelenmeye karşı duyarlılık,
- malzeme özelliklerinin kimyasal etkilerle değişimi,
- yoğuşma özelliği
- malzemenin boyutları.

Serada yapı elemanları tarafından tutulan ışınlam miktarı hesaplanabilir. Sera örtüsünün dolu yüküne karşı direnci, örtü malzemesine küçük plastik bilyaların değişik hızlarda fırlatıldığı dolu benzeşim cihazında belirlenmektedir. Malzemenin yalıtım değeri; dokunma dirençleri, ısıl geçirgenlik vb. ile birleştirilerek bulunan değerle yapılan hesaplama sonucunda ısıl direncin ölçülmesi ile bulunabilir. Şekil 6.1' de çift kat camla örtülü bir sistemden, geçiş dirençleri ve yapının ısıl direnci ile birlikte sıcaklık geçiş yolu gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Çift kat camda ısı geçişi

Güneş UV ışınlarının neden olduğu yıpranma sonucunda, özellikle sentetik malzemelerin dayanımı ve ışık geçirgenliğindeki azalma oranı, uygulamada veya xenon (yapay yıpratıcı) test cihazında belirlenmektedir.

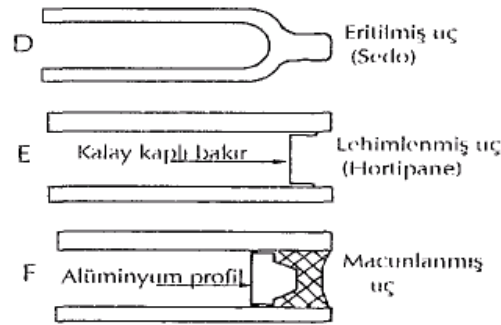
6.1.1 Cam

Cam, eskiden beri yaygın olarak kullanılan sera örtü malzemesidir. Özel olarak yapılan testler sonucunda, seranın tek kat camla örtülmesi durumunda kullanılan en uygun destekleme elemanları (direkler, çatı kirişleri, oluklar vb.) geliştirilmiş ve en büyük cam boyutları (venlo seralarda 1,00x1,65m) elde edilmiştir. Cam boyutlarının en büyük ve sera yapı elemanı boyutlarının da en küçük olması durumunda, sera içerisine en uygun oranda ışık geçişi sağlanır.

Serada iyi bir ışık geçirgenliği sağlanması, tüm mevsimlerde birçok bitki çeşidi için, ürün kalitesinin artmasına neden olur. Seranın standart olarak tek kat camla örtülmesi durumunda ısı direnci düşük olduğundan, bu durumun enerji korunumuna fazla katkısı olmaz. Enerji korunumu sağlamak için uygulanan yöntemlerden birisi de, seranın çift kat camla örtülmesidir. Seranın çift kat camla örtülmesinde kullanılan; iki camın eritilerek lehimli bağlantı ve macunla birleştirmesinden oluşan üç farklı fabrikasyon olarak yapılan tipler Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Çift kat cam takılan çerçeve yapmak için, alüminyum ve sentetik profiller bulunmaktadır. Seranın çift kat camla örtülmesi, tek katlı cam levhaların düzenlenmesi ile de sağlanabilir. Tek kat metal kaplamalı cam uygulaması, enerji korunumu için değişik bir yaklaşımdır.

6.1.1.1 Çift katlı cam tipleri

Eritilerek birleştirilen çift camlar (Sedo), cam levhaların uzunluğuna ve genişliğine bağlı olarak kenarları birbirine eritilerek birleştirilmiş olan 3 veya 4 mm kalınlığındaki iki adet levhadan yapılır. Bu durumda iki cam arasındaki boşluk, 9 mm genişliğinde olup arasına kuru havadan daha yüksek ısı dirence sahip olan CO₂ doldurulur.



Şekil 6.2 Denenmiş bazı çift kat cam tipleri

Lehimli bağlantı ile yapılan çift kat cam (Hortipane), cam levhaların uzunluğuna ve genişliğine bağlı olarak 3 veya 4 mm kalınlığında iki adet levhadan oluşmaktadır. Kenarlar, lehim için kullanılan kalay kaplı bakır şeritler aracılığıyla birbirine tutturulur, iki cam arasındaki boşluk, 9 veya 12 mm genişliğinde olup, içerisinde hava bulunur. Boşluktaki havayı kuru halde tutabilmek için nem çekici madde (silicagel) eklenmiştir. Çift kat olarak takılan cam levhalar seraya monte edildiğinde, bütün kenarlarda, cam kenarlarının metal parçalara değmesini önleyen 1-2 mm boşluk olacaktır. Cam, oluk içerisinde lastik contalara dayanacaktır. Bu durum için özel alüminyum ve sentetik profiller geliştirilmiştir.

Çift kat olarak takılan cam levhalarının boyutları (uzunluk ve genişliği) genellikle, 4 mm kalınlıktaki tek katlı cam levhalarının boyutları ile aynıdır. Çerçeve boyutları büyük olduğunda, rüzgardan fazla etkilenen duvarlarda ve köşelerde kötü hava koşullarının olumsuz etkilerini önlemek için, genellikle cam levha genişliğinin yarısı seçilir.

Kenarların macunla birleştirildiği çift cam tipinde, cam levhalar arasına nem çekici madde konarak, cam alüminyum kutu profile yapıştırılır. Daha sonra, sürekli yumuşak halde kalan cam macunu çekilerek, işlem tamamlanır.

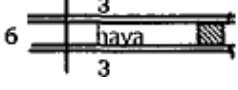
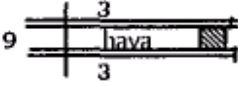
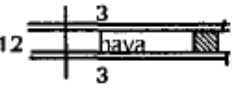
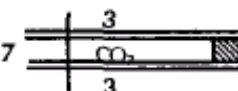
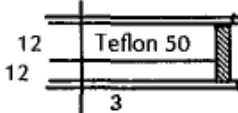
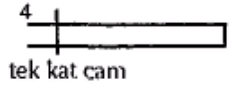
Macun çekilmiş kenarlar, macunun yıpranmasını hızlandıran güneşin UV ışınlarının doğrudan etkisini azaltmak için, alüminyum, sentetik veya kauçuk şeritlerle tamamen örtülür. (Zabeltitz vd.1996)

6.1.1.2 Tek kat metal kaplamalı cam

Serada örtü malzemesi olarak, bir tarafı metal oksitle kaplanmış cam (Hortiplus) kullanılarak enerji korunumu sağlanabilir. Camın metalle kaplanması durumunda ışınım yayma özelliği azaltıldığından, dış ortama ısı ışınımı geçişi daha az olur. Bu nedenle metal kaplamalı cam, gökyüzünün bulutsuz olduğu durumlarda (soğukta, açık gecelerde) çok etkin olmaktadır. Kaplamalı cam, nemli koşullarda etkin bir işleve sahip değildir. Bundan dolayı, seranın iç kısmında oluşan yoğuşma koşullarında da etkinlik sağlanabilmesi için kaplama, camın dış yüzeyinde olmalıdır. Bununla birlikte havanın yağmurlu olması durumunda etkin bir yalıtım sağlanamaz. Seranın metal kaplı camla örtülmesi durumunda cam levhaların kalınlığı 4 mm'dir ve seranın standart tek katlı camla örtülmesinde uygulanan işlemlerle yapıya tutturulur. Metal kaplamalı camın dayanımı, kaplamasız camın dayanımı ile aynıdır. Camın kaplanması, fabrikada üretim sırasında cam henüz sıcak halde iken uygulanan metal püskürtme işlemi ile yapılır, böylece kaplama yüksek bir dayanım kazanır. Kaplamalı cam, düz camla karşılaştırıldığında, ışık geçirgenliğinde azaltma olumsuzluğuna sahiptir.

Seralarda kullanılan camlarla ilgili olarak, standart koşullar altında ölçülmüş ısı geçişine ilişkin k değerleri ($W/m^2.K$) Çizelge 6.1'de verilmiştir. Burada yaygın ışınım geçirgenliği ve normalden gelen doğrudan ışık geçirgenlik değerleri sadece cam örtü malzemesi için verilmiştir.

Çizelge 6.1 Çift kat cam takılması durumunda ışık geçirgenlik ve yalıtım değerleri

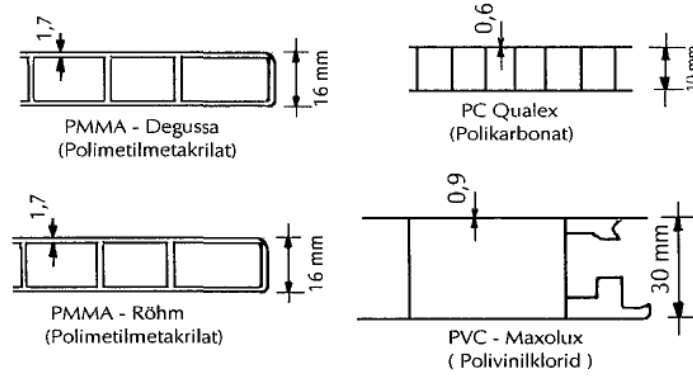
Cam tipi	Yaygın ışık	Doğrudan ışık	k değeri (W/m ² .K)
	% 72	%81	3,3
	% 72	%82	3,0
	% 73	%81	2,8
	% 72	%81	2,9
	%68	%78	2,3
	%83	%89	5,6

Cam örtü malzemeleri için verilen k değerleri, çift kat cam örtü uygulamasının, tek kat cam örtü uygulamasıyla karşılaştırıldığında, ısı geçişini yaklaşık olarak % 50 oranında azalttığını göstermektedir. Bununla birlikte cam levhalardan başka, kenar duvarlar, oluklar, kirişler, doğal kaçaklar, ısıtma tesisatının yerleşimi vb. gibi diğer özellikler de seradan toplam ısı geçişini etkileyecektir. Bu nedenle bütün seraların u değerlerinin kesin sınırlarını belirlemek güçtür. Bu konuda Hannover'de yapılan bir araştırmada, seranın çift kat camla örtülmesi ile saptanan 4,2 – 5,0 W/m².K değerine karşılık, tek kat cam örtü uygulamasında 7,5 – 8,8 W/m².K değerleri saptanmış ve yaklaşık olarak % 40 oranında enerji tasarrufu sağlandığı bildirilmiştir.

6.1.2 Sert Plastikler

Seraların örtülmesinde cam örtü malzemelerinin yanı sıra, saydam plastik malzemeler de

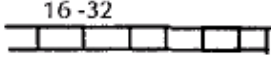
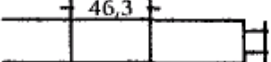
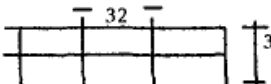
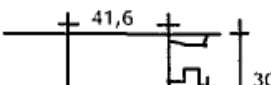
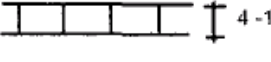
kullanılır. Bunlar tek kat oluklu tabakalar ve yalıtım sağlayan çift kat örtü malzemeleri ile özel olarak yapılmış örtü malzemeleridir. Bu örtü malzemeleri içinde son olarak bildirilen çift katlı örtü malzemeleri, üretim sırasında tek işlemden çekilerek üretilir ve tek katlı örtü malzemelerinden daha iyi yalıtım özelliklerine sahiptir. Akrilik (PMMA), polikarbonat (PC) ve polivinilklorid (PVC) olarak adlandırılan üç farklı malzemenin yapılmış çift katlı örtü tabakalarının kesitleri Şekil 6.3'te gösterilmiştir. İki çeperli örtü malzemelerinden daha iyi yalıtım özelliğine sahip olan üç çeperli örtü malzemeleri de vardır, fakat bu malzemelerin ışık geçirgenliği daha düşüktür.



Şekil 6.3 Çift-katlı sert plastik örtü malzemeleri

Genel olarak örtü malzemelerinin yalıtım özelliği, örtü tabakaları arasındaki boşluk genişliğine bağlıdır. Örtü malzemesinden ışık geçişi, malzemeye ve örtü kesitinin şekil ve boyutlarına bağlı olarak değişir. Bazı örtü malzemelerinin % olarak belirtilen yaygın ve doğrudan ışık geçirgenlikleri Çizelge 6.2' de verilmiştir. Burada verilen k değerleri, Çizelge 6.1' deki veriler ile benzer şekilde karşılaştırılmalıdır.

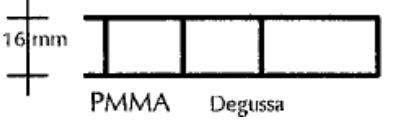
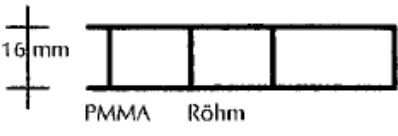

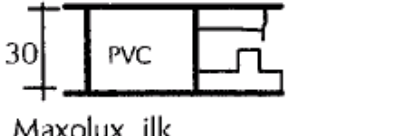

Çizelge 6.2 Sert plastik örtülerin ışık geçirgenliği ve yalıtım değerleri

Malzeme	Yaygın ışık	Doğrudan ışık	k değeri W/m ² .K
 16 PMMA	%75	%84	2,7
 22 PMMA	%68	%84	2,8
 32 PMMA 3 kat	%65	% 78	1,9
 30 PVC	% 55	% 70	2,5
 4 -10 PC Qualex	% 65 - 68	% 74 - 77	3,0-3,9

6.1.2.1 Akrilik (PMMA)

Yapılan özel yıpratma testleri (xenon tests) ve uygulamadaki denemeler, bu malzemelerin dayanım özelliklerinin çok iyi olduğunu göstermiştir. Bu araştırmalar sonucunda, malzemenin normalden gelen ışık geçirgenliğinin, 15 yılda sadece % 2 oranında azalacağı bildirilmiştir. Işık geçirgenliğindeki bu azalma oranı, güneşten gelen UV ışınları nedeniyle ışık geçirgenliğindeki azalma oranının daha hızlı olduğu diğer sentetik örtü malzemeleriyle karşılaştırıldığında kabul edilebilir bir değerdir. Çizelge 6.3'te malzemenin yıpranması sonucu oluşan etkiler % olarak gösterilmiştir. Malzemenin yıpranması sonucunda oluşan çarpma dayanımındaki azalım derecesi en düşüktür. Yapılan dolu benzeşim testleri 16-mm PMMA örtülerin doluya karşı dirençlerinin 4 mm 'lik tek kat cam levhaların doluya karşı gösterdikleri dirençle, benzer olduğunu göstermiştir.

Çizelge 6.3 Yapay yıpratma testlerinin Batı Avrupa koşullarında doğrudan ışık geçirgenliğine etkileri

Malzeme	Yeni	5 yıl sonra	10 yıl sonra	15 yıl sonra
 16mm PMMA Degussa	% 100	%100	%99	%98
 16mm PMMA Röhm	% 100	% 100	% 99	%98
 4-10 PC Qualex	% 100	% 98	% 94	%91
 30 PVC Maxolux ilk	% 100	%98	%92	%96
 30 PVC Maxolux alternatif	%100	% 97	% 95	% 94

Kimyasal işlemden geçirilmemiş örtü malzemelerinde oluşan yoğuşma damlacıkları ışık geçirgenliğinde belirli bir azalmaya neden olur. Son zamanlarda, malzemedeki yoğuşma ile oluşan damlacıkların su filmi gibi akışını sağlayan, damla oluşturmeyen, kaplama malzemeleri kullanılmaktadır.

Özel olarak hazırlanmış sert plastik kanallar, iç ortamda nem artışının ve yoğuşmanın önlenmesi için dış ortam havası ile havalandırılır. Sonuç olarak özellikle olukların ve tesisin temel yakınındaki alt kanal uçları belirli ölçüde açık kalacaktır. Örtüler, 6 m 'ye kadar büyük boyutlarda mevcut olduklarından, seranın camla kaplanmasına göre daha az yapı elemanı gerektirirler.

Bu durum, tabaka yapısı nedeni ile ışık kaybını kısmen iyileştirebilir. Çift cidarlı (16mm) örtülerin yaygın ışınım geçirgenliği, 4 mm'lik tek kat cam levhası ile karşılaştırıldığında % 8-10 oranında daha azdır (Çizelge 6.2). Örtülerin seraya kaplanmasında sıcaklık ve nem değişimleri sonucunda oluşan büzülme ve genişleme durumları göz önüne alınarak yapı

üzerine uygun boyutlarda yerleştirilmeli ve çivi, vida vb. ile tutturulmamalıdır. Asitli silikon macunlar ve eritici kimyasal kullanımlarından sakınılmalıdır.

6.1.2.2 Polikarbonat

Polikarbonat (PC) sera örtü malzemeleri, akrilik (PMMA) örtü malzemelerinden önemli ölçüde daha yüksek çarpma dayanımına sahiptir. Bu örtü malzemelerinin olumsuzluğu, yıpranmayı önleyici kimyasal işleminden geçirilmemişlerse, ışık geçirgenliği, Batı Avrupa koşullarında, güneşin UV ışınları nedeni ile 15 yılda % 9 - 10 oranında azalacaktır. Bu olumsuzluğa ek olarak bir kaç yıl içinde örtüde göze çarpan ölçüde bir sarılaşma oluşacak ve çarpma dayanımı da azalacaktır. Örtü malzemesinin yıpranmasını yavaşlatmak için, PC örtülere akrilik kaplaması uygulanabilir.

PC örtüler, genellikle sera kenar duvarlarının iç kısmında ikinci kat örtü kullanımı için uygun olan 4-6 mm'lik çok ince kalınlıklar da dahil olmak üzere farklı kalınlıklarda üretilmektedir. Örtülerin seraya tutturulmasında, büzülme ve genleşme ile ilişkili olarak PMMA örtüler için, belirtilen uygulamalar bu malzeme için de dikkate alınmalıdır. Işık geçirgenliği, örtülerin kalınlığına ve bölmeler arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişir. PC örtülerin eğilerek kullanılabilmesi bir üstünlük olup, bu nedenle sera çatısının şekillendirilmesinde kullanılabilir. (Zabeltitz vd.1996)

6.1.2.3 Polivinil klorid

Seralarda asıl malzemesi polivinil klorid (PVC) olan saydam yapılı örtü malzemeleriyle bir çok araştırma yapılmıştır. Araştırma ve deneyler örtü özelliklerinin, sentetiğin hazırlandığı yöntemle bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğini göstermiştir. İyi geçirgen olan örtüler, dolu yüküne karşı düşük bir dirence sahip olabilir. Bu malzemeler, ışık geçirgenliği ve dayanım özellikleri ile ilişkili olan yıpranmaya karşı duyarlıdır. Malzeme kenarları birbirine kolayca kilitlenen profillerden yapılmış olup, aşık ve dikmelere demir kancalarla tutturulur.

Sentetik yapılı bir çok sera örtü malzemesinin kolayca tutuşabilmesi nedeni ile, doğrudan yanma tehlikesi altında bulunan yerlerde kullanılmaması gerekir. Sentetik veya plastik malzemelerle örtülü seralarda yangın tehlikesine karşı önceden alınması gerekli önlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

—Bu tip malzeme kullanılmış olan seralar içinde ateş yakılmamalıdır.

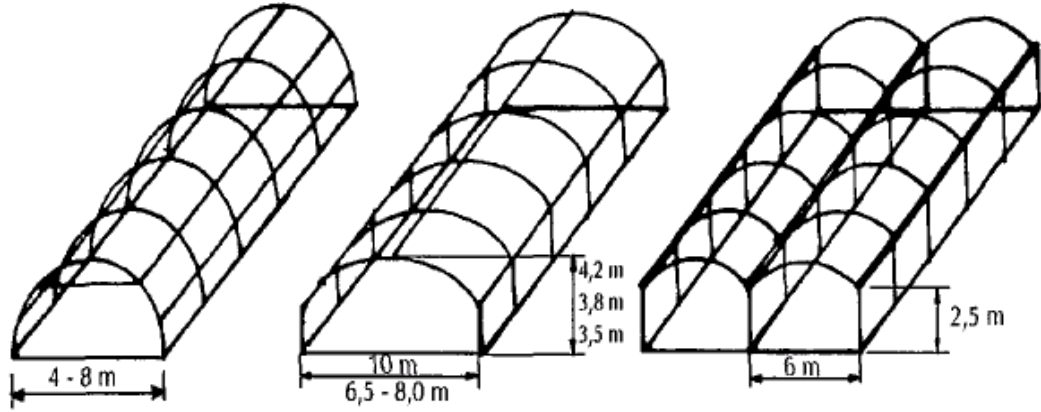
—Kaynak veya lehim yapma sırasında sentetik örtüler korunmalıdır.

—Özellikle sentetik duvarların yanında, tutuşabilen malzemeler bulundurulmamalıdır.

—Örtülerin en üst ve en alt kenarları alüminyum profillerle kapatılmalıdır.

6.1.3 Plastik Örtüler

Sentetik şeffaf örtüler, seralarda tek veya çift kat örtü malzemesi, sera kenarlarında ek kaplama veya belirli yükseklikte yatay - hareketli perde olarak kullanılır. Yarı dairesel basit tünel seralarda, örtü malzemesi yay çatı tarafından taşınmakta ve boydan boya giden oluklarla desteklenmektedir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 Bazı plastik sera tipleri

Plastik örtülü bir seranın rüzgar ve kar yüklerine ve bazen de ürün yüklerine karşı dayanıklı olabilmesi için, uygun bir çelik yapıya gereksinimi vardır.

Plastik seralarla ilgili olarak aşağıdaki özellikler dikkate alınmalıdır:

- Sera yapısı mümkün olduğunca hafif ve ucuz malzemelerden yapılmalıdır. Seranın rüzgar ve kar yüklerine karşı çökmeden emniyetli olarak kalabilmesi için yeterli dayanıma sahip olması gerekir.
- Plastik sera örtüsü, oluşabilecek yüklerden etkilenmeyecek şekilde yapıya tutturulmalı ve örtünün değiştirilmesi kolay olmalıdır.
- Plastik örtü, sera üzerine kırıştırılmadan sıkı bir şekilde gerilmeli ve örtünün sera üzerinde rüzgar etkisiyle çırpınmasına izin verilmemelidir.
- Sera yapısının keskin kenarları ile plastik örtü arasında doğrudan temas olmamalıdır. Özellikle, fazla güneş ışınımı nedeni ile yapı elemanları ısındığından, plastik örtünün yıpranması daha fazla olacaktır.

e) Plastik örtülerin, sera üzerinde ekleme yapılmaksızın örtülebilmesi için mümkün olduğunca büyük boyutlarda olması gerekir.

Sera yapısındaki makasların, aşıkların ve denge desteklerinin birbirine bağlanması için birleştirici elemanlar kullanılır veya civata ile birleştirme yapılır. Yay çatılı seralarda, kirişleri desteklemek için yatay bir bağlantı kullanılması önerilir, çünkü kirişin profili hafif olabilir, sera sırtında düşey rüzgar basıncına karşı gösterilen direnç daha iyidir. Bu durumda kullanılan destekleme bağlantısı boru profilden olursa, serada üçgen şeklindeki makasların kullanılması gerekir.

Isıl ışınım (IR), bilinen tek kat cam örtü malzemesinden geçmeyebilir, böylece, sera içindeki ısıtma sistemi, bitkiler vb. tarafından yayılan ısının, ışınım yoluyla kaybolması önlenir. Serada oluşan fazla ısı, havalandırma ve ısı iletimi ile dengelenebilir. Sentetik örtü malzemeleri ile örtülmüş seralarda, bu örtü malzemelerinin birçoğu ısı ışınımına karşı az veya çok geçirgen olduğundan, sera iç ortamındaki ısı, ışınım yolu ile kaybolur. Bu durumda örtüde oluşan yoğuşma bir etkidir. Örneğin 0,075 mm kalınlığındaki kuru polietilen örtü, 0,05 mm kalınlıkta ve % 19 ısı geçirgenlikteki polyester (Melinex) ile karşılaştırıldığında % 76 oranında ısı geçirgenliğe sahiptir.

