

**T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
2020-DR-006**

**GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ SOĞUTMA
ÜNİTESİNE SAHİP SERİNLETME
SİSTEMLERİNİN SERALARDA KULLANIM
OLANAKLARI**

Erdal KARAKUZU

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Mustafa Bülent COŞKUN**

AYDIN

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Erdal KARAKUZU tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi Destekli Soğutma Ünitesine Sahip Serinletme Sistemlerinin Seralarda Kullanım Olanakları başlıklı tez, 15.01.2020 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan : Prof. Dr. M. Bülent COŞKUN	ADÜ	
Üye : Prof. Dr. İbrahim YALÇIN	ADÜ	
Üye : Prof. Dr. Faruk ŞEN	Muğla S.K.Ü.	
Üye : Doç. Dr. A. Behiç TEKİN	Ege Ü.	
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yüksel Aydoğan	ADÜ	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Doktora tezi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Gönül AYDIN
Enstitü Müdürü

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

20/01/2020

Erdal KARAKUZU

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ SOĞUTMA ÜNİTESİNE SAHİP SERİNLETME SİSTEMLERİNİN SERALARDA KULLANIM OLANAKLARI

Erdal KARAKUZU

Doktora Tezi, Tarım MAKİNALARI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Bülent COŞKUN

2020, 150 sayfa

Bu doktora çalışmasında, yüksek sıcaklıklar nedeniyle örtüaltı yetiştiriciliğini elverişsiz hale getiren sera iç sıcaklık değerlerini, kontrol altında tutmaya yönelik serinletme sistemlerinin konvansiyonel yöntemlere göre elverişliliği araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında, güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip iki adet serinletme sistemi tasarlanmıştır. Bunlardan ilki soğutma ünitesine bağlı güneş enerjisi destekli sislemeli bir serinletme sistemidir. İkinci sistem ise güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine bağlı fan-ped sistemidir. Sistemler, birbirine eş iki sera içine monte edilmiştir. Her iki serada domates ve hıyar bitkileri yetiştirilip, yüksek sıcaklıklarda sistemler çalıştırılarak, iki bitki için de uygun iklim şartları olan 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 bağıl nem değerlerine ulaşılmaya çalışılmıştır. %70 sera iç nem değerinde, sera iç sıcaklığının sera dış ortam sıcaklığından ortalama 5-6 °C'lik daha düşük sıcaklık değerinde ölçümü yapıldığı anlarda Sislemeli serinletme sisteminin serinletme etkinliği %62 olarak hesaplanmıştır. Fan-ped sistemli serada %50 nem değerinde ve sera iç sıcaklığının sera dış sıcaklığından ortalama 8-9 °C'lik daha düşük sıcaklık değerinde ölçümü yapıldığı anlarda serinletme etkinliği %87 olarak hesaplanmıştır. Bitki yetiştirme denemelerinde serinletme sistemlerinin bitki gelişim parametreleri üzerine etkilerini ortaya koymak adına SPSS paket programı kullanılarak ölçüm sonuçlarına tek yönlü ANOVA testi ve ilişkisiz örneklem t-testi uygulanmıştır.

Yapılan bu testler sonucunda 61 günlük nem ve sıcaklık değerlerine göre gruplar arasında sıcaklık değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği sağlandığı için (sıcaklık $p>0,05$; nem $p>0,05$) LSD testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Yapılan genel analiz sonucunda serinletme etkinliği bakımından fan-ped serinletme sisteminin sislemeli serinletme sistemine göre daha etkin olduğu görülmüştür. Her iki serada yetiştirilen domates ve hıyar bitkileri için serinletmenin yaprak sayısı (Ys), bitki boyu (Bb) ve gövde kalınlığı (Gk) üzerine etkileri istatistiki olarak ilişkisiz örneklem t-testi yapılmıştır. Domates bitkilerinin yaprak sayıları, bitki boyları ve gövde kalınlıkları arasında istatistiki düzeyde herhangi bir farklılık olmadığı görülmüştür. Hıyar bitkilerine ait t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında yaprak sayıları [$t(16)=,108$, $p>.05$] ve bitki boyları [$t(16)=1,01$, $p>.05$] arasında anlamlı farklılık yokken, gövde kalınlıkları [$t(16)=-,3,02$, $p>.05$] arasında anlamlı farklılık bulunmuştur.

Kurulum ve işletme maliyetleri yönünden karşılaştırılan sistemlerde sislemeli serinletme sistemi maliyeti 25.500,00 ₺ olarak hesaplanırken fan-ped sisteminde bu değer 21.800,00 ₺ olarak hesaplanmıştır. İki sistem arasında 3.700,00 ₺ fark bulunmaktadır. Sisleme sistemli sera aylık ortalama 164,00 ₺ işletme giderine sahipken fan-ped sistemli serada bu değer 163,50 ₺ olarak hesaplanmıştır. Fan-ped sistemli sera kurulum ve işletme maliyetleri açısından daha elverişli bulunmuştur.

Sonuç olarak maliyet, işletme giderleri ve bitki yetiştiriciliği açısından her iki sistemin de örtüaltı yetiştiriciliği açısından kullanımı olanaklı olmakla beraber fan-ped serinletme sisteminin seralarda örtüaltı yetiştiriciliği yönünden daha elverişli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Seralarda serinletme, Sisleme sistemi, Fan-ped sistemi

ABSTRACT

OPPORTUNITIES FOR COOLING SYSTEMS WITH SOLAR SUPPORTED COOLING UNIT IN GREENHOUSES

Erdal KARAKUZU

Ph.D. Thesis, Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Bülent COŞKUN

2020, 150 pages

In this doctoral study, the feasibility of the cooling systems to control the internal temperature values of greenhouse, which makes undergrowth cultivation unfavorable due to high temperatures, was investigated according to conventional methods.

Within the scope of this study, two cooling systems with solar assisted cooling units were designed. The first of these is a fogging cooling system with solar energy support connected to the cooling unit. The second system is the fan-pad system connected to the solar powered cooling unit. The systems are installed in two identical greenhouses. Tomato and cucumber plants were grown in both greenhouses and systems were operated at high temperatures to reach suitable climate conditions of 16-28 °C and relative humidity values of 40-80% for both plants. The cooling efficiency of the fogging cooling system was calculated to be 62%, when 70% indoor humidity was measured and 5-6 °C lower than outdoor temperature. The cooling efficiency was calculated as 87%, when the fan-pad system measured 50% humidity in the greenhouse and the internal temperature of the greenhouse at an average temperature of 8-9 °C lower than the greenhouse outdoor temperature. One-way ANOVA test and independent sample t-test were applied to the measurement results by using SPSS package program in order to reveal the effects of cooling systems on plant growth parameters.

As a result of these tests, it was found that there was a significant difference in temperature values between the groups according to 61 days humidity and temperature values ($p = .000$; $p < 0.05$). Since the homogeneity of variances was achieved (temperature $p > 0.05$; humidity $p > 0.05$), LSD test was applied to determine the direction of difference between the groups. Accordingly, there was a significant difference in favor of fan-pad between temperature data obtained from both cooling systems and laboratory data.

As a result of the general analysis, it was found that the fan-pad cooling system was more effective than the fogging cooling system in terms of cooling efficiency. For tomato and cucumber plants grown in both greenhouses, the effects of cooling on number of leaves (Ys), plant height (Bb) and stem thickness (Gk) were statistically unrelated. There was no statistically significant difference between the number of leaves, height and stem thickness of tomato plants. When the t-test results of cucumber plants were examined, there was no significant difference between the two groups of quantity of leaves [$t(16) = 1.08$, $p > .05$] and plant height [$t(16) = 1.01$, $p > .05$]; where body thickness $t(16) = -3.02$, $p > .05$] was found to be significantly different in comparison.

In the systems compared with respect to installation and operating costs, the fogging cooling system cost is calculated as 25.500,00 ₺ and in the fan-pad system this value is calculated as 21.800,00 ₺. There is 3.700,00 ₺ difference between the two systems. The greenhouse with fogging system has an average monthly operating cost of 164,00 ₺ and in the greenhouse with fan-pad system it is calculated as 163,50 ₺. Greenhouse with fan-pad system was found to be more convenient in terms of installation and operating costs.

As a result, although it is possible to use both systems in terms of cost, operating costs and plant breeding, it is seen that fan-pad cooling system is more convenient for greenhouse cultivation in greenhouses.

Key Words: Cooling in Greenhouses, Fogging System, Fan-pad System.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip serinletme sistemlerinin seralarda düşük maliyet ve kullanım avantajları göz önünde bulundurularak özellikle güneşçe zengin bölgelerdeki örtü altı yetiştiriciliğine ara vermeden kesintisiz olarak çalışmasına olanak sağlaması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonunda elde edilen veriler ışığında güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip serinletme sistemlerinin seralarda uygun maliyet ve kullanım kolaylığı açısından elverişli olduğu görülmüştür.

Bu doktora çalışmamda baştan sona benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Sayın Hocam Prof. Dr. M. Bülent COŞKUN'a (ADÜ), Teknik destek ve tedarikleri ile hep yanımda olan Biyosistem Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Hocam Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN'a (ADÜ), Değerli görüş ve katkıları ile bana her zaman ışık tutan Sayın Hocam Prof. Dr. Faruk ŞEN'e (MUĞLA S.K.Ü.), Sayın Hocam Prof.Dr. İbrahim YALÇIN'a (ADÜ), Sayın Hocam Doç. Dr. A. Behiç TEKİN'e (EGE Ü.), Yaptığım çalışma süresince iletişim, planlama ve koordinasyon konularında bana çok yardımcı olan Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Yüksel AYDOĞAN'a (ADÜ) sonsuz teşekkür ederim.

Akademik, sosyolojik ve psikolojik anlamda beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili eşim Esra KARAKUZU'ya, varlığıyla hayatımı güzelleştiren biricik kızım Deniz Ceyda KARAKUZU'ya ve bu günlere gelmemde sabırla, maddi ve manevi olarak bana destek olan aileme sevgiyle...

Bu doktora çalışması, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından ZRF-17014 Proje numarası ile desteklenmiştir.

Erdal KARAKUZU

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxiii
EKLER DİZİNİ.....	xxix
1. GİRİŞ	1
1.1. Ülkemizde Seracılığın Durumu.....	2
1.2. Sera Yapımında Bilinmesi Gereken Bazı Hususlar	5
1.2.1. Sera Kurulacak Bölgenin Belirlenmesi	5
1.2.2. Sera Tiplerinin Belirlenmesi ve Sınıflandırılması	5
1.2.3. Seralarda Genel Olarak Kullanılan Bazı Yapı Malzemeleri ve Yapı Elemanları	7
1.3. Seralarda (Örtüaltı) Domates Yetiştiriciliği	10
1.4. Seralarda (Örtüaltı) Hıyar Yetiştiriciliği	11
1.5. Sıcaklığın Bitkiler Üzerine Etkileri.....	12
1.6. Konvansiyonel Olarak Kullanılan Bazı Serinletme Sistemleri	13
1.6.1. Havalandırma	14
1.6.2. Gölgelelendirmeli Serinletme	14

1.6.3. Buharlařmalđ Serinletme	15
1.7. Seralarda Kullanđlabilecek Alternatif Serinletme Sistemleri.....	20
2. KAYNAK ÖZETLERĐ.....	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	30
3.1. Materyal.....	30
3.1.1. Coğrafi Bölge	30
3.1.2. İklim Özellikleri	31
3.1.3. Seraların Özellikleri.....	32
3.1.4. Güneş Enerjisi Sistemi	38
3.1.5. Soğutma Sistemi.....	38
3.1.6. Fan-Ped Serinletme Sistemi	40
3.1.7. Sislemeli Serinletme Sistemi	41
3.1.8. Bitkisel Materyaller	42
3.1.9. Ölçüm Ekipmanları	46
3.2. Yöntem.....	52
3.2.1. Seraların Tasarımı ve İmalatı İçin Yapılan Hesaplamalar.....	52
3.2.2. Sabit ve İşletme Maliyetleri Hesabı.....	58
3.2.3. Bitki Yetiştirme Denemeleri.....	58
4. BULGULAR ve TARTIşMA	61
4.1. Seraların Tasarımı ve İmalatına Yönelik Bulgular.....	61
4.1.1. Sera Havalandırma Açıklıkları ve Havalandırma Debisi	61

4.1.2. Fan Seçimine İlişkin Bulgular	63
4.1.3. Ped Seçimine İlişkin Bulgular	64
4.1.4. Soğutucu Seçimine İlişkin Bulgular	65
4.1.5. Güneş Paneli Seçimine İlişkin Bulgular	67
4.1.6. Sistem Etkinliği Analizi	68
4.2. Sabit ve İşletme Maliyetlerine İlişkin Bulgular	69
4.3. Serinletme Sistemi Etkinliklerinin Bitki Yetiştiriciliği Üzerine Etkilerine İlişkin Bulgular	72
4.4. Bitki Gelişimine Ait Bulgular	121
4.4.1. Domates Bitkisinin Haftalık Gelişimine Ait Bulgular	121
4.4.2. Hıyar Bitkisinin Haftalık Gelişimine Ait Bulgular	128
5. SONUÇ	137
KAYNAKLAR	141
EKLER	148
ÖZGEÇMİŞ	150

KISALTMALAR DİZİNİ

A_p	: Toplam ped alanı
$A_ö$: Örtü alanı
Bb	: Bitki boyu
c	: Soğutulacak suyun özgül ısısı
dak	: Dakika
db	: Desibel
Do	: Dış ortam
E_i	: Soğutucu ve fanların toplam saatlik enerji tüketimleri
G	: Sera genişliği
Gk	: Gövde kalınlığı
G_n	: Soğutucu ve fanların toplam gücü
G_p	: Ped yüksekliği
F_p	: Fan-ped
h	: Saat
I_1	: Panel eni
I_2	: Panel boyu
K_1	: Panel sayısı
L	: Ped'lerin yerleştirileceği kenar uzunluğu
Lab	: Laboratuvar
lt	: Litre

- m : Soğutulacak su miktarı
- N : Panel gücü gereksinimi
- n_f : Fan sayısı
- N_s : Standart panel gücü
- S : Saniye
- Se : Serinletme etkinliği
- S_s : Sisleme sistemi
- S_{sed} : Serinletilen saatlerde en düşük
- S_{so} : Serinletilen saatlerin ortalaması
- S_{sey} : Serinletilen saatlerde en yüksek
- t : Soğutucu ve fanların toplam kullanım süresi
- $T_ç$: Suyun çıkış sıcaklığı
- T_d : Sera dış sıcaklığı
- T_g : Suyun giriş sıcaklığı
- $T_{gün}$: Gün uzunluğu
- T_i : Sera iç sıcaklığı
- T_{kd} : Ped girişinde havanın kuru termometre sıcaklığı
- U : Sera uzunluğu
- Q : Toplam soğutma ihtiyacı
- Q_{st} : Standart havalandırma debisi
- Y_s : Yaprak sayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Güneşin Domates Üzerindeki Zararı.....	13
Şekil 1.2 Sera İç Gölgelemdirmesi.....	15
Şekil 1.3 Fan-ped Sisteminin Parçaları	16
Şekil 1.4 Seralarda Kullanılan Fan ve Ped	19
Şekil 1.5 Seralarda Sisleme Sistemi.....	20
Şekil 3.1 ADÜ-Ziraat Fakültesi Güney Kampüsü.....	30
Şekil 3.2 Seraların Ölçülendirilmiş İskelet Yapısı ve Genel Görünüşü	33
Şekil 3.3 Seraların Yerleşim Şekli	34
Şekil 3.4 Seraların Şeffaf Modellenmiş Görünümü	35
Şekil 3.5 Seraların Katı Modellenmiş Görünümü.....	35
Şekil 3.6 Seralarda Kullanılan Parçalar ve Bağlantı Elemanları.....	36
Şekil 3.7 Seraların İmalat Fotoğrafları.....	37
Şekil 3.8 Güneş Enerjisi Sistemi.....	38
Şekil 3.9 Soğutma Ünitesi Genel Görünümü	39
Şekil 3.10 Soğutma Ünitesi Bağlantı Boruları	40
Şekil 3.11 Fan ve Ped'in Genel Görünüşü	41
Şekil 3.12 Sisleme Cihazı ve Püskürtücü.....	41
Şekil 3.13 Numaralandırılmış Saksılar.....	42
Şekil 3.14 Denemelerde Kullanılan Domates Fideleri.....	44
Şekil 3.15 Denemelerde Kullanılan Hıyar Fideleri.....	45

Şekil 3.16 Sıcaklık ve Nem Kaydedicinin Bilgisayar Arayüzü.....	46
Şekil 3.17 Sıcaklık ve Nem Kaydedici.....	47
Şekil 3.18 Hava Hızı Ölçer.....	47
Şekil 3.19 Güneş Radyasyonu Ölçer.....	48
Şekil 3.20 Ses Seviye Ölçer.....	49
Şekil 3.21 Toprak pH Ölçer.....	50
Şekil 3.22 Manometre	50
Şekil 3.23 Kızılötesi Sıcaklık Ölçer	51
Şekil 4.1 Bitkilerde Yapılan Bazı Ölçümler.....	73
Şekil 4.2 Bitkilerde Yapılan Bazı Kayıt İşlemleri.....	74
Şekil 4.3 Denemelerin 7. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	76
Şekil 4.4 Denemelerin 7. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği	77
Şekil 4.5 Denemelerin 14. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	80
Şekil 4.6 Denemelerin 14. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği	80
Şekil 4.7 Denemelerin 20. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	85
Şekil 4.8 Denemelerin 20. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği	85
Şekil 4.9 Denemelerin 27.Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	90
Şekil 4.10 Denemelerin 27.Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği	90
Şekil 4.11 Denemelerin 34. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	95
Şekil 4.12 Denemelerin 34. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği	95
Şekil 4.13 Denemelerin 43. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	100

Şekil 4.14 Denemelerin 43. Gününde Ölçülen Bağlı Nem Değerleri Grafiği.....	100
Şekil 4.15 Denemelerin 50. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	105
Şekil 4.16 Denemelerin 50. Gününde Ölçülen Bağlı Nem Değerleri Grafiği	105
Şekil 4.17 Denemelerin 55. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	110
Şekil 4.18 Denemelerin 55. Gününde Ölçülen Bağlı Nem Değerleri Grafiği	110
Şekil 4.19 Denemelerin 61. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği	115
Şekil 4.20 Denemelerin 61. Gününde Ölçülen Bağlı Nem Değerleri Grafiği	115
Şekil 4.21 Seralardaki Domates Bitkilerine Ait Yaprak Sayılarının Haftalık Ortalamaları.....	122
Şekil 4.22 Seralardaki Domates Bitkilerinin Haftalık Boy Ortalamaları	125
Şekil 4.23 Seralardaki Domates Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlığı Ortalamaları	127
Şekil 4.24 Seralardaki Hıyar Bitkilerine Ait Yaprak Sayılarının Haftalık Ortalamaları.....	130
Şekil 4.25 Seralardaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Boy Ortalamaları	132
Şekil 4.26 Seralardaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlığı Ortalamaları	135

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 İllere Göre Bazı Örtüaltı Tarım Alanları (Anonim, 2019b)	3
Çizelge 1.2 Bazı Örtüaltı Sebzelemizin Üretim Miktarı (Anonim, 2019c)	3
Çizelge 1.3 Yıllara Göre Örtüaltı Alanlarımız (Bin dekar) (Anonim, 2019a)	4
Çizelge 1.4 Yıllara Göre Ülkemiz Örtüaltı Üretim Miktarları (Bin ton) (Anonim, 2019b)	4
Çizelge 1.5 Sera Örtü Camlarının Bazı Özellikleri (Alemdar, 1981)	8
Çizelge 1.6 Plexicam'ların Bazı Özellikleri (Yüksel ve Yüksel, 2012).....	9
Çizelge 1.7 Bazı Ped Malzemeleri İçin Su Akış Hızları ve Depo Kapasitesi (Erbil,2010)	17
Çizelge 1.8 Bazı Ped Malzemelerine Göre Hava Akış Hızları (Erbil, 2010).....	18
Çizelge 3.1 Deneme Alanının 12 Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (Anonim, 2019e).....	31
Çizelge 3.2 Denemede Kullanılan Toprakların Bazı Fiziksel Özellikleri (Özdemir, 2013), (Mert, 2014)	43
Çizelge 3.3 Denemede Kullanılan Toprakların Bazı Kimyasal Özellikleri (Özdemir, 2013)	44
Çizelge 4.1 Yükselti Farkına Göre Düzeltme Faktörü (F_y).....	62
Çizelge 4.2 Seralara Gelen Işınımın Aydınlik Şiddetine Göre Düzeltme Faktörü (F_i)	62
Çizelge 4.3 Sera İç ve Dış Sıcaklık Farkına Göre Düzeltme Faktörü (F_k).....	62
Çizelge 4.4 Fan ile Ped Arasındaki Sıcaklık Farkına Göre Hava Hızı Düzeltme Faktörü (F_s)	63

Çizelge 4.5 Seralarda Kullanılan Fanların Debi, Güç Gereksinimleri ve Gerekli Ped Alanı (Yağcıoğlu, 2009).....	64
Çizelge 4.6 Farklı Sıcaklık Değerlerindeki Soğutma Sularının Elektrik Tüketim Değerleri.....	66
Çizelge 4.7 Farklı Kapasitelerdeki Bazı Soğutma Üniteleri.....	66
Çizelge 4.8 Güneş Enerjisi Sistemleri ve Güncel Fiyatları (Anonim, 2019f)	67
Çizelge 4.9 Nem Değerlerine Göre Bazı Sıcaklık Değerleri.....	68
Çizelge 4.10 Sisleme Sistemli Seraya Ait Sabit Maliyetler ve Toplamı	69
Çizelge 4.11 Fan-Ped Sistemli Seraya Ait Sabit Maliyetler ve Toplamı	70
Çizelge 4.12 Sisleme Sistemli Seraya Ait İşletme Maliyetleri ve Toplamı (Aylık)	71
Çizelge 4.13 Fan-Ped Sistemli Seraya Ait İşletme Maliyetleri ve Toplamı (Aylık)	71
Çizelge 4.14 Denemelerin 7. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri.....	75
Çizelge 4.15 Denemelerin 14. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri.....	78
Çizelge 4.16 Denemelerin 14. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları.....	81
Çizelge 4.17 Denemelerin 14. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları	82
Çizelge 4.18 Denemelerin 20. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri.....	83
Çizelge 4.19 Denemelerin 20. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları.....	86
Çizelge 4.20 Denemelerin 20. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları	87

Çizelge 4.21 Denemelerin 27. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri	88
Çizelge 4.22 Denemelerin 27. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları	91
Çizelge 4.23 Denemelerin 27. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları	92
Çizelge 4.24 Denemelerin 34. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri	93
Çizelge 4.25 Denemelerin 34. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları	96
Çizelge 4.26 Denemelerin 34. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları	97
Çizelge 4.27 Denemelerin 43. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri	98
Çizelge 4.28 Denemelerin 43. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları	101
Çizelge 4.29 Denemelerin 43. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları	102
Çizelge 4.30 Denemelerin 50. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri	103
Çizelge 4.31 Denemelerin 50. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları	106
Çizelge 4.32 Denemelerin 50. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları	107
Çizelge 4.33 Denemelerin 55. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri	108
Çizelge 4.34 Denemelerin 55. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları	111
Çizelge 4.35 Denemelerin 55. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları	112

Çizelge 4.36 Denemelerin 61. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri.....	113
Çizelge 4.37 Denemelerin 61. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları.....	116
Çizelge 4.38 Denemelerin 61. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları	117
Çizelge 4.39 Denemelerin 61 Günlük Ortalama Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Analizi Sonuçları	118
Çizelge 4.40 Sisleme Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Yaprak Sayıları (Adet).....	121
Çizelge 4.41 Fan-Ped Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Yaprak Sayıları. 122	
Çizelge 4.42 Seralardaki Domates Bitkilerinin Yaprak Sayılarına İlişkin t-testi Sonuçları.....	123
Çizelge 4.43 Sisleme Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Haftalık Bitki Boyları.....	124
Çizelge 4.44 Fan-Ped Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Haftalık Bitki Boyları.....	124
Çizelge 4.45 Seralardaki Domates Bitkilerinin Bitki Boylarına İlişkin t-testi Sonuçları.....	125
Çizelge 4.46 Sisleme Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlıkları.....	126
Çizelge 4.47 Fan-Ped Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlıkları.....	127
Çizelge 4.48 Seralardaki Domates Bitkilerinin Gövde Kalınlıklarına İlişkin t-testi Sonuçları.....	128
Çizelge 4.49 Sisleme Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Yaprak Sayıları (Adet)	129

Çizelge 4.50 Fan-Ped Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Yaprak Sayıları (Adet)	129
Çizelge 4.51 Seralardaki hıyar Bitkilerinin Yaprak Sayılarına İlişkin t-testi Sonuçları	130
Çizelge 4.52 Sisleme Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Bitki Boyları	131
Çizelge 4.53 Fan-Ped Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Bitki Boyları	132
Çizelge 4.54 Seralardaki Hıyar Bitkilerinin Bitki Boylarına İlişkin t-testi Sonuçları	133
Çizelge 4.55 Sisleme Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlıkları	134
Çizelge 4.56 Fan-Ped Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlıkları	134
Çizelge 4.57 Seralardaki Hıyar Bitkilerinin Gövde Kalınlıklarına İlişkin t-testi Sonuçları	135

EKLER DİZİNİ

Ek-1 Serinletme Sistemleri Montajlarına Ait Bazı Resimler	147
Ek-2 Bitki Yetiştiriciliğine Ait Bazı Resimler	148



1. GİRİŞ

Beslenme gün geçtikçe artan dünya nüfusunun en önemli unsurudur. Dünya yüzölçümü sabit kalırken dünya nüfusunun sürekli artması üretim yapılan tarım arazilerinden birim alanda en yüksek verimin alınmasını zorunlu kılar. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2010 yılında dünyada 57,3 milyon hektar alanda gerçekleştirilen meyve ve sebze üretiminin yaklaşık 1,1 milyar ton seviyelerinde olduğunu belirtmiştir. Dünya genelinde toplamda 57,3 milyon hektar alanda yapılan üretimin yaklaşık 1,1 milyon hektar alanında örtüaltı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Hickman, 2010). Birim alanda maksimum verimin alınmasını hedefleyen örtüaltı yetiştiriciliği, dış iklim faktörlerini etkisiz kılıp gerekli özel çevre koşulları oluşturarak yüksek ve alçak sistemlerle yapılan yetiştiriciliğe denmektedir. Bu sistemlerin oluşturduğu farklı kaplama materyallerine sahip yapılara da sera denilmektedir. Yetiştiricilik, seralarda gerçekleştiği için seracılık ifadesi aynı anlama gelen örtüaltı yetiştiriciliği ifadesi kadar sık kullanılmaktadır.

Dünyadaki en zor iklim şartlarına sahip olan ülkeler bile halkın beslenmesi adına teknolojik imkanlarla seralarda ciddi üretimler gerçekleştirebilmektedirler. Ülkemiz birçok dünya ülkesine nazaran daha iyi iklim koşullarına sahiptir. Her ne kadar seracılığa hak ettiği önemi veremesek de bu alanda azımsanmayacak üretim rakamlarına sahibiz. Örtüaltı yetiştiriciliği yapılan ihracat, ülke ekonomisi ve halkın ihtiyaçlarının karşılanması bakımından oldukça önemlidir. Örtüaltı yetiştiriciliği veya seracılık denildiğinde ise kurulum, işletme maliyetleri ve üretim giderleriyle beraber sera ısıtılması, en önemli gider kalemlerinin başında gelmektedir. Her ne kadar seralarda ısıtma en önemli gider kalemlerinin başında geliyor olsa da seracılıkta serinletme de en az ısıtma kadar önemlidir. Özellikle güneşçe zengin bölgelerde yapılan seracılıkta yüksek sıcaklıklar nedeniyle üretime ara verilmesi ve çalışanların ücretsiz izne çıkartılması hem yıllık üretim miktarının düşmesine hem de istihdamın azalmasına neden olmaktadır. Küresel anlamda dünyanın her geçen gün daha çok ısınması örtü altı yetiştiriciliğimizin sekteye uğramadan çalışması bakımından serinletme sistemlerine olan ihtiyacı arttırmaktadır (Bottcher ve Ark., 1989). Konvansiyonel olarak kullanılan serinletme yöntemlerinin yetersiz olduğu bölgelerde daha etkin ve ihtiyaçlara cevap verebilen aynı zamanda kurulum maliyetleri ve işletme giderleri açısından üreticiyi tatmin edebilecek alternatif serinletme yöntemlerini kullanmayı zorunlu kılmıştır (Anonim, 2005).

1.1. Ülkemizde Seracılığın Durumu

Ülkemizde seracılık 1940'lı yıllarda Antalya'da başlamış ve kıyılarımız boyunca devam etmiştir. Seracılık 1940-1960 yıllarında yavaş ilerlemesine karşın 1970'li yıllarda plastik örtü üretiminin artmasıyla plastik örtülü seralar oldukça yaygınlaşmıştır. 1980'li yıllara gelindiğinde teknoloji ve sanayideki gelişmeler sera yapı malzemelerinin de gelişmesine neden olmuştur. 1990'dan sonra seralarda modern sistemler kurulmuş ve seralarda topraksız tarım uygulamaları başlamıştır. 1990-1995 yılları arasında seracılığa %25 kaynak kullanımı ve çeşitli destekleme fonlarıyla yapılan yardımlarda seracılıkta olumlu adımlar atılmıştır. 2000'li yıllardan sonra da sürdürülebilir üretim teknikleri ve sertifikalı üretim yaygınlaşmıştır (Tüzel ve Ark., 2008). Son yıllarda tamamen otomasyona dayalı bilgisayar kontrollü teknolojik seralar kullanılmaktadır. Seracılığın gelişmesinde ülkemizin coğrafi konumu oldukça etkilidir. Bir Akdeniz ülkesi olarak Türkiye, diğer Akdeniz ülkelerine oranla büyük bir potansiyele sahiptir. Türkiye sera alanı varlığı bakımından dünyada dördüncü Avrupa'da ise İspanya'dan sonra ikinci sıradadır. Ülkemizde 2018 yılında 30 milyon ton sebze üretilmiştir. Bu üretimin 22 milyon tonu açıkta, 8 milyon tonu örtü altında üretilmiştir. Toplam örtü altı varlığımız 772,091 dekar olup özellikle son 10 yılda sektörde ciddi adımlar atılmıştır (Anonim, 2019a). Bataklık bölgelerinin kurutularak tarıma kazandırılması amacıyla bu bölgelerde gerçekleştirilecek örtüaltı yetiştiriciliği için çıkarılan vergi indirimleri ve desteklerle bataklık bölgelerin kurutularak örtüaltı yetiştiriciliğine kazandırılması örtüaltı tarım arazilerinin artmasına neden olmuştur. Türkiye'de seralarda üretilen ürünlerin büyük kısmı iç piyasada değerlendirilirken yaklaşık %15'i ihraç edilmektedir. Ülkemiz İç pazar ve ihracat bakımından örtüaltı yetiştiriciliğinde üretim değerimiz yaklaşık 10 milyar ₺'dir. Bu değer her geçen yıl artarak devam etmektedir. Ülkemiz örtü altı üretiminin illere göre üretilen ürün bazında birinci sırasında %47'lik payla (3,8 milyon ton) Antalya vardır. Daha sonra sırasıyla, %20 (1,6 milyon ton) ile Mersin, %12 (970 bin ton) ile Adana ve %8 (657 bin ton) ile Muğla illeri takip etmektedir. Bu 4 ildeki toplam örtü altı üretimimiz yaklaşık 7 milyon ton ile toplam örtü altı üretimimizin yaklaşık %87'sini oluşturmaktadır (Anonim, 2019b). Ülke nüfusumuz ve bitkisel ürün tüketimimiz göz önüne alındığında tarım arazilerinin ve çevresel etkilerden etkilenmeden üretim yapan örtüaltı tarım alanlarımızın artırılması oldukça önemlidir. Çizelge 1.1'de 2018 yılına ait illere göre bazı örtü altı tarım alanları verilmiştir (Anonim, 2019b).

Çizelge 1.1 İllere Göre Bazı Örtüaltı Tarım Alanları (Anonim, 2019b)

İller	Alan (da)	İller	Alan (da)	İller	Alan (da)
Antalya	283.283	Mersin	196.555	Adana	150.729
Muğla	39.049	Aydın	15.018	İzmir	15.726
Samsun	3.224	Hatay	11.096	Burdur	9.109
Isparta	4.788	Amasya	4.584	Bilecik	4.561
Yalova	3.748	Eskişehir	3.835	Kocaeli	2.191
Manisa	2.629	Bartın	1.763	İstanbul	1.600
Denizli	1.429	Zonguldak	1.138	Tokat	1.159

Yıllık yaklaşık 8 milyon ton olan örtü altı sebze yetiştiriciliğimizin yaklaşık 3,8 milyon tonu Domates ve 1,1 milyon tonu Hıyar üretimi olarak gerçekleşmektedir. Domates ve hıyarın üretim miktarı toplan örtü altı yetiştiriciliğimizin %60'ını oluşturmaktadır. Çizelge 1.2'de 2018 yılına ait bazı sebzelerin üretim miktarları verilmiştir (Anonim, 2019c).

Çizelge 1.2 Bazı Örtüaltı Sebzelerimizin Üretim Miktarı (Anonim, 2019c)

Çeşit	Miktar(ton)	Çeşit	Miktar(ton)	Çeşit	Miktar(ton)
Domates	3.888.555	Hıyar	1.134.182	Karpuz	871.845
Biber	689.169	Patlıcan	332.742	Kabak	242.218
Kavun	178.008	Marul	115.303	Fasulye	47.936

Örtüaltı yetiştiriciliğinde kullanılan farklı tip seralar mevcuttur. Bunlar cam sera, plastik sera, alçak ve yüksek tünel olarak 4 farklı grup olarak değerlendirilebilir. Seraların büyüklükleri dikkate alındığında ülkemizde toplamda en büyük alana sahip sera tipi 2018 yılı verilerine göre 369 bin dekar alanla plastik sera olurken en düşük alana sahip seralar toplamda 78 bin dekar alanla cam seralardır. Çizelge 1.3'te Yıllara göre ülkemiz örtüaltı alanları ve Çizelge 1.4'te yıllara göre ülkemiz örtüaltı üretim miktarları verilmiştir (Anonim, 2019a).

Çizelge 1.3 Yıllara Göre Örtüaltı Alanlarımız (Bin dekar) (Anonim, 2019a)

Yıllar	Cam sera	Plastik sera	Alçak tünel	Yüksek tünel	Toplam
2010	81	231	171	82	564
2014	81	299	157	113	649
2015	80	309	162	113	664
2016	80	329	170	113	692
2017	86	355	191	120	752
2018	78	369	211	114	772

Ülkemizde plastik seralar maliyet ve kullanılabilirlik yönünden cam seralara göre daha uygundur. Alçak ve yüksek tünel seralara göre daha maliyetli olsa da kullanım amaçlarına göre daha çok tercih edilmektedir. Plastik seraların daha yaygın olarak kullanılması buralarda üretilen ürünlerde doğru orantılı olarak daha çok ürün alınmasına neden olmaktadır. 2018 yılı verilerine göre plastik seralarda 4.615 bin ton ürün elde edilmiştir (Anonim, 2019b).

Çizelge 1.4 Yıllara Göre Ülkemiz Örtüaltı Üretim Miktarları (Bin ton) (Anonim, 2019b)

Yıllar	Cam sera	Plastik sera	Alçak tünel	Yüksek tünel	Toplam
2010	1345	2895	910	601	5750
2014	1259	3554	919	744	6482
2015	1276	3676	963	805	6720
2016	1289	4011	1028	836	7165
2017	1319	4168	1104	792	7383
2018	1316	4615	1249	891	8071

Çizelge 1.4'te görüldüğü gibi 2010-2018 yılları arasında örtüaltı üretimimiz sürekli artmıştır. Aynı yıllarda cam seralarda yapılan örtüaltı üretimi yıllar geçtikçe azalmakta ve plastik seralarda yapılan örtüaltı üretim miktarı artmaktadır. Bunun nedeni seralarda yapılan örtüaltı üretiminin birim alanda artış azalmasından çok ekonomik parametreler doğrultusunda yıllar geçtikçe plastik seraların sayısının cam seraların sayısına göre oldukça fazla oranda artmasından kaynaklanmaktadır.

1.2. Sera Yapımında Bilinmesi Gereken Bazı Hususlar

1.2.1. Sera Kurulacak Bölgenin Belirlenmesi

Seracılık sektöründe faaliyet göstermek isteyen bir üreticinin sera inşasına başlamadan önce pek çok parametreyi göz önünde bulundurması gerekir. Her ne kadar seralarda iklim kontrolü gerçekleştirilebilse de yetiştiriciliği yapılacak bitkisel materyale uygun ekolojik ve ekonomik etmenler ile çevre koşullarının uygunluğu üretim perspektifi açısından oldukça önemlidir. Sera kurulumu yapılmadan önce mutlak surette seraların azami güneşlenmenin sağlanabileceği yönde yön seçimi gerçekleştirilmeli, sera kurulacak bölgenin hava hareketleri analiz edilip yerel rüzgarların şiddeti doğru hesaplanmalı, seralarda yetiştirilecek ürünün toprak isteklerine göre sera kurulumundan önce toprak analizi yapılmalı, bitkilerin düzgün gelişim gösterebilmeleri ve fotosentez yapabilmeleri için gerekli olan asgari ışık gücü ölçülmeli, serada üretimi gerçekleştirilecek olan bitkisel materyale göre bölge sıcaklıkları önceden belirlenip bu parametreler ışığında en uygun sera bölgesi belirlenerek kuruluma başlanmalıdır. Seraların kurulumunda enerji kaynaklarının temini, üretimi yapılan ürünlerin nakliyesi için gerekli olan ulaşım koşulları, ürünlerin bölgesel pazarlama ve satış olanakları ve seraların işletme yerleşim düzeni sera kurulumu yapılmadan önce göz önünde bulundurulması gereken ekonomik etmenlerdendir (Anonim, 2007a).

1.2.2. Sera Tiplerinin Belirlenmesi ve Sınıflandırılması

Seralar pek çok yönden ve açıdan farklı şekillerde gruplandırılıp sınıflandırılabilirler. Genel olarak seraları taşınabilirlik durumlarına göre, çatı şekillerine göre, kurulma şekillerine göre, ebatlarına göre, sıcaklıklarına göre, yararlanma şekillerine göre, iskelet malzemesine göre ve örtü malzemesine göre sınıflandırmak mümkündür. Taşınabilirlik durumlarına göre seralar portatif, hareketli ve sabit olarak kurulabilirler, sabit seralar genel olarak kullanılan belli bir temel alan üzerine kurulmuş yapılardır. Sabit seraların aksine ihtiyaçlar dolayısı ile sağa sola öne ve arkaya doğru hareket edebilen hareketli seralar da üreticiler tarafından tercih edilebilmektedir. Son zamanlarda portatif, kısa sürede kurulum ve sökümü yapılan seralarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu seralar iklim koşullarına göre yıl içinde farklı bölgelere kurulumu gerçekleştirilebilmektedir. Seralarda çatı şekillerine göre yuvarlak, beşik ve basit çatılar kullanılmaktadır. Yuvarlak çatılı seralarda temel ilke güneş ışığından olabildiğince yararlanmaktır.