Değişik plastik örtülerin geçirgenlik değerleri Çizelge 6.4'te verilmiştir. Serada yüksek oranda ısı geçirgenlik istenmeyebilir. Örneğin, plastik bir serada gece boyunca sıcaklığı korumak için PE film üreticileri, seraya uygun ışık girişi engellenmeksizin, dış ortam ışınımını kesmek amacıyla yeni örtü malzemeleri geliştirmişlerdir. Böylece, piyasada EVA (etilen vinil asetat) ve PE-IR (polietilen infrared) gibi değişik plastik örtüler ortaya çıkmıştır. EVA filmin IR geçirgenliği, vinil asetat katkı oranına (% 4-13) bağlı olarak değişir. Bazı plastik örtülerin normalden gelen ışık geçirgenlik değerleri de Çizelge 6.4'te verilmiştir.

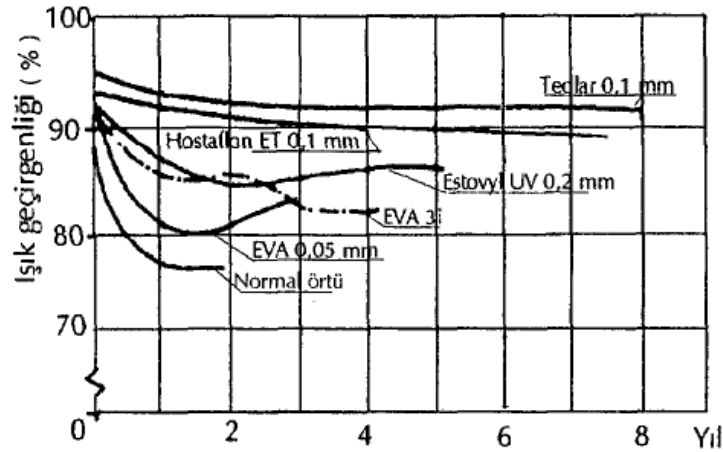
Çizelge 6.4 Bazı Plastik Sera Örtülerinin Ortalama Uzundalga Isıl Işınım (5 000-14 000 nm) ve Normalden Gelen Doğrudan Işınım (400-700 nm) Geçirgenlikleri

Malzeme	Kalınlık	IR Geçirgenlik	Işık Geçirgenlik
	mm	%	%
PE	0,075	76	–
PE	0,100	72	-
PE-damlatmasız	0,150	64	-
PE	0,200	55	92-93
PE, UV katkılı	0,200	56	89-92
PE, %5 IR	0,050	64	-
PE, %10 IR	0,050	53	-
PE, IR	0,200	33	86-92
EVA	0,050	57	93-94
EVA, %13 VA Bileşeni	0,100	42	-
EVA, %8 VA Bileşeni	0,100	53	-
EVA, %4 VA Bileşeni	0,120	51	-
EVA	0,180	22	91
PVC Şeffaf	0,075	25	
PVC Şeffaf	0,100	30	-
PVC Yer	0,100	21	-
PVC Şeffaf	0,200	17	87-91
Tedlar PVF	0,030	55	
Tedlar PVF	0,050	45	-
Tedlar PVF	0,200	33	93 - 94
Polyester (Melinex)	0,050	19	-
Polyester	0,125	5	89-90
Teflon FEP	0,050	57	96
Hostaflon (ETFE)	0,100	22	

Sera örtü malzemesi olarak plastik örtüler seçilirken, örtünün ısı ve ışık geçirgenliği değerlerinin uygun oranlarda olmasına dikkat edilmelidir.

Örtü malzemeleri seçiminde göz önüne alınması gereken diğer bir konu da, örtünün yıpranmaya karşı duyarlılığıdır. Örtü malzemelerinin yıpranmasının temel nedeni güneşin morötesi (UV) ışınlarıdır. UV ışınlarının yıpratıcı etkilerine karşı katkı maddesi içermeyen şeffaf PE örtü, sadece bir yıl etkin olarak kullanılabilir. Daha sonraki yıllarda bu örtü kolayca parçalanabilecek hale gelir. PE örtü malzemesinin kullanım süresi, örtüye UV ışınlarının yıpratıcı etkilerinden koruyucu etkin katkı maddelerinin kullanılması ile 3 yıla kadar uzatılabilir. Bu katkı maddeleri örtüye sarımtırak bir renk verir.

Örtü malzemesinin eskimesi, örtünün ışık geçirgenliği üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, Balı Avrupa koşullarında UV-katkılı PE'nin ışık geçirgenliği, üç yılda % 5 – 7 ve EVA örtü malzemesinin de iki yılda % 4 oranlarında azaldığı belirlenmiştir. Bazı örtü malzemelerinin eskime sonucu oluşan ışık geçirgenliklerindeki azalma oranları Hannover'de araştırılmıştır. Bu araştırmaya ilişkin bazı sonuçlar Şekil 6.5'te verilmiştir. Genellikle sentetik örtü malzemelerinde oluşan yoğuşmanın önemli ölçüde ışık kayıplarına neden olduğu bilindiğinden, örtülerin yoğuşma özellikleri de dikkate alınmalıdır.



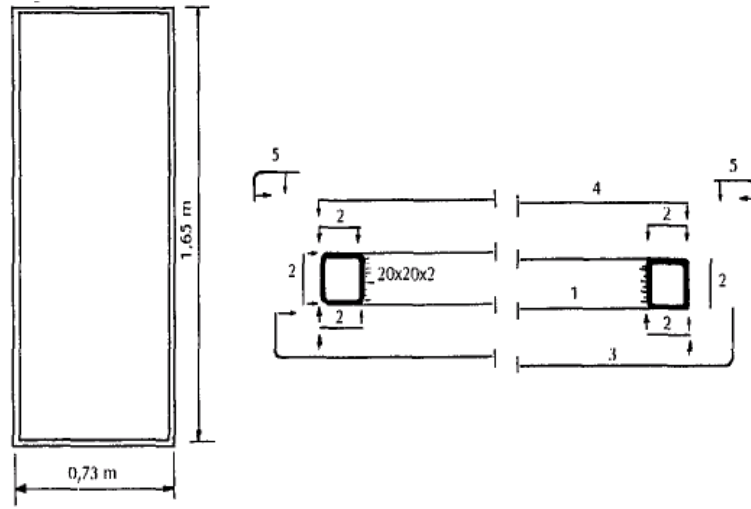
Şekil 6.5 Bazı plastik örtülerin kullanım süresine bağlı olarak ışık geçirgenliğinin değişimi

Örtü malzemesinde oluşan yoğuşmanın kontrol altına alınamaması sonucu sera içerisine damlaması, bazı duyarlı bitkilere zarar verebilir. Bazı örtü malzemelerine uygulanan kimyasal işlem sonucu, yoğuşan damlalarının örtüden bir su filmi gibi akışı sağlanmakta ve böylece sera içerisine damla şeklinde düşmesi önlenmektedir. Bu durumun olumsuz bir yanı uygulanan kimyasal işlemin henüz geçici bir işlem oluşudur. Bu konuda daha ayrıntılı araştırma çalışmaları sürdürülmektedir. (Zabeltitz vd.1996)

6.1.3.1 Çift kat örtü

Plastik bir seranın yalıtımını arttırmak için sera, çift kat hatta üç kat örtü malzemesi ile örtülebilir. Seranın çift kat örtü malzemesi ile örtülmesi durumunda, ısı geçişi yaklaşık olarak % 30–40 oranında azalacaktır. Bu konuda yapılan araştırmalarda, ısı geçiş katsayısının 6–8 $W/m^2 K$ 'den 4 – 6 $W/m^2 K$ 'e kadar azaldığı belirlenmiştir.

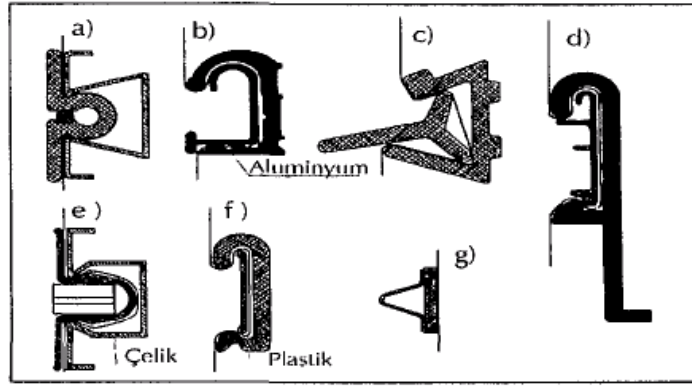
Plastik örtüler arasındaki boşluğu belirli bir kalınlıkta tutmak için uygulanan iki yöntem vardır. Birinci yöntem, üzerine örtülerin gerildiği kenar-çerçevesel paneller yapmaktır. Bu durumda boşluk genişliği, kullanılan kenar profilin boyutları ile belirlenir. PVF ve FEP plastikli panel örneği Şekil 6.6'da gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Plastik film örtüler için çelik çerçevesel panel

Plastik örtülerin panellere gerdirilerek tutturulması için yapışkan şeritler, karşılıklı kaynakla birleştirme veya Şekil 6.7'de gösterilen bağlama düzenekleri kullanılabilir.

İkinci yöntem, plastik örtüler arasındaki boşluğu küçük bir fan yardımıyla şişirerek sağlamaktır. Plastik örtüler arasındaki boşlukta, fan yardımı ile oluşturulan basınç, örtülerin gergin olarak kalmasını sağlar. Bu durumda, plastik örtülerin yapıya tutturulması için, çoğunlukla alüminyum, çelik veya plastikten yapılmış olan bağlama profilleri kullanılır (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 Plastik seralarda örtülerin tutturulmasında kullanılan profiller

Plastik örtüler arasındaki boşlukta yoğuşma oluşmasının önlenmesi için, bu hacmin dış ortam havası ile havalandırılması gerekir. Seraların iki veya üç kat örtü malzemesiyle örtülmesi durumunda kullanılan bazı plastik örtü bileşenleri için yaygın ve doğrudan ışınım geçirgenlik değerleri Çizelge 6.5'te verilmiştir.

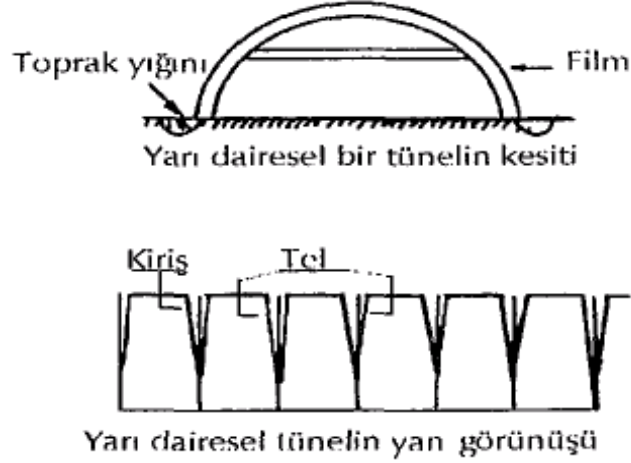
Çizelge 6.5 Bazı plastik Örtü bileşenlerin ışık geçirgenliği

Örtü		Yaygın ışık	Doğrudan ışık
PE (UV) katkılı 180 Hava PE(UV)katkılı 180	100 mm	% 62	% 77
PVF Tedlar 50 Hava FEP Teflon	12 mm	% 74	% 82
EVA (UV katkılı) 180 FEP Teflon 50 PE (UV katkılı) 180	12 mm 12 mm	% 59	% 75

Plastik örtülerin kullanım süresi birçoğunda üç veya dört yılla sınırlı olduğundan, sera yapısı üzerindeki örtünün değiştirilmesi kolay olmalıdır. Sera yapıları 15-20 yıl kullanılmak üzere tasarlandığından, bu süre boyunca plastik örtüler bir kaç kez değiştirilir. Örtülerin kolayca değiştirilebilmesi için, Şekil 6.7' de gösterilen bazı bağlantı elemanları geliştirilmiştir. Şekilde b, c, d ve f ile gösterilen bağlantı elemanları seranın bir kenarında plastik örtünün gerdirilmesinde uygulanır. Karşı kenardaki örtü çekildiğinde, bağlantı elemanı boşalacaktır.

Plastik örtüleri yuvarlak boru profillere tutturmak için başka bağlantı elemanları da vardır.

Yay çatılı tünel seraların örtülmesi için birçok durumda plastik örtü, yaylar üzerinde gerilir ve daha sonra örtünün uçları yayların dibindeki toprak içerisine gömülür. Örtünün uçlarının üzerine toprak konularak rüzgâr tarafından kaldırılması önlenir. Tünel şeklindeki yaylar üzerine şeritler gerilerek yapının emniyeti artırılır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8 Tünel sera örnekleri

Sera örtü malzemesi olarak Tedlar (PVF), Teflon (FEP), Hostafon (ETFE) ve Melinex (Polyester) gibi daha dayanıklı plastik örtülerin üretilmesi için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu plastik örtüler UV katkılı PE örtüden iki kat veya daha fazla kullanım ömrüne sahiptir. İtalya'da Hostafon örtü malzemesi büyük genişliklerde üretilmektedir. Sera örtüsü olarak bir plastik malzemeden istenilen özellikleri gerçekleştirmek için son zamanlarda, öz tabakası dayanıklılık sağlayan ve ışınımaya karşı engel oluşturan, dış katmanı UV soğurucu katkı maddesi içeren, iç katmanı da oluşan yoğunlaşmanın bir film şeklinde kenarlara doğru akmasını sağlayan, üç katmanlı plastik örtü üretme çalışmaları başlanmıştır. (Zabeltitz vd.1996)

6.2 Isı Perdeleri

Sera iç ortamından dış ortama doğru olan ısı kayıpları, aşağıda belirtilen şekillerde gerçekleşir:

- ışınım ile;
- ısı taşınımı ile
- ısı iletimi ile sera cidarlarından ısı geçişi

—sera içerisine dış ortam havasının sızması şeklinde oluşan havalandırma ile ısı geçişi.

Seradan ısı kayıplarını azaltarak enerji korunumu sağlamak amacı ile birçok yöntem geliştirilmiş olup, bu yöntemlerin bazıları henüz gelişim aşamasındadır. Bu yöntemler içerisinde uygulamada en yaygın olarak kullanılan sistem, özellikle hareketli ısı perdesidir. Isı perdeleri serada gündüzleri açıldığında, seranın aydınlanma koşulları en az oranda engellenir. Perdeler geceleri kapatıldığında ise, sera iç ortamından dış ortama ısı akışı azalır. Böylece sera iç ortamında ısı korunumu sağlanır ve enerji tüketimi en aza indirilir.

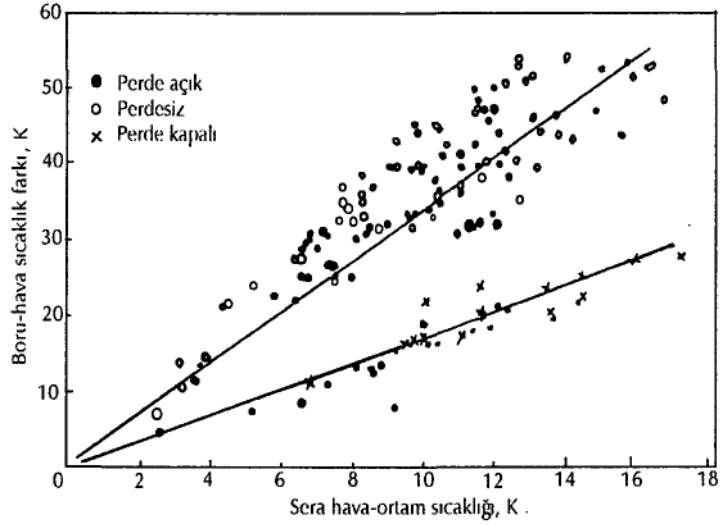
Serada kullanılan ısı perdelerinin bitki örtüsü, iç ortam ve örtü yüzey sıcaklığı ile enerji tüketiminin değişimi gibi sera iç ortam ikliminde önemli olan etkileri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

6.2.1 Isı Perdesinin Bitki Sıcaklığına Etkisi

Isı perdesi, bitki yaprak yüzeyini soğuk gökyüzü ışınlımından koruduğundan yapraklardan ısı geçişini azaltır. Aynı dış ortam koşullarına eşit iç ortam sıcaklığında bile, ısı perdeli seradaki bitki yaprakları perdesiz seradakilerden daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Bailey, alüminyum kaplanmış polyester ısı perdesi ile bitki yaprak sıcaklığında ortalama olarak 1 K artış saptamıştır. Bitki, sera içerisinde sahip olduğu yaprak sıcaklığında, daha düşük iç ortam sıcaklığı ile gelişimini sürdürmektedir.

6.2.2 Seranın Çatı ve Örtü Sıcaklığına Etkisi

Isı perdesi, seranın çatı ve örtü sıcaklığını azalttığından dış ortama ısı geçişini kısıtlar. Seradan dış ortama ısı geçişinin azaltılması, iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Serada ısı perdesi ve çatı arasındaki hava boşluğu, sera iç ortamından dış ortama ısı geçişi için ısı direnç oluşturur (Şekil 6.9). Perde, serada toprağın yüzey sıcaklığını da arttırdığından, perdenin açık olduğu konumla karşılaştırıldığında soğuk gökyüzü ile toprak yüzeyi arasında ışınlımla ısı geçişini de engeller.



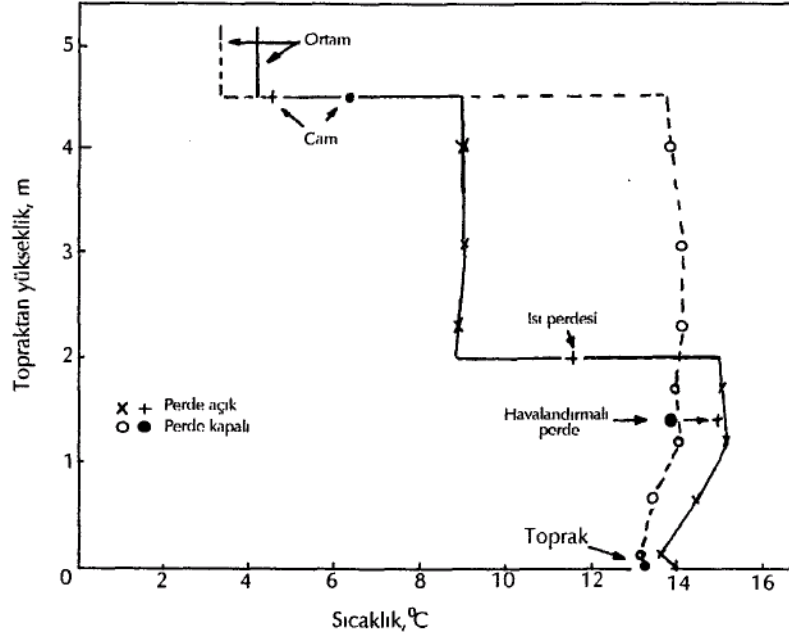
Şekil 6.9 Isı perdeli ve perdesiz tek bölmeli serada düşey sıcaklık değişimi

6.2.3 Isı Perdesinin Hava Değişim Oranına Etkisi

Serada sızdırmaz bir şekilde yerleştirilmiş perde tesisatı, dış ortam havasının sera içerisine sızmasını engelleyen ek bir direnç oluşturur. Perde sistemi, perdesiz seralar için oldukça önemli olan rüzgâr hızının etkisini en aza indirmektedir.

6.2.4 Isıtma Borusu Sıcaklığına Etkisi

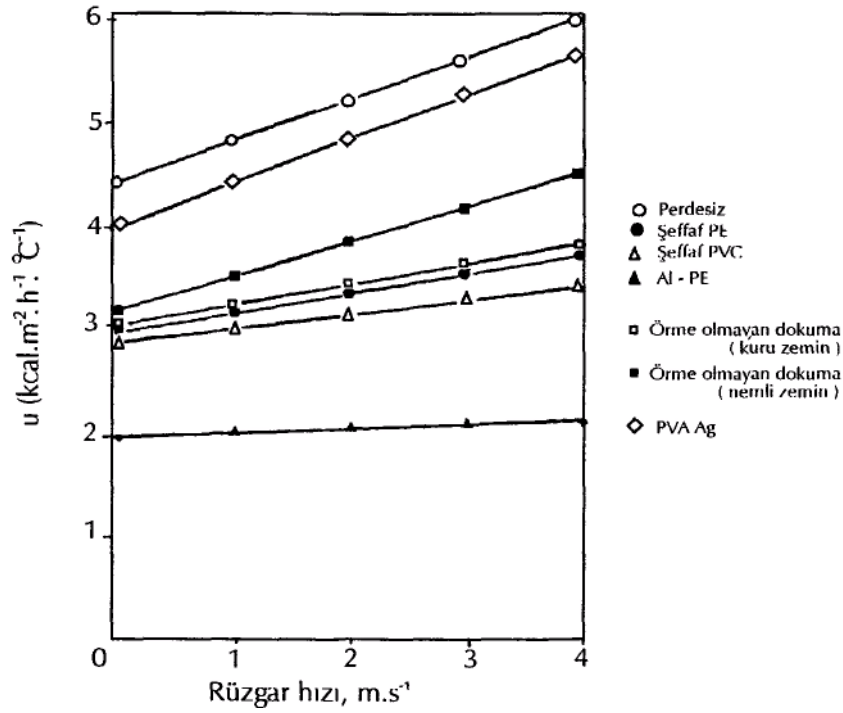
Isı perdesi kullanımı ile dış ortama ısı geçişleri azaltıldığından, perde kullanılan seradaki ısı enerjisi gereksinimi, perde kullanılmayan seradan daha düşüktür. Isı perdesi ile aynı dış ortam koşullarında, serada gerekli iç ortam sıcaklığını daha düşük ısıtma borusu sıcaklığı ile sürdürmek olasıdır (Şekil 6.10).



Şekil 6.10 Dış ortam iklim koşullarının aynı olması durumunda, tek bölmeli cam serada ısıtma borusu sıcaklıklarının değişimi

6.2.5 Toplam Isı Geçiş Katsayısına Etkisi

Bir seradaki toplam ısı geçişi, toplam ısı geçiş katsayısı ile belirtildiğinde, perde sisteminin değişik hava koşullarında etkilerini belirlemek mümkündür. Bu konuda, Okada tarafından çeşitli perde malzemeleri ile bir araştırma yapılmıştır (Şekil 6.11). Araştırma sonuçları, farklı perde malzemelerinin kullanımı ile elde edilebilecek mümkün olabilen enerji korunumunu yönlendirmesi bakımından, oldukça ilginçtir. Yansıtma özelliği iyi olan alüminyum kaplı perde malzemeleri ile sağlanılabilen enerji tasarruf değerleri de oldukça yüksektir. Perde sisteminin sağladığı enerji tasarruf oranları, perde malzemesine bağlı olarak % 10-70 arasında değişmektedir. Bu durum, seralarda enerji kayıplarını en uygun düzeylerde tutmak için, perde sistemlerinin kullanılmasının gerekli olduğunu göstermektedir. (Zabeltitz vd.1996)



Şekil 6.11 Değişik perde malzemeleriyle tek bölmeli cam seranın toplam ısı kayıp katsayısının (u) değişimi

6.2.6 Seralarda Kullanılan Isı Perdelerinin Özellikleri

İstenilen amaca yönelik olarak perdeler üç değişik şekilde düzenlenmektedir.

- Gölgeleme perdesi sistemleri: Bu perde sistemleri, perdenin enerji koruma etkisinin daha az önem taşıdığı durumlarda kullanılır.
- Enerji perdesi sistemleri: Bu sistemler de, bir önceki sistemlerin tersine serada enerji koruma etkisinin büyük önem taşıdığı durumlarda kullanılır.
- Çok amaçlı perde sistemleri: Perdenin sağlayacağı gölgeleme ve enerji korunumu etkilerinin her ikisinin de önemli olduğu durumlarda kullanılır.