Beşik çatılı seralar iki yüzeyin birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Bu tip seralar karşıdan bakıldığında çatı üçgen formdadır. Basit çatılar bir duvara dayanan tek yüzeyli çatılardır. Kurulma şekillerine göre seralar kule tipi, bireysel, blok ve bitişik sera olarak sıralanabilir. Kule tipi seralar, daha çok küçük üretim alanlarında tercih edilen seralardır. Bireysel seralar, tek başlarına kurulan seralardır. Blok seralar, bireysel seraların birleşmesiyle oluşan seralardır. Bitişik seralar, bir yapıya, binaya veya duvara dayalı olarak kurulan seralardır. Ebatlarına göre seralar küçük, orta ve büyük olarak sıralanabilir. Küçük seralara taban alanı 100 m² den küçük olan seralardır. Orta büyüklükteki seraların taban alanı 100 ile 1000 m² arasında olabilmektedir. Büyük seralar ise taban alanı 1000 m² den büyük olan seralardır. Sıcaklıklarına göre seralar seranın iç ortam sıcaklığına göre soğuk, ılık ve sıcak seralar olarak adlandırılabilirler. Sera iç sıcaklığı 0-10 °C arasında olan seralara soğuk, sera iç sıcaklığı 10-20 °C arasında olan seralara ılık, sera iç sıcaklığı 20-24 °C arasında olanlara ise sıcak sera denir. Seralar kurulurken seralardan ne şekilde yararlanılacağı önem arz eder. Bu bakımdan seralar yararlanılacak duruma göre gruplandırılır. Seralar yararlanma şekillerine göre koruma-sergileme, yetiştirme, araştırma ve üretme seraları olarak sınıflandırılabilir. Seralarda geçmişten günümüze farklı malzemelerden sera iskeletleri yapılmıştır. Bunlardan bazıları ahşap, beton, alüminyum ve demirden yapılan iskeletlerdir. Ahşap iskeletler geçmişte çok kullanılsa da çürüme nedeniyle son yıllarda pek tercih edilmemektedir. Beton genel olarak sera tabanında kullanılsa da yer yer sera taşıma kolonu şeklinde iskelet yapısında yer alabilmektedir. Demir iskeletli seralar pek çok bölgede sıkça kullanılmaktadır. Oldukça sağlam yapısı ile tercih edilse de seralardaki teknolojik gelişmelerle sağlamlık ve hafifliği ile ön plana çıkan malzemeler demirin malzemeye alternatif olmaktadır. Pas yapmayan dayanıklı ve hafif yapısı ile alüminyum sera iskeleti için uygun bir malzeme olsa da malzemenin yüksek fiyatı nedeniyle kurulum maliyetini arttırmaktadır. Seralarda örtü malzemesi olarak genellikle plastik ve cam malzeme tercih edilse de son yıllarda polikarbon malzeme ile ülkemizde nadir olarak kullanılan suni elyaf malzemelerde kullanılmaktadır. Cam örtüler ışık geçirgenliği bakımından olumlu olsa da maliyet bakımından pahalıdır. Plastik örtüler ömürleri, kullanım kolaylığı ve cama göre düşük maliyeti üreticiler için tercih sebebi olmaktadır. Cama göre dayanımı yüksek olan ve maliyeti cama göre düşük olan polikarbon paneller son yıllarda seralarda sıkça kullanılmaktadır. Suni elyaf ise sert ve tabakalı yapısı ile yurt dışında tercih edilse de ülkemizde pek rağbet görmemektedir (Yüksel ve Yüksel, 2012).

1.2.3. Seralarda Genel Olarak Kullanılan Bazı Yapı Malzemeleri ve Yapı Elemanları

1.2.3.1. Temel

Kurulacak seranın toprak üzerinde yerleştirildiği kısım temel olarak adlandırılmaktadır. Temel üzerindeki yapının mukavemetine karşı dayanıklı olmalıdır. Yeterli dayanım göstermeyen temelerde ayrılma kırılma ve çatlama görülebilir. Bu tür durumlar seranın stabilitesini bozar kapı ve pencereler zor açılıp kapanır. Sera yapısı bozuk olacağından kuvvetli hava muhalefetlerinde serada ciddi hasarlara yol açabilir. Bu nedenle sera içinde istenilen iklim isteklerinin ayarlanması güçleşir. Taşıma yükü fazla olan cam seralarda temel duvarı hazırlanırken, genişliği 70 cm, derinliği 100 cm olan çukur kazılır. Bu çukur sera çevresi boyunca devam eder. Plastik seralarda temel hazırlanırken her dikmenin altına beton dökülür. Bu beton 20x30x40 cm ebatlarında dikdörtgen prizma şeklinde olabilir. Plastik seralarda temele binen yük fazla olmadığı için temel duvarları tuğla, taş, briket veya beton ile yapılabilir (Anonim, 2007a).

1.2.3.2. İskelet Malzemeleri ve Elemanları

Sera iskeletleri eskiden çoğunlukla ahşap malzemelerden imal edilirdi. Günümüzde hala ahşap malzeme kullanılarak yapılan seralar vardır. Fakat gelişen teknolojilerle birlikte seralara binen yük artmıştır. Isıtma, soğutma ve havalandırma elemanlarının parçaları, otomasyon ekipmanları, kamera sistemleri gibi pek çok alet ekipman sera iskeleti üzerine montajlandığı için özellikle cam seralarda sıkça demir ve metal iskeletler ve kolonlara (dikmeler) rastlanmaktadır. Hafif yapıda alüminyum malzemenin sera iskeleti yapıldığı gibi, haddelenmiş çelik ürünlerde farklı profil şekilleriyle seralarda kullanılmaktadır. Genel olarak çelik profiller I-profil, T-profil, L-profil, U-profil kutu profil ve boru profil şeklinde seralarda kullanılmaktadır (Anonim, 2007a).

1.2.3.3. Çatı Elemanları

Seralarda çatı elemanları iki yapıdan oluşur; bunlardan ilki çatı iskeleti diğeri ise örtü malzemesidir. Seralarda çatı iskeleti mertekler, çatı kirişleri, su olukları ve aşıklardan oluşur. Seraları olumsuz dış iklim koşullarından korumak için seraların kaplandığı malzemeye örtü malzemesi denir. Bir malzemenin serada yarayışlı şekilde kullanılabilmesi için belli özellikleri taşıması gerekmektedir.

Güneş ışıklarının örtü altına geçebilmesi, örtü altı sıcaklığını olabildiğince tutmalı ısı kaybına engel olabilmesi, maliyetinin düşük olması, şekil verilebilir olması, olabildiğince hafif olması ve dış etkilere karşı dayanıklı olması sera örtülerinde aranan bazı özelliklerdir. Saydam, paslanmaz ve dayanıklı olan cam malzemeler seralarda kullanım için oldukça uygundur. Her ne kadar vurmaya ani sıcaklık değişimlerine ve basınca karşı dayanımı düşük olsa da ışık geçirgenliği ve temin kolaylığı ile ülkemizde oldukça tercih edilmektedir. Demir iskeletli seralarda görülen cam örtü malzemesi 75 yıl gibi uzun kullanım ömrü, kolay temizliği, sağlam yapısı, morötesi ışıklardan etkilenmemesi ve ışık geçirgenliğinin azalmaması gibi seracılık açısından faydalı özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Cam malzemenin maliyetli yapısı birçok faydalı özelliğinin yanında ekonomik olumsuzluk olarak gösterilebilir. Seralarda 2 tip cam kullanılmaktadır. Bunlardan ilki düz pencere camları, diğeri ise mat camlardır (Alemdar, 1981). Sera örü camlarının bazı boyut ve ağırlıkları Çizelge 1.5'te verilmiştir.

Çizelge 1.5 Sera Örtü Camlarının Bazı Özellikleri (Alemdar, 1981)

Kalınlık (mm)	Boyut (cm)	Ağırlık (kg)	Boyut (cm)	Ağırlık (kg)	Boyut (cm)	Ağırlık (kg)
3	48x60	2	48x120	4	60x200	8,4
4	48x60	2,7	48x120	5,5	60x200	11,4

Çizelge 1.5'te görüldüğü gibi cam kalınlığı arttıkça camın ağırlığı da doğru orantılı olarak artmaktadır. Kurulacak bir cam seranın mukavemetini arttırmak amacıyla kullanılacak daha kalın camların maliyeti de o oranda artacaktır. Cam örtü malzemelerinin ekonomik olarak maliyetli olması dünyada ve ülkemizde üreticileri plastik seralara yöneltmiştir. Plastik seraların maliyetlerinin yanında dış mukavemetlere karşı dayanımları, pas tutmamaları, kolay şekil almaları ve gün ışığını iyi geçirmeleri gibi pek çok faydalı yönleri bulunmaktadır (Çetin, 1981). Seralarda plastik örtü malzemesi olarak polivinilklorit (pvc) ve polietilen (pe) kullanılmaktadır. Özellikle polietilen 70 °C'ye kadar dayanımı ışık geçirgenliği ve asitlere karşı dayanımı ile ülkemizde çok tercih edilmektedir. Ülkemizde kullanılan bir başka örtü malzemesi de plexicam veya diğer adıyla polikarbonat panellerdir. Tek katlı çift katlı ve bariyerli yapısıyla oldukça sağlam olan bu malzemenin ışık geçirgenliği de oldukça iyidir. Seralarda sıcaklıkla genleşme yapabildiği için özel alüminyum ekipmanlarla kullanılmaktadır. Plexicam'ların bazı özellikleri Çizelge 1.6'da verilmiştir.

Çizelge 1.6 Plexicam'ların Bazı Özellikleri (Yüksel ve Yüksel, 2012)

Özellikler	8 mm	16 mm	32 mm
Isı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)	3,5	2,9	1,9
Enerji tasarrufu (sera camına göre)	%35	%40	%60
Işık geçirgenliği	%83	%83	%75
Ağırlık (m ²)	3,5 kg	5 kg	7 kg

Çizelge 1.6 incelendiğinde 8 mm kalınlığındaki bir plexicam (polikarbonat panel) sera camına göre %35 enerji tasarrufu sağladığı görülmektedir. Plexicam'ların kalınlıkları arttıkça sera camına göre belli oranda enerji tasarrufları da artmaktadır. Kurulma amacı ve teknolojisine göre seralarda farklı yapılar ve eklentiler karşımıza çıksa da genel olarak her serada bulunan belli sera kısımları vardır. Bunlardan bazıları oluklar, rüzgarlıklar, pencereler, yan duvar pencereleri ve kapılar olarak sıralanabilir. Sera örtü malzemelerinin üstüne yan duvar ve çatının birleştiği yere oluklar yapılır bu oluklarla yağmur ve kar sularının tahliyesi gerçekleşir. Oluklardan suyun rahatça akabilmesi için sera uzunluğu 30 m 'den kısa seralarda eğim %0,5 ile %1,0 arasında olmalıdır. Kuvvetli rüzgarlara maruz kalma durumları için sera dayanımını arttırmak adına sera çatısı ile yan duvarlar arasında rüzgarlıklar yapılır. Seralarda doğal havalandırmayı sağlamak sera içi CO₂ ve oksijen dengesini ayarlamak amacıyla seraların büyüklüğüne göre seralarda pencerelere yer verilmektedir. Pencereler sera yapısına göre farklı yerlerde olabilir. Pencereler bulunduğu yere göre saçak altı pencereleri, çift sıra mahya pencereleri, ortadan menteşeli saçak altı pencereleri, havalandırma bacası, alttan menteşeli tam yan duvar penceresi, üstten menteşeli tam yan duvar penceresi ve fabrika çatısı şeklindeki çatı havalandırma penceresi olarak tanımlanabilirler. Seralarda havalandırmanın daha iyi yapılabilmesi için yan duvar pencerelerine ihtiyaç duyulmuştur. Çatı açıklıkları ve yan duvar pencerelerinin büyüklüğü ayarlanırken havalandırma açıklıkları sera taban alanının %15-20'si kadar, yan pencereler çatı havalandırmasının 2/3'ü olacak şekilde tasarlanmaktadır (Yağcıoğlu, 2009).

1.3. Seralarda (Örtüaltı) Domates Yetiştiriciliği

Domatesin ana vatanının neresi olduğu tam olarak söylenemese bile bölge olarak güney Amerika olduğu söylenebilir. İlk defa Meksikalılar tarafından kültüre alınan domates, daha sonra Amerika'dan Avrupa'ya oradan da dünyanın dört bir yanına yayılmıştır. Ülkemizde ilk olarak Adana'da yetiştirilmeye başlanan domates, 1950'li yıllarda örtüaltı sebze yetiştiriciliğinin yayılmasıyla üretimi yaygınlaşmıştır (Kaygısız, 2004). Genel olarak ülkemizin birçok bölgesinde açıkta yetiştirilmesine nazaran, özellikle Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde örtü altı yetiştiriciliği olarak yapılmaktadır. Domates bitkisi tohum olarak toprağa ekildikten sonra, çimlenme evresini geçer ve kotiledon denen ilk yaprak toprak yüzeyinde görülür. Kotiledon yaprakların görülmesinden sonra sürgünler belirginleşir ve bitkide ilk gövde oluşmaya başlar. Domates bitkisinde 2-7 adet yapraklı boğum meydana geldikten sonra çiçek tomurcuğu oluşarak bitki boyuna uzaması yavaşlar ve durur. Daha sonra yan sürgün uzamaya başlar ve bitki bu sürgünle uzar süreç bu şekilde sürekli devam eder. Genellikle örtüaltı yetiştiriciliğinde sırik domatesler tercih edilir. Bu domateslerde boylanma 2,5 metreyi bulur. Domatesin ilk kökçükleri zamanla kazık kök halini alır. Kökler 1,5-5 m uzayabilir (Anonim, 2008).

Domates bitkisinin gövdesi otsu yapıdadır fakat zamanla odunlaşmaya başlar. Her ne kadar bitkinin yapısı odunlaşsa bile kazandığı bu güçlü yapı çiçek, yaprak ve meyveler arttıkça bitkiyi yatırmaya başlar. Sırik domateslerde bu dönemlerde askıya alınabilir. Domates bitkisinin gövde ile yaprak sapı arasında çıkan sürgünlerine koltuk denir ve bitki gelişimi için bunların alınması gerekmektedir. Bu işlemin yapılmasına koltuğa alma denmektedir. Domates ılık ve sıcak iklimleri sever ama soğuktan ve aşırı sıcaktan hoşlanmaz. Bitki büyümesi için en ideal yetiştirilme sıcaklığı 22 °C-26 °C arasındadır. Sıcaklık 15 °C'nin altına 35 °C'nin üstüne çıktığında bitki meyvesinde düzensizlikler meydana getirir. Seralarda üretim gerçekleştirilirken sıcaklık 24 °C üzerine çıkmaya başladığında seraların havalandırılması istenir (Ata, 2015).

Havadaki oransal nem domates bitkisi için %65-70 dölleme döneminde ise %70-80 olması istenir. Domates bitkisi ışığı sever günde 6 saat güneş alabilen yerlerde yetiştirilmesi istenir. Işığın fazla ışınımın az olduğu yerlerde bitkinin gelişimi yavaş olur. Işıklanmanın düşük olduğu dönemlerde ise meyve dökümü görülür. Domates yetiştirmek için pek çok toprak yapısı uygundur.

Killi veya kumlu olması pek önem arz etmez. Humus bakımından zengin topraklarda iyi yetişir. Potasyum domates bitkisinde kaliteyi belirler. Azot potasyum oranı en az 1/2, 2/3 oranında olmalıdır. Domates bitkisinde ilk meyveler görülünceye kadar azot gübrelemesine ihtiyaç yoktur. Ayrıca domates bitkisi için yanmış çiftlik gübresi de verim adına oldukça önemlidir. Gübreleme kadar su verme konusunda da dikkatli olunmalıdır. Bitki meyveye yatana kadar az ve sık sulama tercih edilmelidir. Örtü altı domates yetiştiriciliğinin önemli bir parçası olan havalandırmanın hava oransal neminin %60-90 olması istenmektedir. Bu değerlerin dışında olan ortamlarda verim ve meyve kalitesi düşer. Serada hasat domates bitkisinin çiçeklenme döneminden yaklaşık olarak 60-70 gün sonra gerçekleştirilir. Üretici pazar isteğine göre daha erken veya daha geç hasat yapılabilir (Ata, 2015).

1.4. Seralarda (Örtüaltı) Hıyar Yetiştiriciliği

Hıyar, tek yıllık bitkilerden 90 cins ve 750 türe sahip kabakgiller familyasından bir sebzedir. Ana vatanı Hindistan olup yaklaşık 5000 yıldır var olduğu düşünülmektedir (Anonim 2007b). Ülkemizde her yörede üretimi yapılmaktadır. Kültürel olarak sofralarımızda yaygın olarak tüketilmektedir. Bitki yapısı olarak otsu ve yeşil renkte olan hıyar bitkisi ana kök kazık köklüdür ve 5-10 cm uzamaktadır. Nemli toprakları çok seven bir bitki olan hıyarın kökleri yüzeysel büyür. Ana kök ve yan köklerle kök sistemi oluşur. Hıyar bitkisinin gövdesi otsu, köşeli ve tüylüdür. Yaprakların alt yüzeyi mat ve dalgalı üst kısmı ise düz ve parlaktır. Yaprak sapının ortası oluklu olmakla beraber sap geneli dikenli ve tüylü bir yapıya sahiptir. Bitkinin metamorfoza uğramış bazı yaprakları bitkiye sarılma ve tırmanma özelliği kazandırmıştır. Hıyar bitkisinde erkek çiçekler dişi çiçeklerden daha erken meydana gelir. Dişi çiçekler genellikle yan dallar üzerinde görülür. Çiçeklerde tozlaşma rüzgarla değil böcek ve arılarla gerçekleşir. Hıyarda çeşidine bağlı olarak kama, uzun yuvarlak, tokmak veya silindirik olabilir. İklimsel olarak hıyar ılık iklimlerden hoşlanır. Soğuklara karşı hassastır. Tohumlarda iyi bir çimlenme için en az 11 °C'lik toprak ısısı istenir. Sıcaklık arttıkça çimlenme artar. Sıcaklık 30 °C'yi aşarsa bitkide solgunluk meydana gelir. Hıyar organik madde bakımından zengin su tutma kapasitesi yüksek topraklardan hoşlanır. Toprak pH bakımından 5,5-5,8 arasında olması bitki gelişimi açısından olumludur. Hıyar sulama konusunda çok hassastır. Kök dipleri daima nemli olsun istenir. Böylece susuzluktan oluşan acılaştırmanın önüne geçilmiş olur. Hıyar fideleri ilk dikildikten sonra can suyu çok önemlidir.

İlk meyveler görülene kadar günde 1-2 defa su verilir. Çeşitlere göre değişmekle beraber 10-30 cm boylara gelindiğinde hasat edilir. Hıyar yetiştiriciliğinde belli hastalıklar görülebilir bunların bazıları hıyarda külleme, beyaz çürüklük, mildyö hastalığı, antraknoz hastalığı ve kök boğazı yanıklığıdır (Aras, 2015).

1.5. Sıcaklığın Bitkiler Üzerine Etkileri

Bitkiler her ne kadar farklı sıcaklık isteklerine sahip olsalar da genellikle bitkilerin büyük bir bölümünün sıcaklık istekleri 0 °C ile 54 °C arasında değişmektedir. Genellikle ülkemiz coğrafyasında bitki yetiştirilme devresi 8 ile 45 °C aralığında gerçekleşmektedir. (Efe, 1998). Bu sıcaklık değerlerinin dışında büyüeyebilen bitkiler de mevcuttur. Kutup ve ekvator bölgelerinde yetişen bitkilerin sıcaklık istekleri birbirinden farklıdır. Yetiştiricilikte önemli olan yetiştirilecek bitki türünün isteğine göre en uygun sıcaklıkta yetiştirilmesinin sağlanmasıdır. Bitki sıcaklık isteklerinin dışına çıktığında fotosentez yavaşlar ve bitki gelişimi olumsuz etkilenir. Ülkemiz ekonomisi açısından oldukça önemli bir yere sahip olan Domates ve Hıyarın yetiştirilmesinde de sıcaklık, oldukça önemli bir faktördür. Domatesin optimum yetiştirilme sıcaklığı 20-26 °C arasındadır. Sıcaklık 15 °C'nin altına ve 35 °C'nin üstüne çıktığında meyve tutumunda dengesizlikler ortaya çıkarır ve bu dengesizlikler üreticiyi çok ciddi mali zarara uğratar. Hıyar tohumlarının iyi bir çimlenme gösterebilmesi için toprak ısısının en az 11 °C olması gerekir. Çimlenme için en elverişli toprak ısısı 11-18 °C arasındadır. Yazın sıcak ve kurak devrelerde sulama ve serinletme yapılarak bitki yaşam koşulları iyileştirilmezse hem bitki gelişimi yavaşlar hem de meyveler süratle acılaşır. Sıcaklığın 30 °C'nin üzerine çıkması hıyarda solgunluk meydana getirir 40 °C'nin üzerine çıkmasında ise bitkilerde ciddi fizyolojik hastalıklara neden olur (Ata, 2015), (Aras, 2015). Yüksek sıcaklıklar nedeniyle oluşan solgunluk ve hastalıklar üreticiyi çok ciddi mali zarara uğratar. Özellikle güneşçe zengin bölgelerde yapılan seracılıkta yılın önemli bir bölümünde sera içi sıcaklık 35 °C'nin üzerine çıkmaktadır. Dünyanın küresel ısınma neticesinde iklimsel sıcaklık artışları göz önüne alındığında bu değerlerin zamanla artacağı düşünülmektedir. Güneşçe zengin bölgelerde yapılan bir yetiştiricilikte karşılaşılan bitkisel ürün zararı Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Güneşin Domates Üzerindeki Zararı

1.6. Konvansiyonel Olarak Kullanılan Bazı Serinletme Sistemleri

21. yüzyılın başından bu yana ortalama global sıcaklık 0,5 °C artmıştır (Aksoy ve ark. 2005). Ayrıca 2001'de düzenlenen "Climate Change" panelinde yapılan uyarıya göre 2100 yılına kadar sıcaklık ortalamalarının 2,5-3 °C kadar artacağı belirtilmektedir. Küresel ısınmanın bu denli ciddi boyutlara gelmiş olması üzerine bunu engellemek ya da yavaşlatmak üzere birçok çaba sarf edilmektedir. Bunlardan yalnızca birisi olan Kyoto Protokol'üne göre endüstriyelmiş ülkeler, sera gazı emisyonlarını 1990 yılındaki emisyonlarına göre %5,2 oranla düşürmeleri gerekmektedir (Kim ve ark, 2007). Birçok ülkede soğutma ve havalandırma için harcanan elektrik miktarı toplam elektrik kullanımının büyük bir kısmını kapsamaktadır. Üretilen elektriğin %80'i fosil yakıtların yakılmasıyla sağlanmaktadır. Bu da CO₂ ve CO gibi sera gazlarının salınımıyla ve küresel ısınmayla sonuçlanmaktadır (Fong ve ark, 2010). Ülke ekonomisi adına ciddi bir gelir kalemi olan seracılık sektörü, artan sıcaklıklarla baş etmeye çalışmaktadır. Toplum nazarında seracılık sektörünün en büyük sorunu ısıtma olarak bilinmesine karşın, seracılığın yoğun olarak yapıldığı bölgelerde kış aylarında bile bahar havasının yaşanmakta olması, üreticilerin yaz aylarında çok daha yüksek sıcaklıklarla baş etmesi gibi bir sorunu doğurmaktadır. Seralarda kullanılan belli serinletme yöntemleri vardır. Bu serinletme yöntemleri, havalandırılmalı serinletme, gölgelendirmeli serinletme ve buharlaşmalı serinletme olarak 3 ana başlıkta toplanabilir (Yağcıoğlu, 2005).

1.6.1. Havalandırma

Seralarda en sıcak mevsimlerde bile sera iç sıcaklığının 30-32 °C'nin üstünde olması istenmez. Sera iç sıcaklığının yetiştirilecek bitki için tehlike oluşturabilecek boyutlara ulaşmasına engel olabilmek için, dışardan alınacak serin havanın içerdeki sıcak hava ile değiştirilmesi etkili bir yöntemdir. Yapılacak etkili bir havalandırma sera iç sıcaklık değerini 2-3 °C aşağılara çekebilir. Bitkiler fotosentez için sera içindeki CO₂'i kullanırlar. Kapalı ortam olan seralardaki CO₂ fotosentez için tüketildiğinden yapılacak havalandırma ile sera iç sıcaklığı düşürülürken bir yandan da CO₂ miktarı dengelenmiş olur. Seralarda havalandırma doğal havalandırma ve zorlamalı havalandırma olarak yapılır (Özmerzi ve Kürklü, 1989).

1.6.1.1. Doğal Havalandırma

Doğal havalandırmada havanın hareketi sera iç- dış sıcaklık farkı ile rüzgar etkisine bağlıdır. Sera doğal havalandırması için çatı penceresi ve yan pencereler kullanılır. Sera havalandırması için kullanılacak pencerelerin büyüklüğü önemlidir. Çatı havalandırması için kullanılacak pencere büyüklüğü sera taban alanının %15-20'si kadar, yan pencereler de çatı havalandırmasının 2/3'ü olacak şekilde tasarlanmalıdır (Yağcıoğlu, 2009).

1.6.1.2. Zorlamalı Havalandırma

Doğal havanın yeterli olmadığı durumlarda sera iç havasının çeşitli fanlarla zorlayıcı bir düzenle hareketlendirilmesi işlemine zorlamalı havalandırma denmektedir. Sera iç sıcaklığını düşürme adına yapılan bu işlemde kontrollü hava giriş ve çıkışı bakımından yararlı olsa da fanların çalışma gürültüleri ve tükettikleri enerji bakımından zararlarının da olduğu görülmektedir.

1.6.2. Gölgeleştirmeli Serinletme

Seralarda içindeki ısı kazanımının ana kaynağı kullanılan sera örtü malzemesinden geçirilen güneş radyasyonudur. Gölgeleştirmeli serinletmede, kullanılan bazı materyallerle istenmeyen güneş ışınımının içeri kontrollü bir şekilde alınması ve bitkiye direkt olarak ulaşmasını engelleme amacı esas alınır. Bitkiye ulaşan güneş ışınımı azaldıkça sera içi sıcaklık değerlerinde düşme gözlenmektedir.

Bu amaçla yapılan bazı çalışmalarda kullanılan ısı perdeleriyle sera iç sıcaklığı dış ortama göre yaklaşık 5 °C daha düşük bir değere ulaşmıştır (Shukla ve ark, 2008). Fakat bu uygulama ile bitkiye ulaşan fotosentetik aktif radyasyon azalır ve fotosentez isteyen bitkilerde olumsuzluğa neden olur. Çok uygun maliyetlerde farklı tip gölgelendirmeler mevcuttur. Bunların bazıları sera örtü malzemesinin dış yüzeyin çamur ve kireçle kapatarak yapılan gölgelendirme, sera dışından açılır panjur veya bez örtüyle yapılan elle veya otomatik kullanılan özel düzenekli gölgelendirme ve sera içinden bez örtüyle yapılan gölgelendirmedir. Sera içten gölgelendirmeye ait örnek Şekil 1.2’de verilmiştir.



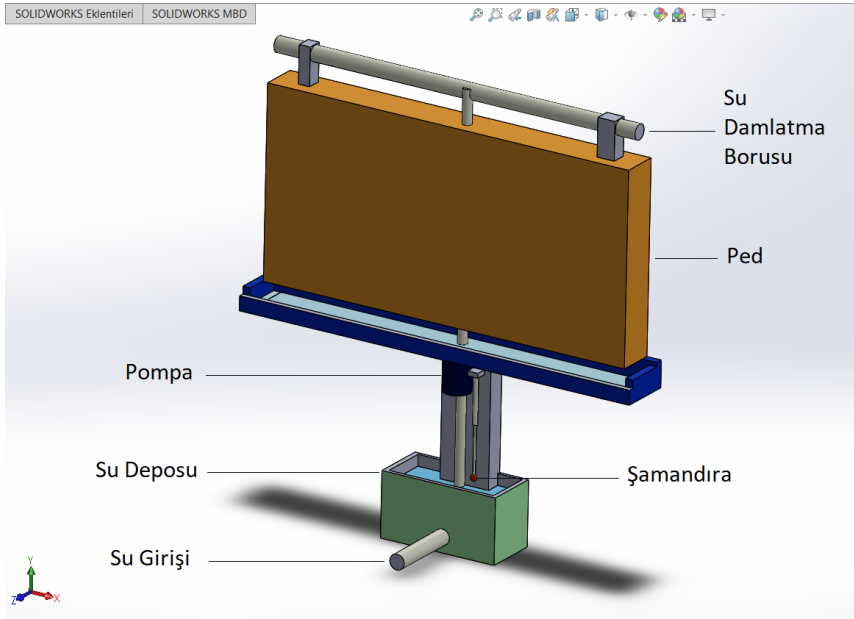
Şekil 1.2 Sera İç Gölgelendirmesi

1.6.3. Buharlaşmalı Serinletme

Buharlaşma ile sera serinletilmesi yöntemi sera içine girecek havanın suyla doymuş bir ortamdan geçirilerek sera içine alınması esasına dayanır. Dışarıdan gelen hava suyla doymuş ortamdan geçerken ortamda bulunan su havanın duyulur ısısının bir kısmını buharlaşma gizli ısısı şeklinde kullanır ve buharlaşır. Bunun sonucunda sera içine giren havanın bağıl nemi yükselir, duyulur ısısı azalır ve sera içine giren hava serinletilmiş olur. İçeri giren havanın taşıdığı ve buharlaştırdığı su miktarı bu yöntemin başarısını belirler. Hava ne kadar çok su buharlaştırırsa serinletme de o denli yüksek olur.

1.6.3.1. Nemli Yastıklarla Serinletme

Serbest su yüzeyine doymamış havanın değdirilmesi ile gerçekleştirilecek serinletme işlemi çok yavaş çalışan ve oldukça uzun zaman alan bir işlemdir. Bu işlemi daha kolay ve daha hızlı hale getirmek amacıyla havayı gözenekli bir yapıya sahip ıslak geniş bir yüzeyden zorlanıp geçirilmesiyle ısı kütle transferini hızlandırmak mümkündür. Bu yöntemle dayanarak oluşturulan sistemde, ıslak yastık olarak kullanılacak selülozik bir ped üzerine akıtılan suyla seranın karşı duvarındaki aspiratör görevi gören fanın çalıştırılması ile sera iç sıcaklığı düşürülmektedir. Bu alanda yapılan pek çok çalışma vardır. Genel olarak çalışmaların hepsinde fan-ped kullanılsa da farklı büyüklükteki fan ve ped seçimi ile genel olarak 4-12 °C arasında serinletmeler yapılabilmektedir (Davies, 2005). Ülkemizde yapılan çalışmalarda ortalama olarak bu değer 4-6°C'dir. Nemli yastıklarla serinletmede fanlar ve hava giriş açıklıkları karşılıklı olarak yerleştirilir. Nemli yüzeyi oluşturan ve ped adı verilen bu yastıklar seçilirken hava akımına en az direnç gösteren malzemeler seçilir. Ayrıca ıslakken yapısı bozulmamalı ve çürümeye karşı dayanıklı olmalıdır. Fan-ped sistemi çeşitli parçalardan meydana gelir. Farklı sistemlerde farklı bazı parçalar eklense bile sistem en basit haliyle fan, ped, damlatıcı, su deposu, şamandıra ve pompadan oluşmaktadır (Nelson, 1978). Fan-ped sistemi parçaları Şekil 1.3'te verilmiştir.



Şekil 1.3 Fan-ped Sisteminin Parçaları

Nemli yastıklarla serinletme sistemlerinde ped malzemeye giren ve çıkan havanın sıcaklıklarına göre serinletme etkinliği hesaplanır. Serinletme etkinliği sistem performansı hakkında bilgi verir ve farklı sistemlerle karşılaştırma yapılmasına olanak verir. Nemli yastıklarla serinletmede serinletme etkinliği havanın doymuş duruma gelmesine göre değişebilmektedir. Serinletme etkinliği ped malzemesinin uygunluğuna bağlıdır. İyi bir serinletme etkinliği için havanın ped malzemesinin içinden geçtiği ıslak yüzey alanı fazla olmalı ayrıca ped içerisinden geçen havanın suyla temas süresi fazla olmalıdır. Eğer fan-ped sisteminin kurulduğu alanda ped malzemesinin maruz kalabileceği herhangi bir olumsuz çevresel etmen için ped kafes içerisine alınabilir. Ayrıca ped malzemesinin yapısını bozabilecek böcek, toz ve polen gibi etkilere karşı filtre kullanılmalıdır (Öztürk, 2008). Sistemde kullanılan ped malzemesi kalınlığı sistem için önerilen kalınlıkta olmalıdır. Gereğinden fazla kalın olan ped malzemelerinde ped içerisinden geçmesi istenen hava akımının karşılaştığı direnç artar böylece havanın ped malzemesindeki suyla temas süresi de artar ve buhar basıncı farkı azalır. Sonuç olarak buharlaşma hızı önemli derecede azalır. Ped içerisindeki hava boşlukları serinletme etkinliğini önemli ölçüde etkiler bu nedenle hava akımının serbest olarak geçebileceği boşlukların olması istenir (Koca vd, 1991). Ped içerisindeki su akış hızı ped malzemesinin yapısı göz önünde bulundurularak belirlenir. Bazı ped malzemeleri için önerilen su akış hızları ve depo kapasiteleri Çizelge 1.7’de verilmiştir (Erbil, 2010).

Çizelge 1.7 Bazı Ped Malzemeleri İçin Su Akış Hızları ve Depo Kapasitesi (Erbil,2010)

Ped Malzemesi	Birim ped uzunluğu başına en düşük su akış hızı	Birim ped alanı başına en az depo kapasitesi
Kavak talaşı (50-100 mm kalınlık)	4 lt/dak m	20 lt/m ²
Mukavva (100 mm kalınlık)	6 lt/dak m	30 lt/m ²
Mukavva (150 mm kalınlık)	10 lt/dak m	40 lt/m ²
Kavak talaşı (50-100 mm kalınlık, kurak iklimler için)	5 lt/dak m	20 lt/m ²

Ped malzemesi su akışı ile ıslandıktan sonra içerisinden geçirilecek hava hızı iyi belirlenmelidir. Seralarda fanlar ile sera iç hava değişimi sağlanmalıdır.

Fan-ped sisteminin temel prensibi fanlar ile ped içinden geçirilen havanın sera içerisine alınması olduğundan ped içinden geçen hava akış hızı 0,8-2 m/s olmalıdır. Kalınlığı 100 mm ile 150 mm arasında olan selülozik ped malzemeleri içinse hava hızı 1,3 m/s ile 1,8 m/s arasında olmalıdır (Erbil, 2010). Bazı ped malzemelerine göre hava akış hızları Çizelge 1.8’de verilmiştir.

Çizelge 1.8 Bazı Ped Malzemelerine Göre Hava Akış Hızları (Erbil, 2010)

Ped Malzemesi	Hava Akış Hızları
150 mm kalınlığında mukavva	1,75 m/s
100 mm kalınlığında mukavva	1,25 m/s
Yatay konumdaki kavak talaşı 50-100 mm kalınlığında	1,0 m/s
Dikey konumdaki kavak talaşı 50-100 mm kalınlığında	0,75 m/s

Ped malzemesinin yüzey alanı hesabı ped malzemesi içinden geçen hava akış hızına göre hesaplanabilir. Fanın gücüne bağlı olarak ped malzemesinden geçen hava akış hızı arttıkça ped malzemesinin direnci de artar. Ayrıca hava akış hızı arttıkça ped malzemesinin üzerindeki su zerrecikleri sera içindeki bitkilere bulaşabilir. Bu nedenle hava akış hızı 0,75 m/s ile 1,5 m/s arasında olmalıdır (Baytorun, 1995). Nemli yastıklarla serinletmede kullanılan ped malzemenin ıslanma miktarı çok önemlidir. Ped malzeme ıslanırken su tasarrufu da göz önünde bulundurulmalı ihtiyaçtan fazla ped malzemenin ıslatılmaması gerekir. Ped malzemeyi sürekli ıslak tutmak ve su tasarrufu yapmak adına su deposu kullanmak ve bir damlatma vanası ile suyu kontrollü bir şekilde ped malzemeye ulaşmasını sağlamak oldukça önemlidir. Bu nedenle nemli yastıklarla serinletme yapılırken ped yüzeyine su damlatma hızı ped malzemesinden geçen hava akışına bağlı olarak her m³/s için 8 lt/h olmalıdır (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002). Çukurova üniversitesinde yapılan bir çalışmada ise birim ped uzunluğu başına düşen su akış hızını her metre için dakikada 2 lt, 4 lt ve 6 lt su kullanılarak yaptıkları çalışmada 1 m/s hava hızında dakikada metre başına 2 lt su için serinletme etkinliğini %85,46 olarak 4 lt ve 6 lt su akış hızından daha başarılı bulmuşlardır. Ayrıca araştırmacılar selülozik bazdaki oluklu ped’ler için metrekare başına dakikada 6 lt su akışının uygun olabileceğini ve bazı ped üreticilerine göre bu değerın yerine göre %10-20 fazlasının da kullanılabilceğini belirtmişlerdir (Koç ve Yıldız, 2007). Seralarda kullanılan fan ve ped sistemi ve Şekil 1.4’te verilmiştir.



Şekil 1.4 Seralarda Kullanılan Fan ve Ped

1.6.3.2. Sisleme Yöntemiyle Serinletme

Sisleme yöntemiyle serinletme sistemleri belirli bir yükseklikten sabitlenen ve sera boyunca ilerleyen hortum nozul sistemine sahip, yüksek basınçlı bir pompa yardımı ile suyu basınçlandırarak suyun nozullardan sera içine sis şeklinde atılması prensibi ile çalışan sistemlerdir. Bu sistemlerde 300- 400 kPa ile çalışan düşük basınçlı sistemler ve 3,5-7 MPa basınçta çalışan yüksek basınçlı sistemler mevcuttur (Li ve Willits, 2008). Sisleme sistemlerinde düşük ve yüksek basınçlı sistemler yaygın olarak kullanılsa da son yıllarda nem ile bakteriyel hastalıkların yayılması riskini önleme adına yüksek basınçlı sistemler daha çok tercih edilmektedir. Yüksek basınçta suyun zerrecikleri daha küçük çaplara ulaştığından adeta bir su dumanı şeklinde bürünmektedir. Bu sayede çok hızlı ısı alışverişi yapıp ortamdaki fan yardımı ile atılması çok kısa sürmektedir. Sisleme yöntemiyle serinletme sisteminin öncelikli amacı her ne kadar sera havasının nemlendirilmesi olsa da bitkilerin sulanması ve serinletilmesi işlemleri için de oldukça önemli bir rol oynar (Yağcıoğlu, 2009). Seralarda sisleme sistemi Şekil 1.5'te verilmiştir.



Şekil 1.5 Seralarda Sisleme Sistemi

1.7. Seralarda Kullanılabilecek Alternatif Serinletme Sistemleri

Özellikle sanayi ve mimari alanlarının soğutulmasında kullanılan bazı soğutma sistemleri seralarda da kullanılabilir. Bunlardan bazıları evlerde kullanılan elektrikli klima sistemleri ile sera soğutulması, bina ve depo soğutmalarında kullanılan soğutma kuleleri ile sera soğutulması veya mağazalarda kullanılan ısı pompaları ile sera soğutulması olarak örnek verilebilir. Bazı özel üretim yapan seralar ve araştırma amacı ile kullanılan seralarda benzer şekilde kullanılan sistemler mevcuttur. Fakat bu sistemler genel üretim yapan ülkemiz yetiştiricilerine pek hitap etmemektedir. Kullanılan sistemler her ne kadar soğutma yönünden çok başarılı olsalar da kurulum ve işletme maliyetleri bakımından üretici için oldukça külfetlidir (Yağcıoğlu, 2009).

Geleneksel olarak kullanılan serinletme yöntemleri yetersiz kaldığında üretici ya üretimi durdurmak ve seraları belki aylarca boş bırakmak veya daha maliyetli serinletme yöntemleri ile sıcaklık sorununa çare aramak durumunda kalmaktadırlar.

Konvansiyonel olarak kullanılan soğutma sistemleri ile sera iç sıcaklığını yaklaşık olarak 4-5 °C düşürmek olanaklıdır (Hellickson, 1983). Sıcaklığın 4-5 °C den fazla düşürülmesi gerektiği durumlarda özel soğutma makinalarının kullanımı gerekmektedir. Makinanın gücü ve sera büyüklüğüne bağlı olarak seçilen soğutucu sera iç sıcaklığını istenilen seviyelere getirirse de ciddi bir kurulum ve işletme masrafı ile üreticiyi zor durumda bırakmaktadır.