Perde sistemlerinin bu şekilde gruplandırılmasından, perde malzemelerine olan asıl gereksinimin farklı olduğu anlaşılmaktadır. Bu perde sistemleri içerisinde asıl önem, enerji perdesi malzemelerine verilmekle birlikte, perdelerin tasarım amacından farklı amaçlarla kullanıldığı özel durumlarda, bazı uyarlamaları gerçekleştirebilmek için, diğer sistemlerin perde malzemeleri hakkında da biraz bilgi vermek gerekmektedir.

6.2.6.1 Genel istekler

Serada istenilen amaca uygun perde malzemesinin seçimi, sistemin serada düzenlenmesi ve etkin bir şekilde çalıştırılmasında aşağıdaki özellikler dikkate alınmalıdır.

—Ekonomik istekler: Perde sistemine yapılan yatırım nedeni ile kazancı etkileyen faktörlerdir. Bu faktörler iki grupta altında incelenebilir; perdenin sağlayacağı enerji tasarrufu, ürün verimi ve kalitesine etkisi ve perde malzemesi ve sistemin kullanım süresi, fiyatı ve bakım giderleri.

—Perde malzemesinin elastikiyet özelliği: Serada perdeler gündüzleri açıldığında, özellikle kış periyodunda sera içerisine ışık geçişini azaltmamak için, yerleştirildikleri sistemler üzerinde mümkün olduğunca az yer işgal etmelidirler. Bu durum da perde malzemesinin yeterli yumuşaklığa sahip olmasına ve elastik bir yapıda olmasına bağlıdır. Perde malzemesinin hafif ve kolayca toplanabilir oluşu, perdeyi açma-kapatma mekanizmasının işlevini de kolaylaştıracaktır. Perde malzemesi toplandığında, serili bulunduğu sistem üzerinde küçük bir paket şeklinde kalabilmelidir.

—Perde malzemesinin su sızdırma özelliği: Her serada yağmur suları az da olsa içeriye sızabilir. Ayrıca sera çatısından perde üzerine yoğunlaşmış su damlacıkları da düşebilir. Böylece, perde üzerinde su birikmesi olacaktır. Bu durum, perde ve ürünün zarar görmesine neden olur. 1970'li yılların başlangıcında ucuz PE malzemedan yapılmış perde kullanımının ardından, perde malzemelerinin dokuma olarak yapılmasında büyük gelişmeler sağlanmıştır.

—Perde altında yoğunlaşma nedeniyle oluşan damlacıkların önlenmesi: Özellikle sabahın erken saatlerinde seradaki perdenin sıcaklığı, iç ortam havasının çiy noktası sıcaklığı altına düşeceğinden, perde ile temas eden hava soğuyarak sürekli su buharı oluşturacaktır. Film malzemelerden yapılmış perdeler kullanıldığında, yoğunlaşan su damlacıkları bitkilerin üzerine düşerek ürünün zarar görmesine neden olur. Dokuma malzemelerden yapılmış perdeler yoğunlaşma damlacıkları oluşturmaz.

—Perdenin yıpranma direnci: Perdeler genellikle serada yerleştirilmiş olan plastik ipler üzerinde hareket ettiğinden, perde malzemesi iyi bir yıpranma direncine sahip olmalıdır.

—Perde malzemesinin sağlamlığı: Serada yerleştirilmiş olan perde üzerinde hemen hemen hiç bir ağırlık olmamasına karşın, perde malzemesi yine de yeterli sağlamlıkta olmalıdır.

—Güneş ışınımını gölgeleme özelliği: Sera içerisinde güneş ışınımından gelen enerjinin azaltılması istenildiğinde, perde bitki gelişimi için gerekli olmayan ışınımın tamamını sera

dışına yansıtılabilmelidir. Perdenin bu işlevini yerine getirebilmesi için beyaz renkli veya alüminyum katkılı olması gerekir. Diğer renkteki perdeler, güneş ışınımını soğurur ve ışınımı sera dışına yansıtmak yerine serada ısıya dönüştürür.

—Perdeden iyi havalandırma oranı: Perde malzemesinin hava geçirgen olması durumunda serada iyi bir havalandırma oranı sağlanabilir. Ayrıca bazı perdeler üzerinde yapay olarak havalandırma açıklıkları bırakılarak da, perdenin havalandırma oranına olumlu katkı yapması sağlanır.

6.2.6.2 Enerji Korunumu

Isı perdesinin serada sağladığı enerji korunumu; perde malzemesine, ısı ışı nım geçirgenliğine, ışınımı yayma özelliğine ve perdenin serada hava sızdırmaz şekilde yerleştirilmesine bağlı olarak değişir. Alüminyum katkılı ısı perdeleri, yukarıda belirtilen özellikler bakımından uygun olduklarından enerji korunumu açısından daha çok tercih edilmektedir. Isı perdelerinin yukarıda belirtilen özellikler bakımından değerlendirilebilmesi için bazı perde malzemelerinin ışı nım özellikleri Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6 Bazı Perde Malzemelerinin Işınım Özellikleri

Malzeme	Kısdalga ışınımı (400 - 700 nm)			Uzundalga ışınımı (5 000 - 40 000 nm)		
	τ yaygın	ϕ yaygın üst	ϕ yaygın alt	τ	ϕ	ϵ
LS-1	0,0003	0,07	0,07	0,20	0,22	0,58
LS-10	0,68	0,31	0,31	0,36	0,25	0,39
LS -11	0,02	0,80	0,80	0,00	0,75/0,33	0,25/0,67
LS -13	0,51	0,44	0,44	0,27	0,38	0,35
LS-14	0,45	0,49	0,49	0,24	0,42	0,34
LS-15	0,35	0,55	0,55	0,18	0,50	0,32
LS-16	0,23	0,64	0,64	0,12	0,58	0,30
LS-17	0,19	0,68	0,68	0,09	0,63	0,28
LS-18	0,15	0,71	0,71	0,07	0,65	0,28
LS -11+1	0,00	0,80	0,07	0,00	0,75	0,25
LS-11+7	0,00	0,80	0,08	0,00	0,75	0,25
EHs	0,72	0,27	0,27	0,66	0,19	0,15
ESs	0,40	0,59	0,59	0,55	0,17	0,28
Isotex - 20	0,51	0,48	0,48	0,21	0,18	0,61
Isotex - 45	0,47	0,52	0,52	0,14	0,14	0,72
Isotex - 55	0,44	0,55	0,55	0,10	0,16	0,70
Valvac	0,02	0,80	0,80	0,10	0,62	0,28
Peritherm	0,26	0,73	0,73	0,00	0,65	0,35
Tyvec silver	0,02	0,65	0,89	0,01	0,64	0,35

6.2.6.3 Isı Perdelerinin Yerleşimi

Herhangi bir ısı perdesi sistemi aşağıdaki elemanlardan oluşur:

—Isı perdesi malzemesi,

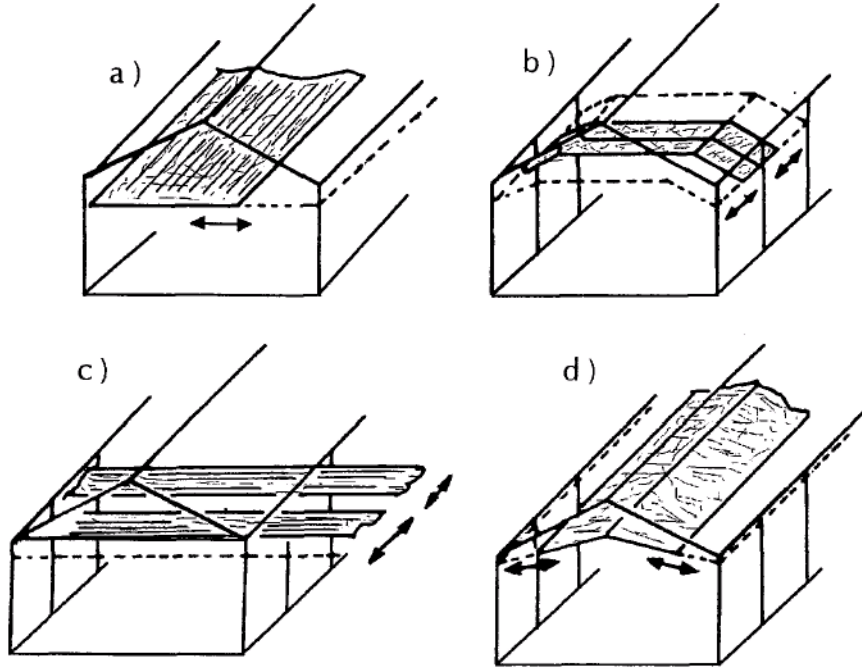
—Perde malzemesini taşıyıcı sistem,

- Perdenin bitki örtüsü üzerinde açılıp, kapatılmasını sağlayan sistem,
- Perdenin açılma ve kapatılması için çalıştırma mekanizması ve
- Perdenin açılma ve kapatılmasını sağlayan ayar sistemi.

Sera yapısı, perde malzemesi, serada yapılacak yetiştirme sistemi, perde sisteminin seraya yerleştirilme amacı ve sistemin ekonomikliği için bazı teknik çözümlerin yapılması gerekir.

6.2.6.4 Perdelerin Gerilmesi

Perde malzemesi, serada bitki örtüsü üzerine bir kaç değişik şekilde yerleştirilebilir. Bunların bazıları Şekil 6.12'de gösterilmiştir.



Şekil 6.12 Yerleştirme şekline bağlı olarak bazı perde tipleri

(a) oluktan oluğa ısı perdesi; (b) kirişten kirişe ısı perdesi;(c) akslar arasına yerleştirilmiş perde; (d) çatı ekseninden kenarlara doğru hareket eden ısı perdesi (Zabeltitz vd.1996)

6.2.6.5 Perdelerin Yerleştirilmesi

Perdelerin seradaki yerleşimine bağlı olarak, sera içerisinde ve sera dışında olmak üzere iki tip perde düzenlemesi yapılabilir.

Seraya dış taraftan perde yerleştirmek için, perdelerin rulo halinde sarılarak ve ray üzerinde hareket edecek şekilde düzenlendiği iki tip yapı uygulanır. Her iki tip yapı da pahalı olmakla

birlikte, özellikle sıcak iklimlerde gölgeleme perdesi olarak etkin bir şekilde kullanılır.

Uygulamada sera iç kısmına yerleştirilen perde yapım şekilleri (Şekil 6.13) kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

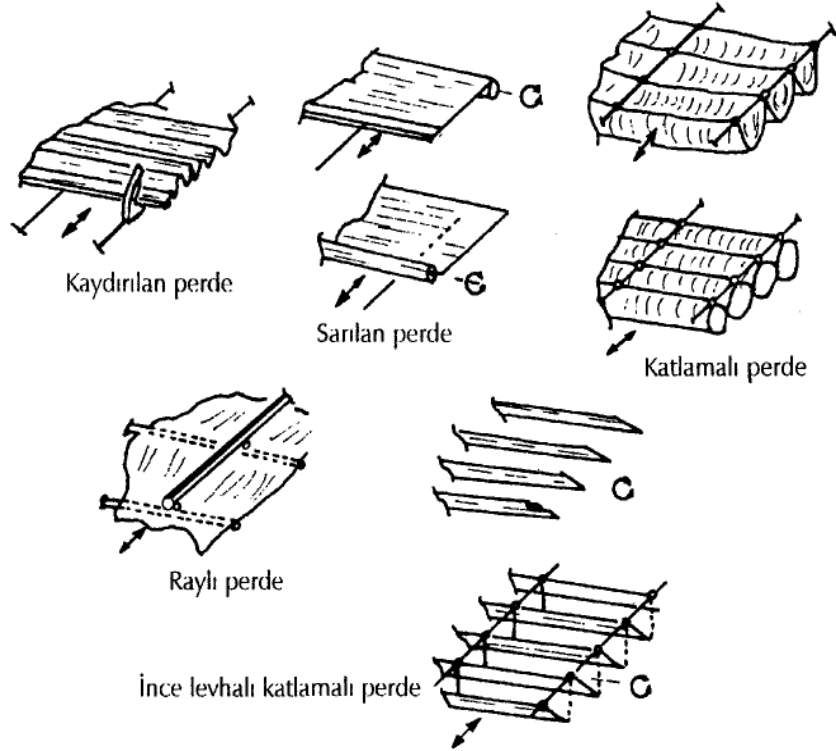
—Kaydırılarak hareket ettirilen perde: Perde, tek veya çift kat olarak düzenlenebilir ve sera içerisine gerilen destekleme ipleri üzerinde kaydırılarak hareket eder.

—Sarılarak hareket ettirilen perde: Perde kısa veya uzun rulolar halinde sarılarak hareket edecek şekilde düzenlenir.

—Katlamalı perde: Tek veya çift kat perde olarak düzenlenebilir.

—Ray üzerinde hareket eden perde: İnce borular veya teller üzerinde hareket edecek şekilde kirişle birlikte tasarlanır.

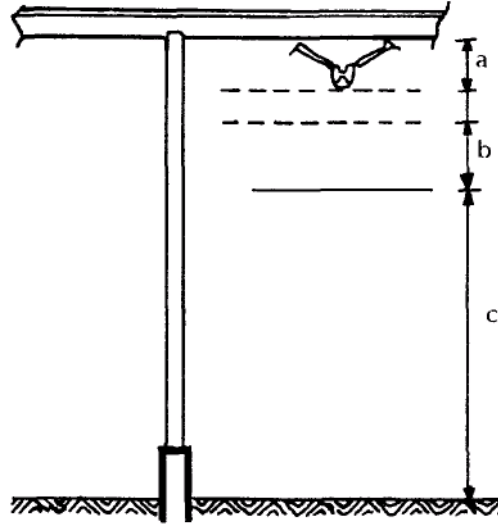
—İnce levhalar halinde sıralanmış katlamalı perde: Yansıtıcı malzeme ile kaplanmış şeffaf, alüminyumlu veya delikli bezden yapılmış ince levhalar halindeki perdenin, sicimler üzerinde dönerek hareketi şeklinde tasarlanır.



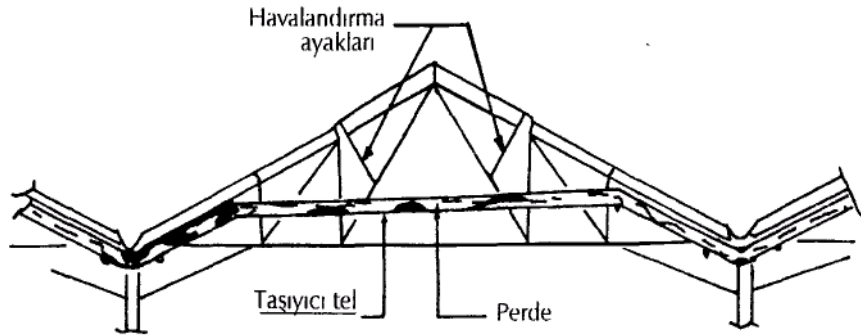
Şekil 6.13 Sera içerisindeki perdeler için bazı yapım sistemleri

6.2.6.6 Perdelerin Yerleşim Sorunları

Serada perdelerin yatay olarak hareket edebilmesi için, Şekil 6.14'te gösterildiği gibi sera içindeki bitkiler üzerinde yeterli boşluk bulunmalıdır. Perdelerin açılıp-kapıtılması sırasında zarar görmemesi ve soğuk hava ile temastan etkilenmemesi için havalandırma düzeneğinin hareketli kısımları altında bitkilerden (c) yeterli yükseklikte boşluk (a) bırakılmalıdır. Fakat daha alçak yapımlar uygulandığında, hareketli kısımlar için gerekli uygun yükseklik (c) kolaylıkla sağlanamamaktadır. Bu durumlarda Şekil 6.15'te gösterildiği gibi iki farklı düzeyde perde yerleşimi yapılabilir.



Şekil 6.14 Perde yerleşimi için sera iç yüksekliğinin bölünmesi

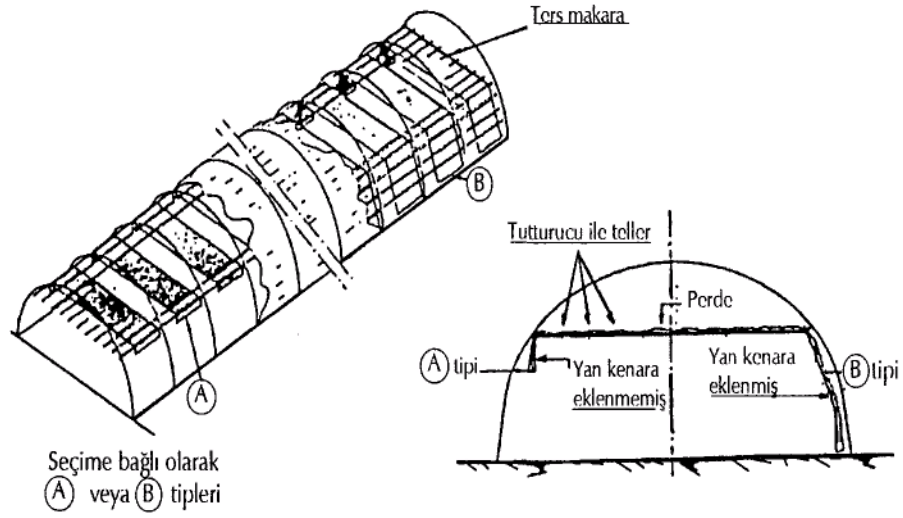


Şekil 6.15 Perdenin iki düzeyde yerleşimi (kirişten kirişe perde hareketi)

6.2.6.7 Seralarda Perde Yerleşimi İçin Örnek Düzenlemeler

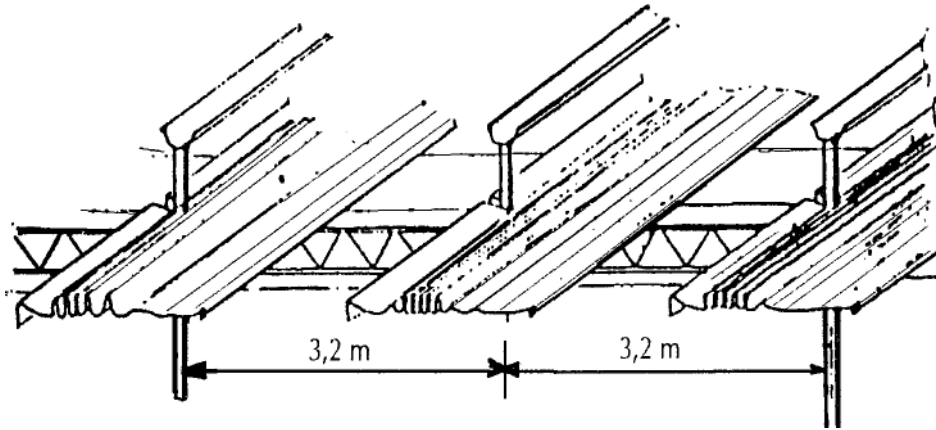
Buraya kadar anlatılan bilgilerin ışığı altında, farklı sera yapılarında, bu seraların özelliklerine bağlı olarak perde sistemlerinin yerleştirilmesine ilişkin bazı öneriler yapılabilir. Şekil 6.16'da

plastik tünel sera içerisinde yerleştirilmiş perde sistemi gösterilmiştir.



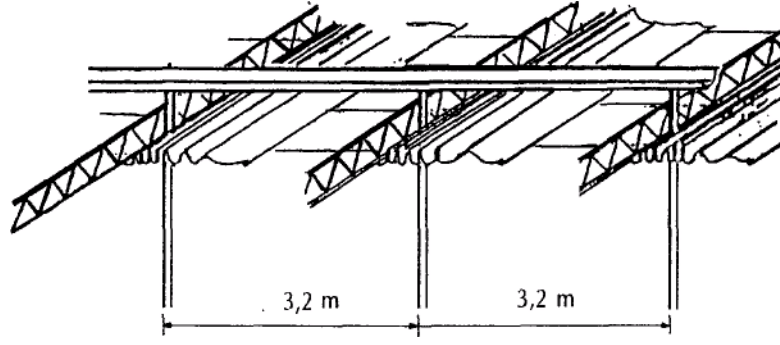
Şekil 6.16 Plastik tünel serada perde sisteminin yerleşimi

Farklı tip cam seralarda perde yerleşimi için bazı örnek düzenlemelere de aşağıda yer verilmiştir. Şekil 6.17'de açıklığı 6,40 m olan Venlo tipi serada oluktan oluğa perde yerleşimi görülmektedir.

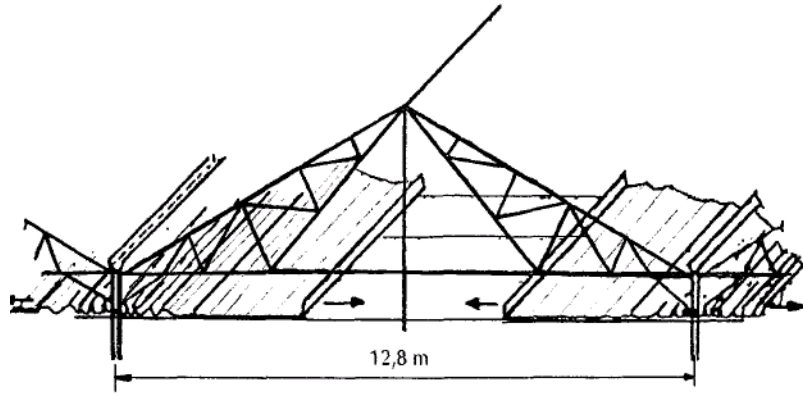


Şekil 6.17 Venlo tipi bir serada oluktan oluğa perde düzenlemesi

Seralarda bir bölmeden diğer bölmeye doğru yerleştirilmiş olan perde sistemi Şekil 6.18'de gösterilmiştir. Daha geniş açıklıklı cam seralarda, uç kısımlardan sera bölmesinin merkezine doğru hareket eden diğer perde sistemleri de vardır (Şekil 6.19).



Şekil 6.18 Kirişten kirişe perde düzenlemesi

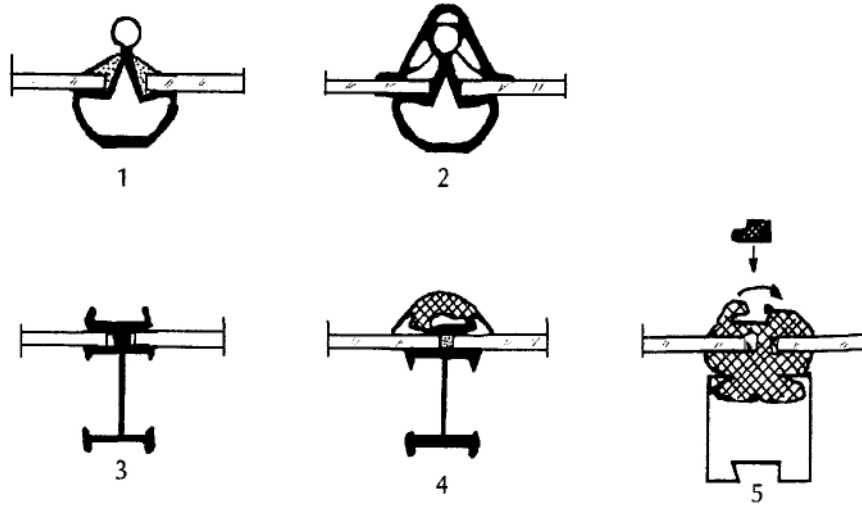


Şekil 6.19 Cam serada kenarlardan merkeze doğru perde düzenlemesi

6.3 Isı Köprüleri ve Hava Kaçağı

Serada iç ve dış ortam havası ile doğrudan temas halinde olan çatı, oluklar ve bağlantı çubukları gibi yapının tüm metal kısımları, ısı geçişi için köprü oluşturur. Seranın bu kısımlarından olan ısı kaybı, şeffaf örtü malzemesinden daha fazladır. Bununla birlikte, bu yapı elemanlarının uygun bir şekilde birleştirilmemesi sonucunda da hava kaçakları olacaktır

Çubuklardan oluşan enerji kayıplarının azaltılması amacı ile sera yapılarında uygulanan bazı uyarlamalar Şekil 6.20 'de gösterilmiştir.

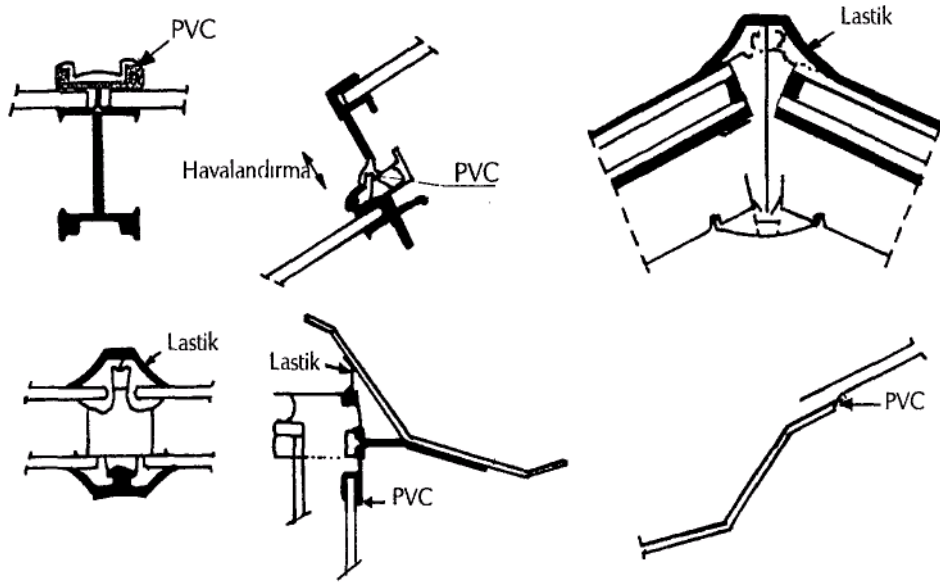


Şekil 6.20 Cam bağlantı çubuklarının tasarımı

Kabul edilebilir değerlerde ısı iletimi ve ışıınım özelliklerine sahip profiller ve yalıtım şeritlerinin uygulanmaya başlamasıyla birlikte, hava kaçakları da ihmal edilebilen düşük düzeylere doğru azalmıştır. Üst üste bindirme durumunda oluşan hava kaçaklarının önlenmesi için cam levhalar özel profillere yerleştirilir. Sera örtüsü ile oluklar ve çatı arasındaki boşluktan, havalandırma açıklıkları etrafından olan hava kaçakları çok önemlidir. Bu nedenle, plastik seralar bazı üstünlüklere sahiptir. Serada ısı geçişleri ile oluşan ısı kayıpları bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Short, cam çerçevelerin tüm kenarlarının yalıtılması sonucunda, u katsayısı $8,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ den $6,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ değerine düştüğünü, bu durumda ısı kayıplarının da % 25 'den daha fazla oranda azaldığını belirtmiştir. Bazı araştırmalarda genel olarak, hava kaçaklarının etkisi ile belirlenen azalım oranı yaklaşık % 10 kadardır. (Zabeltitz vd.1996)

Modern bir serada ısı geçişleri nedeni ile oluşan enerji kayıplarının azaltılması amacıyla birçok yeni yapı geliştirilmiştir. Bu konudaki çalışmalar, yapıda geçirimli olmayan parçaların boyutları azaltılarak ve paneller genişletilerek ışık geçirgenliğinin artırılması yönünde sürdürülmektedir. Sera yapısında kullanılan destekleme çubukları, havalandırma profilleri, çatıdaki parçalar ve olukların toplam yüzey alanında oluşan ısı geçişi, sera tipine bağlı olarak değişir. Her ikisi de 73 cm 'lik cam paneline sahip Venlo tipindeki bir sera ile daha geniş açıklıklı (12,80 m) bir seranın bu özellikleri Waaijenberg tarafından incelenmiştir. Venlo tip serada alüminyum profillerin geniş bölmeli seradan % 1 oranında daha az yüzey alanı oluşturmasına karşılık, olukların yüzey alanının geniş bölmeli seradan % 3,5 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Isıl geçişlerin oluşumuna örnek olacak çeşitli yapısal uyarlamalar bulunmaktadır. Seralarda, cam kenarlarındaki çubuklarda yalıtım amacıyla kauçuk ve PVC

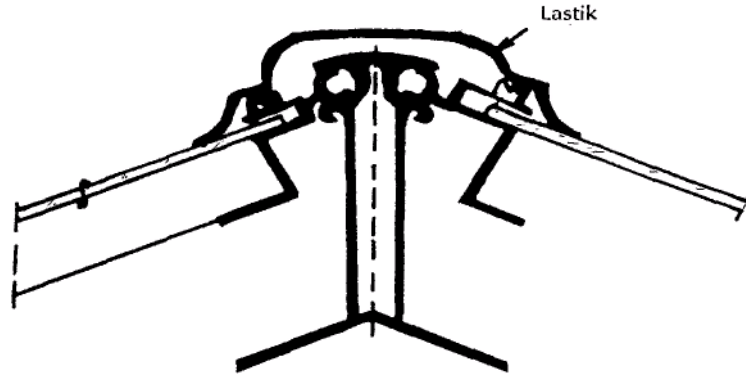
şeritlerin kullanımı oldukça yaygındır (Şekil 6.21) .



Şekil 6.21 Enerji kayıplarını azaltmada kullanılan bazı PVC kauçuk kaplama şeritler ve profiller

Enerji kayıplarını azaltmak amacıyla kullanılan bu şeritler, tek ve çift kat cam takılan sera yapıları ve bazı sert plastik sera örtüleri için geliştirilmiştir. Ayrıca çatıdan oluşan kayıpların azaltılması amacıyla da benzer kaplama şeritleri kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 6.22).

Önemli oranlarda enerji kayıplarına neden olan hava kaçaklarının olduğu örtü ile örtü arası, örtü ile oluk veya özel plastik şeritlerle oluk, metal cam taşıyıcı ile cam arasında, seranın düşey yan duvarında etkin olarak uygulanan birçok basit plastik şeritler kullanılmaktadır.



Şekil 6.22 Cam serada kullanılan kaplama şeridi

Seranın sızdırmazlığı arttığında, ortam havasının CO₂ içeriği artar ve ortamın nem oranı gibi diğer iklim etmenleri de değişir. Sera ortam havasının CO₂ içeriği, kolay bir şekilde dış ortam havasının CO₂ içeriğinin altına düşürülebilir. Diğer taraftan seradaki CO₂ fazlalığı, kaçakla oluşan kayıpların daha düşük olmasından dolayı daha etkin olacaktır. Seradaki nem oranının artması, bitkiler için istenilen bir durum olmasına karşın, yeterli bir şekilde havalandırma ve hava dolaşımı sağlanmadıkça bazı hastalıklara da neden olabilir. Bütün bunlarla birlikte, yeterli bir ortam kontrolü sağlanabilmesi için seranın hava sızdırmaz olması gerekir. Fakat bu durum, daha düşük enerji kayıplarıyla gerçekleştirilmelidir. (Zabeltitz vd.1996)

6.4 Rüzgar kıranlar

6.4.1 Rüzgarın Etkisi

Özellikle çok rüzgarlı bölgelerde, rüzgar yüklerinden etkilenmeyecek şekilde tasarlanarak kurulmuş olan cam seralar bile rüzgardan zarar görebilir. Aşırı rüzgar, sera camlarının kırılmasına veya havalandırma sisteminin bozulmasına neden olabilir ve hatta zincirleme bir şekilde devam ederek tüm serayı etkisi altına alabilir. Cam seraların uzun süre kullanılması sonucu ortaya çıkan yıpranmayla birlikte rüzgardan zarar görme oranı da artar.

Rüzgardan zarar gören seranın onarımı için üreticinin yeniden harcama yapması gerekir. Ayrıca sera camlarının kırılması ve bitkiler üzerine düşmesi sonucunda, kötü hava koşulları doğrudan ürün kayıplarına neden olabilir. Üretici serada uyguladığı yetiştirme programını, rüzgar zararlarından dolayı gecikmeli bir şekilde sürdürerek değiştirmek zorunda kalır. Plastik seraların rüzgar zararlarına karşı özellikle daha hassas oldukları belirlenmiştir. Seralar daha dayanıklı bir şekilde kurularak rüzgardan zarar görme oranı azaltılabilir. Çok rüzgarlı bölgelerde rüzgar yüklerine karşı dayanıklı olarak kurulan seralar oldukça pahalıdır.

6.4.2 Isı Kayıpları

Seradan oluşan ısı kayıplarının oranı aşağıdaki iki faktöre bağlı olarak değişir:

- İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı ve
- Serayı etkileyen gerçek rüzgar hızı.

Rüzgar hızının 0 km/h'dan 25 km/h'a kadar çıkması durumunda, ısı kayıpları da iki kat artar. Rüzgarlı bir bölgede etkin olarak çalışan bir rüzgarkıran, serada yıllık yakıt tüketimini % 3-6 oranında azaltabilir. Serada geceleri ısı perdesi kullanılarak, rüzgar hızının ısı kayıplarına olan

etkisi önlenir. Geceleri, sera içerisindeki sıcaklığa bağlı olarak % 60-70 oranında ısı kaybı oluşur. Isı perdeleri ve rüzgarkıranlar kullanılarak, ısıya olan bu gereksinim önemli ölçüde azaltılır.

6.4.3 Rüzgarkıranların Etkisi

Etkin olarak çalışan bir rüzgarkıran sisteminin asıl işlevi, rüzgarı durdurmak değil rüzgar hızını azaltmaktır. Uygun olarak yerleştirilmiş bir rüzgarkıran, serada rüzgar zararlarını ve ısı kayıplarını azaltabilir. Özellikle kış aylarında geceleri, ısıtma yapılmayan seralarda bile ısı kayıplarında azalma olmasına karşın, en iyi sonuç ısıtma yapılan seralarda sağlanmaktadır.

6.4.4 Tasarım ve Yerleştirme

Rüzgarkıran sistemlerinden beklenen etkinliğin sağlanması için aşağıdaki etmenlere dikkat edilmelidir:

—Hiç hareket etmeyecek şekilde sabit olarak yapılmış rüzgar engelleri havada dalgalanmalara neden olur, hatta rüzgar altında kalan bölgede zararlanma riskini arttırabilir. Bununla birlikte çok ince rüzgar engelleri rüzgar hızını yeterli şekilde yavaşlatarak azaltır. Rüzgara karşı cephe alanının yaklaşık % 50 'sinde eşit olarak dağılmış şekilde delikler veya küçük açıklıklar bulunan sistemlerden en iyi sonuç elde edilir.

—Rüzgarkıran yaklaşık olarak sera yüksekliğinde olmalıdır. Büyük bir cam sera ünitesinde tam bir etkinlik sağlanabilmesi için, seradan daha yüksek rüzgarkıran gerekir.

—Rüzgardan korunulması amacıyla kurulması düşünülen sistem, korunması gereken alanın ötesine yerleştirilmelidir. Yerleşim yerinin, hakim rüzgar yönünde olmasına özellikle dikkat edilmelidir.

—Rüzgarkıranlar üzerindeki açıklıklardan sakınılmalıdır. Sistemde açıklık bırakılması gerekli olduğu durumlarda, rüzgarın bu açıklıklardan esmesi, üst üste bindirme, engelleme kuşakları gibi düzenlerle önlenmelidir.

—Rüzgarkıranların seralar için en önemli olumsuzluğu, gölgeleme etkisi oluşturmasıdır. Sistemin etkinliği ve neden olduğu ışık kaybı arasında iyi bir uyum sağlanması için rüzgarkıran, seradan sera yüksekliğinin dört kat uzağına yerleştirilmelidir. (Zabeltitz vd.1996)

6.5 Buharlaşmanın Azaltılması

Bir seraya gelen net enerjinin % 50 'sinden fazlası gizli ısı olarak soğrulur. Bir başka deyişle bu enerji, ürünün evapotranspirasyonu ve yetiştirme ortamı için kullanılır. Doğal enerjiden başka, özellikle ılıman ve soğuk iklim bölgelerinde kurulmuş olan bir serada, ısıtma sisteminden alınan enerji de evapotranspirasyonu (evaporasyon + transpirasyon) hızlandırır.

Evapotranspirasyon, ürünün terlemesi ve ürün yetiştirme ortamında oluşan buharlaşma olmak üzere iki kısımda incelenen bir işlemdir. Burada ki buharlaşma; seradaki toprak yüzeyi, sulama sistemi ve nemli kum tavaları yetiştirme periyodunun uzun bir dönemi süresince yaş olduğundan önem kazanır.

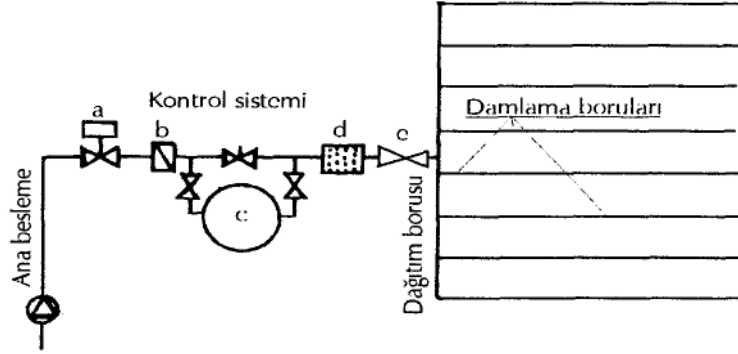
Batı Avrupa koşullarında, sera tabanını tamamen kaplamayan ürün arasındaki ıslak yüzeylerde oluşan buharlaşma, 24 saatte yaklaşık 0,5-1 mm düzeyinde olabilir. Bu durum kış dönemi boyunca, yaklaşık olarak 10 W/m^2 veya biraz fazla, günlük enerjiye eşdeğerdir. Bu enerji esas olarak ısı enerjisinden karşılanır. Bütün yıl boyunca oluşan buharlaşma kayıpları 100 mm kadar olup, güneşten doğal olarak gelen ve serayı ısıtan toplam enerjinin yaklaşık % 5-10 'una eşdeğer olduğu, tahmin edilmektedir. Bir başka deyişle, yağmurlama ve salma sulama sistemleri yerine damla sulama gibi yüzey ıslaklığını azaltan sistemlerin kullanılması durumunda % 5-10 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir. Drenajdaki kayıpların azaltılmasıyla biriktirilen su ile de, bir miktar enerji tasarrufu sağlanmış olur.

Salma ve karık sulama yöntemleri en ucuz sulama yöntemleridir. Bu yöntemlerde sulama suyunun iletilmesi ve tarla yüzeyine dağıtılmasında ilke olarak yer çekiminden yararlanılır. İletim sırasında oluşan kayıplar, sulama suyunun tarla yüzeyine eşit olarak dağıtılamaması, drenajla oluşan kayıplar ve buharlaşma gibi sulama suyunun ekonomik olarak kullanılamaması, en belirgin olumsuzluklardır. Böylece % 50-100 'ün üzerinde aşırı su kullanımı gerçekleşir.

Yağmurlama sulama yöntemleri uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. En basit şekilde süzgeçli bir hortum kullanılarak elle yapılabileceği gibi, sabit yağmurlama sistemleri yardımıyla da yapılabilir. Yağmurlama sulama yöntemlerinde sulama suyunun eşit olarak dağıtılamaması ve sonradan yerel olarak aşırı sulama nedeniyle oluşan kayıplar, salma sulama yöntemine göre çok daha düşüktür. Buharlaşma kayıpları hem tüm toprak yüzeyinin, hem de bitki örtüsünün ıslatılması sonucu oluşur. Bu yöntemlerde genel olarak en az %25-50 oranında aşırı su kullanımı ortaya çıkar. Bununla birlikte belirtilen oranlardaki aşırı su kullanımı, nemi istenilen orana çıkardığı ve ürünleri serinlettiği için yararlı olabilir. Sulama

suyundaki tuzların filitre edilerek uzaklaştırılması, yağmurlama sistemlerinde çok iyi bir şekilde kullanılmaktadır.

Damla sulama genel olarak, belirgin tasarruf özelliklerine sahip bir sulama yöntemi olarak kabul edilmektedir. Damla sulama yönteminde, su ve gübre aynı sistemde birlikte uygulanır (Şekil 6.23).



Şekil 6.23 Damla sulama ve gübre uygulaması

(a) Manyetik vana, (b) Geri dönüşü engelleyen vana, (c) Gübre sulandırıcı, (d) Filitre , (e) Basınç düşürücü

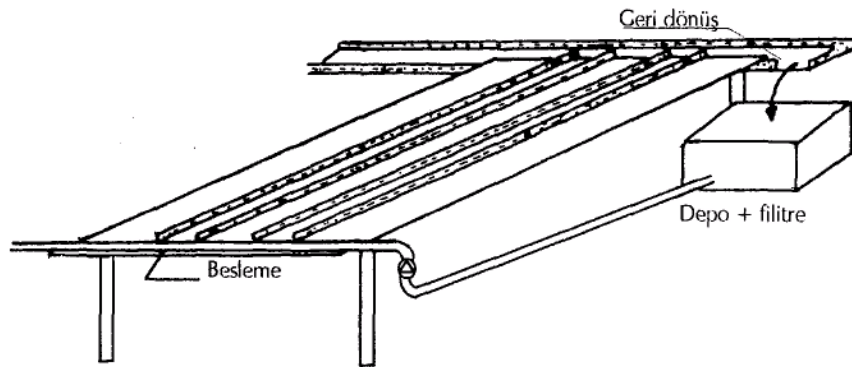
Bu sulama sistemlerinde su, bitki sıraları boyunca yerleştirilmiş ve üzerinde damlatıcılar (memeler) bulunan küçük çaplı borularla veya ince borularla (spaghetti borular) iletilir. Her bitkiye ayrı ayrı su gönderilir. Bitkilerin yanındaki toprak yüzeyinin çok az bir kısmı veya ayrı olarak yerleştirilmiş saksılar nemlendirilir. Suyun eşit olarak dağıtılması, yanında sistemin uzun süre etkin olarak çalışabilmesi için, sulama suyunun kalitesi memelerin tıkanmasına neden olmayacak durumda olmalıdır. Kaya yünü gibi sera içerisine yapay olarak yerleştirilen altlıkların yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla damla sulama sistemleri de sera tarımında büyük önem kazanmıştır. Bu gibi sulama sistemlerinde genellikle seradaki bitkilerin altındaki toprak yüzeyi beyaz plastik filmle kaplanır. (Şekil 6.24) Bu durumda buharlaşma kayıpları önemli ölçüde azalır.



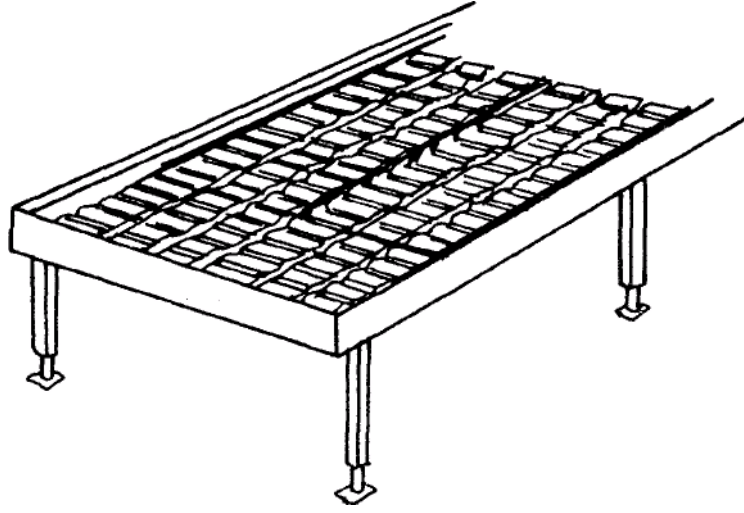
Şekil 6.24 Yüzeyi Plastikle kaplanmış sera [3]

Sera tarımındaki son gelişmelerden birisi de, ısıtılan masaların ve ısıtılan zeminlerin gel-git sulama sistemleri ile birlikte kullanılmasıdır.

Bu gibi sistemlerde bütün masa veya zemin belirli aralıklarla taşkın şeklinde doldurulur. Gel-git sulama için bazı ayrıntılar Şekil 6.25 'ten itibaren 6.28'e kadar gösterilmiştir. Bu sulama sistemleri içerisinde en kullanışlı olan sistem, sadece masa veya zemin yüzeyini her sulama döneminde kısa bir süre, örneğin her yarım saat gibi nemlendiren sistemdir.



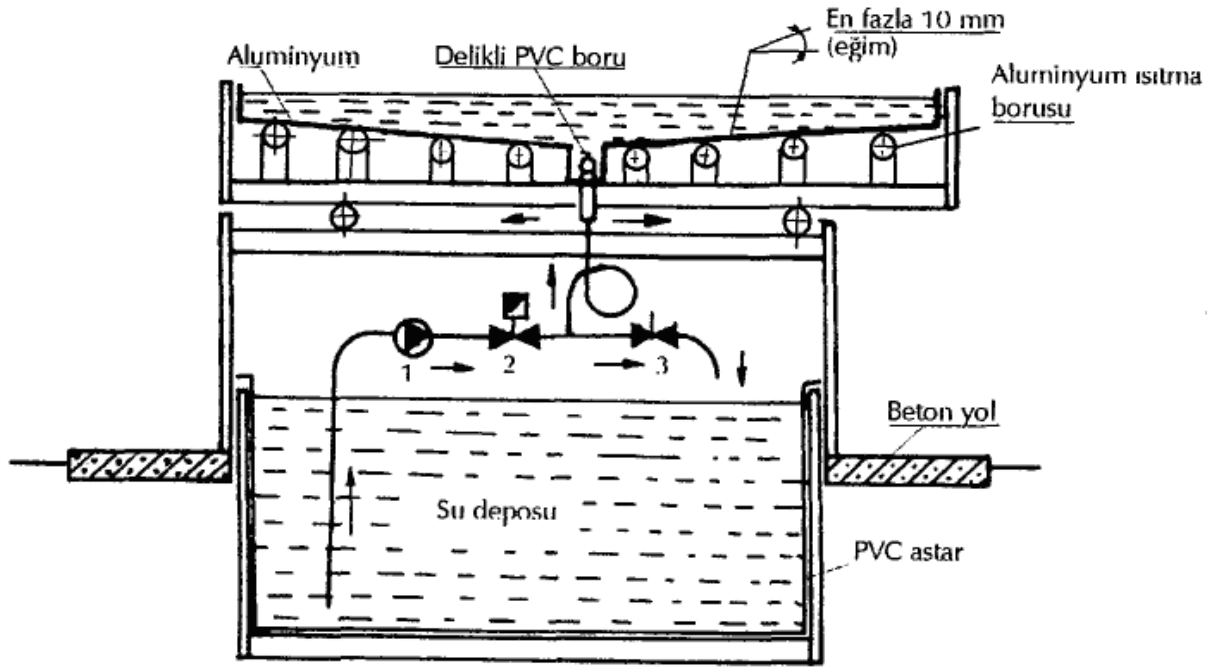
Şekil 6.25 Yetiştirme ortamına kadar sulama sistemi



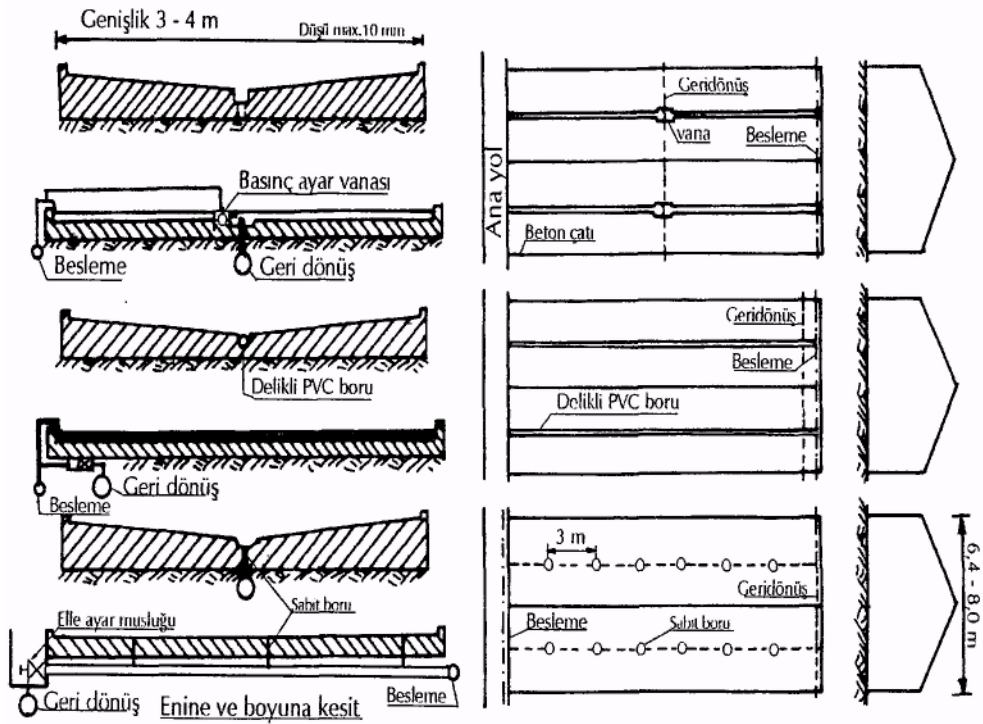
Şekil 6.26 Dip kısmında sulama sistemi bulunan Danimarka yetiştirme masası

Bu durumda buharlaşmayla enerji kayıpları sadece kısa bir zaman süresince oluşur. Bu şekilde ısıtılan zeminler sulamada kullanılan ve ıslak kalan malzemelerle kaplandığında, buharlaşmayla oluşan enerji kayıpları önem kazanır. Sulama suyunun eşit olarak dağıtılması, bakım gereksiniminin az olması ve nem oranının daha düşük seviyede olması gel-git sulama sisteminin diğer üstünlükleridir. Nem oranının daha düşük olması, özellikle bitkilerin terleme yüzeylerinin az olduğu henüz küçük durumda iken, havanın sıcak ve kuru olduğu durumlarda bir olumsuzluk olabilir.