Yüksek sıcaklıklardan dolayı üretime ara vermek gibi ekonomik faaliyetleri olumsuz etkileyecek durumları ortadan kaldırmak için, ekonomik, teknik olarak uygulanabilir basit yapıları bir serinletme sisteminin ortaya konması önem taşımaktadır. Günümüzde küresel ısınmanın olumsuz etkileri dikkate alınmaksızın inşa edilen modern yapıları seralarda dahi serinletme önemli bir problem olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. Düşük işletme maliyetli bir serinletme sistemi ile üretimin ara verilmeksizin devam edilmesini sağlamak işletmeler için önemli bir kazanç olacaktır. Daha etkin ve daha az işletme masraflı serinletme sistemlerinin ekonomik ve teknik yönden karşılaştırılıp, olumlu ve olumsuz yönlerinin ortaya konması ülkemiz seracılığı açısından önem taşımaktadır. Böylece bir taraftan özellikle serinletme problemi yaşayan kurulu durumdaki sera işletmelerine sistemlerini geliştirmeleri ve yenilemeleri konusunda destek sağlanmış olacak, diğer taraftan yeni kurulacak küçük ve büyük ölçekli seralar için uygun serinletme sistemlerinin hangisi olduğu konusunda öneriler ortaya konabilecektir.

Bu doktora tezi kapsamında, güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip 2 ayrı serinletme sisteminin seralardaki etkin kullanımı araştırılıp yetiştiriciliğe uygun olup olmadıkları teknik ve ekonomik yönden ortaya konmuş, kullanılan sistemlerin kurulum ve işletme maliyetleri açısından karşılaştırmaları yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Villareal ve Ark. (2013), yaptıkları çalışmada, yüksek basınçlı sisleme sistemi ve doğal havalandırmanın birlikte yapıldığı bir serayı bilgisayar ortamında simüle edip daha sonra deneysel olarak doğrulamışlardır. Yaptıkları simülasyonda 2 ayar noktası kullanmışlardır. İlk ayar noktası hava entalpisi 56 kJ/kg olan ortamda havalandırma açıklıklarını belirlemek için, ikincisi ise havanın buhar basıncı açığına (VPD) sisleme hızını kontrol etmek için kullanılmıştır. Bu ayar noktaları sera havasını 24 °C sıcaklıkta ve %67 bağıl nem de tutma görevini yerine getirmiştir. Sistem öncelikli olarak sisleme sisteminin kapasitesine göre çalıştırılıp daha sonra havalandırma açıklıklarıyla hava değişiminin sağlanması esaslı ile çalışmaktaydı. 4 farklı günde denemeleri yapılan simülasyon ve deney sonuçları ile uyumlu olarak ilk aşamada 24,3 °C-27,7 °C sıcaklık değerlerinde %59-75 bağıl nem değeri seviyelerinde bulunmuştur. Sistemde, dış ortam hava sıcaklığı 37 °C olduğu anlarda sera iç sıcaklığı ortalama olarak 10,5 °C daha düşük bir değerde olduğu görülmüştür. Sera bağıl nemi 4 gün boyunca ortalama %52 oranında artmıştır. Araştırmacılar çalışma sonunda geliştirdikleri VPD ayar noktası ile sera içi arzu edilen iklim koşullarına yakın değerler çıkardığını ortaya koymuş ve simülasyon sonuçlarının yapılan deneylerle doğrulandığını belirtmişlerdir.

Öztürk (2002), seralarda kullanılan sisleme sistemlerinin etkinliğinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmasını, genişliği 105,6 m ve uzunluğu 205 m olan 11 bölmeli ticari bir sera gerçekleştirmiştir. Sisleme sisteminin meme basınçları 5,5 atm olarak ayarlanan sistemde sisleme memeleri her bölmeye üç sıra olacak şekilde yerleştirilmiştir. Toplamda 82 adet püskürtme memesi yerleştirilen seralarda sisleme sistemi etkinliğini belirlemede önemli bir etken olan havalandırma ve buharlaşma oranları belirlenmiştir. Araştırma sonunda araştırmacı sisleme sisteminin iç ortam hava sıcaklığını dış ortam hava sıcaklığına göre 6,6 °C daha düşük seviyelerde tutabileceği sonucuna varmıştır. Seralardaki havalandırma debisi denemeler boyunca ortalama olarak 13,6 m³/s olduğunu belirten araştırmacı sisleme sisteminin etkinliğini %11,7-80 olarak değiştiğini belirtmiştir. Ayrıca sisleme sisteminin ortamın bağıl nemini ortalama olarak %25 oranında arttırdığını ve iç ve dış ortam havasının bağıl nem farkına bağlı olarak doğrusal olarak arttığı sonucuna varmıştır.

Li ve Willits (2008), 6,89 MPa yüksek basınçlı sisleme sistemi ile 405 kPa düşük basınçlı sisleme sistemini soğutma performansları yönünden karşılaştırmışlardır. Denemeleri 2 aylık periyotta yaz döneminde iki adet boş serada yapan araştırmacılar seralardan birine sisli sera diğerine sissiz sera ismini takmışlardır. İki sistem eşit koşullarda çalıştırılmış ve yüksek basınçlı sisleme sistemi için buharlaşma verimliliğinin düşük basınçlı sisleme sistemine göre %64 daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca yüksek basınçlı sisleme sistemi soğutma verimliliği yönünden düşük basınçlı sisleme sistemine göre %28 daha yüksek bir değere ulaştığı sonucuna varmışlardır.

Boyacı ve ark. (2017), sera içinde uygun bir yükseklikten basınçlı suyun püskürtme memeleriyle bitkiye zarar vermeden ortama aktarılmasını amaçladıkları çalışmalarında, bu yöntemin serayı havalandırmak serinletmek ve bitkileri sulamak amacıyla kullanılabileceğini belirten araştırmacılar, yöntemin asıl amacının sera ortam havasının nemlendirilmesi olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılar sisleme sistemi ile serinletmeyi yüksek basınçlı ve düşük basınçlı sisleme sistemi olarak iki gruba ayırmışlardır. Yüksek basınçlı sisleme sistemi 3,5-7 MPa basınçlı düşük basınçlı sisleme sistemi ise 300-400 kPa basınçlı olarak tanımlamışlardır. Yüksek basınçlı sisleme sisteminde damla ve partikül çapı oldukça küçük olduğundan düşük basınçlı sisleme sistemlerine göre daha hızlı buharlaşacağından serinletme oranının artacağını vurgulamışlardır.

Kaydar (2007), Adana Çukurova bölgesinde yaptığı çalışmasında, Çukurova bölgesinde özellikle yaz aylarında sera ve kümes gibi yoğun tarımsal üretim faaliyetlerinin yapıldığı ortamlarda sıcaklığın genel olarak 30 °C'nin üzerine çıktığını belirtmiştir. Yüksek sıcaklığın üretim faaliyetlerini olumsuz yönde etkilediğini belirten araştırmacı bu durumun önlenmesi amacı ile nemli yastıklarla serinletme esaslı bir ped'li evaporatif serinletme sistemini broiler kümesinde denemiştir. Araştırmacı fan-ped serinletme sisteminde ped'den geçen hava hızını 1,41 m/s olarak belirlemiş ve bölgesel anlamda fan-ped serinletme sisteminin kullanım olanaklarını saptamaya çalışmıştır. Temmuz-Ağustos aylarında yapılan çalışma sonucunda serinletme sisteminin serinletme etkinliğini %71,25 sağlanan sıcaklık düşmesini ise 5 °C olarak belirlemiştir. Araştırmacı sağlanan 5 °C'lik sıcaklık düşmesinin bölgesel anlamda azımsanmayacak bir değer olduğunu da ayrıca belirtmiştir.

Yağcıoğlu (2009), yaz aylarında sıcak iklimli bölgelerde sera içi sıcaklığın bitkilerin olumsuz yönde etkilenmeyecekleri değerlerde tutulması gerektiğini belirtmiştir. Ülkemizde yaz aylarında tarla yetiştiriciliği yaygın olarak yapılırken, sera yetiştiriciliğinin yer yer yapılamadığını sera iç sıcaklığının bitkiler için elverişsiz duruma geldiğinde sera içinin boşaltılması gerektiğini ifade etmiştir. Sera iç sıcaklığının bitkiler için elverişsiz değerlere ulaştığı durumlarda ilk olarak doğal havalandırmanın yapılabileceğini öneren yazar sera içi havalandırmanın sera sıcaklık değerlerini düşürmede, sera içi CO₂ konsantrasyonunu dengelemede ve sera içi bağıl nem değerlerini uygun sınırlarda tutmada etkili olabileceğini belirtmiştir. Doğal havalandırmada yetersiz rüzgar nedeniyle zorlamalı havalandırmaya da başvurulabileceğini belirten araştırmacı zorlamalı havalandırma için vantilatör veya aspiratörlerle sera iç ortam havasının değiştirilebileceğini yapılan çalışmaları kaynak göstererek ortaya koymuştur. Havalandırma ve zorlamalı havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda seralar için uygun maliyetli fan-ped sistemleri ile sera iç sıcaklığının düşürülebileceğini vurgulayan yazar aynı zamanda seralarda yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem olan sisleme ile serinletme yöntemini de sera serinletilmesinde kullanılabilecek uygun yöntemler arasında olduğunu belirtmiştir.

Franco ve ark. (2014), buharlaşmalı serinletme sistemlerinin seralardaki enerji verimliliği üzerine yaptığı araştırmasında soğutma kutuları ve selülozlu ped'leri karşılaştırmışlardır. İki farklı şirket tarafından üretilen farklı geometri ve kalınlıktaki 4 ped'in performansını düşük hızlarda rüzgar kullanan soğutma kutuları ile karşılaştırmalı incelemeler yapan araştırmacılar buharlaşmalı serinletmede kullanılan plastik aksamın bir basınç düşüşüne yol açtığını belirtmişlerdir. Soğutma sistemlerinde kullanılan plastiğin basınç düşüşü Selülozlu ped'lere göre 11,05 Pa basınçta 2 m/s hızda %51,27-94,87 daha düşük olabileceğini aktarmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında soğutma kutularının %82,63 doğgunluk verimi sunduğunu bunun yanında selülozlu pedlerin %65 doğgunluk verimine ulaştığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar sonuç olarak soğutma kutularının İspanya gibi Akdeniz havzasında kurulan seralarda iyi bir seçenek olduğunu ortaya koymuşlardır.

Koç ve Yıldız (2007), Çukurova bölgesinde selüloz esaslı ped malzemesi ile 3 farklı su debisinde evaporatif serinletme yapılarak sistem performansları karşılaştırılmıştır. Çukurova bölgesinde yaz ayları periyodunda genel olarak hava sıcaklığının 30°C'nin üzerinde seyrettiğini belirten araştırmacılar, özellikle kapalı yerlerde yetiştiricilik yapılan ortamlarda yetiştirilen ürünlerin cinsi fark etmeksizin bundan olumsuz etkilenebileceklerini belirtmişlerdir. Bu durumu ortadan kaldırmak adına çeşitli serinletme yöntemlerinin kullanılabilceğini aktaran araştırmacılar etkin serinletme yapabilecek fakat yüksek maliyete sahip serinleticiler yerine daha uygun maliyetli ve yaygın olarak kullanılan evaporatif serinletme için fan-ped sisteminde ped malzemesine gelen suyu birim ped uzunluğunun her metresi için dakikada 2lt, 4lt ve 6 lt su akış debilerinde ayarlayarak yaptıkları çalışmada, havanın ped'den geçiş hızını 1 m/s olarak sabitlemişlerdir. Fan çapı 95 cm ve gücü 0,5 kW olan sistemde ped ölçüleri 1,2x1,2 m² olarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar Haziran–Eylül döneminde gerçekleştirilmiş ve sistemin serinletme etkinliği su debilerine bağlı olarak birim ped uzunluğunun her metresi için dakikada 2 lt su debisinde %85,4, dakikada 4 lt su debisinde %81,5 ve dakikada 6 lt su debisinde %80,7 olarak belirlemişlerdir. Serinletme etkinliklerine bağlı olarak sağlanan sıcaklık düşmesi sırasıyla 5,94; 6,15 ve 5,56 °C olduğunu belirtmişlerdir.

Erbil (2010), Antalya ilinde yaz aylarında sera iç sıcaklığının rahatlıkla 40 °C'nin üzerine çıkabildiğini belirterek Antalya ili ve çevresinde optimum üretim yapabilmek için sera içerisinde belirli ölçüde serinletilme yapılmasına ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Optimum üretim için seralarda kullanılan serinletme sistemlerinden biri olan fan-ped sistemi üzerine yaptığı çalışmada, sera iç sıcaklığını düşürmek ve fan-ped serinletme etkinliğini belirlemek için Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sera içinde sıcaklık ve nem değerlerini belirlemek için ölçümler yapmış elde ettiği veriler ile önerilen değerleri kıyaslayarak sera iç sıcaklığının belirli aylar içerisinde ne kadar ve nasıl değiştiğini belirlemeye çalışmıştır. Araştırmacı Antalya ili sınırları içinde boyu 45 m eni 38 m ve yüksekliği 5 m olan polikarbon duvarlı ve plastik çatılı bir sera ile benzer yapıda bir kontrol serası kullanarak çalışmasını gerçekleştirmişti. Araştırmacı çalışmasının sonunda doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı durumlarda kullanılan fan-ped sistemi ile sera iç sıcaklığının 7-14 °C kadar soğutulabileceğini belirtmiştir.

Yüksel (2012), ülkemizin genellikle güney bölgelerinde yaz aylarında sera iç sıcaklığı önemli derecede artacağını ve bitkilerin yüksek sıcaklık nedeniyle gelişimlerini olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Bitkilerin bu durumda özümlemesinin (fotosentez) yavaşladığını ve durduğunu belirtmiştir. Sıcaklık konusunda hassas olan bitkiler için özellikle yaz aylarında güney bölgelerdeki seralar için soğutma ihtiyacının olduğuna dikkat çekmiştir. Seralarda genel olarak doğal havalandırma, zorlamalı havalandırma ve gölgelemeli serinletme yöntemlerinin uygulandığını belirten yazar özellikle güneşçe zengin bölgelerde yapılan seracılıkta bu serinletme yöntemlerinin yetersiz kaldığını ve bu olumsuz durum için yapılan çalışmalar ışığında fan-ped sistemi ve sisleme sisteminin uygun kurulum ve işletme giderleri açısından seralarda etkin olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Boyacı (2014), Kahramanmaraş yöresi için plastik seralarda uygun serinletme sisteminin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada 3 farklı serinletme sistemine sahip 3 sera kullanmıştır. Birinci serayı kontrol serası olarak sadece doğal havalandırma yaparak serinleten araştırmacı ikinci serasında doğal havalandırma + sisleme sistemi kullanmış ve son serasında fan-ped sistemli serinletme sistemini kullanmıştır. Araştırmacı domates bitkisi ile yaptığı çalışmasını 3 farklı üretim döneminde gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışma sonunda doğal havalandırma yapılan serada dış ortama göre 10 °C daha yüksek sıcaklık ölçümlerine ulaştığından doğal havalandırmanın Kahramanmaraş bölgesinde belirli üretim dönemlerinde sera için yetersiz kalacağını belirtmiştir. Araştırmanın yapıldığı doğal havalandırma + sisleme sistemli serada serinletme etkinliğini ikinci dönemde %16 bağıl nem değerinde %43 olarak belirlemiştir. Araştırmacı fan-ped sistemi kullandığı son serasında serinletme etkinliğini en yüksek ikinci dönemde bağıl nem değerinin %16 olduğunda serinletme etkinliğinin %80 olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı çalışmasının sonunda verim ve kalite parametrelerini de göz önünde bulundurarak fan-ped sistemi kullanılan serada sera iç sıcaklık düşürme bakımından gösterdiği üstünlük neticesinde doğal havalandırma yapılan sera ve sisleme sistemiyle beraber yapılan doğal havalandırmalı seraya göre Kahramanmaraş ili için daha uygun olduğunu ortaya koymuştur.

Atılğan ve Öz (2007), serin iklime sahip bölgelerdeki seralarda üretime ara vermeden devam edebilmek için seralarda serinletmenin gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Yazın sera üreticilerinin karşılaştığı en büyük sorunun sera iç sıcaklığının aşırı artışı olduğunu bildiren araştırmacılar, yaz aylarında dış ortam sıcaklığı 30-33 °C ve üzerine çıktığında sera içinde daha da yüksek değerlere ulaşıldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılara seralarda kullanılan serinletme sistemlerinden biri olan fan-ped serinletme sistemi için seçilecek ped malzemesinin cinsi yapısı ve büyüklüğünün önemini vurgularken sistemde kullanılacak fanların büyüklüğü sayısı ve fanların monte edileceği yerin de önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca uygun projelenmiş bir fan-ped sisteminde soğutma etkinliğinin %85 olarak gözlenebileceği konusunda kaynak göstermişlerdir. Araştırmacılar fan-ped sistemiyle serinletilmesi üzerine yaptıkları çalışmada özellikle Isparta gibi serin iklim bölgesinde olan yerler için fan-ped sistemi ile serinletme yapılarak 8-10 °C daha düşük değerlere ulaşılabileceğini belirtmişlerdir.

Misra ve Ghosh (2018), güneşçe zengin bölgelerde özellikle yaz dönemlerinde seralarda kullanılan serinletme sistemlerinin serinletme etkinliklerini karşılaştırmak ve en kullanışlı serinletme sisteminin seçilebilmesini sağlamak için seralarda serinletme sistemi kullanan üreticilerle bir anket çalışması gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarının başında yüksek sıcaklık ve güneş radyasyonunun yaz aylarında seralarda yapılan üretimi olumsuz yönde etkilediğini ve bu dönemlerde üreticilerin seralarda serinletme uygulamaları yapmaları gerektiğini belirtmişlerdir. Seralarda kullanılan pek çok farklı yapı ve türde serinletme sistemi olduğunu vurgulayan araştırmacılar yaptıkları çalışmada buharlaşmalı fan-ped sistemli sistemlerin daha yaygın olarak kullanıldığını aktarmışlardır. Araştırmacılar buharlaşmalı serinletme sistemlerinde ön plana çıkan direk buharlaşmalı serinletme sistemleri, buharlaşmalı serinletmeyle birlikte kullanılan kurutmalı ped ve iki aşamalı buharlaşmalı serinletme sistemleri üzerinde önemle durmuşlardır. Çalışmalarının sonunda seralarda direk buharlaşmalı serinletme sistemi kullanılarak yaklaşık olarak 2-12 °C daha düşük sıcaklıklara ulaşılabildiğini, buharlaşmalı serinletmeyle birlikte kurutmalı ped serinletme sistemi kullanılarak yaklaşık olarak 4,3-7,5 °C daha düşük sıcaklıklara ulaşılabileceğini ve iki aşamalı buharlaşmalı serinletme ile yaklaşık olarak 8-21 °C serinletilebileceğini belirtmişlerdir.

Öztürk (2004), yaz aylarında yüksek sıcaklıklar nedeniyle seralarda doğal havalandırmanın yetersiz kaldığını belirtmiş seralarda serinletme için yaygın olarak kullanılan fan-ped serinletme sisteminin gizli ve duyulur ısı transferine etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Araştırmacı venlo tip bir cam serada araştırmasını gerçekleştirmiştir. Çalışmalarını gerçekleştirdiği sera 6,4 m genişliğinde 8 m uzunluğunda ve 3,9 m yüksekliğindedir. 11 Temmuz- 27 Ağustos 2003 tarihlerinde gerçekleştirilen çalışmada duyulur ve gizli ısı değerlerinin belirlenmesi amacıyla farklı formül setleri kullanılmış ve çıkan sonuçlar birbirine bölünerek duyulur ısı transferinin gizli ısı transferine oranını ifade eden bowen oranı belirlenmiştir. Araştırmacı sera ortamı ve dış ortam sıcaklık artışı farkına bağlı olarak duyulur ısı transferinin arttığını bildirmiştir. Sabah 08:00'da duyulur ısı transferi sıcaklık farkının $32,8 \text{ W/m}^2$ saat 13:30'da ise 81 W/m^2 olduğunu bildirmiştir. Deneme süresince fan-ped serinletme sisteminin serinletme etkinliği ortalama %53,3 olduğunu aktarmıştır.

Dayıoğlu ve Sileli (2015), seralarda serinletme sistemi olarak yaygın şekilde kullanılan fan-ped sisteminin performans analizini ve yatay bağıl nem ve sıcaklık değişimlerini saptamak adına deneysel bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar çalışma kapsamında sera içinde yedi farklı noktaya sensörler ve çeşitli ölçüm cihazları yerleştirmişlerdir. Ayrıca seranın dışına yerleştirdikleri sıcaklık ve nem kaydedicilerle dış ortam iklim koşulları kayıt altına alınmıştır. Araştırmacılar yaptıkları çalışma sonunda sera boyunca ped tarafından fan tarafına sıcaklık değişimleri ve homojen nem değişimleri elde etmişlerdir. Serinletme sistemi aktif olmadığı zamanlarda %25 nem ve $32 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık olduğu koşullarda ped malzemesinden fana doğru saatlik olarak ortalama bağıl nem ve sıcaklık değerleri %30-47 nem değerlerinde $30-33 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık değerlerinde değişiklikler gösterdiğini aktarmışlardır. Sistem aktif edilip fan-ped sistemi çalıştırıldığında sera içinde saatlik olarak bağıl nem ve sıcaklık değerleri %50-68 bağıl nem değerlerinde ve $20-27 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık değerlerinde ölçümler elde etmişlerdir. Ped malzemesinden geçen hava hızının $0,8-0,9 \text{ m/s}$ olduğunu belirten araştırmacılar, dış hava sıcaklığından yaklaşık $11-13 \text{ }^\circ\text{C}$ daha düşük sıcaklık ölçümleri elde ettiklerini aktarmışlardır. Araştırmacılar fan-ped sisteminin serinletme etkinliğinin %76,8 olduğunu belirtmişlerdir.

Stanghellini (1987), sera yetiştiriciliğinde terleme adlı tezinde, seralarda yapılan yetiştiricilik için mikro iklimlendirme ve ürün transpirasyonu arasındaki doğrudan ilişkiyi göstermek için analizler yapmıştır. Araştırmacı geliştirdiği modelin pratik gösterme adına örnekler sunmuştur. Özellikle sera içindeki hava neminin kontrolü için kriter olarak terleme oranının tanımlanmasının bu kontrol için nicel bir ereve sağlayacağını göstermiştir. Sera i sıcaklığını düşüren ve oransal nemi arttıran buharlaşmalı sistemlerin mekanik soğutma sistemlerinden daha uygun olacağını belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Coğrafi Bölge

Çalışmanın gerçekleştirileceği bölge, ülkemizin güney batısında yer alan Ege bölgesinin Aydın ilidir. Aydın ili Coğrafi konumundan ötürü ilk çağlardan beri önemli bir yerleşim merkezi olmuştur. Aydın'ın güneyinde Muğla, doğusunda Denizli, kuzeyinde ise İzmir ve Manisa illeri yer almaktadır. Aydın ilinin batı sınırları Ege Denizi kıyıları ile çevrilidir. İlin deniz seviyesinden yüksekliği 70 m'dir. Akdeniz ikliminin görülen bu ilde topoğrafik yapı ve iklim şartları Aydın ve çevresinde iki ayrı bitki topluluğunun gelişmesine neden olmuştur. Yüz ölçümünün %40'a yakını orman ve makilerle kaplı olan Aydın ili bitkisel olarak zengin ürünlere sahiptir. İlde genel olarak incir, zeytin, kestane, turuncgiller, vb. kırsal kesimde ise çam ve benzeri türler mevcuttur. Akdeniz iklimine sahip Aydın ilinde görülen yağışlar genel olarak yağmur tipindedir. Çalışma Aydın ilinin ekolojik koşullarında, Büyük Menderes Havzasında yer alan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi güney kampüsünde yürütülmüştür. Ziraat Fakültesi Güney Kampüsü 27° 51' enlem derecesinde ve 37° 51' boylamları arasında yer almakta olup, Aydın iline 17 km uzaklıktadır (Anonim, 2019d). Şekil 3.1'de Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Güney kampüsünün coğrafi alanı verilmiştir.



Şekil 3.1 ADÜ-Ziraat Fakültesi Güney Kampüsü

3.1.2. İklim Özellikleri

Deneme bölgesi Akdeniz'in bir yan uzantısı olan Ege Denizinin etkisi nedeniyle Ege ve Akdeniz Bölgesi'nin genel iklim özelliklerini taşımaktadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları yağışlı ve ılık geçer. Bölgede yağışın tamamına yakını yağmur şeklinde görülmektedir. Yıllık ortalama 73,5 gün yağışlı olan bölgede ortalama yıllık yağış miktarı 580-1000 mm arasındadır ve yağışların %70'i kış aylarında görülmektedir. Yıllık güneşlenme süresi 86 saat ve sıcaklık ortalaması 17,8 °C'dir. En yüksek ortalama sıcaklık temmuz ayında 28,4 °C ve en düşük ortalama sıcaklık ocak ayında 8,1 °C olarak tespit edilmiştir. Yılın en az 9 ayında sıcaklık 10 °C'nin üstündedir. Her ne kadar kış ayları genel olarak ılık geçse bile bölgede her yıl yaklaşık 13,1 gün donla geçer. Deneme alanının ait iklim verileri uzun yıllık ortalamalarının en yüksek ve en düşük değerleri 12 aylık olarak Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonim, 2019e).

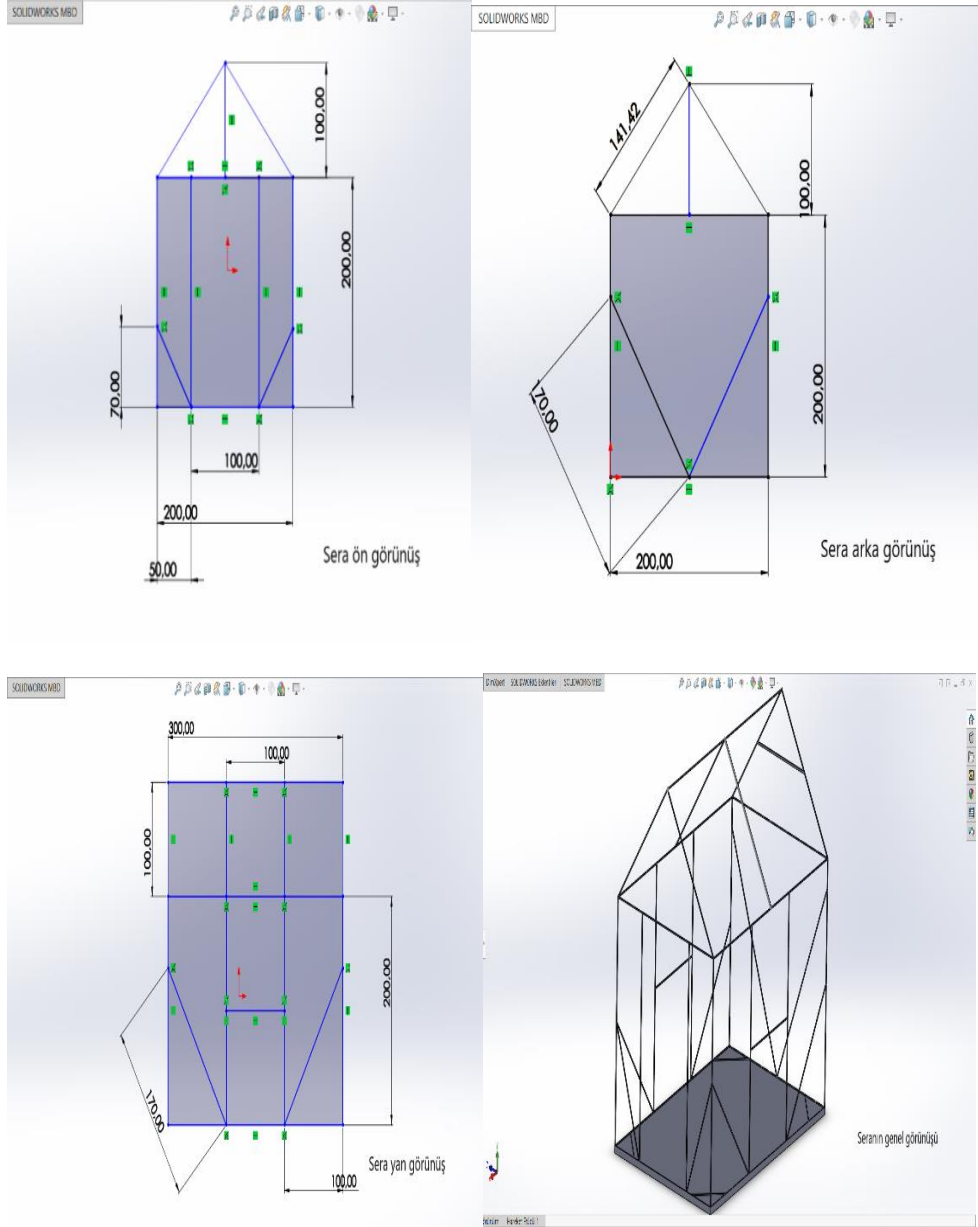
Çizelge 3.1 Deneme Alanının 12 Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (Anonim, 2019e)

Aylar	En yüksek sıcaklık	En düşük sıcaklık	Ortalama sıcaklık	Ort. yağış miktarı	Güneşlenme süresi ort.
Ocak	23,2 °C	-11,0 °C	8,1 °C	116.5 mm	4,1 saat
Şubat	27,4 °C	-5,4 °C	9,4 °C	93.8 mm	4,6 saat
Mart	32,4 °C	-5,0 °C	11,8 °C	71.1 mm	5,9 saat
Nisan	35,4 °C	-0,8 °C	15,9 °C	48.2 mm	7,2 saat
Mayıs	41,5 °C	4,6 °C	20,9°C	35.7 mm	8,5 saat
Haziran	44,4 °C	8,4 °C	25,8 °C	13.9 mm	10,1 saat
Temmuz	44,8 °C	13,4 °C	28,4 °C	3.7 mm	10,8 saat
Ağustos	43,8 °C	11,8°C	27,6 °C	2.5 mm	10,3 saat
Eylül	43,3 °C	7,6 °C	23,5 °C	12.8 mm	9,0 saat
Ekim	38,0 °C	1,6 °C	18,4 °C	43.8 mm	6,9 saat
Kasım	30,7 °C	-4,7 °C	13,4 °C	83.3 mm	5,0 saat
Aralık	25,9 °C	-5,3 °C	9,5 °C	121.7 mm	4,1 saat

3.1.3. Seraların Özellikleri

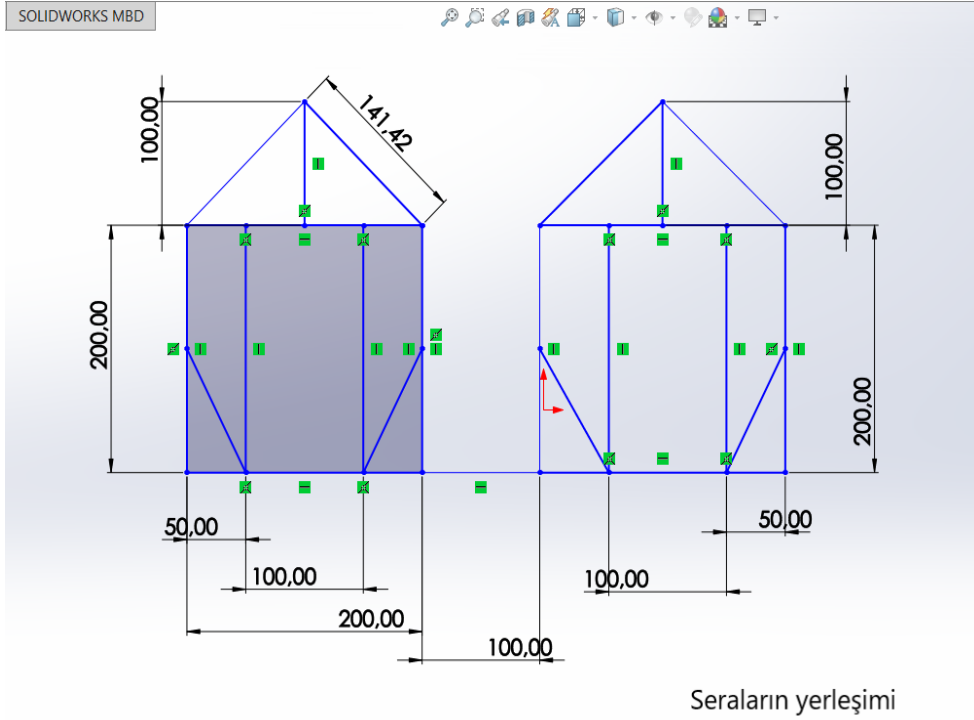
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünde kontrollü ortamda 2 adet araştırma serası kurulmuştur. Sera inşasına başlanmadan önce bilgisayar destekli katı modelleme programı kullanılarak sera boyutları, malzeme cinsi ve yapı tasarımı belirlenerek sanal ortamda modellenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen veriler ışığında projenin çatısını oluşturacak seraların tasarım parametreleri belirlenmiştir. Seçilecek malzemelerin cinsi ve adedi belirlenerek sera genel ölçüleri çıkarılmıştır. Seralar için modeline birebir bağlı kalınarak malzeme satın alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Eni 2 m, boyu ve yüksekliği 3 m olan 2 adet eş model beşik çatılı bu seralarda kaplama materyali olarak cam malzemeye göre bakım ve onarımı kolay olan maliyeti daha düşük, plastik örtülü seralara göre de yüksek yalıtım değerlerine sahip daha sağlam ve kullanışlı olan polikarbonat paneller kullanılmıştır. Kullanılan polikarbonat paneller hücresel yapıya sahip 4 mm kalınlığında 2 duvarlı ve saydam yapıdadır. Kullanılan her panel standart boyutlarında 210x600 mm'lik ölçülerdedir. İki model serada toplam 8 adet oluklu polikarbonat panel kullanılmıştır. Standart ölçülerdeki polikarbonat paneller sera üzerine monte edilirken belirlenen ölçülerde kesilerek montajı yapılmıştır. Polikarbonat paneller testere ve maket bıçağı ile boyutlandırılıp şekil verilebilmektedir. Sera iskeletinde 20x20 mm'lik demir kare profil kullanılmıştır. 1,2 mm et kalınlığına sahip bu kare profiller 0,670 kg/m ağırlığında ve 0,853 cm² kesit alanına sahiptir. Sera iskeleti hazırlanırken içi boş kare demir profillere 20x20 mm'lik plastik bağlantı parçaları monte edilmiş sağlamlığı arttırmak için demir köşebentlerle her köşe arasına cıvatalı birleştirme yapılarak seralara sağlan ve aynı zamanda portatif bir yapı kazandırılmıştır. Sera iskeletinde kullanılan demir kare profiller standart boy 6 m olup toplamda 30 adet kullanılmıştır. Demir kare profillerin kesilmesinde, demir testeresi ve avuç taşlama makinasına kesme taşı yerleştirilerek kullanılmıştır. Demir kare profillerin köşebent birleştirmelerinde metrik beş cıvata ve somun kullanılmıştır. Cıvata deliklerinin açılmasında el matkabı ucuna yerleştirilen çelik matkap ucu kullanılmıştır. Polikarbonat panellerin demir iskelete bağlanması plastik kelepçelerle sağlanmıştır. Ayrıca montaj sonunda oluşan küçük boşlukları kapatmak için sıcağa ve soğuğa dayanıklı özel termal bantlar ve poliüretan köpük kullanılmıştır. Montajı tamamlanan seralar zemini fayans kaplı zemine oturtulup özel bir yapıştırıcı ile yere sabitlenmiştir.

Seralar aralarında 1 m boşluk bırakılacak şekilde yerleştirilmiştir. Seraların ölçülendirilmiş iskelet yapısı ve genel görünüşü Şekil 3.2’de verilmiştir.



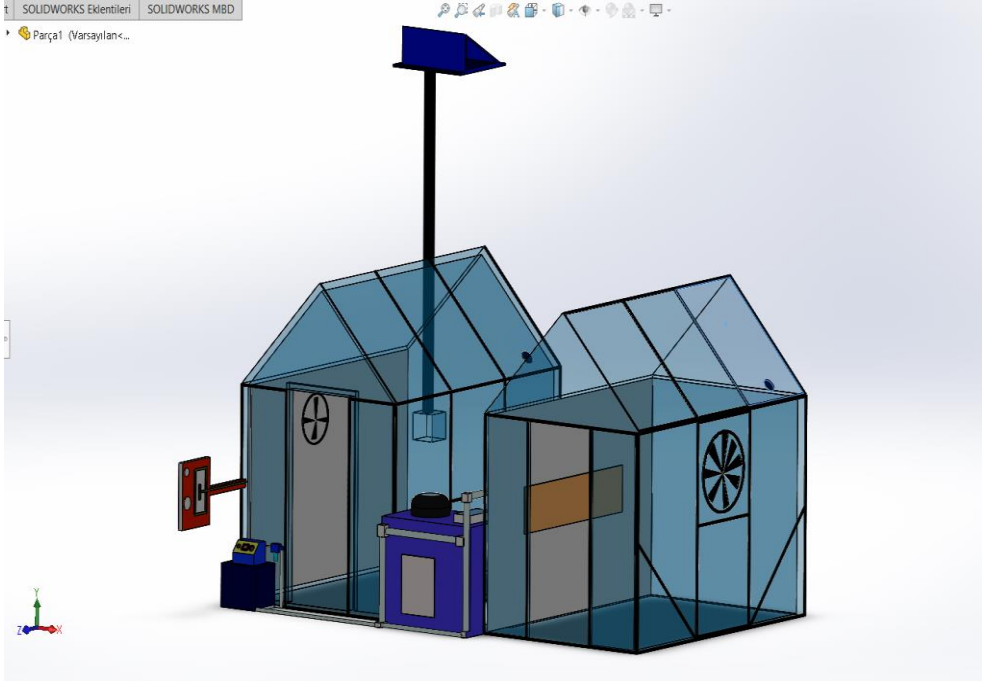
Şekil 3.2 Seraların Ölçülendirilmiş İskelet Yapısı ve Genel Görünüşü

Seraların ölçüleri belirlenirken standart sera modelleme kriterleriyle birlikte Aydın Adnan Menderese Üniversitesi Ziraat fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarının ölçüleri göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca seraların, soğutma ünitesi ve kullanılan sisleme sistemi ile fan-ped sisteminin yerleşim şekli elektrik ve su bağlantıları göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Seraların yerleşim şekilleri Şekil 3.3’de verilmiştir.

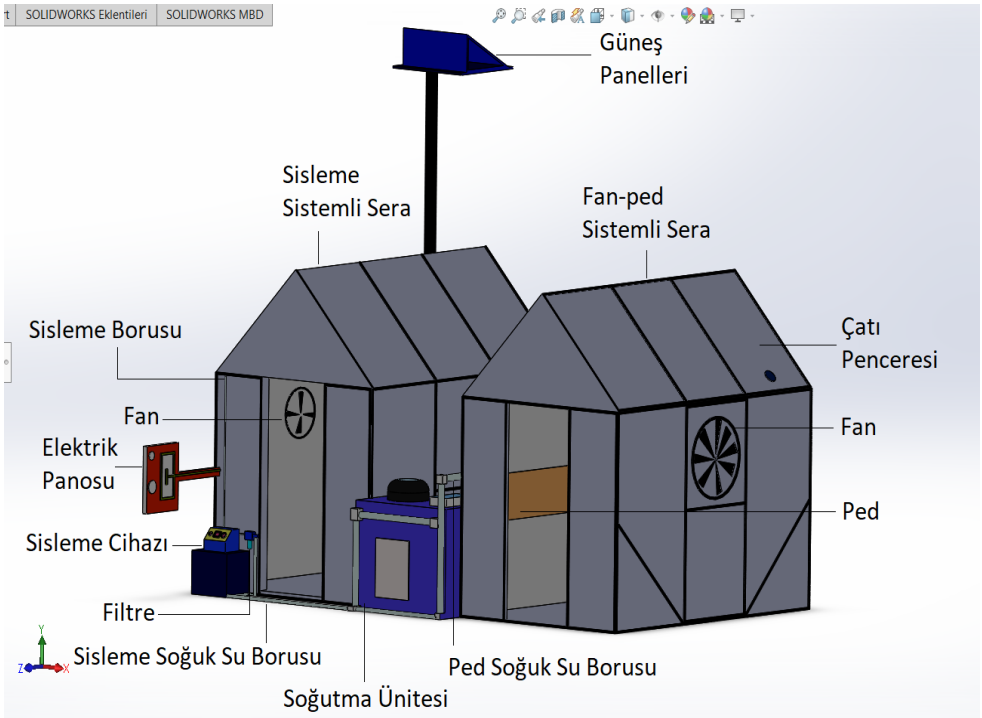


Şekil 3.3 Seraların Yerleşim Şekli

Kurulumu gerçekleştirilecek model seraların ölçüleri, tasarım parametreleri ve seraların kurulacağı alan ölçüleri belirlendikten sonra sera üzerine yerleştirilecek alet ekipmanların yerleşim düzeni ve bağlantı yapılacak kısımların bağlantı noktalarına olan uzaklıkları belirlenmiştir. Yapılan ölçümler ve hesaplamalardan sonra seraların tasarımının son hali belirlenerek gözden kaçabilecek detaylar ile çıkabilecek küçük sorunları önceden çözebilmek amacıyla seraların önce şeffaf sonra katı modellenmesi yapılmıştır. Seraların şeffaf modellenmiş görüntüsü şekil 3.4’te ve seraların katı modellenmiş görüntüsü Şekil 3.5’te verilmiştir.



Şekil 3.4 Seraların Şeffaf Modelenmiş Görünümü



Şekil 3.5 Seraların Katı Modelenmiş Görünümü

Sera demirlerinin projesine uygun olarak gerçekleştirilen kesme işlemleri, demir köşebentlerin yerleştirileceği kenarların delme işlemleri, polikarbonat panellerin projesine uygun olarak gerçekleştirilen kesme ve yapıştırma işlemleri ile seralarda kullanılan fan, ped, soğutma ünitesi ve sisleme cihazlarının su ve elektrik bağlantıları da dahil olmak üzere kurulum ve montaj aşamalarının hiçbir kısmında hizmet alımı gerçekleşmemiştir. Seralar da kullanılan parçalar ve bağlantı elemanları Şekil 3.6’da ve seraların imalat fotoğrafları Şekil 3.7’de verilmiştir.



Demir kare profil

Polikarbonat panel



Demir köşebent L



Demir köşebent T



Plastik bağlantı parçası T



Plastik bağlantı parçası L

Şekil 3.6 Seralarda Kullanılan Parçalar ve Bağlantı Elemanları



Şekil 3.7 Seraların İmalat Fotoğrafları

3.1.4. Güneş Enerjisi Sistemi

Güneş enerjisi sistemi Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları çatı kısmına yerleştirilmiştir. Soğutma sisteminin güç ihtiyacını desteklemek adına kullanılan güneş enerjisi sistemi birçok parçadan oluşmaktadır. Sistem 1 kW güç elde etmek için 8 adet güneş paneli, 1 adet tam sinüs akımlı inverter, 1 adet şarj kontrol cihazı, 5 adet konnektör seti, 6 adet 100 Ah akü ve kablolardan oluşmaktadır. Sistem akıllı priz uygulaması ile belirli saatlerde otomatik olarak da çalışmaya imkan vermektedir. Sistemin genel görünümü Şekil 3.8’de verilmiştir.

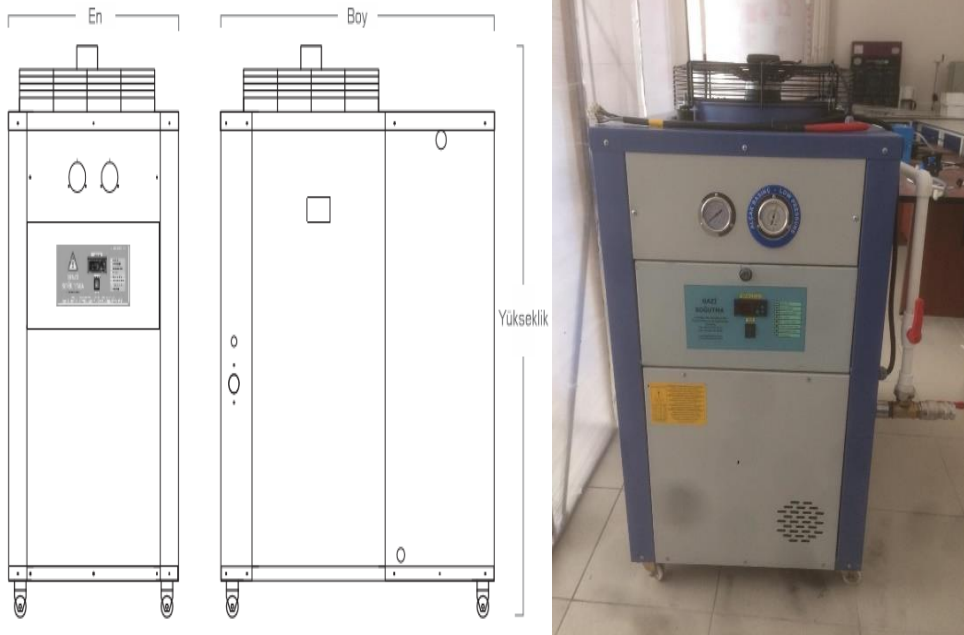


Şekil 3.8 Güneş Enerjisi Sistemi

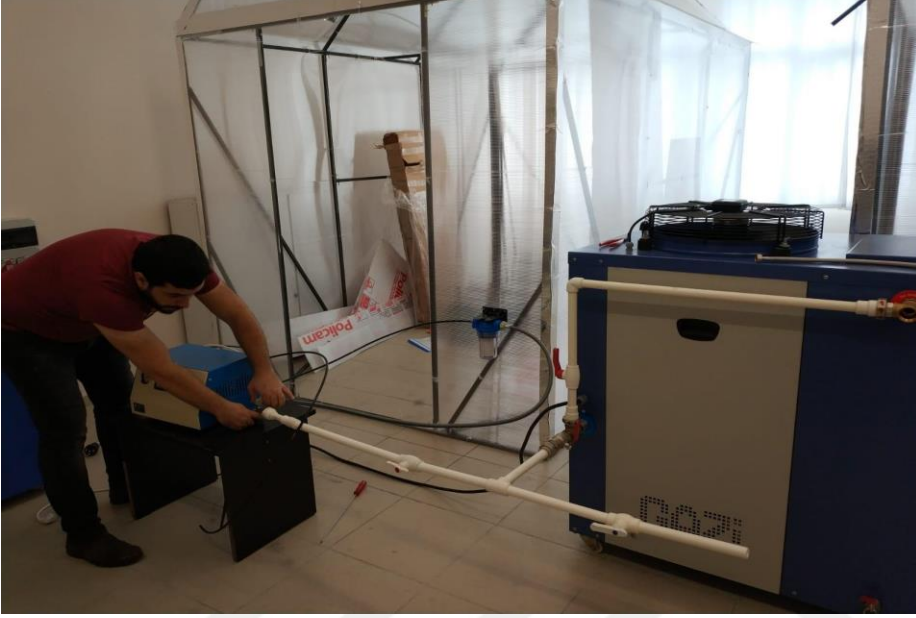
3.1.5. Soğutma Sistemi

Hem sisleme sistemini hem de fan-ped sistemini destekleyecek olan soğutma ünitesi ana kısım ve yan parçalardan oluşmaktadır. Soğutma ünitesindeki ana kısım bir adet hermetik, motor tahrikli ve pistonlu yapıda olan scroll tipinde bir soğutma kompresörden oluşmaktadır. Su soğutmalı olarak çalışan üniteye kompresörün bastığı yüksek basınçlı ve sıcak gazı gaz cinsine, ortam sıcaklığına ve sistem dizaynına göre -50°C seviyelerine kadar soğutma yapabilecek kapasitedeki bir adet kondensere sahiptir. Ayrıca shell and tube tipi, soğutucu gazın sisteme gönderilen suyu soğuttuğu bir adet evaporatör ünitesi vardır.

Başta sistemdeki yüksek basınçlı sıvılaştırılmış soğutma gazını kısarak çevreden ısı almayı ve suyun soğumasını sağlayan otomatik kontrol elemanları mevcuttur. Ayrıca soğutma sistemlerinde alçak ve yüksek basınç limitleyicileri, akış kontrol cihazları, elektrik panolarında sigorta termik, kontaktör v.b çeşitli akım otomatik kontrol elemanları vardır. Cihaz yan parçalarla birlikte 212 litre su deposuna sahip şamandıra sistemli metal bir dış yüzeyi olan ve üzerinde fan sistemi altında tekerlek sistemi ile mobil yapıda bütünleşik bir ünedir. Soğutma ünitesinde sıcaklık kontrolü için dijital termometre ve basınç göstergeleri bulunmaktadır. Sistem üzerindeki dijital kontrol paneli sayesinde soğutma suyu sıcaklığı ayarlanabilmektedir. Soğutma ünitesi antifriz katkısı ile $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ye kadar soğutma yapabilmektedir. Sistem deposundaki 212 litre suyu 2 dakikada 1°C düşürebilme kabiliyetindedir. Sistem soğuttuğu suyu 3 bar basınçla pompalayabilmektedir. Sistemin fan-ped ve sisleme ünitesine bağlantısı 25 mm'lik su borusunun boru kaynak makinası ile ısıtılıp birleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Soğutma ünitesi eni 655 mm boyu 1050 mm ve yüksekliği 1250 mm ebatlarında tekerlekli yapıdadır. Şekil 3.9'da soğutma ünitesi genel görünüşünü ve Şekil 3.10'da bağlantı boruları görülebilmektedir.



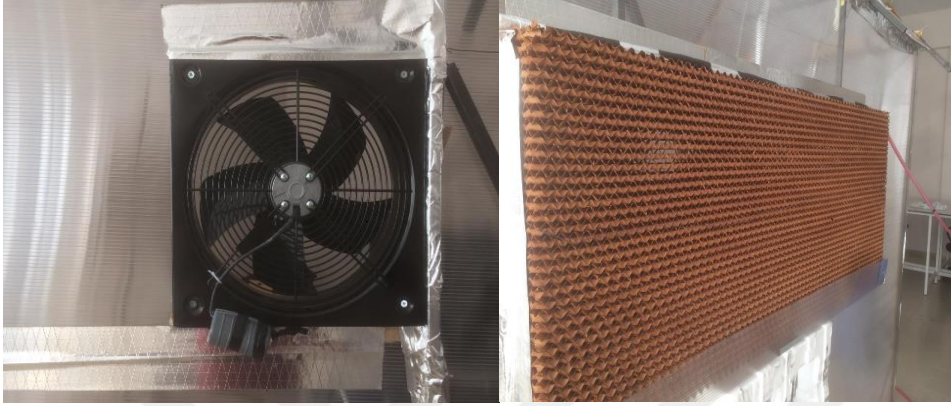
Şekil 3.9 Soğutma Ünitesi Genel Görünümü



Şekil 3.10 Soğutma Ünitesi Bağlantı Boruları

3.1.6. Fan-Ped Serinletme Sistemi

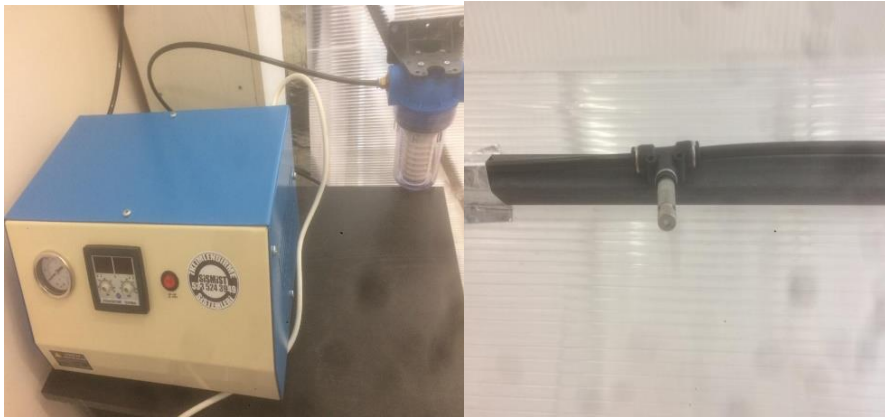
Seralarda kullanılan ekipmanlar, yapılan hesaplamalar sonucunda güç ve kapasitelerine uygun olacak şekilde satın alınarak seralar üzerine montajlanmıştır. Fan-ped sistemli sera için yapılan fan kapasitesi ve gücü ile ped boyutları belirlenmiştir. Düzeltme faktörü yükselti farkı, ışınimsal aydınlık şiddeti ve sera iç dış sıcaklık farkları hesaplamalarda göz önünde bulundurulmuştur. Seraya montajı yapılan aksiyel fan-aspiratör yüksek kalite galvaniz çelik sacdan üretilmiş ve fan kanatları orak formundadır. Aksiyel aspiratörün motor ve fan pervanesi ana gövdeye çelik taşıyıcılarla bağlıdır. Aksiyel fan-aspiratör 190 W gücünde 4600 m³/h debili 230 V gerilimle ve 50 Hz frekansla çalışan 2350 d/d devirli ve 440x440 mm'lik kare yapıdadır ayrıca fan çapı 350 mm'dir. Fanın elektrik bağlantısı 6 m'lik elektrik kablosu ile gerçekleştirilmiştir. Serada montajı yapılan ped'in alanı 2,8 m² ve ebatları 15x90x250 cm'dir. Seraya montajlanan kavak talaşından imal edilmiş, oluklu yapıda üzerinde su tutma kapasitesi yüksek olan malzemeden üretilen bu ped'ler seracılık ve tavukçulukta yaygın olarak kullanılmaktadır. Sera üzerine montajlanan ped'in üzerine soğutma ünitesinden gelen soğuk suyun iletilmesi amacıyla damlatıcı yerleştirilmiştir. Serada montajı yapılan fan'ın ve ped'in görünüşleri Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11 Fan ve Ped'in Genel Görünüşü

3.1.7. Sislemeli Serinletme Sistemi

Sisleme sistemli seradaki sisleme sistemi ana makine ve yan parçalar olmak üzere iki kısımdan oluşur. Ana makine, diyaframlı su pompasına sahip dakikada 5,3 lt su püskürtme kapasiteli 20 bar basınçlı su "var-yok" ikaz butonuna sahip üzerinde püskürtme, durma süreleri ayarlamak için zamanlayıcı bulunan su tahliye sistemli bir sisleme cihazıdır. Cihazda giriş su basıncı ve çıkış su basıncı ölçme özelliği ile su kesilmesi halinde pompa koruma ve zayıf su gelmesi halinde pompa koruma sistemi vardır. Sistemde yan parçalar olarak ses azaltıcı D tipi kauçuk takozlar kullanılmıştır. Ayrıca 0,2 mm'lik 18 adet nozul takımı, 2 adet 0,2 mm'lik nozul sonlayıcı takımı, regülatörlü mini filtre ve hortumu, hızlı bağlantı aparatı 40 m uzunluğunda 8 mm'lik boru, 40 adet boru klipsi ile 2 adet T ve 2 adet L dirsek kullanılmıştır. Şekil 3.12'de sisleme cihazı ve püskürtücü gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Sisleme Cihazı ve Püskürtücü

3.1.8. Bitkisel Materyaller

Çalışmada her serada 20 cm³ hacmindeki saksılar içinde 5 adet hıyar ve 5 adet domates bitkisi olmak üzere toplamda 10 adet bitki fidesi dikimi yapılmıştır. Saksılar sera kenarlarına sıralı şekilde dizilmiştir. Her sırada bir domates saksısı bir hıyar saksısı gelecek şeklinde düz sıralanmıştır. Bu sayede seranın içindeki bitkiler seraya homojen olarak dağıldığından bitki gelişimine ait ölçümler yapılırken bitkinin seradaki konumuna göre gelişiminin de gözlenmesi hedeflenmiştir. Sisleme sistemli serada saksılar sıralanırken sislemeli domates 1 (sd1), sislemeli hıyar 1 (sh1), sislemeli domates 2 (sd2), sislemeli hıyar 2 (sh2) sislemeli domates 5 (sd5), sislemeli hıyar 5 (sh5) şeklinde saksılar 1'den 5'e kadar isimlendirilerek gelişimleri tek tek değerlendirilmiştir. Aynı şekilde fan-ped sistemli serada fan-ped domates 1 (fpd1) fan-ped hıyar 1 (fph1), fan-ped domates 2 (fpd2), fan-ped hıyar 2 (fph2) şeklinde 5'e kadar numaralandırılmıştır. Şekil 3.13'te numaralandırılmış saksılar gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Numaralandırılmış Saksılar

3.1.8.1. Denemede Kullanılan Toprak

Denemede kullanılan topraklar, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama çiftliği deneme tarlaları bölgesinden temin edilmiştir. Kademe-1 olarak adlandırılan bu toprak parsellerinin toprak yapısı incelendiğinde yüksek miktarda magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) barındırdığı görülmüştür. Ayrıca topraktaki organik maddenin, sodyum (Na), azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) oranı düşük, mangan (Mn), çinko (Zn), bor (B) ve bakır (Cu) oranı bakımından yeterli olduğu görülmüştür.

Denemelerde kullanılan toprakların alındığı araştırma alanı topraklarında, yüzeyden 0-40 cm'lik derinliklerden alınan örneklerde toplam tuz, kireç, organik madde, pH, EC, kullanılabilir potasyum ve fosfor analizi sonuçları Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te verilmiştir (Özdemir, 2013, Mert, 2014).

Çizelge 3.2 Denemede Kullanılan Toprakların Bazı Fiziksel Özellikleri (Özdemir, 2013), (Mert, 2014)

	Katman derinliği 0-30 cm	Katman derinliği 30-60 cm	Katman derinliği 60-90 cm	Katman derinliği 90-120 cm
Bünye dağılımı Kum (%)	47.20	56.40	51.20	49.70
Bünye dağılımı Silt (%)	31	30	31.40	32
Bünye dağılımı Kil (%)	17.80	13.60	18.50	17.50
Bünye sınıfı	Tınlı	Kumlu- Tınlı	Tınlı	Tınlı
Tarla kapasitesi (%)	25.8	20.3	25.6	27.6
Tarla kapasitesi (mm)	112.2	91.3	112.1	117.5
Solma noktası (%)	9.7	7.2	8.7	9.4
Solma noktası (mm)	42.2	32.3	38.1	40
Hacim ağırlık (g/cm ³)	1.45	1.50	1.46	1.42
Su tutma kapasitesi (%)	16.1	13.1	16.9	18.2
Su tutma kapasitesi (mm)	70	59	74	77.5

Çizelge 3.3 Denemede Kullanılan Toprakların Bazı Kimyasal Özellikleri (Özdemir, 2013)

Katman derinliği (cm)	pH	Toplam tuz (%)	EC (ds/m)	CaCO ₃ (%)	Kullanılabilir besin maddeleri (kg/da)		Organik madde (%)
					P ₂ O ₅ -----	- K ₂ O	
0-40	7.0	0.0015	0.54	11.40	3.90	18.5	1.05

3.1.8.2. Domates Bitkisi

Çalışmada her serada 5 adet olmak üzere toplamda 10 adet Alsancak F1 çeşidi hibrit sofralık domates fidesi kullanılmıştır. Bitki yapısal olarak kuvvetli sırk domates cinsidir. Üretimi kolay hastalıklara karşı direnci yüksektir. Boğum araları kısa yaprakları gür ve iridir. Erken bir çeşit olan Alsancak F1 hibrit domateslerin verimi oldukça yüksektir. Bir salkımda ortalama 8 adet domates meyvesi veren çeşidin, kaliteli ve sert bir yapısı vardır. İdeal kırmızı renk domates meyveleri olan çeşidin meyve tane ağırlığı 180-200 gr gelmektedir (Günay, 2005). Pek çok üretici ve tüketici tarafından meyve boyutu, şekil ve rengi sebebiyle tercih edilmektedir Alsancak F1 çeşidi, domates mozaik virüsü, solgunluk, lekeli solgunluk ve fusarium solgunluğuna karşı yüksek dayanıma sahiptir. Ayrıca kök yumru ve küflenmeye normal dayanımı vardır. Saksılara dikimi gerçekleştirilen Alsancak F1 çeşidi fideler ortalama 11 cm boylarında, 2,5 mm gövde çapında ve her fidede ortalama 15 adet yaprak varken saksılara dikimi gerçekleşmiştir. Denemelerde kullanılan domates fideleri Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.14 Denemelerde Kullanılan Domates Fideleri

3.1.8.3. Hıyar Bitkisi

Çalışmada, her serada 5 adet olmak üzere toplamda 10 adet Şampiyon Menderes F1 çeşidi hibrit hıyar fidesi kullanılmıştır. Bitki yapısal olarak kuvvetli sırk hıyar cinsidir. İzmir Menderes Bölgesi bahar ve yaz yetiştiriciliğine uygun olarak ıslah edilen çeşidin, boğum araları çok kısa, multi, yüksek verimli bir hibrittir (Cebeci, 2007). Bitki yapısı güçlü ve erkencidir. Meyveleri parlak ve koyu yeşil renkli olan çeşit birinci sınıftır. Şampiyon Menderes F1 çeşidi mildiyö hastalığına yüksek toleranslı, hıyar mozaik virüsü, hıyar sarı damar virüsü ve zucchini sarı mozaik virüsüne karşı dayanıklıdır. Şampiyon Menderes F1 çeşidi fideler ortalama 5 cm boylarında, 3,5 mm gövde çapında ve her fidede ortalama 4 adet yaprak varken saksılara dikimi gerçekleştirilmiştir. Denemelerde kullanılan hıyar fideleri Şekil 3.15'te verilmiştir.



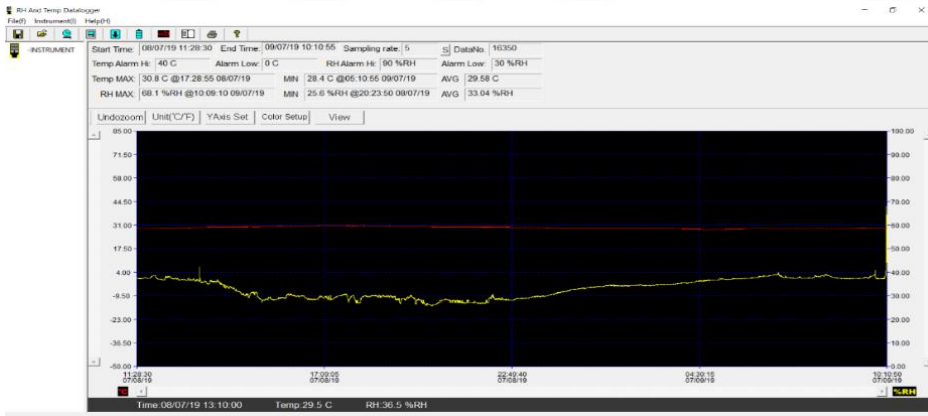
Şekil 3.15 Denemelerde Kullanılan Hıyar Fideleri

3.1.9. Ölçüm Ekipmanları

Yapılan çalışmada verilerin toplanması ve derlenmesi amacıyla bazı ölçüm ekipmanları kullanılmıştır. Bu aletler, datalogger özellikli sıcaklık ve nem kaydediciler, hava hızı ölçer, güneş radyasyon ölçer, gürültü ölçer, toprak pH ölçer, manometre ve kızılötesi sıcaklık ölçer olarak alt başlıklarda sıralanmıştır.

3.1.9.1. Sıcaklık ve Nem Kaydedici

Güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip serinletme sistemlerinin seralarda denemeleri gerçekleştirilirken seralar iç ve dış ortamlarının sıcaklık ve nem değerlerinin ölçülüp kendi hafızasında farklı zaman ölçütlerinde kayıtlanması için CEM dt-172 dijital sıcaklık ve nem kaydedici'ler kullanılmıştır. Kullanılan bu veri kaydedici cihazlar bilgisayar bağlantısı ile cihaz arayüzü sayesinde kayıt hafızasındaki değerleri excel tablosu veya grafik şekil olarak verebilmektedir. Sıcaklık ve nem kaydedicinin bilgisayar ara yüzü Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16 Sıcaklık ve Nem Kaydedicinin Bilgisayar Arayüzü

Sıcaklık ve nem kaydedici (datalogger) ölçüm yaptığı sıcaklık ve nem değerleri için en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri verebilmektedir. Başlangıç ve bitiş süreleri girildiğinde cihaz otomatik olarak verilen saat aralıklarını kaydetmeye başlamaktadır. Kayıt ölçüm aralıkları isteğe bağlı olarak saniye veya saat aralıklarında yapabilmektedir. İstenen en düşük ve en yüksek sıcaklık veya nem değeri için alarm özelliği vardır. Cihaz ergonomik tasarımı ve kilitli koruma kabı ile seralarda kullanım için oldukça elverişlidir. Cihazın genel görünümü Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17 Sıcaklık ve Nem Kaydedici

Sıcaklık ve nem kaydedici'ye ait bazı özellikleri

Kayıt tipi	: Sıcaklık, Nem
Bağlantı arabirimi	: USB
Rapor şekli	: Grafik, Excel
Kayıt hafızası	: 32000 adet
Ölçüm aralığı	: -40 °C ile 70 °C

3.1.9.2. Hava Hızı Ölçer

Serinletme sistemlerinin seralarda denemeleri gerçekleştirilirken seralar iç ve dış ortamlarında oluşan doğal rüzgar hızları ile seralara montajlanan aspiratör fanlarının oluşturduğu yapay hızları belirlemek için UNI-T UT 333 dijital ekranlı hava hızı ölçer kullanılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Hava Hızı Ölçer

Hava hızı ölçer'e ait bazı özellikleri

Ölçüm aralığı	: 0-30 m/s
Örnekleme oranı	: 0,5 s
Rüzgar hızı çözünürlüğü	: 0,1 m/s
Rüzgar ölçüğü	: Seviye 0-12

3.1.9.3. Güneş Radyasyonu Ölçer

Güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip serinletme sistemlerinin seralarda denemeleri gerçekleştirilirken seralar iç ve dış ortamlarına gelen güneş radyasyonunu belirlemek için sinometer sm 206 tip b dijital güneş radyasyon ölçer kullanılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Güneş Radyasyonu Ölçer

Güneş radyasyonu ölçer'e ait bazı özellikler

Ölçüm birimi	: W/m ²
Ölçüm aralığı	: 1-3999
Hassasiyet	: ± %5
Yanıtlama süresi	: 0,25 sn

3.1.9.4. Ses Seviye Ölçer

Serinletme sistemlerinin serinletme etkinlikleri belirlenirken su soğutmada kullanılan soğutucunun ve seralara montajlanan fanların ses seviyelerini belirlemek için TENMARS TM-101 hassas ses seviye ölçer kullanılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Ses Seviye Ölçer

Ses seviye ölçer'e ait bazı özellikler

Frekans aralığı	: A/C
Ölçüm aralığı	: 30-130 db
Hassasiyet	: $\pm 1,5$ db

3.1.9.5. Toprak pH Ölçer

Seralarda bitki yetiştirme denemeleri gerçekleştirilirken seralar içine yerleştirilen bitkisel materyalin topraklarındaki pH değerinin ölçülmesinde ADN-410 problu toprak pH ölçer kullanılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Toprak pH Ölçer

Toprak pH ölçer'e ait bazı özellikler

pH ölçüm aralığı	: 3,5-9
Prob uzunluğu	: 20 cm
Yanıtlama süresi	: 0,25 sn
Hassasiyet	: \pm %5

3.1.9.6. Manometre

Seraların soğuk su ihtiyacını karşılayan soğutma ünitesinin su çıkış basıncı ile sisleme cihazının su basınç değerinin ölçülmesinde MAİTALUB gliserinli manometre kullanılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Manometre

Manometre'ye ait bazı özellikler

Ölçüm aralığı	: 0-250 bar
Hassasiyet	: KL2.5
Akışkan sıcaklığı	: 60 °C
Ortam sıcaklığı	: -10 °C ile 60 °C

3.1.9.7. Kızılötesi Sıcaklık Ölçer

Soğutma ünitesinden çıkan soğuk suyun çıkış sıcaklığını, basınçlı soğuk suyun ped'e giriş ve çıkış sıcaklıkları ile sisleme sistemine gönderilen soğuk suyun sisleme memelerinden çıkış sıcaklığını ölçmek için BENETECH GM-550 göstergeli kızılötesi sıcaklık ölçer kullanılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Kızılötesi Sıcaklık Ölçer

Kızılötesi sıcaklık ölçer'e ait bazı özellikler

Ölçüm tipi	: Kızılötesi
Ölçüm aralığı	: -10 °C ile 400 °C
Hassasiyet	: ±%5
Kayıt hafızası	: 10 adet

3.2. Yöntem

Çalışmanın yöntem kısmı, seraların tasarımı ve imalatı için yapılan hesaplamalar, sabit ve işletme maliyetleri hesabı ile bitkisel denemeler olmak üzere üç aşamayı içermektedir.

3.2.1. Seraların Tasarımı ve İmalatı İçin Yapılan Hesaplamalar

Çalışmanın başlangıç aşamasında yapılması düşünülen model seraların kurulumunun yapılacağı Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölüm laboratuvarının toplam alanı belirlenmiştir. Laboratuvar alanına bağlı olarak seraların ölçüleri olabilecek maksimum değerlerde taban alanı ve yüksekliği gerçek sera boyutları ölçeklenerek model seraların imalatına başlanmıştır. Eni boyu ve yüksekliği belirlenen seralarda kullanılacak havalandırma açıklıkları sera taban alanının %15-20'si kadar, yan pencereler çatı havalandırmasının 2/3'ü olacak şekilde tasarlanmıştır (Yağcıoğlu 2009).

Sera içine alınacak zorlamalı havalandırmanın toplam hava debisi hesabı 3.1'nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$Q_{st} = (G \cdot U \cdot 0,04) \times (D_f) \quad (3.1)$$

Q_{st} : Standart havalandırma debisi (m^3/s),

G : Sera genişliği (m),

U : Sera uzunluğu (m) dur.

Zorlamalı havalandırma hesabı için standart havalandırma hızı yaz ayları için $0,04 m^3/s \cdot m^2$ alınmıştır (Yağcıoğlu,2009). Standart havalandırma debisini gerçek havalandırma debisine çevirerek toplam hava debisini bulmak için kullanılan düzeltme faktörü hesabı 3.2'nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$D_f = F_y \cdot F_i \cdot F_k \quad (3.2)$$

F_y : Yükselti farkına göre düzeltme faktörü,

F_i : Seralara ulaşan ışınımsal aydınlık şiddetine göre düzeltme faktörü,

F_k : Sera iç ve dış sıcaklık farkına bağlı hava hızı düzeltme faktörüdür.

Serada doğal havalandırma için hava debisi hesabı 3.3'nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$Q_h = E \cdot U_R \cdot A \quad (3.3)$$

Q_h : Havalandırma debisi (m^3/s),

E : Hava giriş çıkış etkinliği katsayısı,

U_R : Rüzgar hızı (m/s),

A : Hava açıklığı alanı (m^2) dir.

3.2.1.1. Fan Seçimi

Çalışmada sisleme sistemli sera ile karşılaştırılması gerçekleştirilecek olan fan-ped sistemli sera için sera büyüklüğüne bağlı olarak montajı gerçekleştirilecek fanın fan sayısı ve fan kapasitesi 3.4 ve 3.5'nolu eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir.

$$n_f = L/7,5 \quad (3.4)$$

n_f : Fan sayısı (adet),

L : Fanların yerleştirileceği kenarın uzunluğu (m) dur.

$$Q_f = Q_{st}/n_f \quad (3.5)$$

Q_f : Fan kapasitesi (m^3/s),

Q_{st} : Gerçek hava değişim hızı (m^3/s) dir.

3.2.1.2. Ped Seçimi

Fan sayısı ve fan kapasitesi belirlenen sistemde Q_f 'yi karşılayacak Fan debisi ve gücü belirlendikten sonra sera içine yerleştirilecek ped'in ped yüksekliği 3.6'nolu eşitlikle hesaplanmıştır. Kullanılan ped kalınlığına göre su debisi gereksinimi hesaplanmıştır.

$$G_p = \sum A_p / L \quad (3.6)$$

G_p : Ped yüksekliği (m),

A_p : Toplam ped alanı (m²),

L : Ped'lerin yerleştirileceği kenarın uzunluğu (m) dur.

3.2.1.3. Soğutucu Seçimi

Serinletme sistemlerine entegre çalışan soğutma sisteminin soğutucu kapasitesinin belirlenmesinde 3.7'nolu, toplam soğutma ihtiyacı için 3.8'nolu eşitlikler kullanılmıştır.

$$Q = A_o \cdot U \cdot (T_i - T_d) \quad (3.7)$$

Q : Toplam soğutma ihtiyacı (W),

A_o : Örtü alanı (m²),

U : Isı kayıp katsayısı (W/m²K),

T_i : Sera içi mevcut sıcaklığı (K),

T_d : Sera dışı istenen sıcaklığı (K) dir.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (3.8)$$

- Q : Toplam soğutma ihtiyacı (W),
- m : Soğutulacak suyun miktarı (kg/s),
- c : Soğutulacak suyun özgül ısısı (J/kg. °C),
- T_g : Suyun giriş sıcaklığı (°C),
- T_ç : Suyun çıkış sıcaklığı (°C) (Değişken) dir.

3.7 ve 3.8'nolu eşitlikler kullanılarak gereksinim duyulan soğutma suyu ile suyun soğutucuda devir daim süresi soğutulacak suyun debisinden (s) belirlenmiştir.

3.2.1.4. Güneş Paneli Seçimi

Projede seralara yerleştirilen fanların ve sisteme soğuk su desteği sağlayacak soğutucunun enerji ihtiyaçlarını karşılaması için gerekli olan güneş paneli gereksiniminin hesaplanması için cihazların enerji gereksinimleri için 3.9'nolu, panelin sağladığı toplam güç için 3.10'nolu, panel sayısı için 3.11'nolu, panel alanı hesabı için 3.12'nolu, akü kapasitesi hesabı için 3.13'nolu ve akü sayısı hesabı için 3.14'nolu formüllerden yararlanılmıştır.

Cihazların enerji gereksinimleri ;

$$E_i = G_n \cdot t \quad (3.9)$$

- G_n : Soğutucu ve fanların toplam gücü (W),
- t : Soğutucu ve fanların kullanım süresi (h),
- E_i : Soğutucu ve fanların saatlik enerji tüketimi (Wh) dir.

Panelin sağladığı toplam güç;

$$N = E_i / (T_{gün} \cdot \mu_{güneş}) \quad (3.10)$$

N : Panel gücü gereksinimi (W),

$T_{gün}$: Gün uzunluğu (h),

$\mu_{güneş}$: Güneş verimidir.

Panel sayısı;

$$K_1 = N / N_s \quad (3.11)$$

K_1 : Panel sayısı (adet),

N_s : Standart panel gücü(W),

N : Panel gücü gereksinimi (W) dir.

Panel alanı hesabı;

$$A = K_1 \cdot I_1 \cdot I_2 \quad (3.12)$$

A : Panel alanı (m²),

K_1 : Panel sayısı (adet),

I_1 : Panel eni (m),

I_2 : Panel boyu (m) dur.

Akü kapasitesi hesabı;

$$Q_A = (E_i \cdot g) / (V \cdot T \cdot \mu_{inv} \cdot \mu_{kablo}) \quad (3.13)$$

- Q_A : Akü kapasitesi (Ah),
- g : Depolanan enerjinin kaç gün kullanılacağı (gün sayısı),
- V : DC. Gerilimi (V),
- μ_{inv} : İnverter gerilimi (%),
- μ_{kablo} : Kabloların verimi (%),
- T : Boşalma sınır katsayısıdır.

Akü sayısı hesabı;

$$K_2 = Q_A / A_g \quad (3.14)$$

- K_2 : Akü sayısı (adet),
- Q_A : Gereksinim duyulan akü kapasitesi (Ah),
- A_g : Seçilen akü kapasitesi (Ah) dir.

3.2.1.5. Sistem Etkinliği

Sisleme sistemli ve fan-pad sistemli serinletme sistemlerinin etkinliği Bottcher ve ark. (1989) ile Öztürk ve Ark. (1989) tarafından önerilen eşitlik yardımıyla zamanın fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Hesaplama metodu sisleme sistemi için 3.15'nolu ve fan-ped sistemi için 3.16'nolu eşitlikler olarak revize edilmiştir. Sisleme sistemi için;

$$S_E = (T_{dış} - T_{iç}) / (T_{dış} - T_{ıslak}) \cdot 100 \quad (3.15)$$

- S_E : Sistem etkinliği (%),
- $T_{dış}$: Sera dışındaki havanın kuru termometre sıcaklığı (°C),
- $T_{iç}$: Sera içindeki havanın kuru termometre sıcaklığı (°C),
- $T_{ıslak}$: Sera dışındaki havanın ıslak termometre sıcaklığı (°C) dir.

Fan-ped sistemi için;

$$S_E = (T_{kd} - T_{ki}) / (T_{kd} - T_{yd}) \cdot 100 \quad (3.16)$$

S_E : Sistem etkinliği (%),

T_{kd} : Ped girişinde havanın kuru termometre sıcaklığı (°C),

T_{ki} : Ped çıkışında havanın kuru termometre sıcaklığı (°C),

T_{yd} : Ped girişinde havanın yaş termometre sıcaklığı (°C) dir.

3.2.2. Sabit ve İşletme Maliyetleri Hesabı

Maliyet hesaplamalarında seraların kuruluşu sırasında oluşan sabit maliyetler, her bir serada kullanılacak olan donanımların ilk yatırım bedelleri amortisman, faiz, sigorta ve vergi maliyetleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca her bir serada kullanılacak olan donanımların işletme maliyetleri kapsamında enerji maliyetleri ve işçilik maliyetleri klasik maliyet hesabı formülleri kullanılarak belirlenmiştir. Edinim maliyetleri malın temin edilen yıldaki adet- t , kg- t ve m^2 - t şeklinde toplam maliyet hesaplanmıştır. İşletme giderleri ise harcanan lt- t ve kWh- t olarak hesaplanmıştır. Güneş enerjisi sisteminin toplam maliyeti her iki sera için ayrı ayrı sabit giderler kısmına eklenmiştir. Ayrıca işletme giderleri cetvelinde güneş enerjisi sisteminden elde edilen elektrik enerjisinin birim fiyatı güneş enerjisi geri kazanımı olarak aylık elektrik giderinden düşürülerek gerçek aylık gider hesaplanmıştır.

3.2.3. Bitki Yetiştirme Denemeleri

Domates ve hıyar bitkilerinin ortak iklim istekleri olan 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 bağıl nem değerine göre serinletme sistemlerinin ön denemeleri yapılmıştır. Her iki serinletme sistemi de sera iç sıcaklıkları bitkilerin sıcaklık üst sınırı olan 28 °C'yi aşmaması adına sera dış ortam sıcaklığı 28 °C'yi aştığı anda çalıştırılmışlardır. Bu denemelerde sistem önce bitkisel materyal olmadan denenmiştir.

Ön denemelerin yapıldığı mart, nisan aylarında yüksek hava sıcaklıkları olmadığı için sera dış ortamı çeşitli ısıtma sistemleriyle ısıtılarak ortamın iç sıcaklığı yükseltilmiştir. Ortam sıcaklığı 28 °C'yi aştığı anlarda ön denemeler yapılmıştır.