Bununla birlikte, sulama sisteminin seçimi ve kullanım yöntemi ısıtma yapılan seraların ısı gereksinimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Diğer taraftan sulama sistemlerinde sudan tasarruf sağlanması, aynı zamanda suyun kaynaktan alınıp bitkilere ulaştırılması için gerekli pompalama giderlerinden de tasarruf sağlanması anlamına gelir. (Zabeltitz vd.1996)



Şekil 6.27 Gel git sulama için düzenlenmiş ısıtılan masa

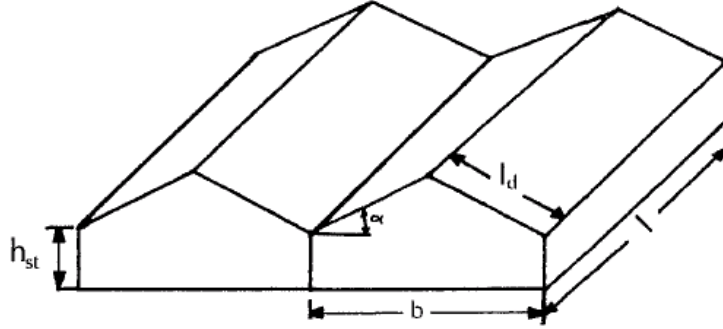


Şekil 6.28 Beton zemin üzerinde gel-git sulama için yapılmış bazı tasarımlar

6.6 Sera Yüzey Alanının Azaltılması

Bir serada oluşan ısı kaybı, seranın yüzey alanı ile orantılıdır. Seranın yüzey alanı, taban

alanına bağılı olarak değiştiğinden seranın uzunluk-geyişlik oranındaki değişime bağılı olarak ısı kayıpları da değişir. Ayrıca, sera yuzyey alanı, sera yuzyekliğine ve çatı eğimine bağılı olarak da değişir (şekil 6.29).



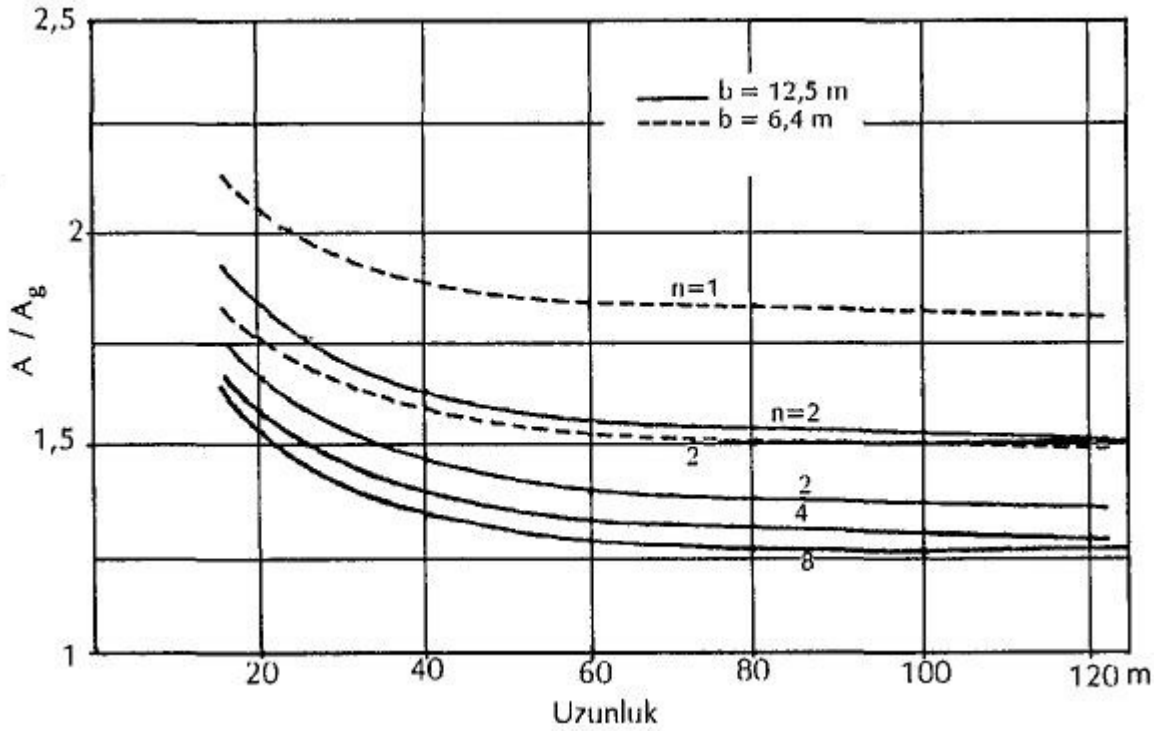
şekil 6.29 Sera yuzyey alanının hesaplanmasında gerekli sera boyutları

Sera uzunluk-geyişlik oranının enerji kullanımına olan etkisi 5 000 m²'lik sera için izelge 6.7'de verilmiştir. Çizelgede enerji kullanımı, açıklığı 3,20 m ve oluk yuzyekliği 3,0 m olan 5000 m² 'lik kare şeklindeki seranın gereksinimleri ile karşılaştırılmıştır. Sera kenar duvarlarının her m² 'sinde oluşan ısı kayıpları, sera çatısının her m² 'sinde oluşan ısı kayıplarının 1,4 katı kadar olduğu varsayılmıştır. Bu farklılık, esas olarak ruzgar etkisinin farklı oluşu ve ısıtma borularının sera duvar kenarları yakınına yerleştirilmiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Seranın uzunluk ve geyişliğinin etkisi, şekil 6.30 'da belirtilen boyutlar kullanılarak çatı eğiminin etkisine benzer şekilde grafiksel yuzyentemle de gosterilebilir (şekil 6.31 ve 6.32). Bu rakamlarda; sera boyutlarının seranın yuzyey/tabani alanı oranına (A/A_g) olan etkileri, dolayısıyla enerji gereksinimine etkisi belirtilmiştir (Zabeltitz vd.1996).

Çizelge 6.7 Sera Boyutlarının Değişmesi Durumunda Bir Seranın Bağlı Enerji Kullanımı

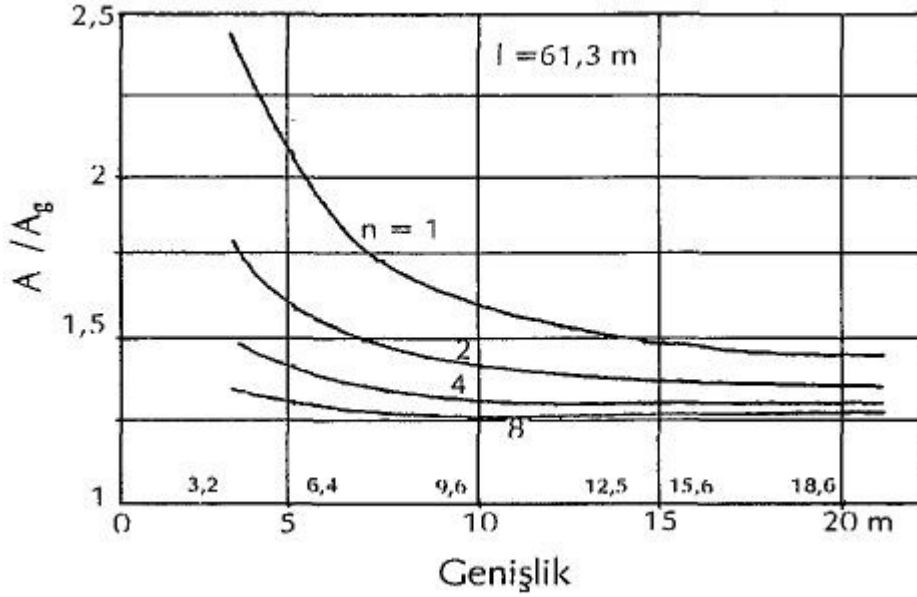
Alan (m ²)	Boyutlar (m)	Çatı Örtü Alanı (m ²)	Yan Duvar Alanı (m ²)	Enerji Kullanımı (%)
5000	70,7 x 70,7	5600	909	100,0
5000	60,0 x 83,3	5600	912	100,1
5000	50,0 x 100,0	5600	943	100,7
5000	40,0 x 125,0	5600	1025	102,4
5000	30,0x166,7	5600	1206	106,0
5000	25,0 X 200,0	5600	1372	109,5
5000	20,0 X 250,0	5600	1637	114,8



Şekil 6.30 Değişik sayıda birleşik bölmeler halindeki seralar için açıklık ile yüzey / taban alanı oranı arasındaki ilişki

Şekil 6.30'dan sera uzunluğunun 50 m veya daha fazla olması gerektiği görülmektedir. Sera uzunluğu 50 m'den az olduğunda A / A_g oranı hızlı bir şekilde artmaktadır. Tek bölmeli bir sera ($n=1$) için açıklığın 10 m'den daha kısa olması durumunda, enerji kullanımı açısından hiç ekonomik olmayan bir durumla karşılaşmaktadır.

Açıklığı 3,20 m, 4 veya daha fazla bölmeler halinde kurulmuş olan Venlo tipindeki seralarda, kabul edilebilir düzeylerde A / A_g oranı elde edilir. Bu durumda yaklaşık olarak kare bir sera için boyutların $80 \times 61,3$ m ve A / A_g oranının da yaklaşık olarak 1,3 olduğu belirlenebilir. Açıklığı 5 m olan tünel bir sera için A / A_g oranı 2,1'dir. Bir başka deyişle, ayrı sera kısımları olarak bir tünel kompleksi, iklim koşulları altında 2,1/1,3 veya yaklaşık olarak 1,6 kat daha fazla enerji gerektireceği (Zabeltitz vd.1996) tarafından yapılan araştırmalarda belirtilmiştir.



Şekil 6.31 Değişik sayıda birleşik bölmeler halindeki seralar için bölme açıklığı ile yüzey / taban alanı oranı arasındaki ilişki

Sera, yüzey / taban alanı oranı, çatı eğiminin artmasıyla artar ve bu durum bütün seralar için geçerlidir. Çatı eğiminin artmasıyla seranın ışık geçirgenliği ve böylece sera içerisine ulaşan güneş enerjisi miktarı da artacaktır. Tek katlı cam seralar için en uygun çatı eğimi, yaklaşık 25° olarak bulunmuştur.

Diğer taraftan A/A_g oranı, sera yüksekliğinin artmasıyla da belirgin bir şekilde artar. Bu durumda, özellikle daha büyük sera üniteleri için, bu orandaki artışın enerji gereksinimine olan etkisi ihmal edilir. Yüksekliği 3 m veya daha fazla olan seralarda ortam kontrolünün kolayca sağlanması, perdeleme sistemlerinin uygulanabilmesi ve yetiştirilecek ürünlerin serbest olarak seçilebilmesi gibi sağlanacak üstünlükler, doğrudan enerji gereksinimi konusunda elde edilecek üstünlüklerden daha önemlidir.

Işık ve enerji kazana için seraların yönlendirilmesinin önemi konusunda bir çok araştırma yapılmıştır. Özellikle, yüksek enlem derecelerinde kış dönemleri için seraların doğu - batı doğrultusunda yönlendirilmesi az çok tercih edilebilen bir durumdur. Toplam ışık dengesi,

yılın tamamı süresince seranın yönlendirilmesi dikkate alınmaksızın eşittir.

Kuzey - güney doğrultusunda yönlendirilen seralarda, daha az gölge paterni olduğundan bitki gelişimi ve ürün kalitesi daha tekdüze bir şekilde gerçekleşir.

Bununla birlikte uygulamada seraların kurulması sırasında, sera kurulacak arazinin şekli, giriş durumu ve çalışma alanı yerleşimi gibi planlama faktörleri, kısaca bölgesel durum, seraların yönlendirilmesinde iklimsel konulardan daha fazla önem taşır.

Enerji korunumu bakımından seraların yaklaşık olarak kare bloklar halinde tesis edilmesi önerilir. Bu durumda sera yüzey / taban alanı oranı en düşük düzeydedir.

Seranın havalandırma gereksiniminin enerji kullanımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu durumlarda, havalandırıcılar tarafından sağlanan daha geniş yan duvar alanı tercih edilebilir. Seranın yönlendirilmesinin isteğe bağlı olduğu durumlarda, doğu - batı doğrultusu, önemsiz bir tercih olmaktadır. (Zabeltitz vd.1996)

6.7 Öneriler

Bir seranın toplam ısı geçiş katsayısının azaltılması için serada yapısal olarak bazı düzenlemelerin yapılması gereklidir. Serada toplam ısı geçişini azaltmak için yapılması düşünülen düzenlemeler ilke olarak, birbiri ile bir bütün içerisinde olmalıdır. Yapılması düşünülen bu düzenlemelerin seçimi, üreticinin elde edeceği ürün miktarına ve yatırım gücüne bağlı olarak değişir. Serada ısı geçişlerini azaltmak için yapılması gereken düzenlemeler aşağıda belirtilmiştir:

- Hava kaçaklarının azaltılması;
- Hava sızdırmazlığı yüksek olan tek katlı yapılar;
- Yarı sabit film perdelerinin kullanılması;
- Hareketli ısı perdelerinin uygulanması;
- Çift kat örtü uygulanması.

Genel olarak serbest buharlaşma ile oluşan enerji kayıpları azaltılmalı ve bazı durumlarda enerji gereksinimine neden olan rüzgar hızının etkisini azaltmak için rüzgar kıranlar iyi bir çözüm olarak kullanılmalıdır. Seralarda toplam ısı tüketim katsayısının yaklaşık değerleri Çizelge 6.8' de verilmiştir.

Çizelge 6.8 Toplam Isı Tüketim Katsayıları

Sera Tipi	Katsayı W/m².K	Toplam Tasarruf %
Tek kat örtülü eski seralar	8,0 -10,0	-(10-20)
Tek kat örtülü modern seralar	7,0 – 8,0	0
Isı perdeli seralar	4,0 – 6,0	20-40
Çift kat örtülü ısı perdeli seralar	4,0 – 5,0	30-50
Çift kat örtülü ısı perdeli seralar	2,5 - 4,0	50 – 70

Çizelgede verilen değerler seranın boyutlarından, bir başka deyişle sera örtü alanının taban alanına olan oranından büyük ölçüde etkilenir. Bu etkilenme 1,1'den (çok büyük alan için) 1,8'e (küçük tek bölme için) kadar değişebilir. Seradaki ısıtma sisteminin tipi ve yerleşimi de ısı kayıplarında etkilidir (Zabeltitz vd.1996).

7. EKONOMİK MODEL

Organize sera bölgesinin ekonomik modelinin oluşturulmasında öncelikle tekil bir sera için ısı yükü hesapları yapıldı. Bu hesaplar esnasında rüzgar hızı, iç ve dış ortam sıcaklığı ve güneş radyasyonu saatlik değerler olarak girilip senelik toplam ısı yükü belirlendi. Bu toplam ısı yüküne bağlı olarak santralden çekilen enerjiye göre kaç metrekaarelik sera alanının ekonomik olarak ısıtılabilceği belirlendi. Saatlik değerler kullanılarak en yüksek ısı talebi belirlenerek sera ısıtma sisteminin tasarımı gerçekleştirildi. Son olarak organize sera bölgesinin ekonomik analizi gerçekleştirilerek ısıtma sisteminin toplam maliyeti belirlendi.

7.1 En Yüksek Isı Talebi

Bir seradaki ısı talebi (Q), seranın duvarlarından kaçan ısı enerjisi (Q_k) ile güneş radyasyonu yoluyla kazanılan ısı enerjisinin (Q_g) farkına eşittir (Denk. 7.1).

$$Q = Q_k - Q_g \quad [\text{W}] \quad (7.1)$$

Seradan kaçan ısı enerjisi (Q_k) denklem (7.2) yardımıyla hesaplanır.

$$Q_k = A \times U \times (T_i - T_d) \quad [\text{W}] \quad (7.2)$$

Burada,

A: Sera yüzey alanı [m^2]

U: Sera ısı geçiş katsayısı [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

T_i : Sera içi sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]

T_d : Sera dışı sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]

Sera ısı geçiş katsayısı (U) sera yüzeyinden gerçekleşen ısı geçişi ve havalandırma yoluyla oluşan ısı geçişlerini kapsamaktadır. Sera ısı geçiş katsayısı (U) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$U = U_s + U_h \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}] \quad (7.3)$$

Burada U_h havalandırma yoluyla seradan oluşan kayıp katsayısını gösterirken U_s , seranın yüzeylerinden gerçekleşen toplam ısı geçiş katsayısını ifade etmektedir. Isı geçiş katsayıları denklem (7.4) ve (7.5) yardımıyla hesaplanır (Yavuzcan 1995).

$$U_h = 0,19 \times V \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}] \quad (7.4)$$

Burada, V ortalama rüzgar hızıdır [m/s].

$$U_s = \frac{1}{\frac{1}{k_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{k_d}} [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (7.5)$$

Burada,

d : Sera örtüsü kalınlığı [m]

k_i : Sera içi ısı taşınım katsayısı [$\text{W/m}^2\text{K}$]

k_d : Sera örtüsünden dışarıya olan ısı taşınım katsayısı [$\text{W/m}^2\text{K}$]

λ : Sera örtüsü iletim katsayısı [W/mK]

Güneşten gelen radyasyon ile kazanılan ısı (Q_g) ise denklem (7.6) yardımıyla hesaplanır.

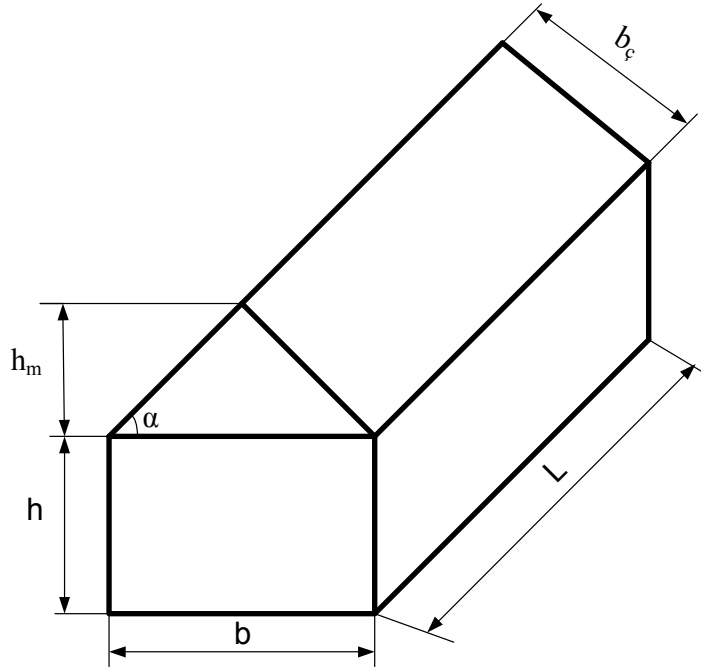
$$Q_g = 0,5 \times I \times A_c \quad [\text{W}] \quad (7.6)$$

Burada,

I : Güneş radyasyonu miktarı [W/m^2]

A_c : Çatı alanı [m^2]

Kazanılan ve kaçan ısıların miktarının belirlenmesinde sera boyutlarına gereksinim vardır. Isıl hesaplamalar için gerekli olan alanlar Şekil 7.1.'de verilen seranın boyutları kullanılarak hesaplanabilir.



Şekil 7.1 Örnek Seranın Boyutları

Çatının yüzey alanı denklem (7.7) ve (7.8) yardımıyla hesaplanır.

$$h_m = \frac{b}{2} \times \sin(\alpha) \text{ [m]} \quad (7.7)$$

$$b_c = \left[\left(\frac{b}{2} \right)^2 + h_m^2 \right]^{0.5} \text{ [m]} \quad (7.8)$$

Burada,

h_m : Çatı yüksekliği [m]

b : Sera genişliği [m]

α : Çatı eğimi

b_c : Çatı yüzey genişliği [m]

h : Sera yan duvar yüksekliği [m]

Seranın toplam alanı (A), yan yüzeyler (A_y) ve çatı yüzeyi (A_c) olarak iki parça halinde hesaplanır.

$$A = A_c + A_y \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.9)$$

Yan yüzeyler (A_y) ve çatı yüzeyi (A_c) aşağıdaki denklem (7.10) ve (7.11) yardımıyla hesaplanır.

$$A_c = b_c \times L \times 2 \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.10)$$

Burada L, sera uzunluğudur.

$$A_y = L \times h \times 2 + b \times h \times 2 + h_m \times b \text{ [m]} \quad (7.11)$$

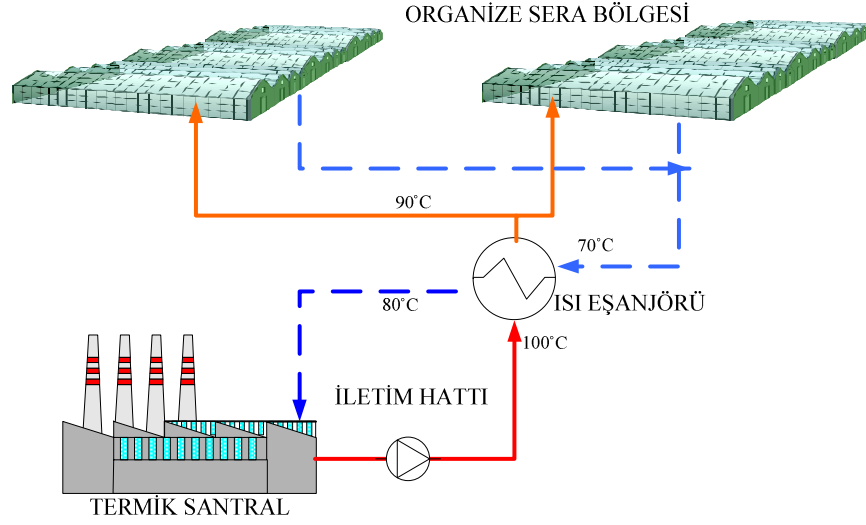
Birim sera taban alanına düşen ısıtma yükünü bulabilmek için sera toplam ısı kaybını sera taban alanına bölünür. Birim alana düşen ısı yükü (Q_m) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Q_m = \frac{Q}{L \times b} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (7.12)$$

7.2 Santral Atık Isısı Kullanan Organize Sera Bölgesi

Bu bölümde sera içindeki ısıtma sisteminin ısıl hesaplamaları için model verildi ve hesaplamalarda (Çengel ve Cimbala, 2008) ve (Incropera ve DeWitt, 2004)'in önerdiği formüller kullanıldı. Ayrıca hesaplamada kullanılan akışkanlara ait termodinamik ve ısıl özellikler (özellikler (özgül ısı (c_p), yoğunluk(ρ), k ve Prandtl sayısı, sürtünme faktörü (f) vb.) sıcaklık ve basınca bağlı olarak (EES) programından alındı.