Serinletme sistemlerinde kullanılacak soğuk suyun sıcaklık değerini belirlemek için öncelikle soğutma ünitesinde bulunan oda şartlarındaki 212 lt suyun sıcaklığı kademeli olarak düşürülmüştür. İlk olarak 4 °C sıcaklık değerinde denenen sistemler sera içinde domates ve hıyar bitkisi için istenen ideal sıcaklık ve nem değerlerini sağladığı görülmüştür. Daha sonra 6 °C ve 8 °C sıcaklık değerlerindeki sular ile yapılan denemelerde de sera içinde uygun sıcaklık ve nem değerlerine ulaşıldığından sistemin suyu 10 °C'de denenmiştir. Sistemler 10 °C'ye soğutulmuş su ile çalıştırıldıklarında fan-ped sistemli sera da istenilen sıcaklık ve nem şartları sağlanırken, sisleme sistemli serada domates ve hıyar bitkileri için istenen sıcaklık ve nem değerlerinin az da olsa üzerine çıktığı görülmüştür. Soğutma ünitesinin deposundaki suyun sıcaklığını düşürmek için zaman ve enerji harcadığından işletme giderlerindeki elektrik enerjisi masrafını düşürmek ve zamandan kazanmak amacıyla bitki sıcaklık ve nem isteklerini karşılayan 4 °C, 6 °C ve 8 °C'lik sulardan en yüksek su sıcaklığı değeri olan 8 °C'lik soğuk su domates ve hıyar bitkileri optimum su sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Ön denemelerden sonra mayıs ayında bitkisel denemelere geçilmiştir. Bitkisel denemeler için sislemeli sera ve fan-ped'li sera için 5'er tane domates ve hıyar fidesi temin edilmiştir. Her fide içi toprakla dolu 35 cm çapında 30 cm yüksekliğinde ve 20 cm³ hacminde plastik saksılara dikilmiştir. Dikim işleminde saksılara can suyu verilmiş ve daha sonra bitki gelişim safhalarına göre değişen miktarlarda su verilerek bitki su ihtiyacı karşılanmıştır. Saksılar askıya alma işlemi için yerleştirilen askı sistemi altına konumlandırılmıştır. Bitkilerin dikildiği saksıların hiçbirine gübre uygulaması yapılmamıştır. Fidelerin dikim, gelişim ve hasat süreçlerinde herhangi bir hastalık görülmemiştir. Bu nedenle herhangi bir ilaçlama yapılmamıştır. Üretim saksılarda gerçekleştirildiği için yoğun bir yabancı ot mücadelesi veya çapalama işlemi gerçekleşmemiş olsa da dikimden 3 hafta sonra kök doldurma işlemi gerçekleştirilmiş aynı zamanda küçük çapalama işlemleri ile saksılarda yabancı ot temizliği yapılmıştır. Domates bitkisinin daha iyi gelişebilmesi için yaklaşık bitki boyu 25-30 cm iken askıya alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Seraların dış ortamında yetersiz güneş ışığını telafi etmek amacıyla bitki yetiştirme ampulleri kullanılmıştır. Bitki gelişim safhasında budama işlemleri yaprak seyreltme, koltuk alma ve sürgün budama şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Elektronik veri kaydedicilerle sera i sıcaklıkları, laboratuvar sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bitkilerde günlük olarak yaprak sayısı, bitki gövde kalınlığı ve boy uzama ölçümleri yapılmıştır. Bitki gövde kalınlığı dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Bitki boy uzamaları ise günlük olarak metre ile ölçülmüştür. Ayrıca haftalık olarak saksı toprak pH değeri, toprak sıcaklığı ve toprağa gelen güneş işınımı ölçülmüştür.

Çalışmanın bitkisel denemelerine 1 Mayıs 2019 da başlamış olup 30 Haziran 2019 da son verilmiştir. Seralardaki bitki denemelerinin 2 aylık gözlem ve ölçümleri kayıt altına alınarak iki farklı sera birbirleri ile bitki yetiştirme ve maliyet yönünden karşılaştırılarak en uygun sera tipi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada sera i sıcaklıkları ve bağıl neme göre bitki büyüme karşılaştırmalarında SPSS paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip serinletme sistemlerinin seralarda kullanım olanaklarının belirlenmesi amacıyla Aydın, Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, bölüm laboratuvarlarına 2 adet eş sera kurulmuştur. Kurulan seraların ikisi de soğutma ünitesi destekli olup, bir tanesi sisleme sistemine sahip diğeri fan-ped sistemine sahip olacak şekilde kurulumları gerçekleştirilmiştir. Seralara yerleştirilen domates ve hıyar bitkilerinin 2 aylık gelişim süreçleri takip edilerek günlük gözlem ve ölçümlerle alınan sonuçlar değerlendirilip karşılaştırılmıştır. Ayrıca dış ortam sıcaklığı, laboratuvar sıcaklığı ve seralar iç sıcaklıkları ve bağıl nem değerleri elektronik veri kaydedicilerle kayıt altına alınarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bulgular kısmı seraların tasarımı ve imalatına yönelik bulgular, sabit ve işletme maliyetlerine ilişkin bulgular, serinletme sistemlerinin etkinliklerine ait bulgular ve bitki gelişimlerine ait bulgular olarak 4 başlıkta incelenmiştir.

4.1. Seraların Tasarımı ve İmalatına Yönelik Bulgular

4.1.1. Sera Havalandırma Açıklıkları ve Havalandırma Debisi

Seraların havalandırma açıklıkları tasarlanırken çatı havalandırması sera taban alanının %15-20'si olacak kadar tasarlanmıştır. Yan pencereler ise çatı havalandırmasının 2/3'ü olacak şekilde tasarlanmıştır (Yağcıoğlu 2009). Taban alanları 6 m² olan araştırma seralarında çatı havalandırmaları açılır kapanır sistemli olup iki bölmeli olarak imal edilmiştir. Her bölme 1 m² olarak tasarlanmış sera denemelerinde sera iç nem ve sıcaklık durumuna göre 1 bölme veya 2 bölmenin açılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sera yan pencereleri 0,70 m² olarak imal edilmiştir.

Zorlamalı havalandırmanın toplam hava debisi hesabı 3.1'nolu eşitlikle standart havalandırma hızı katsayısı yaz ayları için 0,04 m³/s·m² alınmıştır (Yağcıoğlu, 2009). Gerçek havalandırma debisi bulunurken standart havalandırma debisi düzeltme faktörleriyle çarpılır. Bu nedenle öncelik olarak düzeltme faktörlerinin belirlenmesi gerekir. Seraların kurulduğu bölgenin yükseltisine göre düzeltme faktörü F_y, Çizelge 4.1'de verilmiştir. (Anonim, 1993).

Çizelge 4.1 Yükselti Farkına Göre Düzeltme Faktörü (F_y)

Yükselti (m)	<300	300	600	900	1200	1500
F_y	1	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20

Deniz seviyesine göre yükseklik farkı arttıkça hava yoğunluğu azalmaya başlamaktadır. Bu nedenle çizelge 4.1 de görüldüğü gibi alçak bölgelerde kurulmuş seralar yüksek yerlerde kurulmuş seralara göre aynı miktar ısıyı dışarı atabilmek için daha az miktarda hava değişimine ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Aydın ili deniz seviyesi 300 m'den küçük olduğu için F_y düzeltme katsayısı 1 olarak alınmıştır. Seralardaki zorunlu hava değişimini etkileyen faktörlerin başında seraya ulaşan güneş ışınım miktarı gelmektedir. Seraya gelen güneş enerjisi miktarı arttıkça yapılması gereken hava değişim hızı da o kadar artar. Işınımsal aydınlık şiddetine göre düzeltme faktörü F_i , Çizelge 4.2'den seraların bulunduğu bölgenin ışınımsal aydınlık şiddetine göre seçilmiştir.

Çizelge 4.2 Seralara Gelen Işınımsal Aydınlik Şiddetine Göre Düzeltme Faktörü (F_i)

Işınımsal aydınlık şiddeti (W/m^2)	160	180	200	220
F_i	0,8	0,9	1	1,1

Sera iç ve dış sıcaklık farkına göre standart havalandırma hızı düzeltme faktörü F_k , Çizelge 4.3'ten sıcaklık farkı 5 °C olacak şekilde seçilmiştir.

Çizelge 4.3 Sera İç ve Dış Sıcaklık Farkına Göre Düzeltme Faktörü (F_k)

Sıcaklık (°C)	5	5,5	6	6,5	7	8	8,5
F_k	1,67	1,5	1,37	1,25	1,15	1,07	1

Düzeltilme faktörleri belirlendikten sonra eşitlik 3.1 yardımıyla standart havalandırma gereksinimi **0,24 m³/s** olarak bulunmuştur. Standart havalandırma gereksiniminin düzeltme faktörleri ($D_{\check{c}}=F_y \cdot F_i \cdot F_k$) ile çarpılmasıyla gerçek havalandırma gereksinimi ise **0,32 m³/s** (1152 m³/h) olarak hesaplanmıştır.

4.1.2. Fan Seçimine İlişkin Bulgular

Seralarda fan sayısı sera büyüklüğüne bağlı olarak eşitlik 3.4'e göre belirlenmiştir. Kurulan araştırma seralarının 3 metre olan yan duvar uzunluğuna göre ihtiyaç olan fan sayısı her serada 1'er adet olarak hesaplanmıştır. Sisleme sistemli seraya montajlanacak fan için eşitlik 3.5'e göre belirlenen fan kapasitesi havalandırma gereksinimin fan sayısına (1) bölünmesiyle zorlamalı havalandırma için asgari olarak **0,32 m³/s** (1152 m³/h) debiye sahip olunması gerekmektedir. Sisleme sistemli seraya **0,32 m³/s** (1152 m³/h) debiyi karşılayabilecek **0,41 m³/s** (1500 m³/h) debili standart üretim olan kare formda 110 W gücünde 230 V gerilimle ve 50 Hz frekansla çalışan 2350 d/d devirli ve fan çapı 238 mm olan 1 adet fan montajlanmıştır. Fan-ped sistemli seraya yerleştirilecek fan için standart havalandırma gereksinimi sera büyüklüğüne bağlı olarak **0,24 m³/s** olarak belirlenmiştir. Nemli yüzeylerle serinletmede gerçek havalandırma gereksinimi bulunurken çarpılan düzeltme faktörü F_k yerine fan ve ped arasındaki sıcaklık farkına bağlı düzeltme faktörü F_s ile çarpılmıştır (Yağcıoğlu, 2005).

Yapılan hesaplamalar sonucunda fan-ped sistemli seranın gerçek havalandırma ihtiyacı **0,6 m³/s** (2160 m³/h) olarak bulunmuştur. Fan-ped sistemli serada düzeltme faktörleri bulunurken seranın yükseltisine göre düzeltme faktörü F_y , değeri çizelge 4.1'den seraların bulunduğu bölgenin yükseltisine göre seçilmiştir. Işınımsal aydınlık şiddetine göre düzeltme faktörü F_1 , çizelge 4.2'den seraların bulunduğu bölgenin ışınımsal aydınlık şiddetine göre seçilmiştir. Fan-ped arası sıcaklık farkına göre hava hızı düzeltme faktörü F_s , Çizelge 4.4'ten sıcaklık farkı 5 °C olacak şekilde seçilmiştir.

Çizelge 4.4 Fan ile Ped Arasındaki Sıcaklık Farkına Göre Hava Hızı Düzeltme Faktörü (F_s)

Fan-ped arası sıcaklık farkı (°C)	3,5	4	4,5	5	5,5
F_s	1,75	1	0,88	0,78	0,7

Ped ile fan arası mesafe değerine göre düzeltme faktörü F_s değeri ped ile fan arasındaki 2 m'lik mesafeye göre 2,5 değerinde seçilip hesaplanmıştır. **0,6 m³/s** (2160 m³/h) fan debisini karşılamak için seraya kolay montajlanan standart üretim **1,27 m³/s** (4600 m³/h) debili 190 W gücünde 230 V gerilimle ve 50 Hz frekansla çalışabilen kare formda standart üretim bir fan seraya montajlanmıştır.

4.1.3. Ped Seçimine İlişkin Bulgular

Fan-ped sistemli sera için seçimi yapılan fanın fan gücü 190 W olarak belirlendikten sonra ped alanı 190 W güce göre Çizelge 4.5'e göre 2.8 m² ped alanı olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.5'te seçimi yapılan fanın ve seralarda genel olarak kullanılan fanların bazı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.5 Seralarda Kullanılan Fanların Debi, Güç Gereksinimleri ve Gerekli Ped Alanı (Yağcıoğlu, 2009)

Fan çapı (mm)	Debi (m ³ /s 25 Pa)	Güç isteği (W)	Pad alanı (m ² /fan)
609	2,2	190	2,8
609	2,7	250	3,3
609	3,1	380	3,9
762	3,5	250	4,4
762	4,2	380	5,2
762	4,8	560	6

Sera kenar uzunluğuna ve ped alanına göre ped ölçüleri eşitlik 3.6 yardımıyla standart üretim ped'lerden en uygun ölçüler seçilerek 15x90x250 cm ebatlarında bir ped, fan-ped sistemli seraya montajlanmıştır. Koç ve Yıldız (2007), farklı su debilerinde fan-ped sisteminin en uygun soğutma etkinliğini bulmak için yaptıkları çalışmada yatay yerleştirilmiş ped sistemi için birim ped uzunluğunu her metresi için dakikada 2 lt su debisini sistemin serinletme etkinliği kapsamında en ideal olarak önermişlerdir. Proje kapsamında kurulan fan-ped sisteminde yapılan ön denemelerde birim ped uzunluğunun her metresinde dakikada 1 lt, 2 lt ve 3 lt olarak sistem ön denemelerle çalıştırılmıştır. Soğutma üniteli fan-ped sistemi 3 farklı debide yapılan ön denemelerin hepsinde istenen 28 °C'lik en yüksek sera iç sıcaklık değerine zorlanmadan düşürebilmiştir. Bu nedenle sistem birim ped uzunluğunun her metresi için dakikada 1 lt su debisine ayarlanarak denemelere başlanmıştır. Denemelerin ilerleyen günlerinde oluşan 37 °C'lik sera iç sıcaklarında dakikada 1 lt olan su debisinde istenen 28 °C'lik en yüksek sera iç sıcaklık şartı için nispeten yetersiz olduğu anlarda su debisi birim ped uzunluğunun her metresi için dakikada 1,5 lt olarak ayarlanmıştır.

4.1.4. Soğutucu Seçimine İlişkin Bulgular

Seraların yaz döneminde ortalama sera dış sıcaklığı 40 °C ve domates ile hıyar yetiştirilme sıcaklığı olarak sera iç sıcaklığı en yüksek 28 °C olarak belirlenmiştir. Eş model seraların soğutma ihtiyacı hesaplanırken eşitlik 3.7'den yararlanılarak seraların en az 2160 W soğutma ihtiyacı olduğu belirlenmiştir. Soğutma ihtiyacına göre soğutucu seçimi eşitlik 3.8'den yararlanılarak yapılmıştır. Soğutma kapasitesi 3200 W olan bir soğutucu sisleme sistemli sera ve fan-ped sistemli seranın soğuk su ihtiyacını karşılamak için sisteme entegre edilmiştir. Seçimi yapılan soğutma sistemi sanayi tip kullanım amaçlı olmasından ötürü sistem standart üretim bandındaki en küçük kapasiteli soğutucudur. Soğutma ünitesi kapasite bazında kendi sınıfında en küçük kapasiteli olmasına karşın yapılan hesaplamalar neticesinde model seralar için yeterli düzeydedir. Soğutma ünitesinin soğutma kapasitesi seraların soğutma ihtiyaçlarından daha yüksek olması, sistemi daha elverişli kılmış ayrıca sera boyutları daha büyük olan seralar için de kullanım olanağı sunabilmektedir. Soğutma ünitesi şebeke suyu sıcaklığı ortalama 28 °C olduğu ortamda farklı derecelerde soğuk su çıkışı verebilmektedir. Bitkisel denemelerden önce sistemin ön denemeleri yapılmıştır. Yaz sıcaklık koşullarını sağlamak için laboratuvar içerisine ısıtıcılar yerleştirilerek ortam sıcaklığı 32-33 °C seviyelerine getirilmiştir. Soğutucu ünite 2,4,6,8 ve 10 derecelerde denenmiş işletme maliyetleri ve yetiştirilecek ürünlerin bitkisel istekleri doğrultusunda 8 °C'nin 32-33 °C sıcaklıklar için yeterli olduğu görülmüştür. 35-36 °C sıcaklıklarda ise sistem suyu sıcaklığı 4 °C'ye düşürülmüştür. Soğutma ünitesi 212 litrelik soğuk su deposuna sahiptir. Sistem çalıştırıldığında 212 litre suyun sıcaklığını ortalama olarak her 2 dakikada 1 °C düşürebilmiştir. Her ne kadar sistem fabrika verisi olarak antifriz katkısı ile -50 °C'lere kadar soğutma yapabildiği söylene de bitkisel üretim adına yeterli su sıcaklığına ulaşıldığından sistem 2 °C'nin altında denenmemiştir. Çizelge 4.6'da farklı sıcaklık değerlerindeki soğutma sularının elektrik tüketim değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.6 Farklı Sıcaklık Değerlerindeki Soğutma Sularının Elektrik Tüketim Değerleri

Su Sıcaklıkları	Zaman	Elektrik Tüketimi
2 °C	53 dakika	2,95 kW/h
4 °C	44 dakika	2,45 kW/h
6 °C	36 dakika	2,0 kW/h
8 °C	30 dakika	1,67 kW/h
10 °C	26 dakika	1,40kWh

Çizelge 4.6’da verilen değerler şehir şebeke su sıcaklığı 23 °C, 24 °C ve 25 °C ortalama değerlerinde sera iç sıcaklığının 30 °C, 33 °C ve 36 °C değerlerinin bulunduğu günlerdeki ölçüm ortalamaları olarak hesaplanmıştır. Serinletme sistemlerinin çalıştırılarak bitki yetiştirilme sıcaklığı için belirlenen 28 °C ve aşağısına geldiği su sıcaklığı 8 °C olarak bulunmuştur. Sera iç sıcaklıklarının 61 günlük yetiştirme periyodunda 40 °C ve üstü olduğu anlarda sıcaklığı uygun sera iç sıcaklığına düşürmek için zaman zaman sistemde 6 °C’lik ve 4 °C’lik soğuk su sağlayacak biçimde de çalıştırılmıştır. Sistem farklı derecelerdeki soğuk su ile de başarıyla çalışmasına karşın sistemin genel olarak 8 °C’lik soğuk su ile çalıştırılması tamamen işletme giderleri göz önünde bulundurularak düşük elektrik tüketimi değeri elde etmek amacıyla tercih edilmiştir. Sera boyutları arttırıldığında veya seraların kurulduğu bölge sıcaklıkları mevsim normallerinin üzerine çıktığında belli bir noktaya kadar soğutma ünitesi yeterli soğutmayı yapabilecek düzeydedir. Yapılacak soğutma ihtiyacı hesabına göre daha büyük seralar veya daha sıcak durumlar için soğutma ünitesinin yetersiz kaldığı anlarda daha büyük kapasiteli soğutucuların temini mümkündür. Farklı tiplerde bazı soğutma üniteleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Farklı Kapasitelerdeki Bazı Soğutma Üniteleri

Tip	Kapasite (kcal/h)	Motor Gücü (hp)	Ağırlık (kg)	Su Bağlantısı (inç)
1	2500	1	116	3/4
2	3750	1.5	125	3/4
3	5000	2	172	1
4	7500	3	183	1
5	10000	4	194	1
6	12500	5	205	1

Soğutma kapasitesi arttıkça soğutma ünitesinin ağırlığı da boyutlarıyla beraber belli oranda artmaktadır. Yüksek soğutma kapasitesine sahip soğutma üniteleri her ne kadar büyüklüğü ve ağırlığı bakımından dezavantajlı görünse de seralarda kullanımı kolaydır. Seranın içinde veya dışında oldukça rahat kullanılabilir. Soğutma ünitesi suya toza ve aşınmalara karşı oldukça dayanıklıdır.

4.1.5. Güneş Paneli Seçimine İlişkin Bulgular

Seralardaki elektrikli aletlerin enerji tüketimlerini karşılayabilecek güneş enerjisi için gerekli panel gücü, panel sayısı, akü kapasitesi ve akü sayısı eşitlik 3.9 ile 3.14 arasındaki eşitliklerden faydalanılarak belirlenmiştir. Sistemde saatlik enerji tüketimi 110 W ve 190 W olan 2 adet fan, 50 W olan bir adet sisleme cihazı ve 3000 W olan bir soğutma cihazı vardır. Bu aletlerin saatlik toplam enerji tüketimleri 3350 W olarak belirlenmiştir. Soğutma ünitesine bağlı serinletme sistemli seralar denemeler süresince serinletme ihtiyacına göre günlük ortalama olarak 6 saat çalıştırılmıştır. Cihazlar için gerekli olan toplam enerji gereksinimleri 20100 Wh olarak hesaplanmıştır. Denemeler süresince Koçarlı bölgesindeki güneşlenme süresi ortalamaları baz alınarak 2 kWh'lik bir güneş enerjisi sistemine ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Yaklaşık 250 W gücünde 8 adet güneş paneli ve 4 adet 200 Ah kapasiteli jel akü ile bu ihtiyaç karşılanabilmektedir. Proje bütçesi kapsamında gerek duyulan kapasitenin 1 kW'lık kısmını karşılayabilecek bir güneş enerjisi sistemi kurulmuştur. Bu sistemde 8 adet 130 W'lık güneş paneli ve 6 adet 100 Ah'lik aküler kullanılmıştır. Elektrik tüketimi daha fazla olan seralarda yüksek kapasiteli güneş enerjisi sistemleri kullanılarak ilk yatırım maliyetleri artsa işletme maliyetlerini düşürmek mümkündür. Çizelge 4.8'de farklı kapasitelerdeki güneş enerjisi sistemlerinin bazı özellikleri ile güncel fiyatları verilmiştir (Anonim 2019f).

Çizelge 4.8 Güneş Enerjisi Sistemleri ve Güncel Fiyatları (Anonim, 2019f)

Kapasite (kW)	Panel gücü (W)	Panel sayısı (adet)	Akü kapasitesi (Ah)	Akü sayısı (adet)	Fiyat (₺)
1 kW	275	4	120	2	8700
1,5 kW	275	6	200	2	11800
2 kW	275	8	120	4	16200
3 kW	275	12	200	4	22800
4 kW	275	16	200	8	36000

Ortalama 50 yıl kullanım süresi olan güneş panelleri için tam kapasiteli kullanımlarda işletme maliyetleri kurulum maliyetinden fazla olduğu için özellikle güneşçe zengin olan bölgelerde güneş enerjisi kullanımı avantajlıdır.

4.1.6. Sistem Etkinliği Analizi

Sistem etkinliği seralarda kullanılan sisleme sistemine ve fan-ped sistemine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda eşitlik 3.15 ve 3.16 kullanılmıştır. Sisleme sisteminin sistem etkinliği hesaplanırken sera iç nem değeri %70 olarak ölçülmüş ve sisleme sisteminin serinletme etkinliği %62 olarak hesaplanmıştır. Sisleme sistemli serada yapılan ölçümlerde genel olarak 5-6 °C'lik sera dış ortamına göre düşük sıcaklık ölçümleri gözlenmiştir. Fan-ped sistemli serada sistem etkinliği hesaplanırken ölçülen nem değeri %50 ve hesaplanan serinletme etkinliği %87 olarak bulunmuştur. Fan-ped sistemli serada yapılan ölçümlerde sera dış ortam sıcaklığına göre genel olarak 8-9 °C'lik daha düşük sıcaklık ölçümleri gözlenmiştir. Nem değeri sistem etkinliğinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Yapılan ölçümlerde nem değeri arttıkça soğutma etkinliğinin düştüğü belirlenmiştir. Çizelge 4.9'da artan nem değerine göre ölçülen bazı sıcaklık değerleri verilmiştir

Çizelge 4.9 Nem Değerlerine Göre Bazı Sıcaklık Değerleri

Nem	Ped'e Giren Sıcaklık	Ped'den Çıkan Sıcaklık
%48	35 °C	24 °C
%48	30 °C	19 °C
%58	35 °C	25 °C
%58	30 °C	20 °C

Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi nem değeri arttıkça ped'e giren havanın sıcaklığı aynı olsa da ped'den çıkan sıcaklık değeri de doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle sera içi nem değerlerini düşük tutmak sistemin soğutma etkinliğini arttırmada yardımcı olacaktır. Fan-ped sistemli seranın sera içi oransal nem değeri sisleme sistemli seraya göre daha düşük değerlerdedir. Nem değerinin düşük olması soğutma etkinliğinin başarısında etkili olduğu gibi bitkilerdeki bakteriyel hastalıkların önlenmesi açısından da önem arz eder.

Fan-ped sistemli sera için doğru tasarlanmış bir fan-ped sisteminde sistem etkinliği %70-80 seviyelerinde olması beklenmektedir (Montero vd., 1981). Bu bakımdan fan-ped sistemli seranın uygun niteliklere sahip olduğu görülmektedir.

4.2. Sabit ve İşletme Maliyetlerine İlişkin Bulgular

Serinletme ünitelerinin montajı ve soğutma ünitesi bağlantıları dahil olmak üzere çalışmanın hiçbir kısmında hizmet alımı gerçekleştirilmemiştir. Bu nedenle 2 aylık kurulum aşamasında işçi ücreti maliyet olarak dahil edilmemiştir. Sisleme sistemli seranın sabit maliyetler ve toplamı Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.10 Sisleme Sistemli Seraya Ait Sabit Maliyetler ve Toplamı

Maliyet unsuru	Adet	Maliyet (₺)
Soğutma ünitesi	1	10.000,00
Güneş enerjisi sistemi	1	9.000,00
Sisleme sistemi	1	4.000,00
Polikarbonat panel	4	1.000,00
Fan	1	250,00
Sera demiri (6 m)	15	150,00
Saksı	10	100,00
Diğer	-	1.000,00
Toplam İmalat Maliyeti		25.500,00

Sisleme sistemine sahip seranın toplam sabit maliyet **25.500,00 ₺** civarında olup burada sunulan maliyetler perakende fiyatlar üzerindedir. Sabit maliyetler içindeki diğer maliyetler kullanılan sera toprağı, civatalar, kelepçeler, poliüretan köpükler, termal bantlar, su bağlantı boruları ve elektrik bağlantı kablolarını kapsamaktadır.

Fan-ped sistemli seranın sabit maliyetleri ve toplamı Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Fan-Ped Sistemli Seraya Ait Sabit Maliyetler ve Toplamı

Maliyet unsuru	Adet	Maliyet (₺)
Soğutma ünitesi	1	10.000,00
Güneş enerjisi sistemi	1	9.000,00
Polikarbonat panel	4	1.000,00
Fan	1	250,00
Ped	1	300,00
Sera demiri (6 m)	15	150,00
Saksı	10	100,00
Diğer	-	1.000,00
Toplam İmalat Maliyeti		21.800,00

Fan-ped sistemli seranın toplam sabit maliyet: **21.800,00 ₺** olup burada sunulan maliyetler perakende fiyatlar üzerindedir. Sabit maliyetler içindeki diğer maliyetler sera toprağı, cıvatalar, kelepçeler, poliüretan köpükler, termal bantlar, su bağlantı boruları ve elektrik bağlantı kablolarını kapsamaktadır. Güneş enerjisi sistemi ve soğutma ünitesi hem sisleme sistemli serada hem de fan-ped sistemli serada ortak olarak kullanıldığı için her iki maliyet cetvelinde de proje sabit kalemi olarak yer verilmiştir. Sisleme sistemli sera ile fan-ped sistemli sera kurulum maliyetleri yönünden karşılaştırıldığında sisleme sistemli sera kurulum maliyeti **25.500,00 ₺**, fan-ped sistemli sera **21.800,00 ₺** kurulum maliyetine sahip olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan bu tabloda iki sera arasında **3.700,00 ₺**'lik fark bulunmaktadır. İki sera arasındaki 3.700,00 ₺'lik fark nedeniyle fan-ped sistemli seranın daha ekonomik olduğu görülmektedir. Projenin sabit maliyetleri belirlendikten sonra iki sera için ayrı ayrı işletme maliyetleri belirlenmiştir. Projedeki işletme maliyetleri belirlenirken proje kapsamında denemeleri yapılan domates ve hıyar bitkisinin 61 günlük yetiştirilme periyodu üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Projedeki sisleme sistemli seraya ait işletme maliyetleri ve toplamı aylık olarak Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Sisleme Sistemli Seraya Ait İşletme Maliyetleri ve Toplamı (Aylık)

Maliyet unsuru	Miktar	Maliyet (₺)
Elektrik (kW)	568,8	305,00
Su (litre)	1130	9,00
Gübre	-	-
İlaç	-	-
İşçilik (1 işçi /2ay)	-	-
Toplam işletme maliyeti		314,00
Güneş enerjisi geri kazanım		-150,00
Net toplam işletme maliyeti		164,00

Sisleme sistemli seraya ait net toplam işletme maliyeti aylık **164,00 ₺** civarında olup burada sunulan maliyetler güncel elektrik kWh bedeli 53,75 kuruş ve güncel su tüketim bedeli 0 ile 10 m³ tüketim bedeline karşılık 1 m³ su bedeli 4,50 ₺ alınarak belirlenmiştir. Projedeki su tüketim miktarı sisleme cihazının tükettiği su ve bitki sulama suyu toplam miktardır.

Fan-ped sistemli seraya ait işletme maliyetleri ve toplamı aylık olarak Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 Fan-Ped Sistemli Seraya Ait İşletme Maliyetleri ve Toplamı (Aylık)

Maliyet unsuru	Miktar	Maliyet (₺)
Elektrik (kW)	574	309,00
Su (litre)	50	4,50
Gübre	-	-
İlaç	-	-
İşçilik (1 işçi /2ay)	-	-
Toplam işletme maliyeti		313,50
Güneş enerjisi geri kazanım		-150
Net toplam işletme maliyeti		163,50

Fan-ped sistemli seraya ait net toplam işletme maliyeti aylık **163,50 ₺** civarında olup burada sunulan maliyetler güncel elektrik kWh bedeli 53,75 kuruş ve güncel su tüketim bedeli 0 ile 10 m³ tüketim bedeline karşılık 1 m³ su bedeli 4,50 ₺ alınarak belirlenmiştir. Tablodaki su tüketim değeri bitki beslenmesinde kullanılan suyu belirtmektedir.

Fan-ped sisteminde kullanılan su ped'den geçirildikten sonra toplama kabından soğutma ünitesinin deposuna geri gönderildiği için sürekli olarak bir su tüketim değeri olmamaktadır. Bitki yetiştirme periyodunda bitkilere herhangi bir gübre ve ilaç uygulanmamıştır. Fan-ped sistemin de tek seferlik su tüketim miktarı ₺ cinsinden sabit gider tablosuna eklenmiştir. Her iki sistem için işletme giderleri karşılaştırıldığında sisleme sistemi için aylık **164,00 ₺**, fan-ped sistemli sera için **163,50 ₺** olduğu görülmektedir. Her ne kadar aylık olarak fan-ped sistemli sera için işletme giderleri tabloya göre daha az olsa da iki sistem için işletme giderleri arasındaki fark önemsenmeyecek düzeydedir.

4.3. Serinletme Sistemi Etkinliklerinin Bitki Yetiştiriciliği Üzerine Etkilerine İlişkin Bulgular

2 farklı serinletme sistemine sahip 2 ayrı araştırma serasında domates ve hıyar bitkisi beraber yetiştirilmiştir. Seralardaki 2 bitki için de ortak iklim istekleri, gelişimlerine uygun biçimde 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 bağıl nem değerlerinde olacak şekilde belirlenmiştir. İklim kontrollü sera dış ortam sıcaklık değeri 28 °C'yi aştığı anlarda Serinletme sistemleri çalıştırılmaya başlatılmıştır. Daha önce soğutma suyu sıcaklıklarının belirlenmesi için yapılan ön denemeler iklim parametreleri ve maliyet açısından 8 °C'lik su kullanımı yeterli görülmüştür. Araştırma kapsamında dış ortam sıcaklığı, laboratuvar iç sıcaklığı ve sera iç sıcaklıkları ile nem değerleri elektronik kayıt cihazları ile kaydedilmiştir. Bitkiler için yaprak sayısı, gövde kalınlığı ve boy uzama miktarları için gerekli ölçümler yapılmıştır. Alınan veriler ve yapılan gözlemlerle iki sistem arasındaki farklar bitki gelişim parametrelerine göre değerlendirilip çizelgeler ve şekillerle açıklanmıştır. Bitkisel denemeler 01.05.2019 tarihinde başlayıp 30.06.2019 tarihinde sonlandırılmıştır. Toplamda 8 haftalık bitki gelişimi gözlenmiştir. Bitki gelişimi haftalara bölünerek her hafta sonunda ölçümler ve gözlemlerle kayıt altına alınmıştır. Her gün ve saat için kayıt alma işlemleri gerçekleştirilmiş olsa da bitki yetiştirme denemeleri çerçevesinde yetiştiriciliğin 7. gün, 14. gün, 20. gün, 27. Gün, 34. gün, 43. gün, 50. gün, 55. gün ve 61. gün örnekleri için istatistiki değerlendirilmeleri yapılmıştır. Domates ve hıyar bitkileri için haftalık olarak dijital kumpas yardımıyla bitki gövde kalınlığı (Gk) ölçümü gerçekleştirilmiş ayrıca yine haftalık olarak bitki boyu (Bb) metre ile ölçülmüş ve bitkilerin yaprak sayısı (Ys) haftalık olarak kaydedilmiştir. Şekil 4.1'de bitkilerde yapılan ölçümler gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Bitkilerde Yapılan Bazı Ölçümler

Sera içinde sıcaklık ve nem değerleri elektronik kayıt cihazları ile kaydedilirken kumpas ile ölçülen haftalık bitki gövde kalınlığı, metre ile ölçülen haftalık bitki boyu ve haftalık olarak gözlemleri yapılan bitki yaprak sayısı gibi parametreler, oluşturulan takip çizelgesi not edilmiştir. Kaydedilen değerler çizelge ve şekillerle açıklanırken kısaltmalar kullanılmıştır. Bu kısaltmalardan bazıları sisleme sistemli sera (Ss), fan-ped sistemli sera (Fp), dış ortam (Do), laboratuvar ortamı (Lab), şeklinde gösterilmiştir. Ayrıca güneşlenme süresi (Gs), güneş radyasyonu (Gr), bağıl nem (Bn), sıcaklık (Sıc) şeklindedir. Sera içinde elektronik cihazlarla yapılan bazı kayıt işlemleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

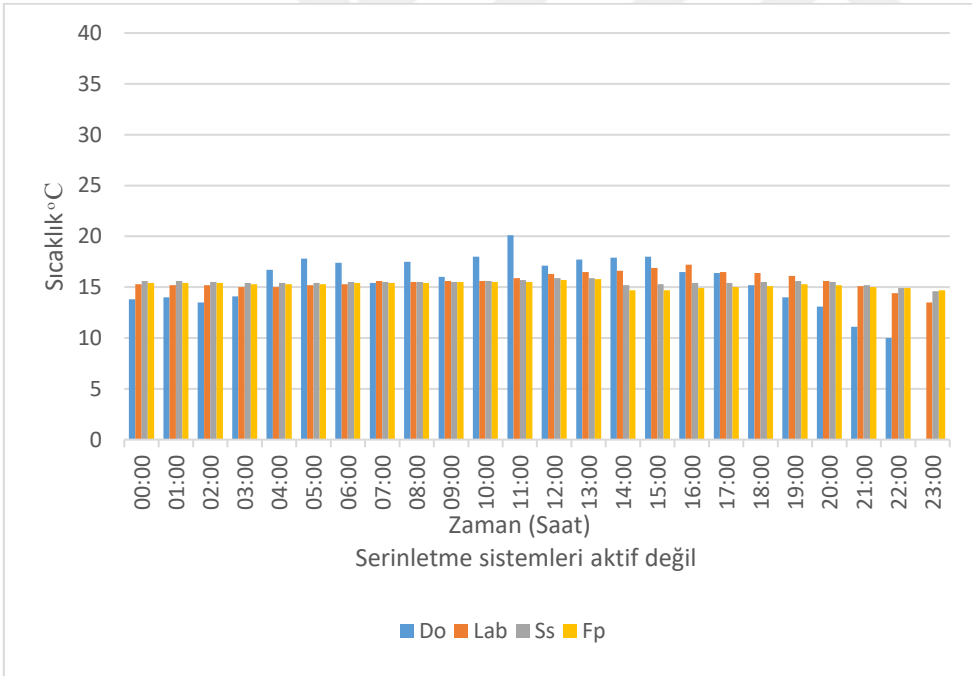


Şekil 4.2 Bitkilerde Yapılan Bazı Kayıt İşlemleri

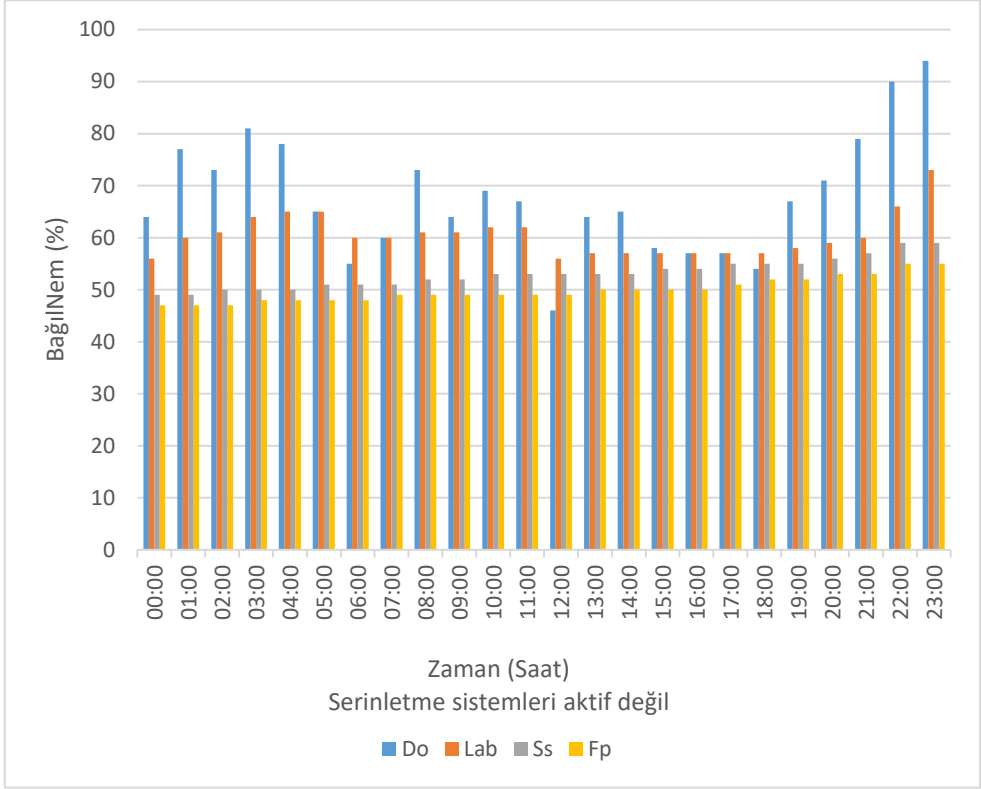
Seraların içlerinde serinletme sistemleri aktif olarak çalıştığı zaman dilimlerinde gerçekleştirilen sıcaklık ve nem değerleri en düşük (Ssed), ortalama (Sso) ve en yüksek (Ssey) değerler biçiminde kayıt cihazları ile otomatik olarak alınmıştır. Denemelerin yapıldığı ortam ADÜ-Ziraat Fakültesi Güney kampüs binasında ara kattır. Laboratuvar da 4 adet açılır cam vardır ve güneye bakmaktadır. Laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi camların açık veya kapalı oluşundan, bina ısıtma ve soğutma sistemlerinin çalışmasından, etkilendiği için Laboratuvar sıcaklık ve nem değerleri dış ortam sıcaklık ve nem değerlerinden bağımsız olarak farklılıklar gösterebilmektedir.

Bitkisel denemelerin birinci haftası 7. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.14’te verilmiştir.

Denemelerin birinci haftası 7. gününde çizelge 4.14'te görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 10,0 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 20,1 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 13,5 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 17,2 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 14,6 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 15,9 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 14,7 °C ve en yüksek 15,8 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalaması ise sırayla 15,6 °C, 15,6 °C, 15,4 °C ve 15,2 °C'dir. Güneş enerjisi desteği olan sistem için günlük en yüksek güneş radyasyonu 278,1 W.h/m² olarak ölçülmüştür. Ayrıca günlük güneşlenme süresi 7,6 saattir. Denemelerin 7. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.3'te bağlı nem değerleri grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3 Denemelerin 7. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği



Şekil 4.4 Denemelerin 7. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği

Grafik ve çizelgede de görüldüğü gibi denemelerin ilk 7 günlük ortalama değerlerinde ortam sıcaklıkları 28 °C'yi aşmadığı için serinletme sistemleri çalıştırılmamıştır. Serinletme sistemleri aktif olmadığı için seralar iç sıcaklığı, laboratuvar ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklık değerleri arasında önemli düzeyde bir farklılık yoktur. Bu nedenle denemelerin 7. gününe ait istatistiki analizi yapılmamıştır.

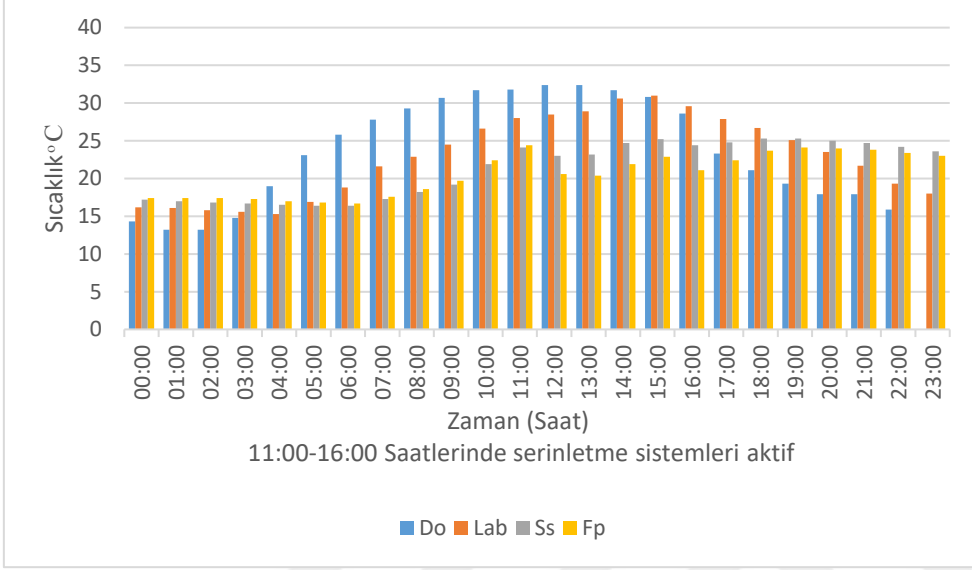
Denemelerin 14. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15 Denemelerin 14. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri

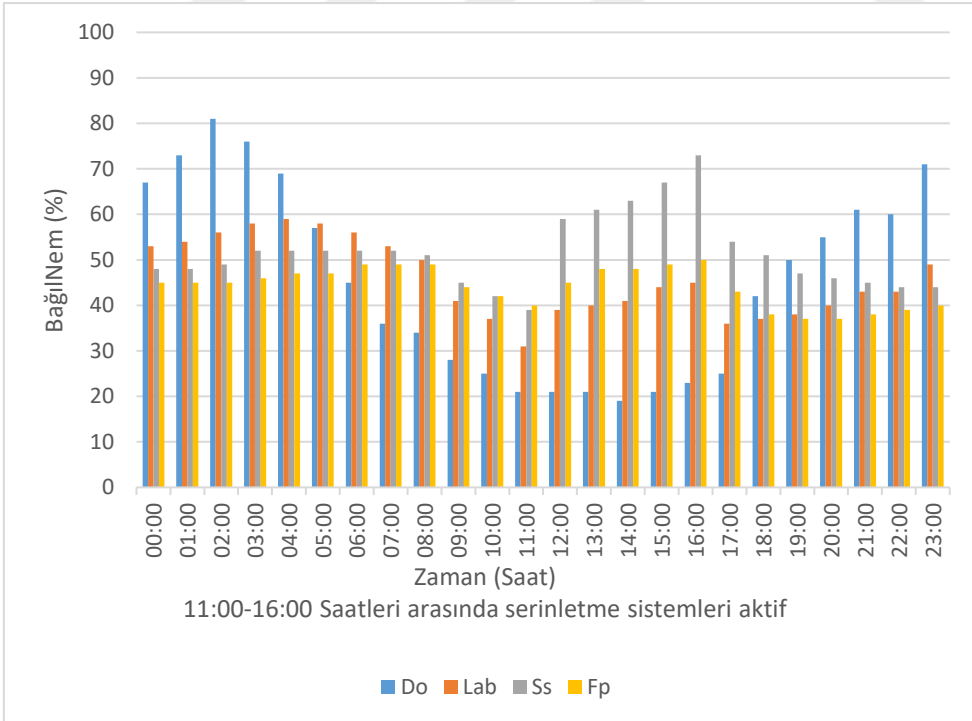
Saat	Gs(h)	Gr(W/m ²)	Sıcaklık (°C)				Bağıl nem (%)			
			Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
-	Do	Do	Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
00:00	0,0	0,0	15,4	16,2	17,2	17,4	67	53	48	45
01:00	0,0	0,0	14,3	16,1	17,0	17,4	73	54	48	45
02:00	0,0	0,0	13,2	15,8	16,8	17,4	81	56	49	45
03:00	0,0	8,0	13,2	15,6	16,7	17,3	76	58	52	46
04:00	0,0	46,8	14,8	15,3	16,5	17,0	69	59	52	47
05:00	0,0	142,6	19,0	16,9	16,4	16,8	57	58	52	47
06:00	0,0	218,8	23,1	18,8	16,4	16,7	45	56	52	49
07:00	0,4	256,8	25,8	21,6	17,3	17,6	36	53	52	49
08:00	1,0	301,8	27,8	22,9	18,2	18,6	34	50	51	49
09:00	1,0	324,1	29,3	24,5	19,2	19,7	28	41	45	44
10:00	1,0	321,1	30,7	26,6	21,9	22,4	25	37	42	42
11:00	1,0	276,0	31,7	28,0	24,1	24,4	21	31	39	40
12:00	1,0	269,8	31,8	28,5	23,0	20,6	21	39	59	45
13:00	1,0	219,7	32,4	28,9	23,2	20,4	21	40	61	48
14:00	1,0	147,9	32,4	30,6	24,7	21,9	19	41	63	49
15:00	0,3	48,0	31,7	31,0	25,2	22,5	21	44	67	48
16:00	0,0	13,0	30,8	29,6	24,0	21,5	23	45	73	48
17:00	0,0	0,3	28,6	27,9	24,8	22,4	25	36	54	43
18:00	0,0	0,4	23,3	26,7	25,3	23,7	42	37	51	38
19:00	0,0	0,0	21,1	25,1	25,3	24,1	50	38	47	37
20:00	0,0	0,0	19,3	23,5	25,0	24,0	55	40	46	38
21:00	0,0	0,0	17,9	21,7	24,7	23,8	61	43	45	38
22:00	0,0	0,0	17,9	19,3	24,2	23,4	60	43	44	40
23:00	0,0	0,0	15,9	18,0	23,6	23,0	71	49	44	40
Ssed	0,0	13,0	30,8	28,0	23,0	20,4	19	31	39	40
Sso	0,71	162,4	31,8	29,4	24,1	22,8	21	40	60,3	46,6
Ssey	1,0	276,0	32,4	31,0	25,2	24,4	23	45	73	49

11:00-16:00 saatleri arasında serinletme sistemleri çalıştırılmıştır.

Denemelerin 14. gününde çizelge 4.15'te görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 13,2 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 32,4 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 15,3 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 31,0 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 16,4 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 25,2 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 16,7 °C ve en yüksek 24,4 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları ise sırayla 23,3 °C, 22,8 °C, 21,2 °C ve 20,5 °C'dir. Çizelgedeki bağıl nem değerleri incelendiğinde dış bağıl nem günlük en düşük %19, laboratuvar ortamında %31 sisleme sistemli serada %39 ve fan-ped sistemli serada %37 olduğu görülmektedir. Günlük en yüksek bağıl nem değerleri sırasıyla %81, %59, %73 ve %49'dir. Ayrıca günlük ortalama bağıl nem değerleri dış ortam için %45,0, laboratuvar ortamında %45,8 sisleme sistemli serada %51,5 ve fan-ped sistemli serada %44,1 olarak bulunmuştur. Denemenin 14. gününde soğutma ünitesi kontrol paneli ile ünitenin deposundaki 20 °C'lik 212 litre su 21 dakikada 12 °C düşürülmüş ve serinletme sistemlerine gönderilecek su sıcaklığı 8 °C olarak ayarlanmıştır. Serinletme sistemleri saat 11:00 dan 16:00'a kadar çalıştırılmıştır. Serinletme sistemleri devrede iken dış ortam sıcaklığı en düşük 30,8 °C, laboratuvar ortam sıcaklığı en düşük 28,0 °C sisleme sistemli sera sıcaklığı en düşük 23,0 °C ve fan-ped sistemli serada en düşük sıcaklık 20,4 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise sırayla 32,4 °C, 31,0 °C, 25,2 °C ve 24,4 °C'dir. Sisleme sistemli sera iç sıcaklığı ile laboratuvar iç sıcaklığı arasındaki en büyük fark saat 14:00 'da 5,9 °C olarak kaydedilirken fan-ped sistemli serada bu değer saat 14:00'da 8,7 °C olarak kaydedilmiştir. Laboratuvar ortam sıcaklığının en yüksek 31 °C olduğu saat 15:00'da sisleme sistemli serada 5,8 °C daha düşük bir sıcaklık varken fan-ped sistemli serada bu fark 8,5 °C seviyelerindedir. Serinletme sistemlerinin aktif olduğu zaman diliminde iki serinletme sistemi arasındaki en büyük sıcaklık farkı saat 13:00 ve 14:00'da fan-ped sistemli serada 2,8 °C daha düşük bir değer olarak ölçülmüştür. Çalışmada serinletme sistemlerine elektrik desteği sağlayan güneş paneli sisteminin ihtiyaç duyduğu gerekli güneş radyasyonu denemelerin 14. günü için en yüksek 324,1 W.h/m²'dir Ayrıca denemelerin 14. gününde günlük güneşlenme süresi 7,7 saat olarak ölçülmüştür. Denemelerin 14. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.5'te bağıl nem değerleri grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.5 Denemelerin 14. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği



Şekil 4.6 Denemelerin 14. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği

Şekil 4.5 ve şekil 4.6'da da görüldüğü gibi denemelerin 14. gününde günlük en yüksek laboratuvar ortamı sıcaklık değeri 31,0 °C olarak kaydedilmiştir. Saat 11:00-16:00 saatleri arasında sistemler 8 °C'lik su ile çalıştırılmış ve seralar iç sıcaklık değerleri düşürülmüştür. Sisleme sistemli serada 23,0-25,2 °C sıcaklık ve %39-73 nem değeri için fan-ped sistemli serada 20,4-24,4 °C sıcaklık ve %40-48 nem değeri için her iki seranın da domates ve hıyar bitkileri yetiştiriciliği için istenen 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 nem değerleri kıstaslarına göre ideal iklim seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Denemelerin 14.gününe ait istatistiki analizi Shapiro-wilk testi Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16 Denemelerin 14. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları

	Gruplar	İstatistik	sd	p
Sıcaklık 14	Laboratuvar	,944	6	,690
	Sisleme S.	,952	6	,757
	Fan-ped S.	,921	6	,513
Nem 14	Laboratuvar	,888	6	,308
	Sisleme S.	,881	6	,274
	Fan-ped S.	,766	6	,069

Çizelge 4.16'da yapılan shapiro wilks testi sonuçlarına göre denemelerin 14. gününe ait tüm grupların sıcaklık verilerinin normal dağılım gösterdiği [Laboratuvar (p=,690; p>0,05); sisleme s. (p=,757; p>0,05); fan-ped s. (p=,513; p>0,05)] görülmektedir. Benzer şekilde 14. güne ait nem verileri de normal dağılım göstermektedir [Laboratuvar (p=,308; p>0,05); sisleme s. (p=,274; p>0,05); fan-ped s. (p=,029; p>0,05)]. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Denemelerin 14. gününe ait ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Denemelerin 14. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık 14	Gruplar arası	18,570	2	90,785	63,828	,000
	Gruplar içi	21,335	15	1,422		
	Toplam	202,905	17			
Nem 14	Gruplar arası	1299,111	2	649,556	11,454	,001
	Gruplar içi	850,667	15	56,711		
	Toplam	2149,778	17			

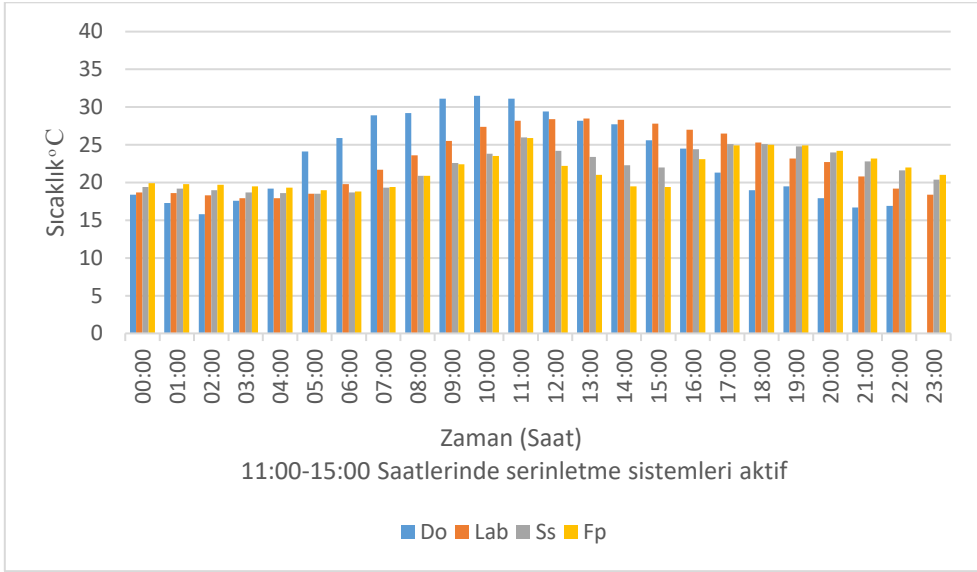
Çizelge 4.17'ye göre gruplar arasında sıcaklık değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği sağlandığı için (sıcaklık 14 $p>0,05$; nem 14 $p>0,05$) LSD testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür.

Denemelerin 20. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.18'de verilmiştir.

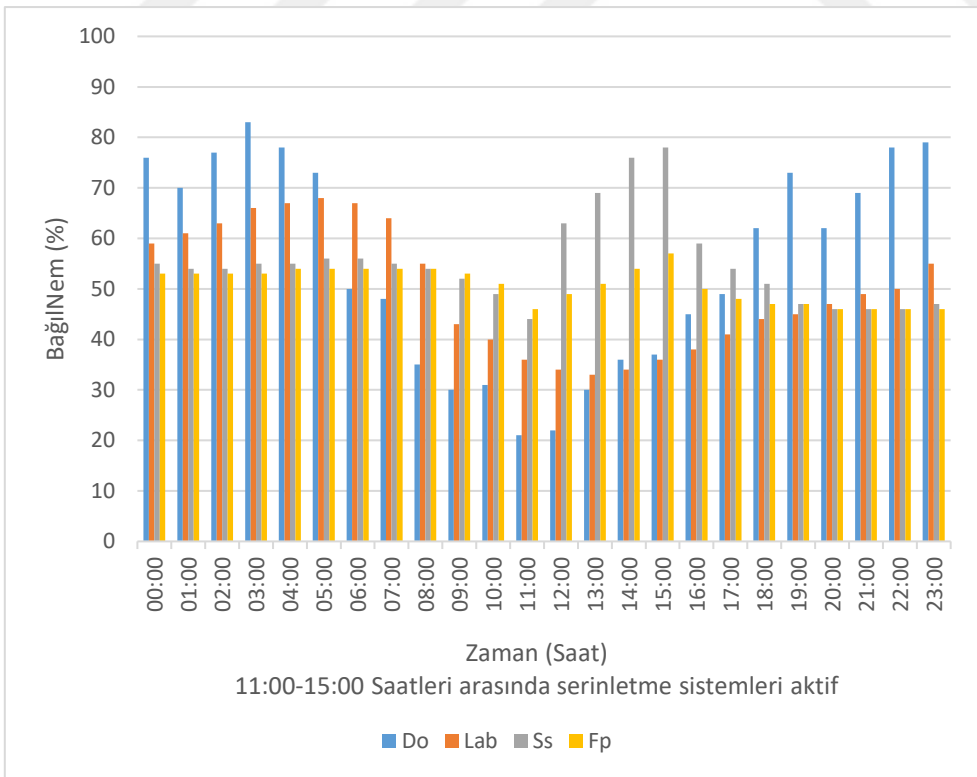
Çizelge 4.18 Denemelerin 20. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri

Saat	Gs(h)	Gr(W/m ²)	Sıcaklık (°C)				Bağıl nem (%)			
			Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
-	Do	Do	Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
00:00	0,0	0,0	17,5	18,7	19,4	19,9	76	59	55	53
01:00	0,0	0,0	18,4	18,6	19,2	19,8	70	61	54	53
02:00	0,0	0,3	17,3	18,3	19,0	19,7	77	63	54	53
03:00	0,0	12,2	15,8	17,9	18,7	19,5	83	66	55	53
04:00	0,0	37,6	17,6	17,9	18,6	19,3	78	67	55	54
05:00	0,0	161,7	19,2	18,5	18,5	19,0	73	68	56	54
06:00	0,0	189,7	24,1	19,8	18,7	18,8	50	67	56	54
07:00	0,0	227,3	25,9	21,7	19,3	19,4	48	64	55	54
08:00	0,0	230,9	28,9	23,6	20,9	20,9	35	55	54	54
09:00	0,1	233,0	29,2	25,5	22,6	22,4	30	43	52	53
10:00	0,5	256,6	31,1	27,4	23,8	23,5	31	40	49	51
11:00	0,9	283,7	31,5	28,2	26,0	25,9	21	36	44	46
12:00	0,8	273,8	31,1	28,4	24,2	22,2	22	34	63	49
13:00	0,8	233,2	29,4	28,5	23,4	21,0	30	33	69	52
14:00	0,3	113,2	28,2	28,3	22,3	19,5	36	34	78	54
15:00	0,0	46,3	27,7	27,8	22,0	19,4	37	36	78	53
16:00	0,0	21,6	25,6	27,0	24,4	23,1	45	38	58	50
17:00	0,0	0,4	24,5	26,5	25,1	24,9	49	41	54	49
18:00	0,0	0,3	21,3	25,3	25,1	25,0	62	44	51	48
19:00	0,0	0,0	19,0	23,2	24,8	24,9	73	45	47	47
20:00	0,0	0,0	19,5	22,7	24,0	24,2	62	47	46	47
21:00	0,0	0,0	17,9	20,8	22,8	23,2	69	49	45	46
22:00	0,0	0,0	16,7	19,2	21,6	22,0	78	50	46	46
23:00	0,0	0,0	16,9	18,4	20,4	21,0	79	55	47	46
Ssed	0,0	46,3	27,7	27,8	22,0	19,4	21	33	44	46
Sso	0,56	190,0	29,5	28,2	23,5	21,6	29,2	34,6	66	51,4
Ssey	0,9	283,7	31,5	28,5	26,0	25,9	37	36	78	54
11:00-15:00 saatleri arasında serinletme sistemleri çalıştırılmıştır.										

Denemelerin 20. gününde çizelge 4.18'de görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 16,7 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 31,5 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 17,9 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 28,5 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 18,5 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 26,0 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 18,8 °C ve en yüksek 25,9 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları ise sırayla 23,0 °C, 23,0 °C, 21,8 °C ve 21,6 °C'dir. Çizelgedeki bağıl nem değerleri incelendiğinde dış bağıl nem günlük en düşük %21, laboratuvar ortamında %33 sisleme sistemli serada %44 ve fan-ped sistemli serada %46 olduğu görülmektedir. Günlük en yüksek bağıl nem değerleri sırasıyla %83, %68, %78 ve %54'tür. Ayrıca günlük ortalama bağıl nem değerleri dış ortam için %54,7, laboratuvar ortamında %49,7 sisleme sistemli serada %55,0 ve fan-ped sistemli serada %50,7 olarak bulunmuştur. Denemenin 20. gününde soğutma ünitesi kontrol paneli ile ünitenin deposundaki 21 °C'lik 212 litre su 23 dakikada 13 °C düşürülmüş ve serinletme sistemlerine gönderilecek su sıcaklığı 8 °C olarak ayarlanmıştır. Serinletme sistemleri saat 11:00 dan 15:00'a kadar çalıştırılmıştır. Serinletme sistemleri devrede iken dış ortam sıcaklığı en düşük 27,7 °C, laboratuvar ortam sıcaklığı en düşük 27,8 °C sisleme sistemli sera sıcaklığı en düşük 22,0 °C ve fan-ped sistemli serada en düşük sıcaklık 19,4 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise sırayla 31,5 °C, 28,5 °C, 26,0 °C ve 25,9 °C'dir. Sisleme sistemli sera iç sıcaklığı ile laboratuvar iç sıcaklığı arasındaki en büyük fark saat 14:00 'da 6,0 °C olarak kaydedilirken fan-ped sistemli serada bu değer saat 14:00'da 8,8 °C olarak kaydedilmiştir. Laboratuvar ortam sıcaklığının en yüksek 28,5 °C olduğu saat 13:00'da sisleme sistemli serada 5,1 °C daha düşük bir sıcaklık varken fan-ped sistemli serada bu fark 7,5 °C seviyelerindedir. Serinletme sistemlerinin aktif olduğu zaman diliminde iki serinletme sistemi arasındaki en büyük sıcaklık farkı saat 14:00'da fan-ped sistemli serada 2,8 °C daha düşük bir değer olarak ölçülmüştür Çalışmada serinletme sistemlerine elektrik desteği sağlayan güneş paneli sisteminin ihtiyaç duyduğu gerekli güneş radyasyonu denemelerin 20. günü için en yüksek 283,7 W.h/m²'dir Ayrıca denemelerin 20. günü için günlük güneşlenme süresi 4,3 saat olarak ölçülmüştür. Denemelerin 20. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.7'de bağıl nem değerleri grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.7 Denemelerin 20. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği



Şekil 4.8 Denemelerin 20. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği

Şekil 4.7 ve şekil 4.8’de de görüldüğü gibi denemelerin 20. gününde günlük en yüksek laboratuvar ortamı sıcaklık değeri 28,5 °C olarak kaydedilmiştir. Serinletme sistemleri 11:00-15:00 saatleri arasında 8 °C’lık su ile çalıştırılmış ve seralar iç sıcaklık değerleri düşürülmüştür. Sisleme sistemli serada 22,0-26,0 °C sıcaklık ve %44-78 nem değeri için fan-ped sistemli serada 19,4-25,9 °C sıcaklık ve %46-54 nem değeri için her iki seranın da domates ve hıyar bitkileri yetiştiriciliği için istenen 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 nem değerleri kıstaslarına göre ideal iklim seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Denemelerin 20. gününe ait istatistiki analizi Shapiro-wilk testi Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Denemelerin 20. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları

	Gruplar	İstatistik	sd	p
Sıcaklık 20	Laboratuvar	,903	5	,427
	Sisleme S.	,934	5	,621
	Fan-ped S.	,869	5	,261
Nem 20	Laboratuvar	,852	5	,201
	Sisleme S.	,871	5	,270
	Fan-ped S.	,922	5	,544

Çizelge 4.19’da yapılan shapiro wilks testi sonuçlarına göre denemelerin 20. gününe ait tüm grupların sıcaklık verilerinin normal dağılım gösterdiği [Laboratuvar ortamı (p=,427; p>0,05); sisleme s. (p=,621; p>0,05); fan-ped s. (p=,261; p>0,05)] görülmektedir. Benzer şekilde 20. güne ait nem verileri de normal dağılım göstermektedir [Laboratuvar (p=,201; p>0,05); sisleme s. (p=,270; p>0,05); fan-ped s. (p=,544; p>0,05)]. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Denemelerin 20. gününe ait ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Denemelerin 20. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık 20	Gruplar arası	116,209	2	58,105	17,805	,000
	Gruplar içi	39,160	12	3,263		
	Toplam	155,369	14			
Nem 20	Gruplar arası	2528,400	2	164,200	18,077	,000
	Gruplar içi	839,200	12	69,933		
	Toplam	3367,600	14			

Çizelge 4.20'ye göre gruplar arasında sıcaklık v nem değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği sıcaklık değerleri için sağlanırken nem değerleri için sağlanmamıştır (sıcaklık 20 $p>0,05$; nem 20 $p<0,05$). Bu nedenle sıcaklık verilerine LSD, nem verilerine Tamhane's T2 testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında ise yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir.

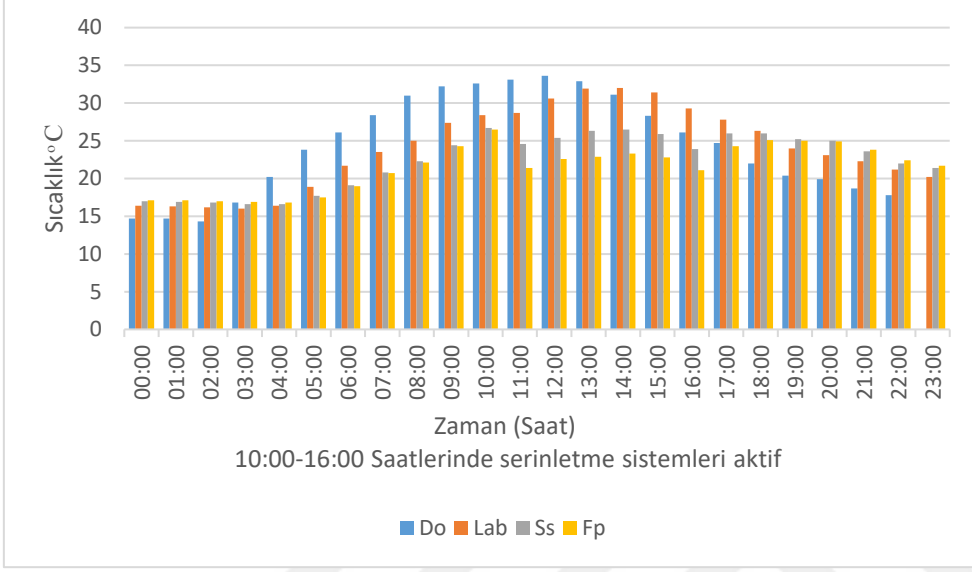
Denemelerin 27. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.21'de verilmiştir

Çizelge 4.21 Denemelerin 27. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri

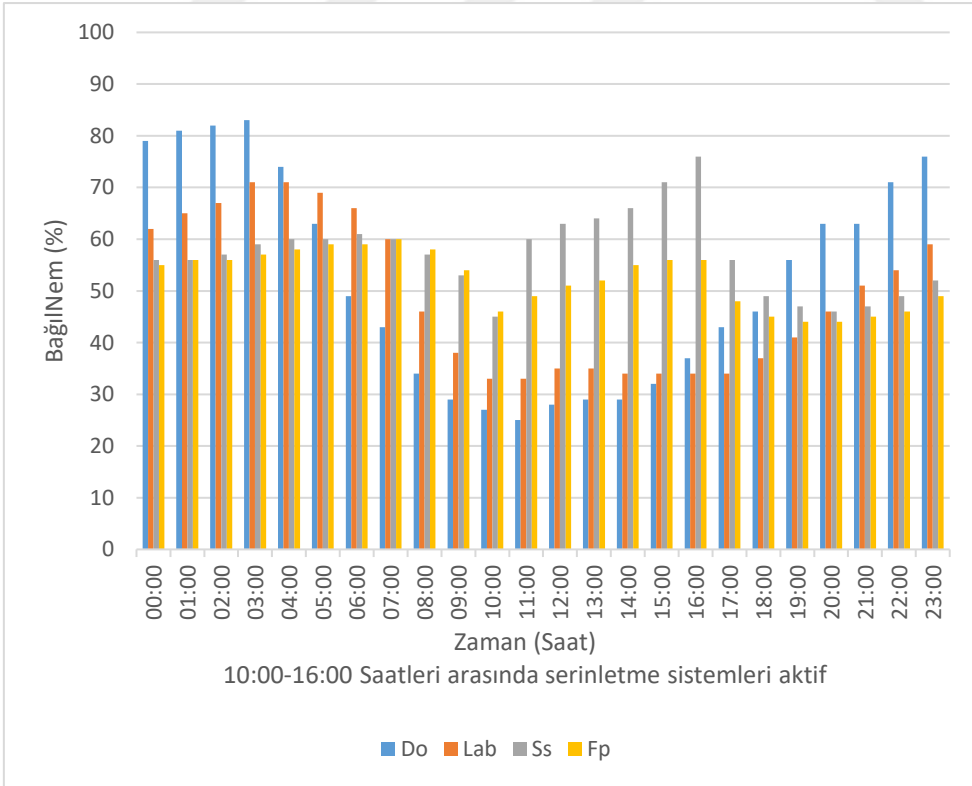
Saat	Gs(h)	Gr(W/m ²)	Sıcaklık (°C)				Bağıl nem (%)			
			Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
-	Do	Do	Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
00:00	0,0	0,0	15,3	16,4	17,0	17,1	79	62	56	55
01:00	0,0	0,0	14,7	16,3	16,9	17,1	81	65	56	56
02:00	0,0	0,6	14,7	16,2	16,8	17,0	82	67	57	56
03:00	0,0	10,1	14,3	16,0	16,6	16,9	83	71	59	57
04:00	0,0	53,5	16,8	16,4	16,6	16,8	74	71	60	58
05:00	0,0	153,6	20,2	18,9	17,7	17,5	63	69	60	59
06:00	0,0	219,9	23,8	21,7	19,1	19,0	49	66	61	59
07:00	0,2	261,9	26,1	23,5	20,8	20,7	43	60	60	60
08:00	0,9	311,6	28,4	25,0	22,3	22,1	34	46	57	58
09:00	1,0	309,0	31,0	27,4	24,4	24,3	29	38	53	54
10:00	1,0	343,2	32,2	28,4	26,7	26,5	27	33	45	46
11:00	1,0	300,5	32,6	28,7	24,6	21,4	25	33	60	49
12:00	1,0	274,9	33,1	30,6	25,4	22,6	28	35	63	51
13:00	1,0	220,8	33,6	31,9	26,3	22,9	29	35	66	52
14:00	0,8	139,3	32,9	32,0	26,5	23,3	29	34	71	55
15:00	0,0	51,9	31,1	31,4	26,1	22,8	32	34	71	56
16:00	0,0	17,2	28,3	29,3	24,3	21,1	37	34	70	56
17:00	0,0	1,4	26,1	27,8	26,0	24,3	43	34	55	48
18:00	0,0	0,1	24,7	26,3	26,0	25,1	46	37	48	45
19:00	0,0	0,0	22,0	24,0	25,2	25,0	56	41	47	44
20:00	0,0	0,0	20,4	23,1	25,0	24,9	63	46	46	44
21:00	0,0	0,0	19,9	22,3	23,6	23,8	63	51	47	45
22:00	0,0	0,0	18,7	21,2	22,0	22,4	71	54	49	46
23:00	0,0	0,0	17,8	20,2	21,4	21,7	76	59	52	49
Ssed	0,0	17,2	28,3	28,4	24,3	21,1	25	33	45	46
Sso	0,68	192,5	31,9	30,3	25,6	22,9	29,5	34	63,5	52,1
Ssey	1,0	343,2	33,6	32,0	26,7	26,5	37	35	71	56

10:00-16:00 saatleri arasında serinletme sistemleri çalıştırılmıştır.

Denemelerin 27. gününde çizelge 4.21'de görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 14,3 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 33,6 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 16,0 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 32,0 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 16,6 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 26,7 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 16,8 °C ve en yüksek 26,5 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları ise sırayla 24,1 °C, 23,9 °C, 22,3 °C ve 21,5 °C'dir. Çizelgedeki bağıl nem değerleri incelendiğinde dış bağıl nem günlük en düşük %25, laboratuvar ortamında %33 sisleme sistemli serada %45 ve fan-ped sistemli serada %46 olduğu görülmektedir. Günlük en yüksek bağıl nem değerleri sırasıyla %83, %71, %71 ve %56'dır. Ayrıca günlük ortalama bağıl nem değerleri dış ortam için %51,7, laboratuvar ortamında %48,9, sisleme sistemli serada %57,0 ve fan-ped sistemli serada %52,4 olarak bulunmuştur. Denemenin 27. gününde soğutma ünitesi kontrol paneli ile ünitenin deposundaki 22 °C'lik 212 litre su 25 dakikada 14 °C düşürülmüş ve serinletme sistemlerine gönderilecek su sıcaklığı 8 °C olarak ayarlanmıştır. Serinletme sistemleri saat 10:00 dan 16:00'a kadar çalıştırılmıştır. Serinletme sistemleri devrede iken dış ortam sıcaklığı en düşük 28,3 °C, laboratuvar ortam sıcaklığı en düşük 28,4 °C sisleme sistemli sera sıcaklığı en düşük 23,9 °C ve fan-ped sistemli serada en düşük sıcaklık 21,1 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise sırayla 33,6 °C, 32,0 °C, 26,7 °C ve 26,5 °C'dir. Sisleme sistemli sera iç sıcaklığı ile laboratuvar iç sıcaklığı arasındaki en büyük fark saat 13:00 'da 5,6 °C olarak kaydedilirken fan-ped sistemli serada bu değer saat 13:00'da 9,0 °C olarak kaydedilmiştir. Laboratuvar ortam sıcaklığının 32,0 °C olduğu saat 14:00'da sisleme sistemli serada 5,5 °C daha düşük bir sıcaklık varken fan-ped sistemli serada bu fark 8,7 °C seviyelerindedir. Serinletme sistemlerinin aktif olduğu zaman diliminde iki serinletme sistemi arasındaki en büyük sıcaklık farkı saat 13:00'da fan-ped sistemli serada 3,4 °C daha düşük bir değer olarak ölçülmüştür. Çalışmada serinletme sistemlerine elektrik desteği sağlayan güneş paneli sisteminin ihtiyaç duyduğu gerekli güneş radyasyonu denemelerin 27. günü için en yüksek 343,2 W.h/m²'dir. Ayrıca denemelerin 27. günü için günlük güneşlenme süresi 4,8 saat olarak ölçülmüştür. Denemelerin 27. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.9'da bağıl nem değerleri grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.9 Denemelerin 27.Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği



Şekil 4.10 Denemelerin 27.Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği

Şekil 4.9 ve şekil 4.10'da da görüldüğü gibi denemelerin 27. gününde günlük en yüksek laboratuvar ortamı sıcaklık değeri 32,0 °C olarak kaydedilmiştir. Serinletme sistemleri 10:00-16:00 saatleri arasında 8 °C'lık su ile çalıştırılmış ve seralar iç sıcaklık değerleri düşürülmüştür. Sisleme sistemli serada 23,9-26,7 °C sıcaklık ve %45-71 nem değeri için fan-ped sistemli serada 21,1-26,5 °C sıcaklık ve %46-56 nem değeri için her iki seranın da domates ve hıyar bitkileri yetiştiriciliği için istenen 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 nem değerleri kıstaslarına göre ideal iklim seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Denemelerin 27. gününe ait istatistiki analizi Shapiro-wilk testi Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Denemelerin 27. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları

	Gruplar	İstatistik	sd	p
Sıcaklık 27	Laboratuvar	,885	7	,250
	Sisleme S.	,892	7	,283
	Fan-ped S.	,848	7	,119
Nem 27	Laboratuvar	,858	7	,144
	Sisleme S.	,817	7	,060
	Fan-ped S.	,915	7	,434

Çizelge 4.22'de yapılan shapiro wilks testi sonuçlarına göre denemelerin 27. gününe ait tüm grupların sıcaklık verilerinin normal dağılım gösterdiği [Laboratuvar (p=,250; p>0,05); sisleme s. (p=,283; p>0,05); fan-ped s. (p=,119; p>0,05)] görülmektedir. Benzer şekilde 27. güne ait nem verileri de normal dağılım göstermektedir [Laboratuvar (p=,144; p>0,05); sisleme s. (p=,060; p>0,05); fan-ped s. (p=,434; p>0,05)]. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Denemelerin 27. gününe ait ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23 Denemelerin 27. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık 27	Gruplar arası	195,007	2	97,502	46,148	,000
	Gruplar içi	38,031	18	2,113		
	Toplam	233,038	20			
Nem 27	Gruplar arası	3140,667	2	1570,333	46,622	,000
	Gruplar içi	606,86	18	33,683		
	Toplam	3746,952	20			

Çizelge 4.23'e göre gruplar arasında sıcaklık değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği sıcaklık değerleri için sağlanırken nem değerleri için sağlanmamıştır (sıcaklık 27 $p>0,05$; nem 27 $p<0,05$). Bu nedenle sıcaklık verilerine LSD, nem verilerine Tamhane's T2 testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir.