Termik santralden ısıtılan organize sera bölgesi sistemi, santralden elde edilen sıcak ısıtma suyunun iletim hattı ile sera bölgesindeki bir ısı eşanjörüne götürülmesi ve bu eşanjörde sera içi ısıtma yapan akışkanın ısıtılarak seralara ulaştırılmasından oluşmaktadır. (Şekil 7.2). Sera içi ısıtma sisteminde ise sera içindeki bitkilerin yerleştirilmesine bağlı olarak paralel boru demetleri kullanılır (Şekil 7.3) . Sera içindeki toplam boru uzunluğu bitki sıra sayısına ve sera uzunluğuna bağlı denklem haline getirildi. Paralel boru demetleri toplayıcı kolektörler vasıtasıyla birbirine bağlandı. Isıtma sistemindeki akışkan giriş ve çıkış sıcaklıkları kabul edilerek sıcaklık farkı tespit edildikten sonra seçilen boru çapına bağlı olarak toplam ısı geçiş katsayısı (K) hesaplandı. Yapılan kabullere bağlı olarak ısıtma sisteminin verebileceği saatlik ısı miktarı hesaplandı. Bu değer seranın özelliklerine (sera boyutları, tipi) ve bölgenin iklim şartlarına göre meydana gelen maksimum ısıtma talebini karşılaması gerekmektedir. Bu amaçla bu iki değer kontrol edilmelidir.



Şekil 7.2 Organize sera bölgesi

Öncelikle sera içerisinde borular bitki sırasına göre dizildi. Bitki sıraları ve bitkilerle sera sınırları arasında 50 cm boşluk kalacak şekilde bir bitki sera içi düzenleme gerçekleştirildi (Filiz 2001). Bu durumda bitki sıra sayısı (z_b) sera genişliğine bağlı olarak denklem (7.13) yardımıyla hesaplanır.

$$z_b = \frac{100 \times b - 100}{50} \quad (7.13)$$

Burada, b sera genişliğidir.

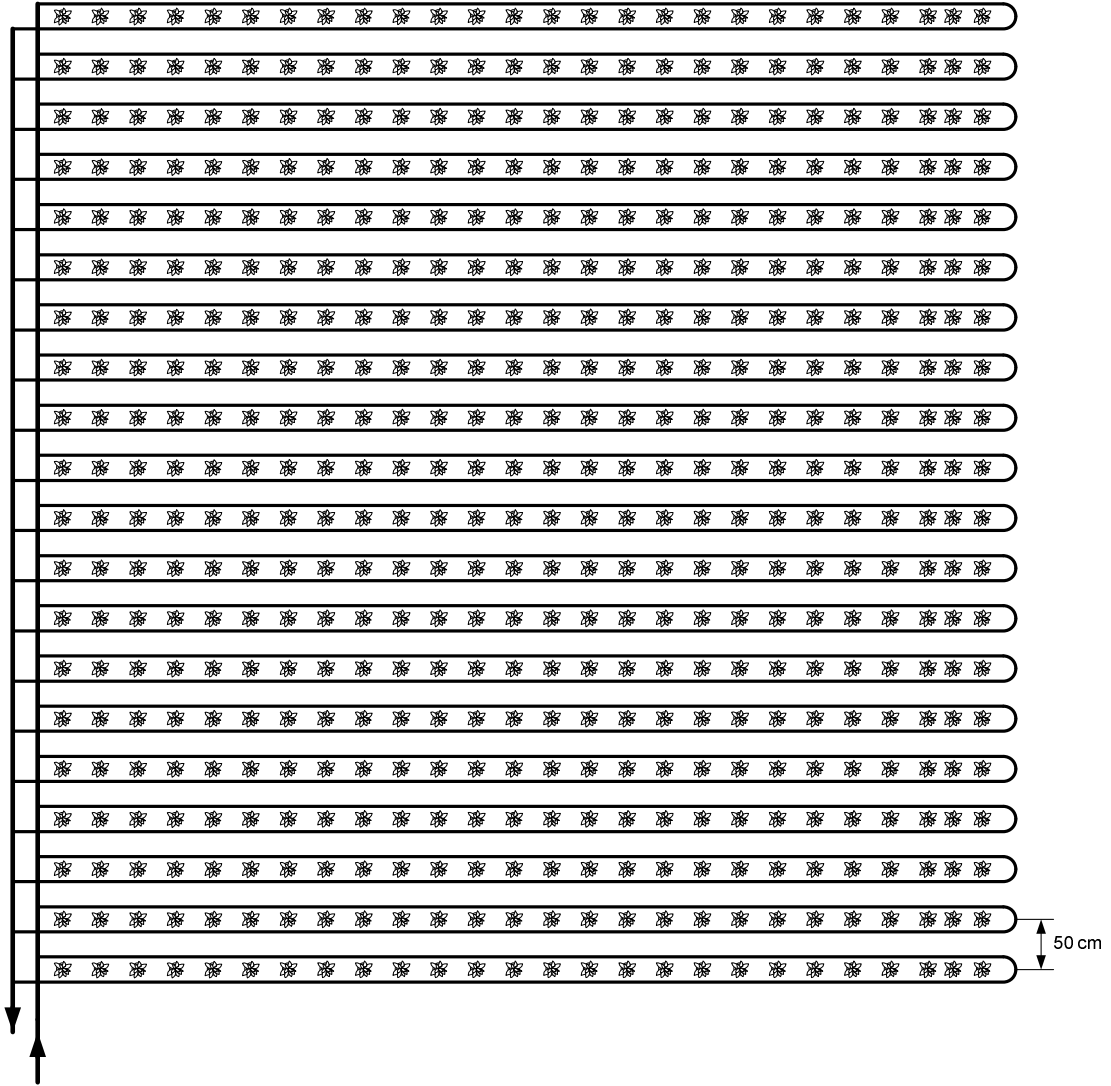
Her bitki sırasının etrafına bir boru gelecek şekilde bir düzenleme yapıldığında boru sayısı (z) bitki sıra sayısına (z_b) eşit olacaktır. (Şekil 7.3)

Bu durumda toplam boru uzunluğu,

$$L_b = 2 \times z_b \times (L - 1) + (z_b - 1) \times s \quad [m] \quad (7.14)$$

yardımıyla hesaplanır. Denklemdaki s , boruların kıvrımlarının boyunu göstermektedir. Hesaplamalarda r_i kabul edilerek aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$s = \pi \times r_i \quad [m] \quad (7.15)$$



Şekil 7.3 Isıtma borularının sera içinde dizilişi

Isı yükü hesaplarında denklem (7.1)'de hesaplanan Q değeri seraya gönderilmesi gereken toplam debi (m) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$m = \frac{Q}{c_p \times \Delta T_m \times 1000} \text{ [kg/s]} \quad (7.16)$$

Burada, ΔT_m , logaritmik sıcaklık farkı olup aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (7.17)$$

$$\Delta T_1 = T_g - T_i \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (7.18)$$

ve

$$\Delta T_2 = T_\zeta - T_i \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (7.19)$$

Burada, ısıtma sistemindeki giriş ve çıkış sıcaklıkları T_g ve T_ζ kabul edildi. T_i sera içi sıcaklık ise domates bitkisinin gündüz ve gece için optimum gelişme sıcaklıkları seçildi. (Filiz. M.)

Sera içindeki borular paralel olarak yerleştirildiği için her bir boruya düşen debi miktarı (m_{1b}) toplam debinin (m) boru sayısına (z) bölünmesiyle elde edildi.

$$m_{1b} = \frac{m}{z} \text{ [kg/s]} \quad (7.20)$$

Boru başına düşen debi bulunduktan sonra boru akış kesit alanı (a_b) bulunarak boru içerisindeki saatlik hızlar hesaplandı.

$$a_b = \pi \times \frac{d_{i\zeta}^2}{4} \text{ [m}^2\text{]} \quad (7.21)$$

Burada, $d_{i\zeta}$ boru çapıdır [m].

Kütleli debinin korunumu kanunundan boru içerisindeki hız (v_b) denklem (7.22) yardımıyla belirlenir.

$$v_b = \frac{m_{1b}}{a_b \times \rho} \text{ [m/s]} \quad (7.22)$$

Burada, ρ akışkanın yoğunluğudur.

Boru içerisindeki hız yardımıyla Reynolds sayısı hesaplanıp akış tipi belirlenir.

$$Re = v_b \times \frac{d_{i\zeta}}{\nu} \quad (7.23)$$

Burada Re , Reynolds sayısı, ν ise kinematik viskozitedir. [m^2/s]

Reynolds sayısına bağlı olarak akış tipi belirlendikten sonra boru içerisindeki taşınım katsayısı (h_b) denklem (7.24) yardımıyla hesaplandı.

$$h_b = Nu_{i\zeta} \times \frac{k_{su}}{d_{i\zeta}} \text{ [W/m}^2\text{.K]} \quad (7.24)$$

Burada $Nu_{i\zeta}$, boru içindeki Nusselt sayısı, k_{su} ise suyun ısı iletim katsayısıdır [W/m.K].

Boru içerisindeki türbülanslı akış için Nusselt sayısı denklem (7.25) yardımıyla hesaplandı.

$$Nu_{iç} = 0.023 \times Re^{4/5} \times Pr^{1/3} \quad (7.25)$$

Boru içindeki taşınım katsayısı tespit edildikten sonra ısıtma borularının dışındaki taşınım katsayısı (h_d) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$h_d = k_{hava} \times \frac{Nu_d}{d_{dış}} \quad [W/m^2.K] \quad (7.26)$$

Burada,

k_{hava} : Havanın ısı iletim katsayısı [$W/m.K$]

Nu_d : Boru dışındaki Nusselt sayısı

$d_{dış}$: Boru dış çapıdır [m].

Isıtma boruları üzerinde meydana gelen doğal taşınım için önerilen Nusselt sayısı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$Nu_d = \left[0,6 + \frac{0,387 \times Ra^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,559}{Pr_d} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right]^2 \quad (7.27)$$

Nusselt ifadesindeki Prandtl sayısı basınç ve sıcaklığa bağlı olarak EES programından okunmuştur. Formülde yer alan Rayleigh sayısı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$Ra = \frac{g \times \beta \times (T_{ort} - T_i) \times d_{dis}^3}{\nu_{hava} \times \alpha} \quad (7.28)$$

Burada,

g : Yerçekim ivmesi [m/s^2]

β : Genleşme katsayısı [$1/K$]

α : Isıl yayılım katsayısı [m^2/s]

ν_{hava} : Havanın kinematik viskozitesidir [m^2/s].

T_{ort} : Isıtma sisteminin ortalama sıcaklığı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$T_{ort} = \frac{T_g + T_\xi}{2} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (7.29)$$

Havanın kinematik viskozitesi denklem (7.30) yardımıyla bulunur.

$$\nu_{hava} = \frac{\mu_{hava}}{\rho_{hava}} \text{ [m}^2\text{/s]} \quad (7.30)$$

Burada ρ_{hava} , μ_{hava} sırasıyla havanın yoğunluk ve viskozitesidir.

β aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$\beta = \frac{1}{T_f} \text{ [1/K]} \quad (7.31)$$

T_f denklem (7.32) yardımıyla hesaplanır.

$$T_f = \frac{T_{ort} + T_i}{2} + 273 \text{ [K]} \quad (7.32)$$

α ısı yayılım katsayısı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\alpha = \frac{k_{hava}}{\rho_{hava} \times c_{p,hava} \times 1000} \text{ [m}^2\text{/s]} \quad (7.33)$$

İç ve dış taşınım katsayıları bulunduktan sonra sistemin toplam ısı geçiş katsayısı olan K aşağıdaki şekilde hesaplanır. Burada k_{demir} boru malzemesinin ısı iletim katsayısıdır [$W/m.K$].

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_b} + \frac{d_{iç}}{2 \times k_{demir}} \times \ln \left[\frac{\frac{d_{du}}{2}}{\frac{d_{iç}}{2}} \right] + \frac{d_{iç}}{2} \times \frac{1}{\frac{d_{du}}{2}} \times \frac{1}{h_d}} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (7.34)$$

Seradaki ısıtma sisteminin iletim yoluyla verdiği toplam ısı enerjisi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$Q_{iletim} = K \times \pi \times d_{du} \times L_b \times \Delta T_m \quad [\text{W}] \quad (7.35)$$

Isıtma sistemin ışınlım yoluyla verdiği ısı enerjisi denklem (7.36) formülüyle hesaplanır.

$$Q_{rad} = \varepsilon \times \pi \times d_{du} \times \sigma \times ((T_{ort} + 273)^4 - (T_i + 273)^4) \times L_b \quad [\text{W}] \quad (7.36)$$

Burada,

σ : Stefan-Boltzman sabiti [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$]

ε : Yüzey yayma oranıdır.

Sistemin verdiği toplam ısı enerjisi iletim ve ışınlım yoluyla verdiği ısı enerjilerinin toplamıdır.

$$Q_{top} = Q_{iletim} + Q_{rad} \quad [\text{W}] \quad (7.37)$$

Organize sera projesi için pompa gücünün bulunmasında sistemdeki basınç kayıpları iletim hattı ve sera için ayrı ayrı hesaplanır.

Sistemdeki basınç düşüşleri (h_k) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$h_k = f \frac{L^*}{d_{iç}} \frac{v_b^2}{2g} \quad [\text{m}] \quad (7.38)$$

Burada,

f: Sürtünme faktörü

L^* : Birim boru uzunluğudur [m].

Pompa gücü [N] ise aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$N = \frac{\gamma \times Q_p \times H}{\eta_p} \quad [\text{W}] \quad (7.39)$$

Burada,

Q_p : Debi [m^3/s]

H: Basma yüksekliği [m]

η_p : Pompa verimi

γ : Özgül ağırlık [N/m^3]

7.3 Maliyet Modeli

Termik santralden ısıtılan seralardaki birim taban alan başına ısıtma maliyetini veren ekonomik model oluşturularak bu bölümde verilmiştir. Şekil 7.2’de sistemi verilen termik santral kaynaklı sera ısıtma maliyet hesapları yatırım ve işletme masrafları olarak iki bölümde incelenebilir. Bu bölümdeki ekonomik model, Enerji Maliyeti (Aybers ve Şahin, 1995) kitabındaki mühendislik ekonomisi esas alınarak oluşturulmuştur. Yöntem olarak bir değere getirilmiş masraflar (levelized cost) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, ömür boyu yapılan tüm yatırım, işletme ve bakım masrafların ekonomik ömüre eşit bir şekilde dağıtılmasını içermektedir. Böylece farklı ısıtma sistemleri için elde edilecek bir değere getirilmiş masraflar doğru bir şekilde karşılaştırarak en uygun çözüm elde edilebilir.

7.3.1 Yatırım Masrafları

Yatırım masrafları, termik santral ile sera arasındaki iletim hattı, iletim ve dağıtım hattı pompaları, ısı eşanjörü ve sera içi iletim hattı masrafları olarak üç bölümde incelemek mümkündür.

7.3.1.1 İletim Hattı Masrafları

İletim hattı masraflarını boru, pompa ve kazı maliyetleri oluşturur.

Boru maliyeti (C_{bt}) sistemde kullanılan mesnet ve fittings parçalarına bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_{bt} = c_b \times L_i \times (1 + f_s + s_m) + \frac{L_i}{L_s} \times c_{bir} \quad [TL] \quad (7.40)$$

Burada,

L_i : İletim hattı boru sisteminin toplam uzunluğu [m]

f_s : Fittings oranı

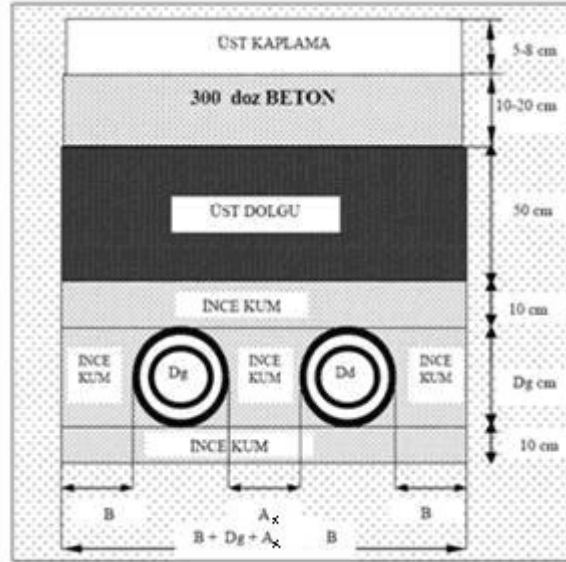
s_m : Sabit mesnet oranı

L_s : Üretici standart boru boyu [m]

c_b : Boru birim fiyatı [TL/m]

c_{bir} : Boru birleştirme fiyatıdır [TL/adet].

Dağıtım sisteminde kullanılan ön izolasyonlu borular toprak içine yerleştirilmektedir. Boruların yerleştirildiği kanal açıldıktan sonra boruların 10 cm üstüne kadar ince kumla doldurulmaktadır. Kanaldan çıkan toprakla üst dolgu tamamlanmaktadır (Şekil 7.4). Kazı maliyetlerinin içinde hafriyat maliyeti, hafriyatı taşıma ve kum maliyeti bulunmaktadır.



Şekil 7.4 Ön izolasyonlu boruların yerleşimi

Hafriyat maliyeti (C_h) ise aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_h = V_{hendek} \times c_{kazı} \times L_i \quad [\text{TL}] \quad (7.41)$$

Burada,

V_{hendek} : Hendek hacmi [m^3/m]

$c_{kazı}$: Birim kazı fiyatıdır [TL/m^3].

Taşıma maliyeti (C_t), hendek hacmini dolduran boru ve kum hacminden artı kalan hacme bağlı olarak denklem (7.42) yardımıyla hesaplanır.

$$C_t = (V_{hendek} - V_{kum}) \times c_t \times L_i \quad [\text{TL}] \quad (7.42)$$

Burada,

V_{kum} : Kum hacmi [m^3/m]

c_i : Birim taşıma masrafıdır [TL/m³].

Hendek ve kum hacimleri ön izolasyonlu boruların çapları ve yerleşim şekillerine göre (Şekil 7.4) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_{hendek} = (D_{izolasyon} + 0,7) \times (A + 2 \times D_{izolasyon} + 2 \times B) \quad [\text{m}^3/\text{m}] \quad (7.43)$$

$$V_{kum} = (A + 2 \times D_{izolasyon} + 2 \times B) \times (D_{izolasyon} + 0,2) - 2 \times \pi \times \frac{D_{izolasyon}^2}{4} \quad [\text{m}^3/\text{m}] \quad (7.44)$$

Burada,

$D_{izolasyon}$: Ön izolasyonlu borunun dış çapı [m]

A: Borular arası mesafe [m]

B: Borularla hendek arasındaki mesafe [m] dir.

Kum maliyeti (C_{kum}) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_{kum} = V_{kum} \times c_{kum} \times L_i \quad [\text{TL}] \quad (7.45)$$

Burada c_{kum} , birim kum masrafıdır [TL/m³].

Pompa masrafı (C_p) boru hattında talep edilen debi (Q_p) ve basma yüksekliği (H)'a bağlı olarak seçilen pompa sayısının (P_a) birim pompa fiyatıyla (P_f) çarpılmasıyla bulunur.

$$C_p = P_f \times P_a \quad [\text{TL}] \quad (7.46)$$

Pompa fiyatı yapılan piyasa araştırması neticesinde debi Q_p [m³/h] ve basma yüksekliği H [m] cinsinden denklem (7.47)'de ifade edilen formül yardımıyla TL biriminde hesaplanmıştır.

$$P_f = 0,257 \times Q_p \times H_m + 835,5 \quad [\text{TL}] \quad (7.47)$$

7.3.1.2 Eşanjör Masrafları

Termik santralden elde edilen sıcak akışkan bir ısı değiştirici ile enerjisini sera içi ısıtma akışkanına aktarmaktadır. Kullanılan eşanjörün özelliklerine ve tipine bağlı olarak yapılan masraf değişmektedir. Bu masraf ancak sistem özelliklerinin bilinmesi durumunda imalatçıdan alınan teklif ile belirlenebilmiştir. Bu masraf,

$$C_e = E_f \times E_a \quad [\text{TL}] \quad (7.48)$$

Burada, E_f , birim eşanjör fiyatını, E_a eşanjör adedini göstermektedir.

7.3.1.3 Sera İçi İletim Hattı Masrafları

Sera içindeki yatırım masrafları, boru ve pompa masrafından oluşur. Boru masrafları (C_{bs}) sera içine döşenen boru boyuna bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$C_{bs} = c_{bs} \times L_b \text{ [TL]} \quad (7.49)$$

Burada,

c_{bs} : Sera içi boru birim masrafı [TL/m]

L_b : Sera içi boru uzunluğu [m]

Sera içi pompa masrafı (C_{ps}) ise denklem (7.47)'ye benzer şekilde hesaplanır.

$$C_{ps} = P_f \times P_a \text{ [TL]} \quad (7.50)$$

7.3.2 İşletme Masrafları

İşletme masrafları santralden alınacak ısı enerjisinin maliyetiyle pompalama maliyetini içermektedir. Santralden alınan birim ısı enerjisinin maliyeti, termik santralin özelliklerine bağlı olarak belirlenecek bir maliyettir. Bu maliyet santralden atık ısının alınma yerine (basınç ve sıcaklık), termik santralin atık ısısını satabilir hale dönüşümü için gerekli olan yatırım masraflarına, santralin yakıt masraflarına ve diğer işletme ve bakım masraflarına bağlı bir değer olup santral tarafından belirlenecektir. Termik santrallerin teknik özelliklerinin ve yakıt fiyatlarının farklı olduğu düşünüldüğünde her santral için ısı enerjisi birim maliyeti ve satış fiyatları (F_b) farklı olacaktır. Bu çalışmada birim ısı enerjisi fiyatının santral tarafından belirlendiği ön görülmüştür. Bu durumda bir sera için yıllık ısı enerjisi masrafı (C_{isi}) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_{isi} = Q_{maks} \times F_b \text{ [TL/yıl]} \quad (7.51)$$

Burada,

Q_{maks} : Yıllık toplam ısı ihtiyacı [kW_th/yıl]

F_b : Birim ısı enerjisi fiyatı [TL/kW_th]

Pompa işletme masrafları iletim hattı ve sera için ayrı ayrı hesaplanmalıdır. İletim hattı için

pompa işletme masrafı (C_{pompa}) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_{pompa} = E_p \times F_e \quad [\text{TL/yıl}] \quad (7.52)$$

Burada,

E_p : İletim hattı pompa yıllık elektrik talebi [$\text{kW}_e\text{h/yıl}$]

F_e : Birim elektrik fiyatı [$\text{TL/kW}_e\text{h}$]

Benzer şekilde sera içi pompalama masrafı (C_{pompas}) denklem (7.53) yardımıyla hesaplanır.

$$C_{pompas} = E_{ps} \times F_e \quad [\text{TL/yıl}] \quad (7.53)$$

Burada E_{ps} , sera içi pompa yıllık elektrik talebidir [$\text{kW}_e\text{h/yıl}$].