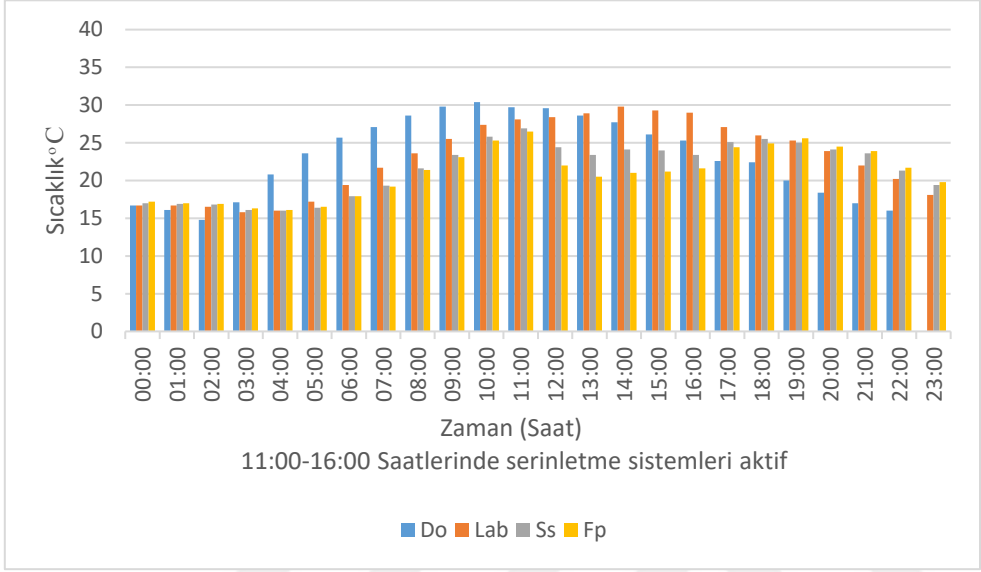
Denemelerin 34. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.24'te verilmiştir

Çizelge 4.24 Denemelerin 34. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri

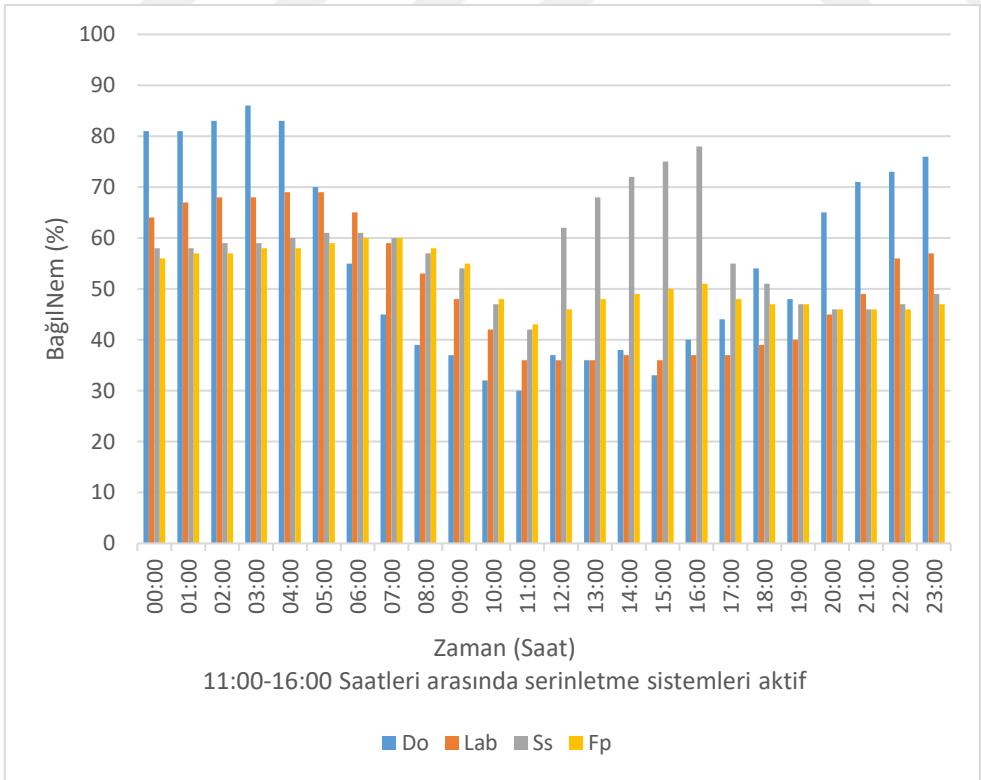
Saat	Gs(h)	Gr(W/m ²)	Sıcaklık (°C)				Bağıl nem (%)			
			Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
-	Do	Do	Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
00:00	0,0	0,0	16,0	16,7	17,0	17,2	81	64	58	56
01:00	0,0	0,0	16,7	16,7	16,9	17,0	81	67	58	57
02:00	0,0	0,3	16,1	16,5	16,8	16,9	83	68	59	57
03:00	0,0	10,8	14,8	15,8	16,1	16,3	86	68	59	58
04:00	0,0	59,9	17,1	16,0	16,0	16,1	83	69	60	58
05:00	0,0	153,6	20,8	17,2	16,4	16,5	70	69	61	59
06:00	0,0	219,2	23,6	19,4	17,9	17,9	55	65	61	60
07:00	0,0	180,5	25,7	21,7	19,3	19,2	45	59	60	60
08:00	0,9	340,3	27,1	23,6	21,6	21,4	39	53	57	58
09:00	0,1	366,1	28,6	25,5	23,4	23,1	37	48	54	55
10:00	0,5	264,4	29,8	27,4	25,8	25,3	32	42	47	48
11:00	0,2	174,0	30,4	28,1	26,9	26,5	30	36	42	43
12:00	0,8	268,7	29,7	28,4	23,4	20,0	37	36	63	46
13:00	1,0	243,5	29,6	28,9	23,4	20,5	36	36	68	48
14:00	0,8	178,5	28,6	29,8	24,1	21,0	38	37	73	49
15:00	0,2	56,5	27,7	29,3	23,8	20,8	33	36	75	50
16:00	0,0	16,2	26,1	29,0	23,9	21,1	40	37	76	51
17:00	0,0	2,1	25,3	27,1	25,1	24,4	44	37	55	48
18:00	0,0	0,2	22,6	26,0	25,5	24,9	54	39	51	47
19:00	0,0	0,0	22,4	25,3	25,0	25,6	48	40	47	47
20:00	0,0	0,0	20,0	23,9	24,1	24,5	65	45	46	46
21:00	0,0	0,0	18,4	22,0	23,6	23,9	71	49	46	46
22:00	0,0	0,0	17,0	20,2	21,3	21,7	73	56	47	46
23:00	0,0	0,0	16,0	18,1	19,4	19,8	76	57	49	47
Ssed	0,0	16,2	26,1	28,1	23,4	20,0	30	36	42	43
Sso	0,5	156,2	28,6	28,9	24,2	21,6	35,6	36,3	66,1	47,8
Ssey	1,0	268,7	30,4	29,8	26,9	26,5	40	37	76	51

11:00-16:00 saatleri arasında serinletme sistemleri çalıştırılmıştır.

Denemelerin 34. gününde çizelge 4.24'te görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 14,8 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 30,4 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 15,8 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 29,8 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 16,0 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 26,9 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 16,1 °C ve en yüksek 26,5 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları ise sırayla 22,9 °C, 23,0 °C, 21,5 °C ve 21,0 °C'dir. Çizelgedeki bağıl nem değerleri incelendiğinde dış bağıl nem günlük en düşük %30, laboratuvar ortamında %36 sisleme sistemli serada %42 ve fan-ped sistemli serada %43 olduğu görülmektedir. Günlük en yüksek bağıl nem değerleri sırasıyla %83, %69, %76 ve %60'tır. Ayrıca günlük ortalama bağıl nem değerleri dış ortam için %55,7, laboratuvar ortamında %50,5 sisleme sistemli serada %57,1 ve fan-ped sistemli serada %51,6 olarak bulunmuştur. Denemenin 34. gününde soğutma ünitesi kontrol paneli ile ünitenin deposundaki 22 °C'lik 212 litre su 25 dakikada 14 °C düşürülmüş ve serinletme sistemlerine gönderilecek su sıcaklığı 8 °C olarak ayarlanmıştır. Serinletme sistemleri saat 11:00 dan 16:00'a kadar çalıştırılmıştır. Serinletme sistemleri devrede iken dış ortam sıcaklığı en düşük 26,1 °C, laboratuvar ortam sıcaklığı en düşük 28,1 °C sisleme sistemli sera sıcaklığı en düşük 23,0 °C ve fan-ped sistemli serada en düşük sıcaklık 20,5 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise sırayla 30,4 °C, 29,0 °C, 26,9 °C ve 26,5 °C'dir. Sisleme sistemli sera iç sıcaklığı ile laboratuvar iç sıcaklığı arasındaki en büyük fark saat 14:00 'da 5,7 °C olarak kaydedilirken fan-ped sistemli serada bu değer saat 14:00'da 8,8 °C olarak kaydedilmiştir. Laboratuvar ortam sıcaklığının 28,9 °C olduğu saat 13:00'da sisleme sistemli serada 5,5 °C daha düşük bir sıcaklık varken fan-ped sistemli serada bu fark 8,4 °C seviyelerindedir. Serinletme sistemlerinin aktif olduğu zaman diliminde iki serinletme sistemi arasındaki en büyük sıcaklık farkı saat 12:00'da fan-ped sistemli serada 3,4 °C daha düşük bir değer olarak ölçülmüştür Çalışmada serinletme sistemlerine elektrik desteği sağlayan güneş paneli sisteminin ihtiyaç duyduğu gerekli güneş radyasyonu denemelerin 34. günü için en yüksek 366,1 W.h/m²'dir Ayrıca denemelerin 34. günü için günlük güneşlenme süresi 4,5 saat olarak ölçülmüştür. Denemelerin 34. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.11'de bağıl nem değerleri grafiği Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Denemelerin 34. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği



Şekil 4.12 Denemelerin 34. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği

Şekil 4.1 ve şekil 4.12’de de görüldüğü gibi denemelerin 34. gününde günlük en yüksek laboratuvar ortamı sıcaklık değeri 29,8 °C olarak kaydedilmiştir. Serinletme sistemleri 11:00-16:00 saatleri arasında 8 °C’lik su ile çalıştırılmış ve seralar iç sıcaklık değerleri düşürülmüştür. Sisleme sistemli serada 23,4-26,9 °C sıcaklık ve %42-76 nem değeri için fan-ped sistemli serada 20,0-26,5 °C sıcaklık ve %43-51 nem değeri için her iki seranın da domates ve hıyar bitkileri yetiştiriciliği için istenen 16-28°C sıcaklık ve %40-80 nem değerleri kıstaslarına göre ideal iklim seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Denemelerin 34.gününe ait istatistiki analizi Shapiro-wilk testi Çizelge 4.25’te verilmiştir.

Çizelge 4.25 Denemelerin 34. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları

	Gruplar	İstatistik	sd	p
Sıcaklık 34	Laboratuvar	,982	6	,961
	Sisleme S.	,684	6	,064
	Fan-ped S.	,657	6	,072
Nem 34	Laboratuvar	,640	6	,061
	Sisleme S.	,805	6	,065
	Fan-ped S.	,943	6	,682

Çizelge 4.25’te yapılan shapiro wilks testi sonuçlarına göre denemelerin 34. gününe ait tüm grupların sıcaklık verilerinin normal dağılım gösterdiği [Laboratuvar (p=,961; p>0,05); sisleme s. (p=,064; p>0,05); fan-ped s. (p=,072; p>0,05)] görülmektedir. Benzer şekilde 34. güne ait nem verileri de normal dağılım göstermektedir [Laboratuvar (p=,061; p>0,05); sisleme s. (p=,065; p>0,05); fan-ped s. (p=,682; p>0,05)]. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Denemelerin 34.gününe ait ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26 Denemelerin 34. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık 34	Gruplar arası	162,684	2	81,342	30,735	,000
	Gruplar içi	39,698	15	2,647		
	Toplam	202,383	17			
Nem 34	Gruplar arası	2716,778	2	1358,389	23,610	,000
	Gruplar içi	863,000	15	57,533		
	Toplam	3579,778	17			

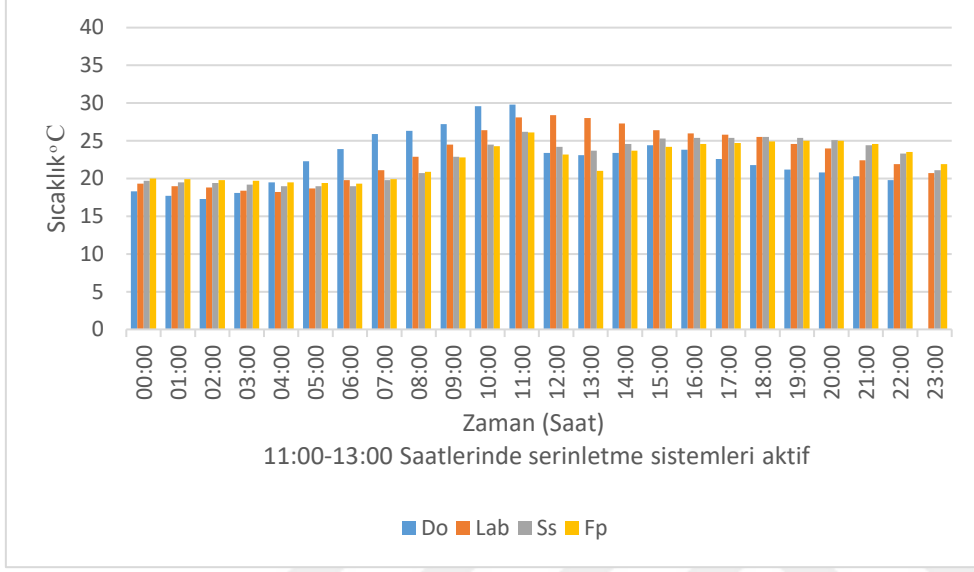
Çizelge 4.26'ya göre gruplar arasında sıcaklık değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği sıcaklık değerleri için sağlanırken nem değerleri için sağlanmamıştır (sıcaklık 34 $p>0,05$; nem 34 $p<0,05$). Bu nedenle sıcaklık verilerine LSD, nem verilerine Tamhane's T2 testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir.

Denemelerin 43. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.27'de verilmiştir

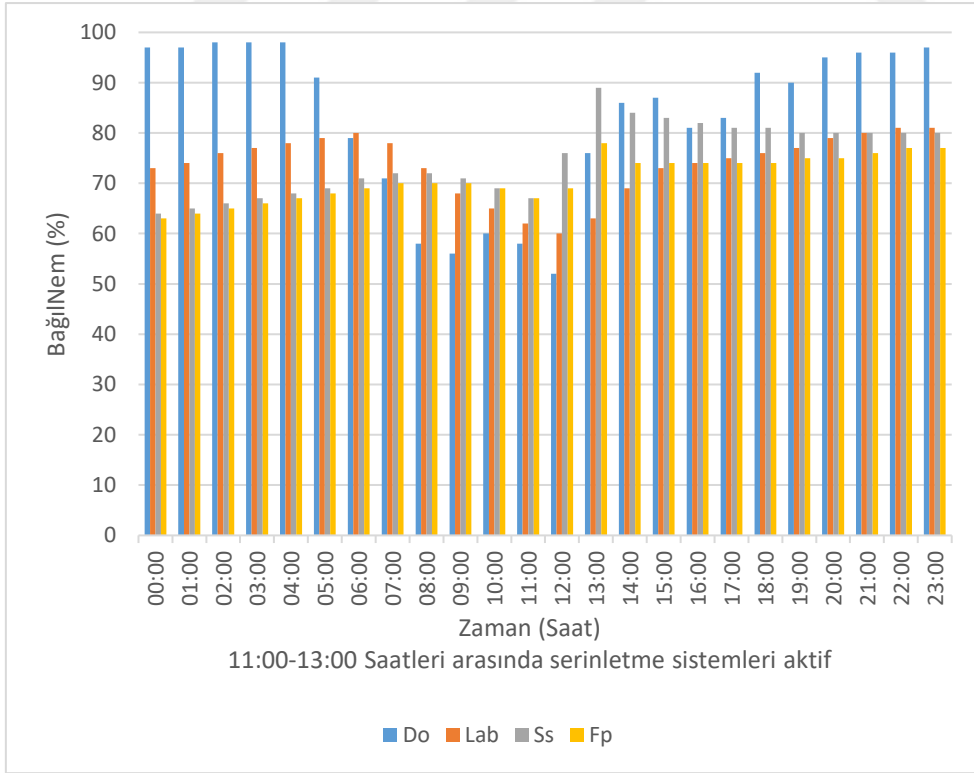
Çizelge 4.27 Denemelerin 43. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri

Saat	Gs(h)	Gr(W/m ²)	Sıcaklık (°C)				Bağıl nem (%)			
			Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
-	Do	Do	Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
00:00	0,0	0,0	18,6	19,3	19,7	20,0	97	73	66	65
01:00	0,0	0,0	18,3	19,0	19,5	19,9	97	74	65	65
02:00	0,0	1,8	17,7	18,8	19,4	19,8	98	76	66	65
03:00	0,0	12,0	17,3	18,4	19,2	19,7	98	77	67	67
04:00	0,0	63,3	18,1	18,2	19,0	19,5	98	78	68	68
05:00	0,0	71,2	19,5	18,7	19,0	19,4	91	79	69	69
06:00	0,0	148,9	22,3	19,8	19,0	19,3	79	80	71	70
07:00	0,0	139,4	23,9	21,1	19,8	19,9	71	78	72	70
08:00	0,0	103,9	25,9	22,9	20,7	20,9	58	73	72	71
09:00	0,0	80,6	26,3	24,5	22,9	22,8	56	68	71	70
10:00	0,9	326,2	27,2	26,4	24,5	24,3	60	65	69	69
11:00	0,9	317,2	29,6	28,1	26,2	26,1	58	62	69	67
12:00	0,0	28,5	29,8	28,4	23,2	20,2	52	60	79	69
13:00	0,0	8,5	23,4	28,0	22,4	19,5	76	63	81	70
14:00	0,0	17,1	23,1	27,3	24,6	23,7	86	69	84	74
15:00	0,0	27,8	23,4	26,4	25,3	24,2	87	73	83	74
16:00	0,0	36,7	24,4	26,0	25,4	24,6	81	74	82	74
17:00	0,0	3,9	23,8	25,8	25,4	24,7	83	75	81	74
18:00	0,0	0,1	22,6	25,5	25,5	24,9	92	76	81	74
19:00	0,0	0,0	21,8	24,6	25,4	25,0	90	77	80	75
20:00	0,0	0,0	21,2	24,0	25,1	25,0	95	79	80	75
21:00	0,0	0,0	20,8	22,4	24,4	24,6	96	80	80	76
22:00	0,0	0,0	20,3	21,9	23,3	23,5	96	81	80	77
23:00	0,0	0,0	19,8	20,7	21,1	21,9	97	81	81	77
Ssed	0,0	8,5	23,4	28,0	22,4	19,5	52	60	69	67
Sso	0,3	118,0	27,6	28,1	24,7	23,4	62	61,6	76,3	68,6
Ssey	0,9	317,2	29,8	28,4	26,2	26,1	76	63	81	70
11:00-13:00 saatleri arasında serinletme sistemleri çalıştırılmıştır.										

Denemelerin 43. gününde çizelge 4.27'de görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 17,3 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 29,6 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 18,2 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 28,4 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 19,0 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 26,2 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 19,3 °C ve en yüksek 26,1 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları ise sırayla 22,4 °C, 23,1 °C, 22,5 °C ve 22,4 °C'dir. Çizelgedeki bağıl nem değerleri incelendiğinde dış bağıl nem günlük en düşük %52, laboratuvar ortamında %60 sisleme sistemli serada %65 ve fan-ped sistemli serada %65 olduğu görülmektedir. Günlük en yüksek bağıl nem değerleri sırasıyla %98, %81, %81 ve %70'tir. Ayrıca günlük ortalama bağıl nem değerleri dış ortam için %83,0, laboratuvar ortamında %73,7, sisleme sistemli serada %74,8 ve fan-ped sistemli serada %71,0 olarak bulunmuştur. Denemenin 43. gününde soğutma ünitesi kontrol paneli ile ünitenin deposundaki 23 °C'lik 212 litre su 27 dakikada 15 °C düşürülmüş ve serinletme sistemlerine gönderilecek su sıcaklığı 8 °C olarak ayarlanmıştır. Serinletme sistemleri saat 11:00 dan 13:00'a kadar çalıştırılmıştır. Serinletme sistemleri devrede iken dış ortam sıcaklığı en düşük 23,4 °C, laboratuvar ortam sıcaklığı en düşük 28,0 °C sisleme sistemli sera sıcaklığı en düşük 23,2 °C ve fan-ped sistemli serada en düşük sıcaklık 19,5 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise sırayla 29,8 °C, 28,4 °C, 26,2 °C ve 26,1 °C'dir. Sisleme sistemli sera iç sıcaklığı ile laboratuvar iç sıcaklığı arasındaki en büyük fark saat 13:00 'da 5,6 °C olarak kaydedilirken fan-ped sistemli serada bu değer saat 13:00'da 8,5 °C olarak kaydedilmiştir. Laboratuvar ortam sıcaklığının en yüksek 28,4 °C olduğu saat 12:00'da sisleme sistemli serada 5,2 °C daha düşük bir sıcaklık varken fan-ped sistemli serada bu fark 8,2 °C seviyelerindedir. Serinletme sistemlerinin aktif olduğu zaman diliminde iki serinletme sistemi arasındaki en büyük sıcaklık farkı saat 12:00'da fan-ped sistemli serada 3,0 °C daha düşük bir değer olarak ölçülmüştür Çalışmada serinletme sistemlerine elektrik desteği sağlayan güneş paneli sisteminin ihtiyaç duyduğu gerekli güneş radyasyonu denemelerin 43. günü için en yüksek 326,2 W.h/m²'dir Ayrıca denemelerin 43. günü için günlük güneşlenme süresi 1,8 saat olarak ölçülmüştür. Denemelerin 43. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.13'te, bağıl nem değerleri grafiği Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.13 Denemelerin 43. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği



Şekil 4.14 Denemelerin 43. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği

Şekil 4.13 ve şekil 4.14'te de görüldüğü gibi denemelerin 43. gününde günlük en yüksek laboratuvar ortamı sıcaklık değeri 28,4 °C olarak kaydedilmiştir. Serinletme sistemleri 11:00-13:00 saatleri arasında 8 °C'lık su ile çalıştırılmış ve seralar iç sıcaklık değerleri düşürülmüştür. Sisleme sistemli serada 22,4-26,2 °C sıcaklık ve %69-81 nem değeri için fan-ped sistemli serada 19,5-26,1 °C sıcaklık ve %67-70 nem değeri bulunmuştur. Fan-ped sistemli sera da domates ve hıyar bitkileri yetiştiriciliği için istenen 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 nem değerleri kıstaslarına göre ideal iklim seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Sisleme sistemli sera sıcaklık verilerine göre bitkisel üretimin sıcaklık kıstasları arasında olsa da yaklaşık %1 oranında nem barajını aşmıştır. Bu değer normal şartlarda daha güçlü bir fan ile giderilebilir. Bölgesel nem değerinin denemelerin 43. gününde oldukça yüksek değerlerde olmasının nedeni deneme alanı çevresindeki tarlalarda yapılan yoğun sulamadır. Denemelerin 43. gününe ait istatistiki analizi Shapiro-wilk testi Çizelge 4.28'te verilmiştir.

Çizelge 4.28 Denemelerin 43. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları

	Gruplar	İstatistik	sd	p
Sıcaklık 43	Laboratuvar	,923	3	,463
	Sisleme S.	,900	3	,384
	Fan-ped S.	,829	3	,185
Nem 43	Laboratuvar	,964	3	,637
	Sisleme S.	,871	3	,298
	Fan-ped S.	,751	3	,103

Çizelge 4.28'de yapılan shapiro wilks testi sonuçlarına göre denemelerin 43. gününe ait tüm grupların sıcaklık verilerinin normal dağılım gösterdiği [Laboratuvar (p=,427; p>0,05); sisleme s. (p=,621; p>0,05); fan-ped s. (p=,261; p>0,05)] görülmektedir. Benzer şekilde 43. güne ait nem verileri de normal dağılım göstermektedir [Laboratuvar (p=,201; p>0,05); sisleme s. (p=,270; p>0,05); fan-ped s. (p=,544; p>0,05)]. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Denemelerin 43. gününe ait ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.29 Denemelerin 43. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık 43	Gruplar arası	60,776	2	30,388	5,300	,047
	Gruplar içi	34,400	6	5,733		
	Toplam	95,176	8			
Nem 43	Gruplar arası	82470,222	2	41235,111	1,009	,413
	Gruplar içi	245316,000	6	40886,000		
	Toplam	327786,222	8			

Çizelge 4.29'a göre gruplar arasında sıcaklık değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği sıcaklık ve nem değerleri için sağlanmamıştır (sıcaklık 43 $p>0,05$; nem 43 $p>0,05$). Bu nedenle sıcaklık ve nem verilerine Tamhane's T2 testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir.

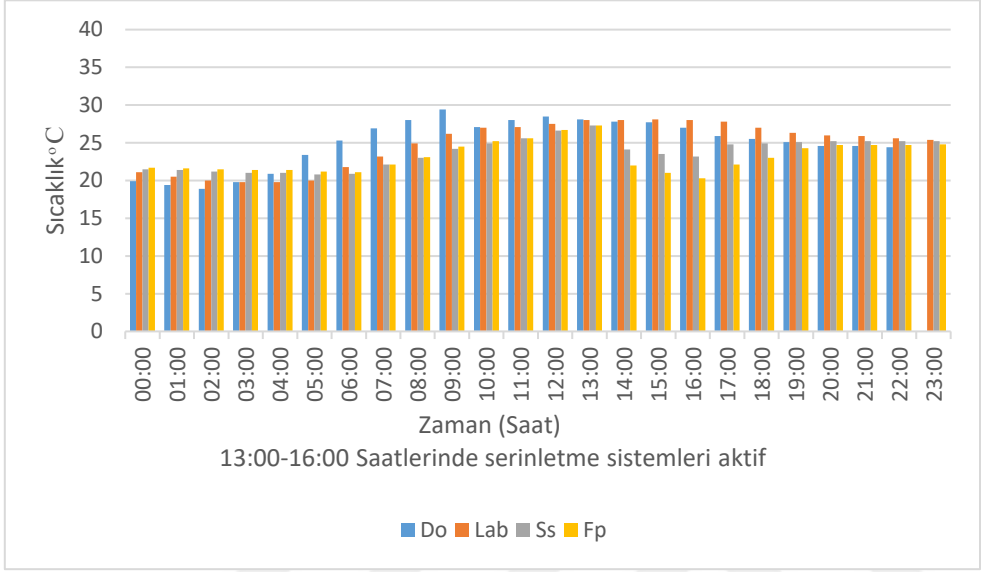
Denemelerin 50. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.30'da verilmiştir

Çizelge 4.30 Denemelerin 50. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri

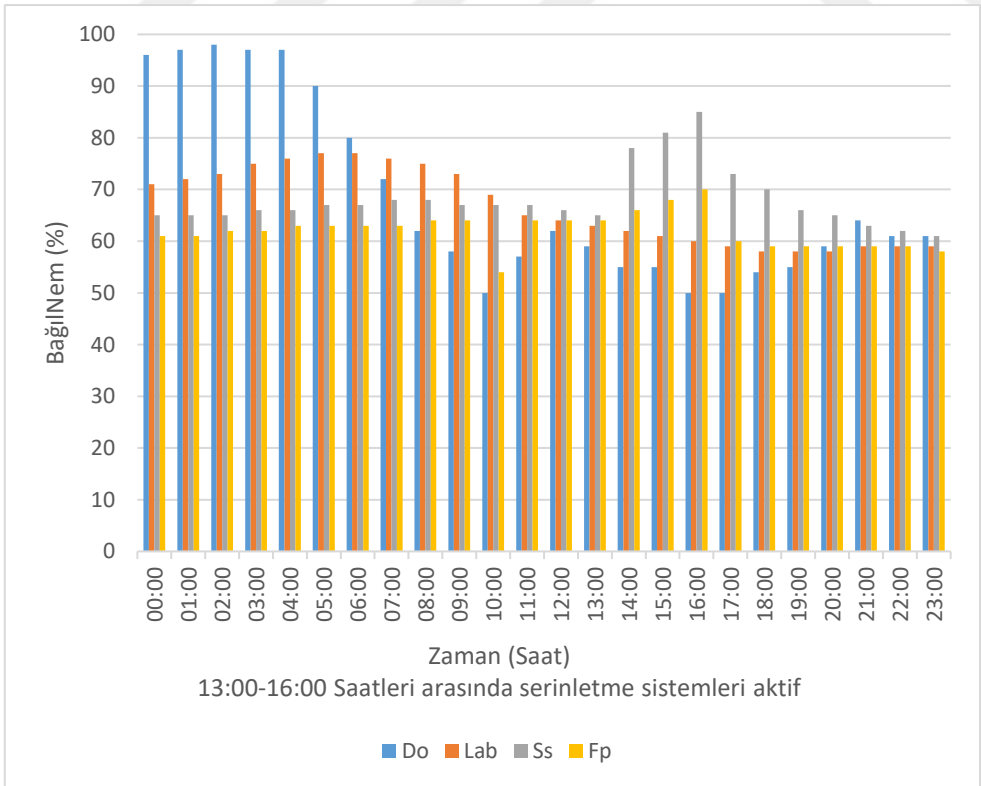
Saat	Gs(h)	Gr(W/m ²)	Sıcaklık (°C)				Bağıl nem (%)			
			Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
-	Do	Do	Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
00:00	0,0	0,0	20,3	21,1	21,5	21,7	96	71	65	61
01:00	0,0	0,0	19,9	20,5	21,4	21,6	97	72	65	61
02:00	0,0	0,2	19,4	20,0	21,2	21,5	98	73	65	62
03:00	0,0	13,2	18,9	19,8	21,0	21,4	97	75	66	62
04:00	0,0	42,1	19,8	19,8	21,0	21,4	97	76	66	63
05:00	0,0	148,6	20,9	20,0	20,8	21,2	90	77	67	63
06:00	0,0	211,8	23,4	21,8	20,9	21,1	80	77	67	63
07:00	0,0	267,2	25,3	23,2	22,1	22,1	72	76	68	63
08:00	0,6	275,5	26,9	24,9	23,0	23,1	62	75	68	64
09:00	0,9	314,3	28,0	26,2	24,2	24,5	58	73	67	64
10:00	0,2	91,1	29,4	27,0	24,9	25,2	50	69	67	54
11:00	0,3	153,1	27,1	27,1	25,6	25,6	57	65	67	64
12:00	0,3	160,2	28,0	27,5	26,6	26,7	62	64	66	64
13:00	0,0	52,1	28,5	28,0	27,3	27,3	59	63	65	64
14:00	0,0	57,7	28,1	28,0	22,5	20,0	55	62	78	66
15:00	0,0	36,1	27,8	28,1	22,5	20,0	55	61	81	68
16:00	0,0	12,2	27,7	28,0	22,3	19,6	50	60	85	70
17:00	0,0	1,6	27,0	27,8	24,8	22,1	50	59	73	60
18:00	0,0	0,0	25,9	27,0	24,9	23,0	54	58	70	59
19:00	0,0	0,0	25,5	26,3	25,1	24,3	55	58	66	59
20:00	0,0	0,0	25,1	26,0	25,2	24,7	59	58	65	59
21:00	0,0	0,0	24,6	25,9	25,2	24,7	64	59	63	59
22:00	0,0	0,0	24,6	25,6	25,2	24,7	61	59	62	59
23:00	0,0	0,0	24,4	25,4	25,2	24,8	61	59	61	58
Ssed	0,0	12,2	27,7	28,0	23,2	20,0	50	60	65	64
Sso	0,0	39,5	28,0	28,0	24,5	22,6	54,7	61,5	77,2	67
Ssey	0,0	57,7	28,5	28,1	27,3	27,3	59	63	85	70

13:00-16:00 saatleri arasında serinletme sistemleri çalıştırılmıştır.

Denemelerin 50. gününde çizelge 4.30'da görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 18,9 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 28,5 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 19,8 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 28,1 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 20,8 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 27,3 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 20,0 °C ve en yüksek 27,3 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları ise sırayla 24,8 °C, 24,7 °C, 23,6 °C ve 23,1 °C'dir. Çizelgedeki bağıl nem değerleri incelendiğinde dış bağıl nem günlük en düşük %50, laboratuvar ortamında %58, sisleme sistemli serada %61 ve fan-ped sistemli serada %58 olduğu görülmektedir. Günlük en yüksek bağıl nem değerleri sırasıyla %98, %77, %85 ve %70'tir. Ayrıca günlük ortalama bağıl nem değerleri dış ortam için %68,2, laboratuvar ortamında %66,6, sisleme sistemli serada %68,0 ve fan-ped sistemli serada %62,0 olarak bulunmuştur. Denemenin 50. gününde soğutma ünitesi kontrol paneli ile ünitenin deposundaki 23 °C'lik 212 litre su 27 dakikada 15 °C düşürülmüş ve serinletme sistemlerine gönderilecek su sıcaklığı 8 °C olarak ayarlanmıştır. Serinletme sistemleri saat 13:00 dan 16:00'a kadar çalıştırılmıştır. Serinletme sistemleri devrede iken dış ortam sıcaklığı en düşük 27,7 °C, laboratuvar ortam sıcaklığı en düşük 28,0 °C sisleme sistemli sera sıcaklığı en düşük 22,3 °C ve fan-ped sistemli serada en düşük sıcaklık 19,6 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise sırayla 28,5 °C, 28,1 °C, 27,3 °C ve 27,3 °C'dir. Sisleme sistemli sera iç sıcaklığı ile laboratuvar iç sıcaklığı arasındaki en büyük fark saat 16:00 'da 5,7 °C olarak kaydedilirken fan-ped sistemli serada bu değer saat 16:00'da 8,4 °C olarak kaydedilmiştir. Laboratuvar ortam sıcaklığının en yüksek 28,1 °C olduğu saat 15:00'da sisleme sistemli serada 5,6 °C daha düşük bir sıcaklık varken fan-ped sistemli serada bu fark 8,1 °C seviyelerindedir. Serinletme sistemlerinin aktif olduğu zaman diliminde iki serinletme sistemi arasındaki en büyük sıcaklık farkı saat 16:00'da fan-ped sistemli serada 2,7 °C daha düşük bir değer olarak ölçülmüştür. Çalışmada serinletme sistemlerine elektrik desteği sağlayan güneş paneli sisteminin ihtiyaç duyduğu gerekli güneş radyasyonu denemelerin 50. günü için en yüksek 314,3 W.h/m²'dir. Ayrıca denemelerin 50. günü için günlük güneşlenme süresi 2,3 saat olarak ölçülmüştür. Denemelerin 50. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.15'te, bağıl nem değerleri grafiği Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.15 Denemelerin 50. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafığı



Şekil 4.16 Denemelerin 50. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafığı

Şekil 4.15 ve şekil 4.16’da da görüldüğü gibi denemelerin 50. gününde günlük en yüksek laboratuvar ortamı sıcaklık değeri 28,1 °C olarak kaydedilmiştir. Serinletme sistemleri 13:00-16:00 saatleri arasında 8 °C’lik su ile çalıştırılmış ve seralar iç sıcaklık değerleri düşürülmüştür. Sisleme sistemli serada 23,2-27,3 °C sıcaklık ve %65-85 nem değeri için fan-ped sistemli serada 20,0-27,3 °C sıcaklık ve %64-70 nem değeri bulunmuştur. Fan-ped sistemli sera da domates ve hıyar bitkileri yetiştiriciliği için istenen 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 nem değerleri kıstaslarına göre ideal iklim seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Sisleme sistemli sera sıcaklık verilerine göre bitkisel üretimin sıcaklık kıstasları arasında olsa da yaklaşık %5 oranında nem barajını aşmıştır. Bu değer normal şartlarda daha güçlü bir fan ile giderilebilir. Bölgesel nem değerinin denemelerin 50. gününde oldukça yüksek değerlerde olmasının nedeni deneme alanı çevresindeki tarlalarda yapılan yoğun sulamadır. Denemelerin 50. gününe ait istatistiki analizi Shapiro-wilk testi Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31 Denemelerin 50. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları

	Gruplar	İstatistik	sd	p
Sıcaklık 50	Laboratuvar	,630	4	,301
	Sisleme S.	,664	4	,064
	Fan-ped S.	,674	4	,185
Nem 50	Laboratuvar	,993	4	,972
	Sisleme S.	,903	4	,445
	Fan-ped S.	,993	4	,972

Çizelge 4.31’de yapılan shapiro wilks testi sonuçlarına göre denemelerin 50. gününe ait tüm grupların sıcaklık verilerinin normal dağılım gösterdiği [Laboratuvar (p=,301; p>0,05); sisleme s. (p=,064; p>0,05); fan-ped s. (p=,185; p>0,05)] görülmektedir. Benzer şekilde 50. güne ait nem verileri de normal dağılım göstermektedir [Laboratuvar (p=,972; p>0,05); sisleme s. (p=,445; p>0,05); fan-ped s. (p=,972; p>0,05)]. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Denemelerin 50. gününe ait ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.32 Denemelerin 50. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık 50	Gruplar arası	83,382	2	41,691	6,323	,019
	Gruplar içi	59,345	9	6,594		
	Toplam	142,727	11			
Nem 50	Gruplar arası	511,167	2	255,583	9,210	,007
	Gruplar içi	249,750	9	27,750		
	Toplam	760,917	11			

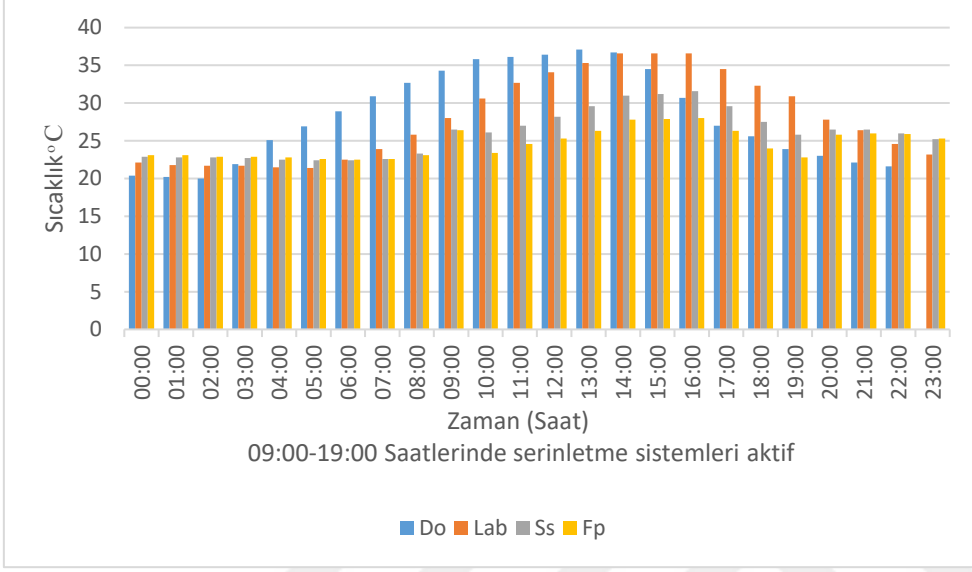
Çizelge 4.32'ye göre gruplar arasında sıcaklık ($p=,019$; $p<0,05$) ve nem ($p=,007$; $p<0,05$) değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği nem değerleri için sağlanırken sıcaklık değerleri için sağlanmamıştır (sıcaklık 50 $p>0,05$; nem 50 $p>0,05$). Bu nedenle sıcaklık verilerine Tamhane's T2, nem verilerine LSD testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir.

Denemelerin 55. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.33'te verilmiştir

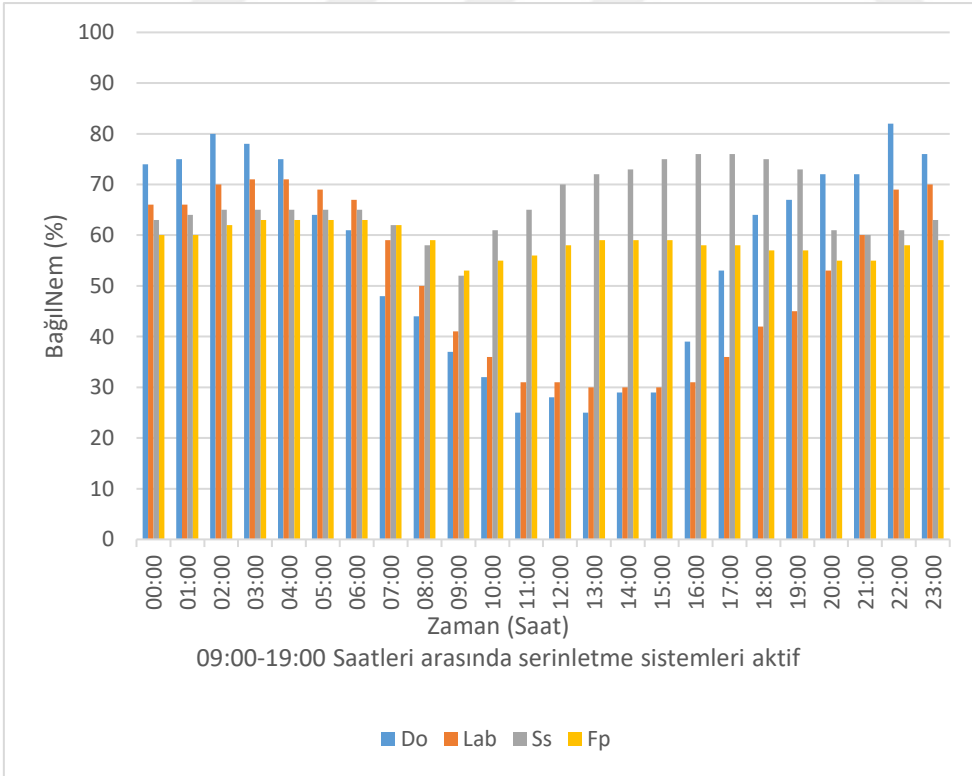
Çizelge 4.33 Denemelerin 55. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri

Saat	Gs(h)	Gr(W/m ²)	Sıcaklık (°C)				Bağıl nem (%)			
			Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
-	Do	Do	Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
00:00	0,0	0,0	21,2	22,1	22,9	23,1	74	66	63	60
01:00	0,0	0,0	20,4	21,8	22,8	23,1	75	66	64	60
02:00	0,0	0,6	20,2	21,7	22,8	22,9	80	70	65	62
03:00	0,2	12,9	20,0	21,7	22,7	22,9	78	71	65	63
04:00	1,0	67,7	21,9	21,5	22,5	22,8	75	71	65	63
05:00	1,0	140,3	25,1	21,4	22,4	22,6	64	69	65	63
06:00	1,0	209,6	26,9	22,5	22,4	22,5	61	67	65	63
07:00	1,0	272,4	28,9	23,9	22,6	22,6	48	59	62	62
08:00	1,0	316,5	30,9	25,8	23,3	23,1	44	50	58	59
09:00	1,0	339,1	32,7	28,0	26,5	26,4	37	41	52	53
10:00	1,0	340,6	34,3	30,6	26,1	23,4	32	36	61	55
11:00	1,0	320,7	35,8	32,7	27,0	24,6	25	31	65	56
12:00	1,0	282,2	36,1	34,1	28,2	25,3	28	31	70	58
13:00	1,0	229,1	36,4	35,3	29,6	26,3	25	30	72	59
14:00	1,0	165,5	37,1	36,6	31,0	27,8	29	30	73	59
15:00	1,0	95,4	36,7	36,6	31,2	27,9	29	30	75	59
16:00	0,0	31,0	34,5	36,6	31,6	28,0	39	31	76	58
17:00	0,0	2,8	30,7	34,5	29,6	26,3	53	36	76	58
18:00	0,0	0,1	27,0	32,3	27,5	24,0	64	42	75	57
19:00	0,0	0,0	25,6	30,9	25,8	22,8	67	45	73	57
20:00	0,0	0,0	23,9	27,8	26,5	25,8	72	53	61	55
21:00	0,0	0,0	23,0	26,4	26,5	26,0	72	60	60	55
22:00	0,0	0,0	22,1	24,6	26,0	25,9	82	69	61	58
23:00	0,0	0,0	21,6	23,2	25,2	25,3	76	70	63	59
Ssed	0,0	0,0	25,6	28,0	25,8	22,8	25	30	52	53
Sso	0,63	164,2	33,3	33,4	28,5	25,7	38,9	34,8	69,8	57,1
Ssey	1,0	340,6	37,1	36,6	31,6	28,0	67	45	76	63
09:00-19:00 saatleri arasında serinletme sistemleri çalıştırılmıştır.										