7.3.3 Bir Sera İçin Isıtma Maliyeti

Buraya kadar termik santraldan ısıtılacak organize sera bölgesi için yapılan iletim hattı için yatırım ve işletme masrafları organize sera bölgesindeki tüm seraların toplamı olarak belirlenmiştir. Sera içi yatırım masrafları ise sadece bir sera için hesaplanmıştır. Dağıtım hattı için yapılan masrafların organize sera bölgesi içindeki tekil bir sera için payı belirlenecektir. Tekil bir sera için dağıtım hattı yatırım masrafı payı (C_{yi}) toplam dağıtım hattı yatırım masraflarının sera adedine (S_a) bölünmesiyle elde edilir.

$$C_{yi} = \frac{C_{bt} + C_h + C_t + C_{kum} + C_p + C_e}{S_a} \quad [\text{TL}] \quad (7.54)$$

Tekil bir seranın ısıtma masraflarının bulunması için oluşturulan ekonomik modelde bu bölümün başında açıklandığı gibi bir değere getirilmiş maliyet yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemin hesaplamasında öncelikle bugünkü değer olarak tanımlanan işletmeye alınan tarihteki tüm masrafların değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ekonomik model oluşturulurken yatırım masraflarının bir yıl içinde tamamlanacağı ön görüldüğünden bu masraf grubu için herhangi bir eskalasyon ve faiz yükü alınmamıştır. Tekil bir için toplam yatırım masraflarının bugünkü değeri (C_{yt}) dağıtım hattı masraf payı (C_{yi}) ile sera içi yatırım masraflarına (C_{ys}) bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_{yt} = C_{yi} + C_{ys} \quad [\text{TL}] \quad (7.55)$$

Yukarıda hem yatırım hem de işletme masraflarının işletmeye alınan tarihteki değerlerinin

bulunması için matematik model verilmişti. Bir değere getirilmiş maliyet değerinin bulunması için elde edilen toplam masrafın işletmenin ekonomik ömrüne eşit şekilde seriye açılarak yıllık değerlerin bulunması gerekir. Yatırım masraflarının yıllık değeri ($C_{aw,yt}$), amortisman faktörü olarak tanımlanan kat sayı ile çarpılarak hesaplanır.

$$C_{aw,yt} = C_{yt} \left[\frac{(1+r)^n \times r}{(1+r)^n - 1} \right] \text{ [TL/Yıl]} \quad (7.56)$$

Burada, r iskonto oranını ve n işletmenin ekonomik ömrünü göstermektedir.

İşletme masraflarının yıllık değerinin bulunması için öncelikle ekonomik ömür içerisinde değerler artışlarının göz önüne alınarak bugünkü değerinin belirlenmesi gerekir. Denk. 7.57'de pompalama masraflarının ($C_{pw,pompa}$) ve denk. 7.58'de ısı enerjisi masraflarının ($C_{pw,ısı}$) fiyat artış eskalasyonları ve iskonto oranlarına bağlı olarak bugünkü değerleri sırası ile verilmiştir.

$$C_{pw,pompa} = \left[\frac{C_{pompa} / S_a + C_{pompas}}{r - e_e} \right] \times \left[1 - \left((1 + e_e)^n \times (1 + r)^{-n} \right) \right] \text{ [TL]} \quad (7.57)$$

$$C_{pw,ısı} = \left[\frac{C_{ısı}}{r - e_b} \right] \times \left[1 - \left((1 + e_b)^n \times (1 + r)^{-n} \right) \right] \text{ [TL]} \quad (7.58)$$

Burada, e_e elektrik ve e_b ısı enerjisi fiyat eskalasyonlarıdır.

İşletme masraflarının yıllık değerlerini bulmak için bugünkü değerleri amortisman katsayısı ile çarpılır.

$$C_{aw,pompa} = C_{pw,pompa} \left[\frac{(1+r)^n \times r}{(1+r)^n - 1} \right] \text{ [TL/Yıl]} \quad (7.59)$$

$$C_{aw,ısı} = C_{pw,ısı} \left[\frac{(1+r)^n \times r}{(1+r)^n - 1} \right] \text{ [TL/Yıl]} \quad (7.60)$$

Burada $C_{aw,pompa}$ pompa işletme masraflarının ve $C_{aw,ısı}$ ısı enerjisi masraflarının yıllık değeridir. Tekil bir sera için yatırım ve işletme masraflarının yıllık değer toplamı (C_{aw});

$$C_{aw} = C_{aw,yt} + C_{aw,pompa} + C_{aw,ısı} \text{ [TL/Yıl]} \quad (7.61)$$

dır. Birim sera alanı için bir değere getirilmiş ısıtma masrafı ($C_{aw,s}$) hesaplanan toplam yıllık

değerin sera taban alanına bölünmesi ile bulunur.

$$C_{aw,s} = \frac{C_{aw}}{A_s} \text{ [TL/m}^2\text{yıl]} \quad (7.62)$$

Sonuç olarak bir değere getirilmiş maliyet yöntemi ile belirlenen birim alan için ısıtma maliyeti seraların farklı ısıtma sistemlerinin karşılaştırılmasında kullanılabilir.

8. SERA ISITMA MALİYETLERİ

Bu bölümde 7. bölümde oluşturulan ekonomik model kullanılarak Türkiye'deki bazı seracılık bölgelerinin ve termik santralden ısıtılacak bölgelerin bir değere getirilmiş sera ısıtma maliyetleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Türkiye'de en çok seranın bulunduğu sıcak iklim özelliklerine sahip olan Antalya bölgesi termik santralden ısıtılacak bölgeler ile maliyet karşılaştırılması yapılması amacı ile referans bölge olarak seçilmiştir. Termik santralden ısıtılacak bölgeler olarak kamuya ait termik santralin bulunduğu Yatağan alınmıştır.

8.1 Hesaplamalarda Kullanılan Değerler

Bu bölümde ekonomik modelde hesaplamalarda kullanılan teknik ve ekonomik değerler verilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan değerler, iklim bilgileri, sera teknik özellikleri ve ekonomik değerler olarak üç başlıkta verilecektir.

8.1.1 İklim Bilgileri

Ekonomik modelde güneş radyasyonu (I) , rüzgâr hızı (V) ve dış ortam sıcaklığının (T_d) bölgelere ait saatlik değerleri kullanılmıştır. Referans bölgesi Antalya için 2006 yılı verileri esas alınmıştır. Çizelge 8.1'den 8.3'e Yatağan ve Antalya bölgelerinin RET Screen programından alınan aylık ortalama iklim değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.1 Aylık ortalama güneş radyasyon değerleri (W/m^2) (RET Screen)

Ay/Bölge	Antalya	Muğla (Yatağan)
Ocak	87.1	69.6
Şubat	120.0	96.3
Mart	171.7	145.4
Nisan	213.3	185.8
Mayıs	255.4	246.3
Haziran	298.8	279.6
Temmuz	299.2	282.9
Ağustos	263.3	247.1
Eylül	220.8	195.4
Ekim	157.9	124.6

Ay/Bölge	Antalya	Muğla (Yatağan)
Kasım	107.5	78.3
Aralık	77.1	57.9

Çizelge 8.2 Aylık ortalama dış ortam sıcaklıkları (°C) (RET Screen)

Ay/Bölge	Antalya	Muğla (Yatağan)
Ocak	9.4	5.4
Şubat	10.1	5.6
Mart	12.3	8.1
Nisan	15.8	12.5
Mayıs	20.3	17.9
Haziran	25.3	23.2
Temmuz	28.4	26.4
Ağustos	28.2	26.3
Eylül	24.8	22.0
Ekim	20.3	16.1
Kasım	14.5	10.0
Aralık	11.0	6.5

Çizelge 8.3 Aylık ortalama rüzgar hızları (m/s) (RET Screen)

Ay/Bölge	Antalya	Muğla (Yatağan)
Ocak	3.7	2.0
Şubat	4.0	2.2
Mart	3.6	2.1
Nisan	3.0	2.0
Mayıs	2.8	2.1
Haziran	3.2	2.4
Temmuz	3.0	2.7
Ağustos	2.7	2.5
Eylül	2.9	2.2
Ekim	2.9	1.8
Kasım	3.2	1.9
Aralık	3.4	1.9

8.1.2 Sera Teknik Bilgileri

Tekil sera boyutları, (12×65) m taban alana, 2 m duvar (h) ve 2.67 m çatı yüksekliğine (h_m) sahip ve çatı eğimi $\alpha=26^\circ$ olarak literatürde belirtilen boyutlarda kabul edilmiştir (Şekil 7.1). Bu seranın toplam yüzey alanı (A) 1,194 m² olarak hesaplandı. Sera örtüsü olarak cam seçildi. Sera içerisindeki ısıtma borularının yerleşiminde bitki sıraları ve sera duvarları ile bitkiler arasında 50 cm, sera ekipmanları ve işçiler için seranın uzun kenarı boyunca 5m boşluk boşluk kalacak şekilde yapılan düzenleme neticesinde ısıtma borusu toplam uzunluğu (L_b) 2,650 m olarak tasarlandı (Şekil 7.3). Sera içerisinde domates yetiştirilmesi öngörüldü. Domatesin optimum gelişme sıcaklıkları geceleri 16 °C ve gündüzleri ise 21 °C olarak literatürden alındı [Filiz 2001].

Organize sera bölgesi ile santral arasında 1,000 m'lik iletim (Şekil 7.2) hattı varsayılarak gidiş ve dönüş için 2,000 m ön izolasyonlu boru döşendi. Şekil 7.4'te gösterildiği üzere bir hendek kazılarak borular belirtilen ölçülere uygun şekilde yerleştirildi. Ön izolasyonlu borudaki ısı kaybı literatürde belirtildiği üzere çok küçük olduğundan ihmal edilerek sistemdeki basınç kayıpları hesaplandı. Her iki bölge için yapılan hesaplamalarda boru içi hız değeri göz önüne alınarak Ø 500 boru çapı seçildi (Çizelge 8.4).

Santralle organize sera bölgesi arasında 100–80 °C sıcaklık farkıyla çalışan bir eşanjör yerleştirildi. Sera içi sıcaklık farkı ise 90-70 seçilerek hesaplamalar yapıldı. (Şekil 7.2).

Çizelge 8.4 Ön izolasyonlu boru boyutları [4]

ÇELİK SERVİS BORUSU				MUHAFAZA BORUSU HDPE 100	PUR KALINLIĞI	BORU BOYU L
ANMA ÇAPI		DIŞ ÇAPI	ET KALINLIĞI (min)	DIŞ ÇAPI D		
DN	INCH	MM	MM	MM	MM	METRE
Ø 15	1/2"	21.30	2.00	75	24.65	6
Ø 20	3/4"	26.90	2.00	90	29.35	6
Ø 25	1"	33.70	2.30	90	25.95	6
Ø 32	1 1/4"	42.40	2.60	110	31.30	6
Ø 40	1 1/2"	48.30	2.60	110	28.35	6
Ø 50	2"	60.30	2.90	125	29.85	6
Ø 65	2 1/2"	76.10	2.90	140	28.95	6 - 8
Ø 80	3"	88.90	3.20	160	32.55	6 - 8
Ø 100	4"	114.30	3.60	200	39.65	6 - 8 - 12
Ø 125	5"	139.70	3.60	225	39.15	6 - 8 - 12
Ø 150	6"	168.30	4.00	250	38.55	6 - 8 - 12
Ø 200	8"	219.10	4.50	315	43.05	6 - 8 - 12
Ø 250	10"	273.00	5.00	400	57.20	6 - 8 - 12
Ø 300	12"	323.00	5.60	450	56.05	6 - 8 - 12
Ø 350	14"	355.60	5.60	500	64.40	6 - 8 - 12
Ø 400	16"	406.40	6.30	560	68.00	6 - 8 - 12
Ø 450	18"	457.20	6.30	630	76.60	6 - 8 - 12
Ø 500	20"	508.00	6.30	710	89.90	6 - 8 - 12
Ø 550	22"	559.00	6.30	710	64.40	6 - 8 - 12
Ø 600	24"	610.00	7.10	800	82.50	6 - 8 - 12
Ø 700	28"	711.00	8.80	900	80.50	6 - 8 - 12
Ø 800	32"	813.00	8.80	1000	77.50	6 - 8 - 12
Ø 900	36"	914.00	10.00	1200	125.00	6 - 8 - 12
Ø 1000	40"	1.106.00	10.00	1200	74.00	6 - 8 - 12
Ø 1100	44"	1.118.00	10.00	1400	106.70	6 - 8 - 12
Ø 1200	48"	1.219.00	12.50	1400	56.20	6 - 8 - 12

Sera örtüsünün maksimum ısı talebi ve ısıtma maliyetlerine etkisi analiz edilirken Çizelge 8.5'te özellikleri verilen cam ve plastik malzemeler kullanılmıştır.

Çizelge 8.5 Yaygın sera örtü malzemelerinin ısı iletim dirençleri [Yavuzcan 1995]

Malzeme	$\frac{d}{\lambda}$ (m ² K/W)
Cam (3.8 mm kalınlığındaki özel sera camı)	0.005
Yapay cam (2 mm kalınlığında)	0.011
Çift cam (Camlar arası mesafe 15 mm)	0.141
Plastik çift yapay plaka (kalınlık 10 mm)	0.147
Plastik çift yapay plaka (kalınlık 5 mm)	0.048

Karşılaştırmalarda kullanılmak üzere organize sera bölgesi alanı 100,000 m² olarak seçilmiştir. Tekil sera boyutları ile yapılan hesaplamalar neticesinde belirlenen organize sera alanına 128 adet sera kurulabileceği bulunmuştur.

8.1.3 Ekonomik Veriler

İletim hattı ve sera içi pompalarının fiyatları denklem (7.48) yardımıyla hesaplanmıştır. Ekonomik modelde kullanılan diğer değerler piyasa araştırmaları neticesinde elde edilmiş ve Çizelge 8.6'da verilmiştir.

Çizelge 8.6 Organize sera bölgesi ekonomik verileri

Birim	Değer	Birim
Ön izolasyonlu boru birim fiyatı (c_b)	488	TL/m
Ön izolasyonlu boru birleştirme fiyatı (c_{bir})	86	TL/adet
Birim kazı fiyatı ($c_{kazı}$)	12.8	TL/m ³
Birim taşıma fiyatı (c_t)	15	TL/m ³
Birim kum fiyatı (c_{kum})	16.5	TL/m ³
Eşanjör fiyatı (E_f)	200,000	TL
Sera içi boru birim fiyatı (c_{bs})	5	TL/m
Isı satış fiyatı (F_b)	0.03	TL/kW _i h
Elektrik fiyatı (F_e)	0.15	TL/kW _e h
Sabit Mesnet Oranı (s_m)	0.13	%
Fitings oranı (f)	0.22	%
İskonto oranı (r)	0.1	%
Organize Sera Bölgesi ömrü (n)	25	yıl
Isı enerjisi eskalasyonu (e_b)	0.05	%
Elektrik enerjisi eskalasyonu (e_e)	0.05	%

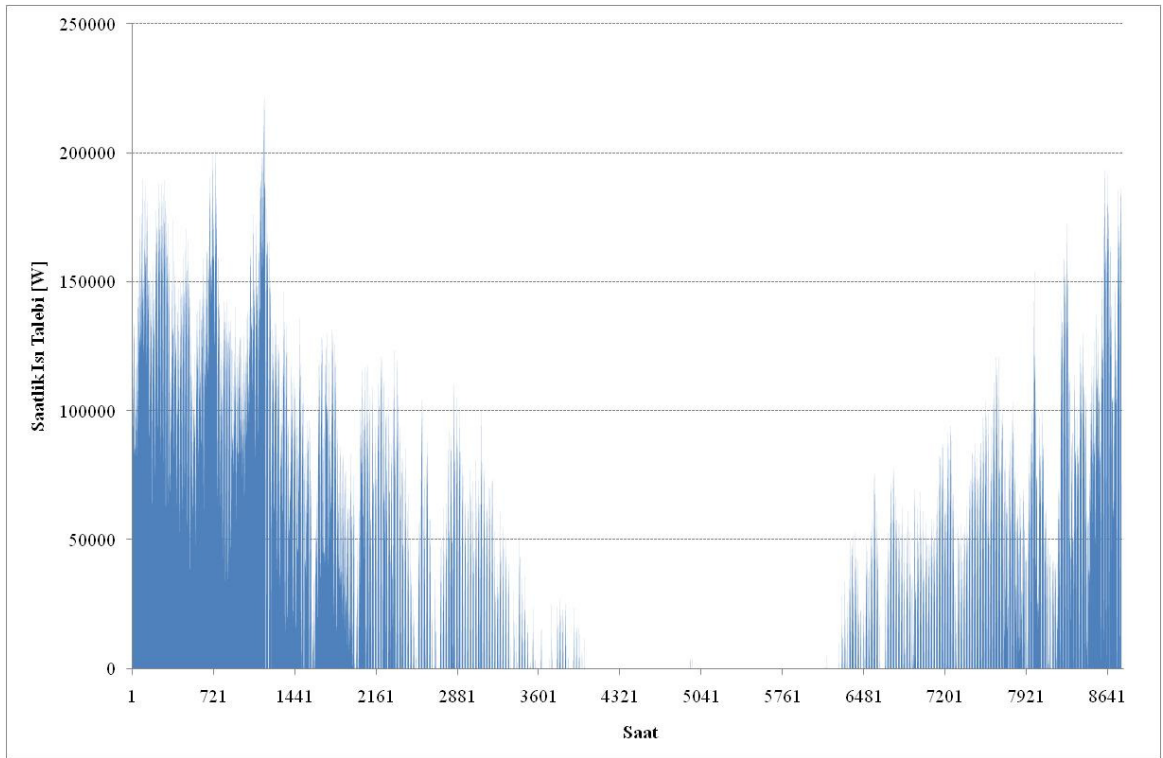
8.2 Yatağan Örnek Uygulaması

Yatağan Termik Santral bölgesi için Bölüm 7’de verilen ekonomik model yardımıyla yapılan hesaplamalarda elde edilen organize ve tekil seraya ait yıllık enerji talepleri Çizelge 8.7’de verilmiştir.

Çizelge 8.7 Yatağan bölgesi için yıllık talepler

Talep	Değer	Birim
Toplam yıllık ısı enerjisi talebi	45,009,838	kW _t h/yıl
Bir sera yıllık ısı enerjisi talebi	354,858	kW _t h/yıl
Bir sera için maksimum ısı talebi	221.14	kW
İletim hattı pompa elektrik talebi	76,757.6	kW _e h/yıl
Bir sera için iletim hattı pompa elektrik talebi	605,2	kW _e h/yıl
Isıtma süresi	4,623	Saat

Şekil 8.1’de saatlik ısı talebinin yıllık dağılımı görülmektedir. Yıllık ısı talebi incelendiğinde yaz aylarında ısıtma gereksiniminin olmadığı görülmektedir. Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ise ısı talebi yoğun olarak artmaktadır. Şubat ayı içerisinde maksimum saatlik ısı talebi değeri 221 kW’a kadar çıkmaktadır.

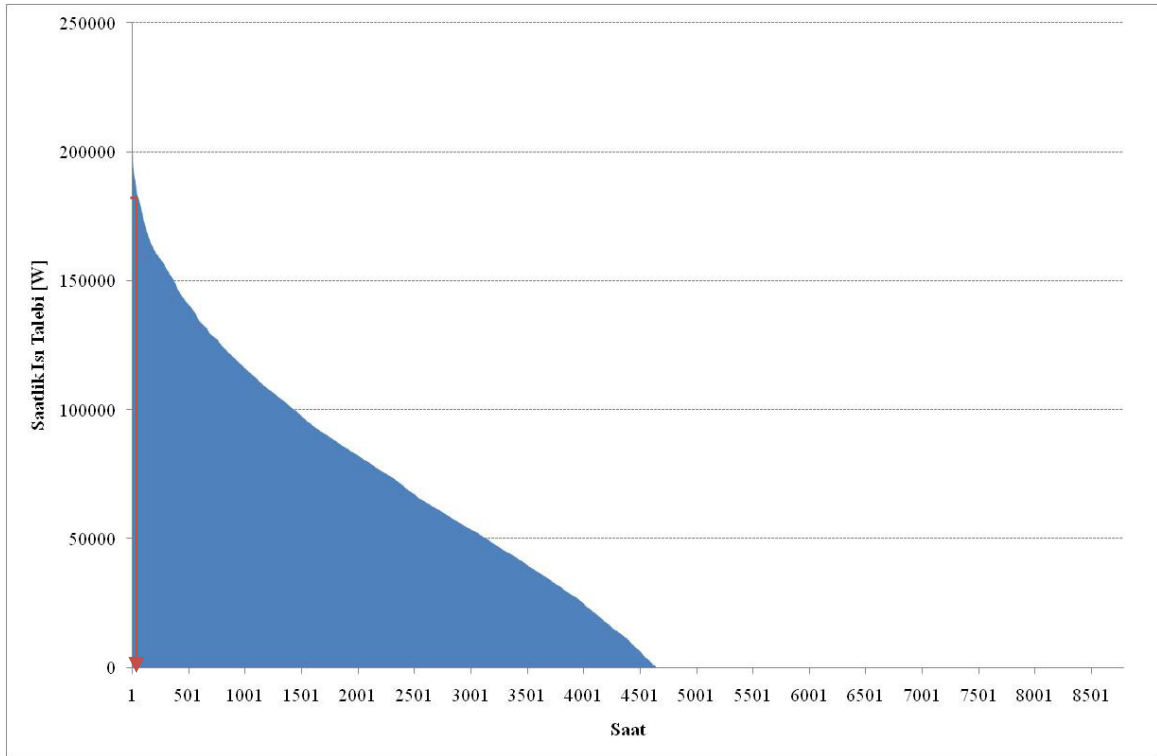


Şekil 8.1 Saatlik ısı talebinin yıllık dağılımı

Şekil 8.2’deki, saatlik ısı taleplerinin (Q_i) büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla düzenlenmiş yıllık ısı talebi eğrisi elde edildi. Bu eğrinin altında kalan alan tekil bir sera için yıllık ısı enerjisi talebini (Q_T) vermektedir.

$$Q_T = \sum_{i=1}^{8760} Q_i \quad (8.1)$$

90–70 °C sıcaklık farkıyla çalışan sera içi ısıtma sistemi için yapılan hesaplamada ısıtma sisteminin maksimum ısı yükü olan 221 kW’lık yükü karşılamadığı görülmüştür. ısıtma sisteminin karşıladığı maksimum ısı yükü 192 kW’ta kalmıştır. şekil 8.2’den de görüleceği gibi 192 kW ısıtma saati olarak çok az bir sreye tekabül ettiği için ısıtma sistemi bölge için uygun olduğu sonucuna varılır. Pik yükü aşan ısıtma süresince santralden alınan suyun sıcaklığı artırılarak sorun giderilebilir.



şekil 8.2 Düzenlenmiş yıllık ısı talebi

Çizelge 8.6’daki veriler kullanılarak Yatağan bölgesi için yapılan hesaplamada elde edilen masraflar izelge 8.7’de verilmiştir. Tekil sera için bu masrafla hesaplanan yıllık değerler ve bir değere getirilmiş ısıtma maliyeti izelge 8.8’de gösterilmiştir.

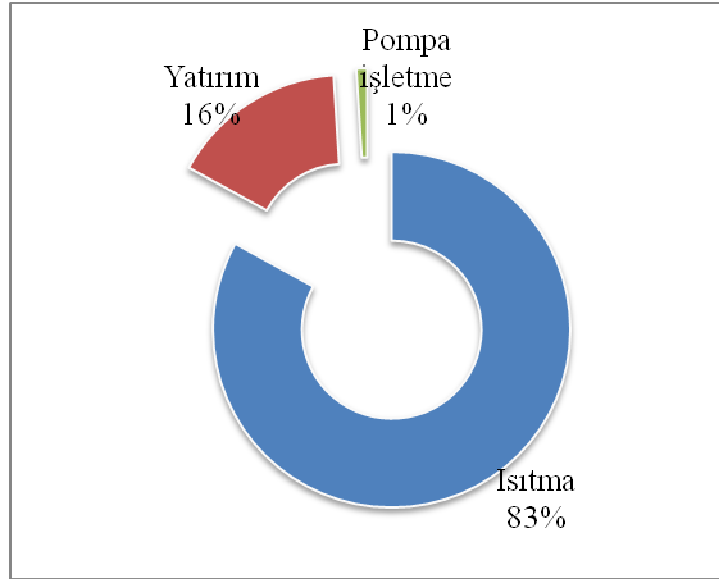
Çizelge 8.8 Yatağan Organize Sera Bölgesi masrafları

Masraflar	Değer	Birim
İletim hattı boru maliyeti (C_{bt})	1,331,933	TL
Hafriyat maliyeti (C_h)	78,940	TL
Taşıma maliyeti (C_t)	56,305	TL
Kum maliyeti (C_{kum})	39,034	TL
Dağıtım hattı pompa masrafı (C_p)	29,775	TL
Eşanjör masrafı (C_e)	200,000	TL
Sera içi boru masrafları (C_{bs})	12,440	TL/Tekil Sera
Sera içi pompa masrafı (C_{ps})	1,681	TL/Tekil Sera
İletim hattı için pompa işletme masrafı (C_{pompa})	90.9	TL/Yıl-Tekil Sera

Çizelge 8.9 Tekil sera için ısıtma maliyeti

Maliyet	Değer	Birim
Yatırım masraflarının yıllık değeri ($C_{aw,yt}$)	3,062	TL/Yıl-Tekil Sera
Pompa işletme masraflarının yıllık değeri ($C_{aw,pompa}$)	141.3	TL/Yıl-Tekil Sera
Isı enerjisi masraflarının yıllık değeri ($C_{aw,ısı}$)	16,359	TL/Yıl-Tekil Sera
Tekil bir sera için yatırım ve işletme masraflarının yıllık değer toplamı (C_{aw})	19,562	TL/Yıl-Tekil Sera
Birim sera alanı için bir değere getirilmiş ısıtma masrafı ($C_{aw,s}$)	24.8	TL/m ² -Yıl

Toplam masraflar içerisinde en büyük pay %83 ile ısı masrafına aittir. Yatırım masraflarının payı % 16 ve en düşük pay % 1 ile pompa işletme masraflarındır (Şekil 8.3).



Şekil 8.3 Tekil sera yıllık masraf payları [%]

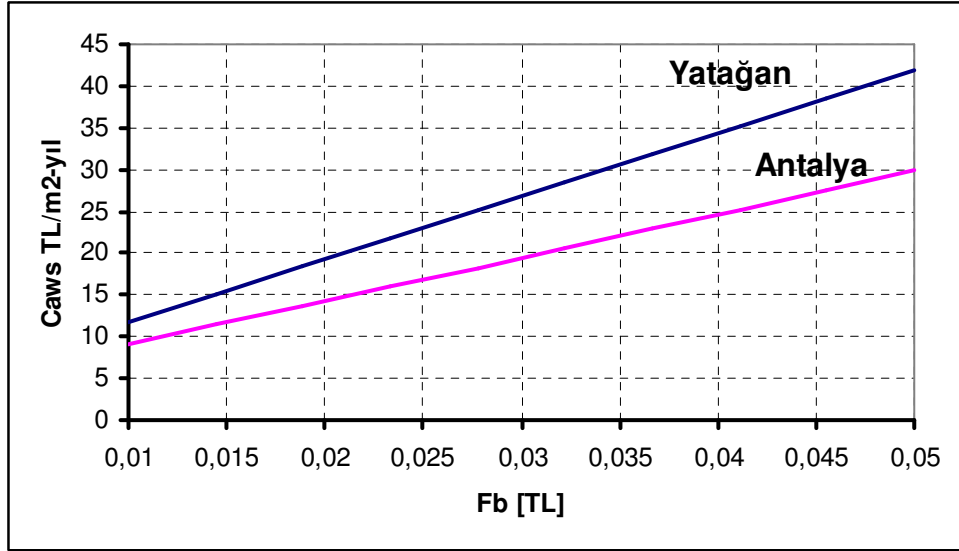
8.3 Bölgelerin Karşılaştırılması

Yatağan bölgesi için yapılan hesaplar Antalya bölgesinin iklim bilgilerine bağlı olarak aynı organize sera bölgesinin Antalya’da kurulması durumu göz önüne alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Sera kurulum maliyeti ve sera işletme maliyetleri (tohum, personel, sulama, ilaçlama vb.) tüm bölgelerde aynı değeri alacağı ve karşılaştırma sonuçlarını etkilemeyeceği için ekonomik modele dâhil edilmemiştir.

Yatağan için yapılan hesaplama sonuçlarına göre masraflar içinde en büyük paya sahip olan ısıtma masrafını seradaki ısı yükü belirlemektedir. Isıtma yükü ise seranın kurulduğu bölgedeki iklim şartlarına, örtü malzemesine ve sera içi sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Belirtilen bu parametrelere bağlı olarak Antalya ve Yatağan bölgesinin ısı talepleri ve maliyetleri karşılaştırılmıştır.

8.3.1 Isı Fiyatı

Şekil 8.4’te görüldüğü üzere santralden alınan ısının fiyatındaki artışa bağlı olarak birim sera için bir değere getirilmiş ısıtma masrafının miktarı dramatik bir şekilde artmaktadır. Her iki bölge için ısı fiyatı (F_b) ile birim sera alanı için bir değere getirilmiş ısıtma masrafı ($C_{aw,s}$) arasında lineer bir artış söz konusudur. Yatağan bölgesinde ısı enerjisi fiyatının 0.03 TL’den 0.04 TL’ye çıkarılması halinde, ısıtma masrafı % 28 artmaktadır. Bu artış Antalya bölgesinde %26 olarak gerçekleşmektedir.



Şekil 8.4 Isı fiyatının maliyete etkisi

8.3.2 Örtü Malzemesi

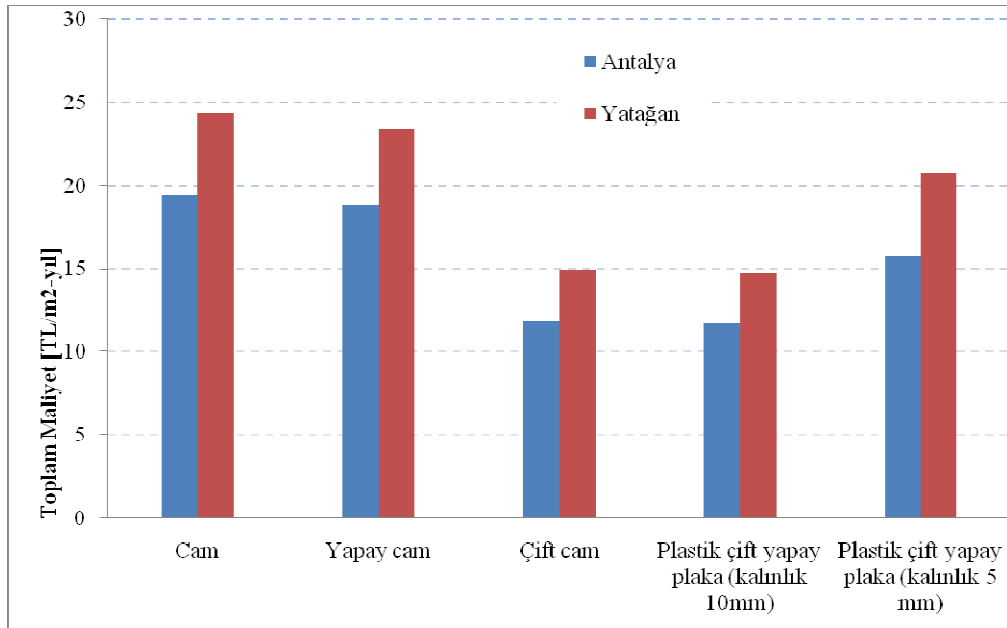
Seradaki örtü malzemesi seradaki ısı kaybını etkilemekte ve bu durum da maliyetleri değiştirmektedir. Çizelge 8.10 ve 8.11’de Antalya ve Yatağan bölgeleri için örtü malzemesine bağlı olarak maksimum ısı talebinin ve maliyetin değişimi gösterilmiştir.

Çizelge 8.10 Antalya ili için örtü malzemesine göre ısı ve maliyet değişimi

Örtü malzemesi	Maksimum ısı talebi [W]	Toplam Maliyet [TL/m ² -yıl]
Cam	270,318	19.45
Yapay cam	258,822	18.79
Çift cam	138,434	11.83
Plastik çift yapay plaka (kalınlık 10mm)	135,699	11.68
Plastik çift yapay plaka (kalınlık 5 mm)	205,870	15.73

Çizelge 8.11 Yatağan ili için örtü malzemesine göre ısı ve maliyet değişimi

Örtü malzemesi	Maksimum ısı talebi [W]	Toplam Maliyet [TL/m ² -yıl]
Cam	354,858	24.34
Yapay cam	338,758	23.41
Çift cam	172,697	14.94
Plastik çift yapay plaka (kalınlık 10mm)	168,981	14.71
Plastik çift yapay plaka (kalınlık 5 mm)	265,074	20.79



Şekil 8.5 Örtü malzemelerinin toplam ısıtma maliyetine etkisi

Şekil 8.5'den görüldüğü üzere örtü malzemesi seranın ısı kaybını etkilediği için ısıtma maliyetinde ciddi değişikliğe yol açacaktır. Çift cam ve 10 mm kalınlığındaki plastik çift yapay plaka maliyet ve maksimum ısı talebi yönünden birbirine yakın çıkmıştır. Öte taraftan plastiğe göre daha uzun ömürlü olan cam her iki bölge için toplam maliyet göz önüne alındığında en pahalı sonucu vermiştir.

8.3.3 Gece sıcaklık stratejisi

Sera maliyetini etkileyen bir diğer etken de sera içi sıcaklıklarıdır. Özellikle gece seradan oluşan ısı kayıpları arttığı ve güneş radyasyonu yoluyla ısı kazanılmadığı için gece

sıcaklığının maliyetler üzerindeki etkisi büyüktür.

Seranın bulunduğu bölgede çevre sıcaklığının en düşük olduğu zamanlarda, sera için istenilen sıcaklık derecesinde (15-25°C) tutulabilmesi için seranın ısıtılması gerekir. Bu şekilde ısıtma fazla pahalı olacağından sera içi sıcaklık bir süre 7–10 °C’de tutulabilir. Bu sıcaklıkta bitkilerin gelişme hızı yavaşlarsa bile, bitki yetiştiriciliği yönünden sakınca sayılmayabilir (Arın ve Akdemir 2002). Çizelge 8.12 ve 8.13’te sera örtüsünün cam olması durumunda domates bitkisinin optimum gece gelişme sıcaklığının altındaki sıcaklıklar için ısı talebi ve maliyeti verilmiştir.

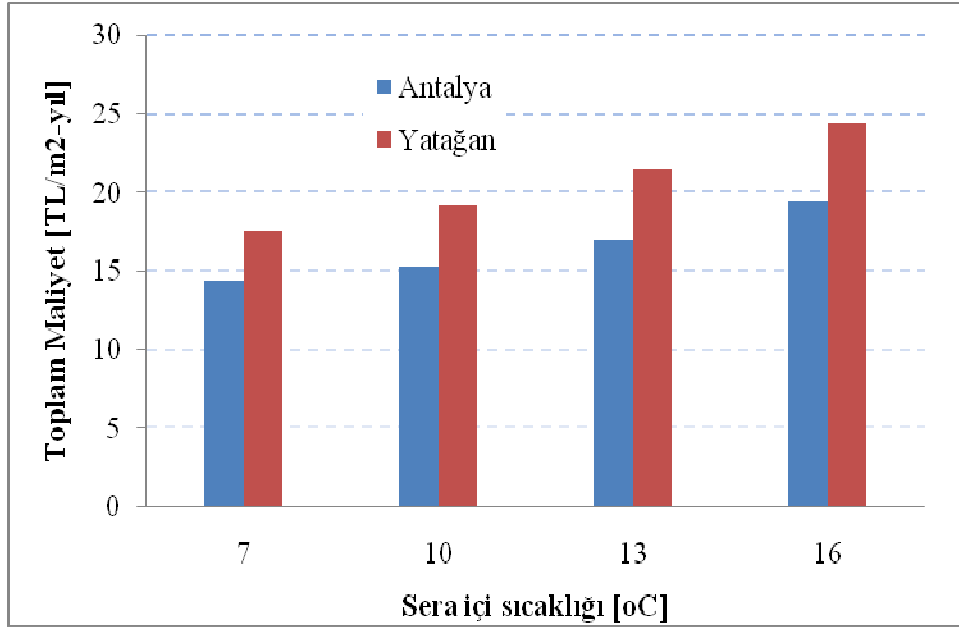
Sera içi gece sıcaklığının 16 °C’den 13 °C’ye düşürülmesi durumunda Yatağan bölgesi ısıtma maliyetlerinde %13’lük bir tasarruf meydana gelirken (Şekil 8.6), Antalya bölgesi için bu değer %14.5 olarak gerçekleşmektedir (Şekil 8.6). Arada oluşan fark iki bölgenin iklim değerlerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 8.12 Yatağan ili için iç ortam sıcaklığının maliyete etkisi

Gece iç ortam sıcaklığı (°C)	Bir sera için maksimum ısı talebi [W]	Toplam Maliyet [TL/m ² -yıl]
7	237,808	17.59
10	265,340	19.18
13	304,649	21.45
16	354,858	24.34

Çizelge 8.13 Antalya ili için iç ortam sıcaklığının maliyete etkisi

Gece iç ortam sıcaklığı (°C)	Bir sera için maksimum ısı talebi [W]	Toplam Maliyet [TL/m ² -yıl]
7	182,563	14.4
10	197,820	15.28
13	227,432	16.98
16	270,318	19.45



Şekil 8.6 Sera içi sıcaklığın toplam ısıtma maliyetine etkisi

9. SONUÇ

Bu çalışmada termik santralden çekilen ısı enerjisi yardımıyla organize sera bölgesinin ısıtma projelendirmesi yapıp birim ısı maliyetini veren ekonomik bir model ortaya konmuştur. Ekonomik model açısından bu çalışma bir ilki oluşturmaktadır.

Hesaplar Yatağan'daki termik santral göz önüne alınarak gerçekleştirilmiş ve karşılaştırma açısından ülkemizde seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya bölgesi referans bölge olarak seçilmiştir. Yatağan'da kurulan organize sera bölgesinin Antalya'da kurulması durumunda meydana gelecek değişimler irdelenmiştir.

Ekonomik modelde bölgelerin saatlik iklim değerleri kullanılarak 100,000 m² olarak seçilen organize sera bölgesinin ısı talepleri belirlenmiştir. Seçilen tekil sera boyutlarına bağlı olarak organize sera bölgesine 128 adet sera kurulabileceği hesaplanmıştır.

Ekonomik model sayesinde sera maliyetine etki eden parametreler de belirlenmiştir. Tekil serayı göz önüne aldığımızda bu parametreleri şöyle sıralamak mümkündür:

- Yetiştirilen bitki çeşidine göre sera içi sıcaklık
- Bölgenin iklim değerleri (rüzgar hızı, güneş radyasyonu ve dış ortam sıcaklığı)
- Sera örtüsü
- Sera içi ısıtma sistem tasarımı (sera içi ısıtma sistemi su giriş-çıkış sıcaklık farkı)
- Sera boyutları

Organize sera bölgesini ele aldığımızda maliyete etki eden parametreler aşağıdaki gibi olacaktır:

- Santral ile sera arası uzaklık
- İletim hattı boru çapı
- İletim hattı su sıcaklığı
- Eşanjör seçimi

Ekonomik parametreler ise:

- Isı enerjisi fiyatı
- İşletme ömrü

—İskonto oranı

Yapılan kabul ve hesaplamalar neticesinde ısıtma maliyetinin toplam maliyetler içerisinde %83'le en büyük paya sahip olduğu görülmüştür. Isıtma maliyetini sera ısı yükü ve ısı enerjisi fiyatı belirlemektedir. Isı fiyatının 0.03 TL değerinden sonraki her 0.01 TL'lik artışı her iki bölge için ortalama %24'lük maliyet artışını beraberinde getirmektedir.

Toplam maliyetler içerisinde yatırım masrafları %16'lık bir payla ısı enerjisi maliyetini takip etmektedir. Pompa işletme masrafı ise %1'lik bir paya sahiptir. Yatırım masrafları içerisinde ise iletim hattı ön izolasyonlu boru masrafı %76 gibi önemli bir paya sahiptir. Dolayısıyla santral ile organize sera bölgesi arasındaki mesafe yatırım masraflarını doğrudan etkilemektedir.

Sera ısı yükünü bölgenin iklim değerleri, örtü malzemesi ve sera içi sıcaklığı belirlemektedir. Domatesin yetiştirildiği ve cam sera örtüsünün kullanıldığı karşılaştırmada Yatağan bölgesinin Antalya bölgesine göre %20 daha pahalı olduğu görülmüştür. Bu durum iki bölge arasındaki iklim koşullarından kaynaklanmaktadır.

Örtü malzemesi olarak her iki bölge için de 10 mm kalınlığındaki plastik çift yapay plaka en ekonomik çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Öte yandan çift kat camın maliyet sonuçları plastik çift yapay plakaya çok yakın çıkmıştır. Isıtma maliyeti açısından cam örtü en kötü sonucu vermiştir. Bu çalışmada sera kurulum masrafları göz önünde bulundurulmadığı için bu iki örtü arasındaki tercih hakkında kesin bir sonuç söylenemez.

Sera içi sıcaklığını serada yetiştirilen bitki çeşidi belirlemektedir. Özellikle gece dış ortam sıcaklığının düşmesi ve güneş radyasyonundan gelen ısı kazancının olmaması gece iç ortam sıcaklığının maliyet üzerindeki etkisini büyütmektedir. Domates için gece sera içi sıcaklığının 16 °C'den 13 °C'ye düşürülmesi durumunda maliyetlerde Yatağan ve Antalya bölgesi için sırasıyla %12 ve %14'lük bir tasarruf meydana gelmektedir.

Gece iç ortam sıcaklığının düşürülmesi ısıtma maliyetlerinde önemli oranda tasarruf sağlayan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Isıtma maliyetlerini düşürmek için bölgelere göre farklı bitki türlerinin yetiştirilmesi uygun bir çözüm olabilir. Ilıman iklime sahip bölgeler için yüksek optimum gelişme sıcaklığına ihtiyaç duyan salatalık, kabak gibi bitki türleri önerilebilir. Gece sıcaklıkları düşük olan soğuk bölgeler için ise düşük optimum sıcaklığa ihtiyaç duyan ıspanak, bakla vb. bitki türlerinin yetiştirilmesi önerilebilir.

Seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya ile diğer illerin rekabet edebilmesi için ısı kaybını

azaltan ısı perdesi kullanımı gibi yöntemler önerilebilir. Sera kurulacak bölgeye göre örtü malzemesi seçimi de büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Yatağan ve Antalya bölgeleri arasında yapılan karşılaştırma iklim şartları göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Yatağanda kurulan organize sera bölgesinin Antalya iklim koşullarında kurulması halinde ortaya çıkan sonuçlar irdelenmiştir. Daha gerçekçi bir analiz için Antalya bölgesinde klasik ısıtma sistemleri de göz önüne alınmalıdır. Bu çalışma aynı zamanda sadece domates ve Yatağan termik santral bölgesi esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen bu ekonomik model seralarda yaygın olarak yetiştirilen diğer bitkiler için ve diğer termik santral bölgeleri için genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- Arın S. ve Akdemir S. (2002), “Seralarda Doğal Gazın Isıtma Amacıyla Kullanılabilirliği”, Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Dergisi, B Serisi Cilt 3 No 1 89-99.
- Aybers N. ve Şahin B.(1995), Enerji Maliyeti, Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul
- Bartanzas T., Tchamitchian M. ve Kittas C. (2005), “Influence of the heating method on greenhouse microclimate and energy consumption”, Biosystems Engineering, 91(4): 487-499
- Çanakçı M. ve Akıncı I.,(2003) “Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production”, Energy, 31:1243-1256
- Çengel Y., Cimbala J. (2008), Akışkanlar Mekaniği (Çev. T. Engin vd.), İzmir Güven Yayınları, İzmir
- Chinese D. vd. (2005), “Waste-to-energy based greenhouse heating:exploring viability conditions through optimisation models”, Renewable Energy 30:1573–1586
- Filiz M. (2001), Sera İnşası ve Kliması, Akademi Kitabevi, İzmir
- Garcia J.L. vd. (1998), “Evaluation of the Feasibility of Alternative Energy Sources for Greenhouse Heating”, Agricultural Engineering Research, 69:107-114
- Incropera F., DeWitt D. (2001), Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri (Çev. T. Derbentli vd.), Literatür Yayınları, İstanbul
- Karytsas C. Vd. (2003), “Low enthalpy geothermal energy utilisation schemes for greenhouse and district heating at Traianoupolis Evros, Greece”, Geothermics 32: 69–78
- Kempkes F.L.K. ve Braak N.J. (2000), “Heating system position and vertical microclimate distribution in chrysanthemum greenhouse”, Agricultural and Forest Meteorology, 104:133-142
- Litago J. vd. (2005), “Statistical Modelling of the Microclimate in a Naturally Ventilated Greenhouse”, Biosystems Engineering, 92(3): 365-381
- Sethi V.P. (2008a), “On the selection of shape and orientation of a greenhouse: Thermal modelling and experimental validation”, Solar Energy, 83:21-38
- Sethi V.P., Sharma S.K. (2008b), “Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications”, Solar Energy, 82:832-859
- Teitel M vd. (1999), “A Comparison between Pipe and Air Heating Methods for Greenhouses”, Agricultural Engineering Research, 72:259-273
- TUİK, (2006), 2006 yılı Türkiye Seracılık İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu
- Von Elsner B. Vd. (2000a), “Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries: Part I, Design Requirements”, Agricultural Engineering Research, 75:1-16
- Von Elsner B. Vd. (2000b), “Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries, Part II: Typical Designs”, Agricultural Engineering Research, 75:111-126

Yavuzcan G. (1995), İçsel Tarım Mekanizasyonu, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara

Zabeltitz C. Vd., (1996), Seralarda Isıtma Enerji Koruma ve Yenilenebilir Enerjiler (Çev. A. Başçetinçelik ve H. Öztürk), Temav Yayınları, Ankara

Zhang Y. Vd. (1997), "Predicting the microclimate inside a greenhouse: an application of a one-dimensional numerical model in an unheated greenhouse", Agricultural and Forest Meteorology 86: 291-297

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://www.teknoser.web.tr/venlo.htm>

[2] http://www.rufepa.com/img/inv_plastico/multitunel1_z.jpg

[3] http://2.bp.blogspot.com/_EoPs8s0Jlig/SSMh2YT7QNI/AAAAAAAAAHNs/xVxiGvctXAI/s400/FotoC49Fraf+3.13+Kaya+yC3BCn3BC+ile+yapC4B1lan+yetiC59Ftirme+ortamC4B1.jpg

[4] www.yalcinboru.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 30.03.1984

Doğum yeri İstanbul

Lise 1996-2002 Ahmet Mithat Lisesi

Lisans 2002-2006 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2006-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Enerji Programı

Çalıştığı kurumlar

2007-Devam ediyor YTÜ Makine Fakültesi Araştırma Görevlisi