Denemelerin 55. gününde çizelge 4.33'te görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 20,0 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 37,1 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 21,4 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 36,6 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 22,4 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 31,6 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 22,5 °C ve en yüksek 28,0 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları ise sırayla 28,0 °C, 28,0 °C, 25,9 °C ve 24,6 °C'dir. Çizelgedeki bağıl nem değerleri incelendiğinde dış bağıl nem günlük en düşük %25, laboratuvar ortamında %30, sisleme sistemli serada %52 ve fan-ped sistemli serada %53 olduğu görülmektedir. Günlük en yüksek bağıl nem değerleri sırasıyla %82, %71, %76 ve %63'tür. Ayrıca günlük ortalama bağıl nem değerleri dış ortam için %55,3, laboratuvar ortamında %51,0, sisleme sistemli serada %66,0 ve fan-ped sistemli serada %58,7 olarak bulunmuştur. Denemenin 55. gününde soğutma ünitesi kontrol paneli ile ünitenin deposundaki 23 °C'lik 212 litre su 27 dakikada 15 °C düşürülmüş ve serinletme sistemlerine gönderilecek su sıcaklığı 8 °C olarak ayarlanmıştır. Serinletme sistemleri saat 09:00 dan 19:00'a kadar çalıştırılmıştır. Serinletme sistemleri devrede iken dış ortam sıcaklığı en düşük 25,6 °C, laboratuvar ortam sıcaklığı en düşük 28,0 °C sisleme sistemli sera sıcaklığı en düşük 25,8 °C ve fan-ped sistemli serada en düşük sıcaklık 22,8 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise sırayla 37,1 °C, 36,6 °C, 31,6 °C ve 28,0 °C'dir. Sisleme sistemli sera iç sıcaklığı ile laboratuvar iç sıcaklığı arasındaki en büyük fark saat 12:00 'da 5,9 °C olarak kaydedilirken fan-ped sistemli serada bu değer saat 13:00'da 9,0 °C olarak kaydedilmiştir. Laboratuvar ortam sıcaklığının en yüksek 36,6 °C olduğu saat 16:00'da sisleme sistemli serada 5,0 °C daha düşük bir sıcaklık varken fan-ped sistemli serada bu fark 8,6 °C seviyelerindedir. Serinletme sistemlerinin aktif olduğu zaman diliminde iki serinletme sistemi arasındaki en büyük sıcaklık farkı saat 16:00'da fan-ped sistemli serada 3,6 °C daha düşük bir değer olarak ölçülmüştür. Çalışmada serinletme sistemlerine elektrik desteği sağlayan güneş paneli sisteminin ihtiyaç duyduğu gerekli güneş radyasyonu denemelerin 55. günü için en yüksek 340,6 W.h/m²'dir. Ayrıca denemelerin 55. günü için günlük güneşlenme süresi 12,2 saat olarak ölçülmüştür. Denemelerin 55. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.17'de, bağıl nem değerleri grafiği Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.17 Denemelerin 55. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafiği



Şekil 4.18 Denemelerin 55. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafiği

Şekil 4.17 ve şekil 4.18’de de görüldüğü gibi denemelerin 55. gününde günlük en yüksek laboratuvar ortamı sıcaklık değeri 36,6 °C olarak kaydedilmiştir. Serinletme sistemleri 09:00-19:00 saatleri arasında 8 °C’lik su ile çalıştırılmış ve seralar iç sıcaklık değerleri düşürülmüştür. Sisleme sistemli serada 25,8-31,6 °C sıcaklık ve %52-76 nem değeri için fan-ped sistemli serada 22,8-28,0 °C sıcaklık ve %53-63 nem değeri bulunmuştur. Fan-ped sistemli sera da domates ve hıyar bitkileri yetiştiriciliği için istenen 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 nem değerleri kıstaslarına göre ideal iklim seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Sisleme sistemli sera bağıl nem değeri verilerine göre bitkisel üretimin bağıl nem kıstasları arasında olsa da sıcaklık olarak sıcaklık barajını en yüksek 3,6 °C aşmıştır. Bu sıcaklık değeri soğutma ünitesindeki 8 °C’ye soğutulmuş su değerinin daha da düşürülmesi ile ideal sera iç sıcaklık değerlerine getirilebilir. Denemelerin 55. gününe ait istatistiki analizi Shapiro-wilk testi Çizelge 4.34’te verilmiştir.

Çizelge 4.34 Denemelerin 55. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları

	Gruplar	İstatistik	sd	p
Sıcaklık 55	Laboratuvar	,924	11	,357
	Sisleme S.	,913	11	,263
	Fan-ped S.	,927	11	,383
Nem 55	Laboratuvar	,820	11	,067
	Sisleme S.	,803	11	,077
	Fan-ped S.	,873	11	,084

Çizelge 4.34’te yapılan shapiro wilks testi sonuçlarına göre denemelerin 55. gününe ait tüm grupların sıcaklık verilerinin normal dağılım gösterdiği [Laboratuvar (p=,357; p>0,05); sisleme s. (p=,263; p>0,05); fan-ped s. (p=,383; p>0,05)] görülmektedir. Benzer şekilde 55. güne ait nem verileri de normal dağılım göstermektedir [Laboratuvar (p=,067; p>0,05); sisleme s. (p=,077; p>0,05); fan-ped s. (p=,084; p>0,05)]. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Denemelerin 55. gününe ait ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.35’te verilmiştir.

Çizelge 4.35 Denemelerin 55. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık 55	Gruplar arası	339,384	2	169,692	31,707	,000
	Gruplar içi	160,558	30	5,352		
	Toplam	499,942	32			
Nem 55	Gruplar arası	6910,970	2	3455,485	112,813	,000
	Gruplar içi	918,909	30	30,630		
	Toplam	7829,879	32			

Çizelge 4.35'e göre gruplar arasında sıcaklık değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği nem değerleri için sağlanırken sıcaklık değerleri için sağlanmamıştır (sıcaklık 55 $p>0,05$; nem 55 $p<0,05$). Bu nedenle sıcaklık verilerine Tamhane's T2, nem verilerine LSD testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fanped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir.

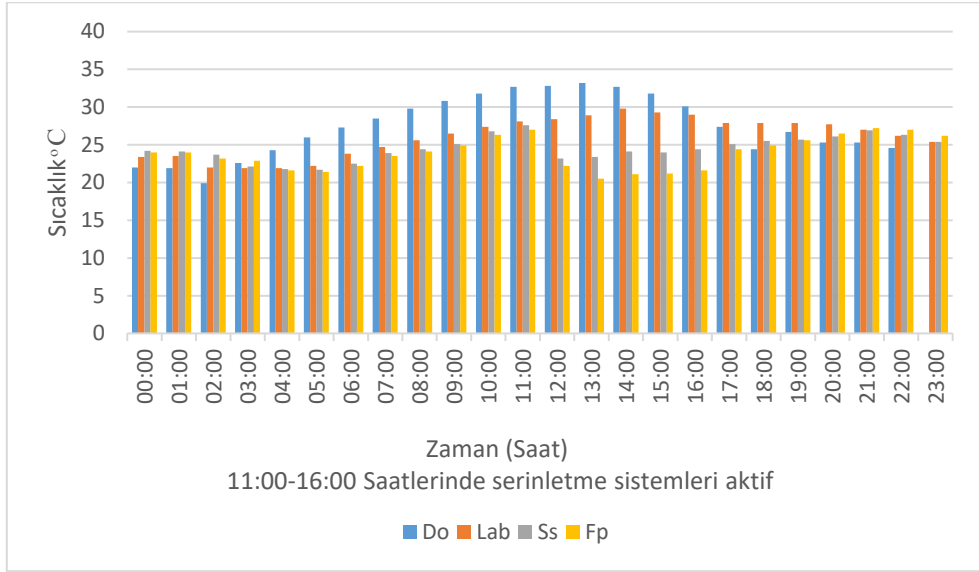
Denemelerin 61. gününde ölçülen dış ortam sıcaklığı ve nemi, laboratuvar ortam sıcaklığı ve nemi, seralar iç sıcaklıkları ve nem değerleri ile bazı iklim parametreleri Çizelge 4.36'da verilmiştir

Çizelge 4.36 Denemelerin 61. Gününe Ait Bazı İklim Değerleri

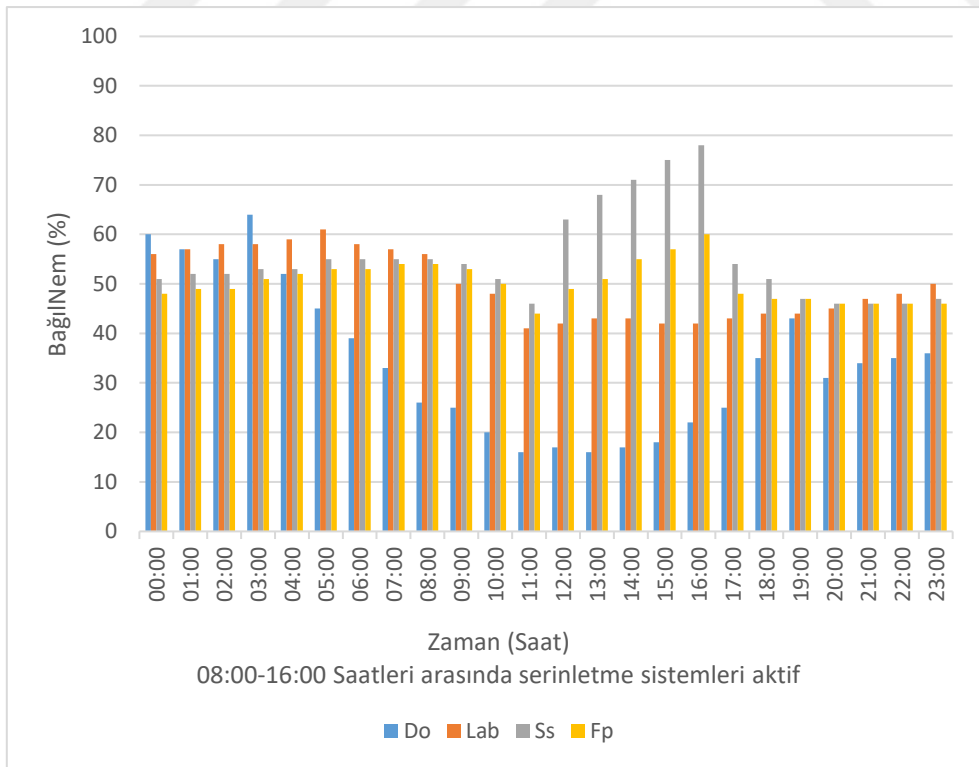
Saat	Gs(h)	Gr(W/m ²)	Sıcaklık (°C)				Bağıl nem (%)			
			Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
-	Do	Do	Do	Lab	Ss	Fp	Do	Lab	Ss	Fp
00:00	0,0	0,0	22,3	23,4	24,2	24,0	60	56	51	48
01:00	0,0	0,0	22,0	23,5	24,1	24,0	57	57	52	49
02:00	0,0	0,2	21,9	22,0	23,7	23,2	55	58	52	49
03:00	0,2	9,4	19,9	21,9	22,1	22,9	64	58	53	51
04:00	0,9	69,5	22,6	21,9	21,8	21,6	52	59	53	52
05:00	1,0	149,5	24,3	22,2	21,7	21,4	45	61	55	53
06:00	1,0	227,3	26,0	23,8	22,5	22,2	39	58	55	53
07:00	1,0	289,2	27,3	24,7	23,9	23,5	33	57	55	54
08:00	1,0	333,9	28,5	25,6	24,4	24,1	26	56	55	54
09:00	1,0	257,8	29,8	26,5	25,1	24,9	25	50	54	53
10:00	1,0	360,0	30,8	27,4	26,8	26,3	20	48	51	50
11:00	1,0	342,2	31,8	28,1	27,6	27,0	16	41	46	44
12:00	1,0	303,9	32,7	28,4	23,2	20,2	17	42	64	51
13:00	1,0	247,8	32,8	28,9	23,4	20,5	16	43	69	53
14:00	1,0	181,0	33,2	29,8	24,1	21,1	17	43	72	55
15:00	1,0	106,8	32,7	29,3	23,8	20,7	18	42	75	57
16:00	1,0	42,4	31,8	29,0	23,4	20,5	22	42	75	56
17:00	0,2	2,7	30,1	27,9	25,1	24,4	25	43	54	48
18:00	0,0	0,0	27,4	27,9	25,5	24,9	35	44	51	47
19:00	0,0	0,0	24,4	27,9	25,7	25,6	43	44	47	47
20:00	0,0	0,0	26,7	27,7	26,1	26,5	31	45	46	46
21:00	0,0	0,0	25,3	27,0	26,9	27,2	34	47	46	46
22:00	0,0	0,0	25,3	26,2	26,3	27,0	35	48	46	46
23:00	0,0	0,0	24,6	25,4	25,4	26,2	36	50	47	46
Ssed	1,0	42,4	31,8	28,1	23,2	20,5	26	41	46	44
Sso	3,32	730,9	32,5	28,9	24,4	22,2	17,6	42,1	66,8	52,6
Ssey	1,0	342,2	33,2	29,8	27,6	27,0	38	43	75	56

11:00-16:00 saatleri arasında serinletme sistemleri çalıştırılmıştır.

Denemelerin 61. gününde çizelge 4.36'da görüldüğü gibi günlük en düşük dış sıcaklık değeri 19,9 °C, günlük en yüksek dış sıcaklık değeri ise 33,2 °C olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamı en düşük sıcaklık değeri 21,9 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 29,8 °C'dir. Sisleme sistemli serada ölçülen en düşük sıcaklık değeri 21,7 °C, ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 27,6 °C'dir. Fan-ped sistemli serada ise bu değerler en düşük 20,2 °C ve en yüksek 27,2 °C olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları ise sırayla 27,2 °C, 26,1 °C, 24,5 °C ve 23,8 °C'dir. Çizelgedeki bağıl nem değerleri incelendiğinde dış bağıl nem günlük en düşük %16, laboratuvar ortamında %41 sisleme sistemli serada %46 ve fan-ped sistemli serada %44 olduğu görülmektedir. Günlük en yüksek bağıl nem değerleri sırasıyla %64, %61, %75 ve %57'dir. Ayrıca günlük ortalama bağıl nem değerleri dış ortam için %34,2, laboratuvar ortamında %49,6, sisleme sistemli serada %55,1 ve fan-ped sistemli serada %50,3 olarak bulunmuştur. Denemenin 61.gününde soğutma ünitesi kontrol paneli ile ünitenin deposundaki 23 °C'lik 212 litre su 27 dakikada 15 °C düşürülmüş ve serinletme sistemlerine gönderilecek su sıcaklığı 8 °C olarak ayarlanmıştır. Serinletme sistemleri saat 11:00 dan 16:00'a kadar çalıştırılmıştır. Serinletme sistemleri devrede iken dış ortam sıcaklığı en düşük 31,8 °C, laboratuvar ortam sıcaklığı en düşük 28,1 °C sisleme sistemli sera sıcaklığı en düşük 23,2 °C ve fan-ped sistemli serada en düşük sıcaklık 20,2 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise sırayla 33,2 °C, 29,8 °C, 27,6 °C ve 27,0 °C'dir. Sisleme sistemli sera iç sıcaklığı ile laboratuvar iç sıcaklığı arasındaki en büyük fark saat 14:00 'da 5,7 °C olarak kaydedilirken fan-ped sistemli serada bu değer saat 14:00'da 8,7 °C olarak kaydedilmiştir. Laboratuvar ortam sıcaklığının 32,7 °C olduğu saat 15:00'da sisleme sistemli serada 5,5 °C daha düşük bir sıcaklık varken fan-ped sistemli serada bu fark 8,6 °C seviyelerindedir. Serinletme sistemlerinin aktif olduğu zaman diliminde iki serinletme sistemi arasındaki en büyük sıcaklık farkı saat 15:00'da fan-ped sistemli serada 3,1 °C daha düşük bir değer olarak ölçülmüştür Çalışmada serinletme sistemlerine elektrik desteği sağlayan güneş paneli sisteminin ihtiyaç duyduğu gerekli güneş radyasyonu denemelerin 61. günü için en yüksek 360,0 W.h/m²'dir Ayrıca denemelerin 61. günü için günlük güneşlenme süresi 13,3 saat olarak ölçülmüştür. Denemelerin 61. gününde ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği Şekil 4.19'da bağıl nem değerleri grafiği Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.19 Denemelerin 61. Gününde Ölçülen Sıcaklık Değerleri Grafığı



Şekil 4.20 Denemelerin 61. Gününde Ölçülen Bağıl Nem Değerleri Grafığı

Şekil 4.19 ve şekil 4.20’de de görüldüğü gibi denemelerin 61. gününde günlük en yüksek laboratuvar ortamı sıcaklık değeri 29,8 °C olarak kaydedilmiştir. Serinletme sistemleri 11:00-16:00 saatleri arasında 8 °C’lik su ile çalıştırılmış ve seralar iç sıcaklık değerleri düşürülmüştür. Sisleme sistemli serada 23,2-27,6 °C sıcaklık ve %46-75 nem değeri için fan-ped sistemli serada 20,5-27,0 °C sıcaklık ve %44-56 nem değeri için her iki seranın da domates ve hıyar bitkileri yetiştiriciliği için istenen 16-28°C sıcaklık ve %40-80 nem değerleri kıstaslarına göre ideal iklim seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Denemelerin 61.gününe ait istatistiki analizi Shapiro-wilk testi Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.37 Denemelerin 61. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Shapiro-Wilk Testi Sonuçları

	Gruplar	İstatistik	sd	p
Sıcaklık 61	Laboratuvar	,982	6	,961
	Sisleme S.	,669	6	,103
	Fan-ped S.	,601	6	,060
Nem 61	Laboratuvar	,866	6	,212
	Sisleme S.	,797	6	,056
	Fan-ped S.	,872	6	,233

Çizelge 4.37’de yapılan shapiro wilks testi sonuçlarına göre denemelerin 61. gününe ait tüm grupların sıcaklık verilerinin normal dağılım gösterdiği [Laboratuvar (p=,961; p>0,05); sisleme s. (p=,103; p>0,05); fan-ped s. (p=,060; p>0,05)] görülmektedir. Benzer şekilde 20. güne ait nem verileri de normal dağılım göstermektedir [Laboratuvar (p=,212; p>0,05); sisleme s. (p=,056; p>0,05); fan-ped s. (p=,233; p>0,05)]. Normal dağılım gösteren veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Denemelerin 61. gününe ait ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4.38 Denemelerin 61. Gününe Ait Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık 61	Gruplar arası	16,028	2	81,014	24,094	,000
	Gruplar içi	50,437	15	3,362		
	Toplam	212,464	17			
Nem 61	Gruplar arası	1838,778	2	919,389	19,074	,000
	Gruplar içi	723,000	15	48,200		
	Toplam	2561,778	17			

Çizelge 4.38'e göre gruplar arasında sıcaklık değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği sıcaklık değerleri için sağlanırken nem değerleri için sağlanmamıştır (sıcaklık 61 $p<0,05$; nem 61 $p>0,05$). Bu nedenle sıcaklık verilerine Tamhane's T2, nem verilerine LSD testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fa-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir.

Toplam 2 aylık (61 günlük) bitki yetiştirme süresince günlük ölçülen sıcaklık ve nem değerleri ortalamalarının serinletme sistemlerinin etkinliği bazında sislemeli serinletme sistemi ile fan-ped serinletme sistemi genel karşılaştırılması ANOVA analizi ile yapılmıştır. Denemeler süresince günlük ölçülen sıcaklık ve nem değerlerinin ortalamalarının serinletme sistemlerinin etkinlikleri üzerine yapılan ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39 Denemelerin 61 Günlük Ortalama Sıcaklık ve Nem Değerlerine İlişkin ANOVA Analizi Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Sıcaklık	Gruplar arası	1293,537	2	646,769	97,720	,000*
	Gruplar içi	933,221	141	6,619		
	Toplam	2226,758	143			
Nem	Gruplar arası	23194,889	2	11597,444	4,181	,017*
	Gruplar içi	391104,00	141	2773,787		
	Toplam	414298,889	143			

Çizelge 4.39'a göre gruplar arasında sıcaklık değerlerinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın yönünü belirlemede varyansların homojenliği sağlandığı için (sıcaklık $p>0,05$; nem $p>0,05$) LSD testi uygulanmıştır. Buna göre her iki serinletme sisteminden alınan sıcaklık verileri ile laboratuvar verileri arasında serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülmüştür. Serinletme sistemleri arasında ise Fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir. Yapılan genel analiz sonucunda serinletme etkinliği bakımından fan-ped serinletme sisteminin sislemeli serinletme sistemine göre daha etkin olduğu görülmüştür.

Güneşçe zengin bölgelerde yer alan seralarda özellikle yaz aylarında yapılan sera yetiştiriciliğinde ulaşılan yüksek sera iç sıcaklığı yetiştiriciliği olumsuz yönde etkilemektedir. Sera iç sıcaklığının üretilen ürünler için istenen optimum sıcaklıkları aştığı durumlarda sera üretiminde büyük aksaklıklar olabilmektedir. Üretim aşamasında yüksek sıcaklıklar nedeniyle yaşanan sıkıntıları gidermek amacıyla çeşitli serinletme yöntemleri uygulayarak sera iç sıcaklıklarının düşürülmesi gerekir (Franco ve ark., 2014). Sera yetiştiriciliğinde sera iç ortamı dış ortama göre daha fazla ısınır. Ulaşılan yüksek sıcaklık sera içerisindeki bitkileri strese sokar kök, gövde, yaprak ve sonunda meyve hasarlarına yol açar. Sera yetiştiriciliğinde oldukça önemli bir yere sahip olan domates ve hıyar bitkisi de yüksek sıcaklıklardan olumsuz etkilenmektedir. Domates bitkisi genel olarak ılık ve sıcak iklimleri sever fakat aşırı sıcaktan ve soğuktan hoşlanmaz. Bitkide uygun büyüme için istenen en ideal yetiştirilme sıcaklığı 22 °C ile 26 °C aralığıdır. Sera yetiştiriciliği için sera iç ortam sıcaklığı 15 °C'nin altına ve 35 °C'nin üstüne çıktığında domates meyvesinde düzensizlikler meydana getirir. Seralarda domates üretimi gerçekleştirilirken sera iç sıcaklığı 24 °C'nin üzerine çıkmaya başladığında seraların havalandırılması ve serinletilmesi istenir. Ayrıca optimum bir domates üretimi için havadaki oransal nemin %65-70, dölleme döneminde ise %70-80 olması istenir (Ata, 2015). Seralarda yetiştirilen hıyar bitkisi de sıcaklık konusunda hassastır. Yüksek sıcaklıklarda hıyar meyvesinin tadı acılaşır ve dökülmeler görülebilir. Sıcaklık 30 °C'yi aştığı durumlarda hıyarda solgunluk meydana gelir (Aras, 2015). Yıllık ortalama 8 milyon ton olan örtüaltı üretimimizin 4,9 milyon ton'u domates ve hıyar üretimi olarak gerçekleşmektedir (Anonim, 2019b). Ülkemizin önemli bir gelir kalemi olan örtüaltı üretimimizi kesintisiz bir şekilde devamı için doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı durumlarda sera içinde serinletme yapılması gerekmektedir (Kittas ve ark., 2001). Ülkemizde kurulan seralara yapısal olarak bakıldığında pek çoğunun küçük işletmeler olduğu göze çarpmaktadır. Seralarda kullanılacak alternatif pek çok serinletme sistemi bulunmasına karşın seralarda kullanılacak serinletme sisteminin kurulum ve işletme giderleri bakımından ekonomik olması oldukça önemlidir. Fan-ped serinletme sistemleri ve sislemeli serinletme sistemleri uygun kurulum ve işletme giderleri bakımından seralarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Yağcıoğlu, 2005). Belirli kriterler ve tasarım parametrelerine uygun şekilde doğru tasarlanan seralarda evaporatif serinletme sistemlerinin etkinliği pek çok otorite farklı yorumlamıştır.

Montero, vd., (1981) %70-80 olmasının yeterli olduğunu belirtirken, Yağcıoğlu, (2005) serinletme etkinliğinin %85 olması gerektiğini aktarmıştır. Boyacı, (2014) yaptığı çalışmasında sislemeli serinletme uygulaması ile en yüksek %16 dış bağıl nem'de %43 soğutma etkinliğine ulaşırken sera iç ve dış sıcaklık farkını 5 °C olarak belirlemiştir. Sera iç ve dış sıcaklık farkında Öztürk, (2003) yaptığı çalışmasında 6,6 °C olarak bulurken, Erbil, (2010) bu değeri 7-14 °C olarak belirlemiştir. Fan-ped uygulaması ile Boyacı, (2014), yaptığı çalışmasında %16 dış bağıl nemde %80 soğutma etkinliğine ulaşmıştır. Ayrıca sera iç ve dış sıcaklık farkını yaptığı serinletme ile 15 °C daha düşük değerlere çekebildiğini aktarmıştır. Ayrıca Öz, (2007) fan-ped sistemi le 10 °C, Davies, (2005) ise 15 °C daha düşük sıcaklıklar elde ettiklerini aktarmışlardır.

Güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip serinletme sistemlerinin seralarda kullanım olanaklarını belirlemek amacıyla sisleme sistemli sera ile fan-ped sistemli sera pek çok yönden karşılaştırılmış olsa da sistemlerde aranan en büyük özellik seralardaki serinletme etkinliğini belirleyen sera iç ve dış sıcaklık farklarıdır. Sislemeli serinletme yapılan serada %70 nem'de %62 serinletme etkinliği saptanırken dış ortam sıcaklığına göre ulaşılan en yüksek serinletme farkı 6 °C olarak ölçülmüştür. Serinletme için fan-ped sisteminin kullanıldığı serada %50 nem seviyesinde ölçülen en yüksek serinletme etkinliği %87 olarak ölçülmüştür. Ayrıca iç ve dış serinletme farkı olarak sera içinde dış ortam sıcaklığına göre en düşük 9 °C sıcaklık farkı belirlenmiştir. Yapılan literatür çalışmaları göz önüne alındığında serinletme sistemlerinin ikisinin de seralarda etkin olarak kullanılabileceği görülmektedir. Çalışma da ortaya çıkan yüksek nem değerleri çalışmanın laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Açık alanda rüzgar etkisi ile sera içi nem değerleri daha aşağıya çekilerek sistemlerin soğutma etkinlikleri artırılabilir. Ayrıca seralarda kullanılan aspiratör fanların kapasitesi artırılarak performans anlamında iyileşmeler gerçekleştirilebilir.

4.4. Bitki Gelişimine Ait Bulgular

Sisleme sistemli ve Fan-ped sistemli seralardaki domates ve hıyar bitkileri için yaprak sayısı (Ys), Bitki boyu (Bb) ve gövde kalınlığı (Gk) ölçümleri 8 haftalık olarak grafiklerle ayrı ayrı incelenmiştir.

4.4.1. Domates Bitkisinin Haftalık Gelişimine Ait Bulgular

Domates bitkilerinin saksıları sisleme sistemli serada SD1, SD2, SD3, SD4 ve SD5 olarak isimlendirilmiştir. Fan-ped sistemli serada yetiştirilen domates bitkilerinin saksıları ise FPD1, FPD2, FPD3, FPD4 ve FPD5 olarak isimlendirilmiştir. Sisleme sistemli seradaki domates bitkisinin ilk dikiminden sonraki 8 haftalık yaprak sayıları Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Çizelge 4.40 Sisleme Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Yaprak Sayıları (Adet)

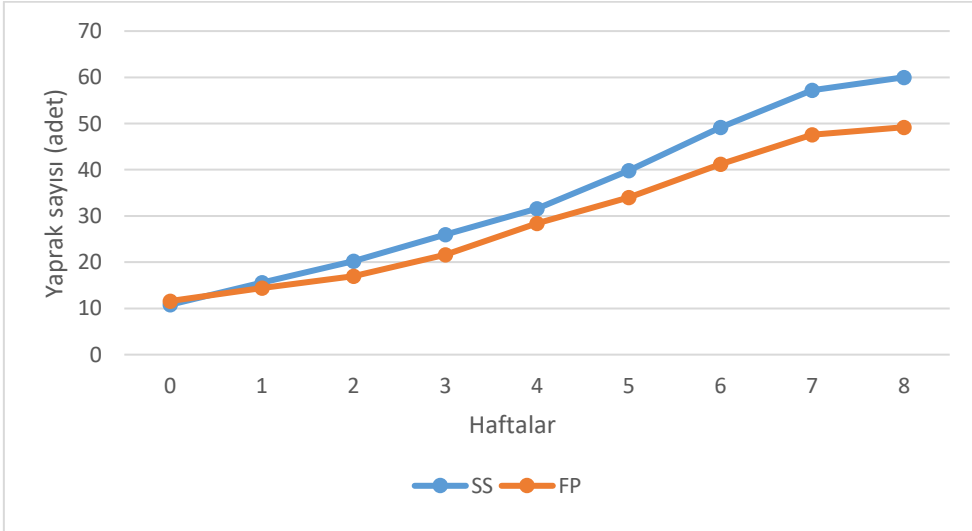
Haftalar	SD1 (adet)	SD2 (adet)	SD3 (adet)	SD4 (adet)	SD5 (adet)	Ortalama (adet)
0	10	11	12	11	10	10,8
1	14	15	18	16	15	15,6
2	19	19	22	21	20	20,2
3	25	24	28	27	26	26,0
4	33	30	33	31	31	31,6
5	40	39	41	40	39	39,8
6	47	47	50	48	46	49,2
7	56	57	61	56	56	57,2
8	59	60	65	58	58	60,0

Çizelge 4.40 incelendiğinde 8. hafta sonunda 65 yaprak sayısı ile en çok yaprak sayısına ulaşan bitki SD3 olmuştur. Domates fidelerinin ilk dikiminde 10,8 adet olan yaprak sayısı ortalamaları 8. hafta sonunda 60,0 adede ulaşmıştır. Fan-ped sistemli seradaki domates bitkisinin 8 haftalık yaprak sayıları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.41 Fan-Ped Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Yaprak Sayıları

Haftalar	FPD1 (adet)	FPD2 (adet)	FPD3 (adet)	FPD4 (adet)	FPD5 (adet)	Ortalama (adet)
0	12	10	11	12	13	11,6
1	14	13	14	15	16	14,4
2	17	15	16	18	19	17,0
3	21	20	20	23	24	21,6
4	27	28	26	30	31	28,4
5	33	33	30	37	37	34,0
6	39	40	36	46	45	41,2
7	46	46	40	55	51	47,6
8	48	47	42	57	52	49,2

Çizelge 4.41 incelendiğinde 8. hafta sonunda 57 yaprak sayısı ile en çok yaprak sayısına ulaşan bitki FPD4 olmuştur. Domates fidelerinin ilk dikiminde 11,6 adet olan yaprak sayısı ortalamaları 8. hafta sonunda 49,2 adede ulaşmıştır. Sisleme sistemli serada yetiştirilen domates bitkileri ile fan-ped sistemli serada yetiştirilen domateslerin ortalama yaprak sayılarını gösteren grafik Şekil 4,21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Seralardaki Domates Bitkilerine Ait Yaprak Sayılarının Haftalık Ortalamaları

Şekil 4.21’de sisleme sistemli seradaki domateslerle fan-ped sistemli seralardaki domatesler yaprak sayıları yönünden karşılaştırılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi sisleme sistemli seradaki domatesler fan-ped sistemli seradaki domateslere göre daha fazla yaprak sayısına ulaşmışlardır. Bunun nedeni aynı miktar sulama yapılan bitkiler için sisleme sistemli serada serinletme sisteminin püskürttüğü su ile bir miktar daha fazla su verilmesinden kaynaklanmaktadır. Sisleme sistemli serada ve fan-ped sistemli serada yetiştirilen domates bitkilerinin yaprak sayılarına ilişkin yapılan t-testi Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.42 Seralardaki Domates Bitkilerinin Yaprak Sayılarına İlişkin t-testi Sonuçları

Gruplar	N	\bar{x}	SS	sd	t	p
Ss	9	34,48	18,07	16	,656	,521
Fp	9	29,44	14,32			

*p<,05

Çizelge 4.42’ye bakıldığında sisleme sistemi ve fan-ped sistemli serinletmelerin yerleştirildiği seralardaki domates bitkisinin yaprak sayıları için yapılan ilişkisiz örneklem t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında anlamlı bir fark görülmemektedir [$t(16) = ,656, p>.05$]. Bu bulgu her iki serinletme ünitesi serada yetiştirilen domates bitkilerinin yaprak sayılarında istatistiki düzeyde herhangi bir farklılık olmadığını göstermektedir.

Sisleme sistemli seradaki domates bitkisinin 8 haftalık bitki boyları Çizelge 4.43’te verilmiştir.

Çizelge 4.43 Sisleme Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Haftalık Bitki Boyları

Haftalar	SD1 (cm)	SD2 (cm)	SD3 (cm)	SD4 (cm)	SD5 (cm)	Ortalama (cm)
0	13	14	16	15	13	14,2
1	16	17	21	18	16	17,6
2	27	28	33	28	25	28,6
3	43	45	51	40	38	43,4
4	58	63	72	55	51	59,8
5	73	78	89	70	68	75,6
6	85	91	103	83	81	88,6
7	98	102	111	95	91	97,4
8	107	109	120	102	99	107,4

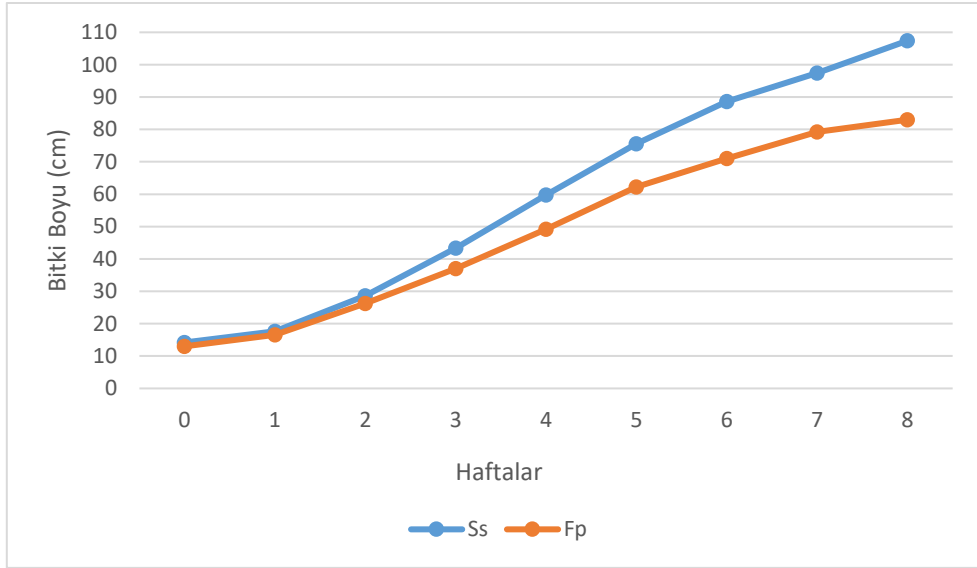
Çizelge 4.43'te de görüldüğü gibi sisleme sistemli serada en çok boylan domates bitkisi 120 cm boyu ile SD3 olmuştur. İlk dikimde 14,2 cm boy ortalamasına sahip olan domates bitkileri 8. hafta sonunda ortalama olarak 107,4 cm boylarına ulaşmışlardır. Fan-ped sistemli seradaki domates bitkisinin 8 haftalık bitki boyları Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Çizelge 4.44 Fan-Ped Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Haftalık Bitki Boyları

Haftalar	FPD1 (cm)	FPD2 (cm)	FPD3 (cm)	FPD4 (cm)	FPD5 (cm)	Ortalama (cm)
0	12	11	13	15	14	13,0
1	15	14	16	20	18	16,6
2	26	24	19	32	30	26,2
3	38	33	27	45	42	37,0
4	46	42	35	63	60	49,2
5	61	60	49	72	69	62,2
6	72	69	56	82	76	71,0
7	80	78	62	91	85	79,2
8	84	81	66	95	89	83,0

Çizelge 4.44 incelendiğinde fan ped sistemli serada en uzun boylanma gösteren domates bitkisinin FPD4 olduğu görülmektedir.

İlk dikimde ortalama olarak 13,0 cm boylarında olan domates fideleri 8. hafta sonunda ortalama 83,0 cm boylarına ulaşmışlardır. Sisleme sistemli serada yetiştirilen domates bitkileri ile fan ped sistemli serada yetiştirilen domates bitkilerinin boy ortalamalarını gösteren grafik Şekil 4,22’de verilmiştir.



Şekil 4.22 Seralardaki Domates Bitkilerinin Haftalık Boy Ortalamaları

Şekil 4.22’de sisleme sistemli seradaki domateslerle fan-ped sistemli seralardaki domatesler boy uzunlukları yönünden karşılaştırılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi sisleme sistemli seradaki domatesler fan-ped sistemli seradaki domateslere göre daha uzun bitki yapısına sahiptir. Bunun nedeni aynı miktar sulama yapılan bitkiler için sisleme sistemli serada serinletme sisteminin püskürttüğü su ile bir miktar daha fazla su verilmesinden kaynaklanmaktadır. Sisleme sistemli serada ve fan-ped sistemli serada yetiştirilen domates bitkilerinin bitki boylarına ilişkin yapılan t-testi Çizelge 4.45’te verilmiştir.

Çizelge 4.45 Seralardaki Domates Bitkilerinin Bitki Boylarına İlişkin t-testi Sonuçları

Gruplar	N	\bar{x}	SS	sd	t	p
Ss	9	59,17	35,10	16	,734	,474
Fp	9	48,37	26,77			

*p<,05

Çizelge 4.45'e bakıldığında sisleme sistemli ve fan-ped sistemli serinletmelerin yerleştirildiği seralardaki domates bitkisinin boy uzamaları için yapılan ilişkisiz örneklem t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında anlamlı bir fark görülmemektedir [$t(16) = ,734, p > .05$]. Bu bulgu her iki serinletme ünitesi serada yetiştirilen domates bitkilerinin boy uzama miktarları arasında istatistiki düzeyde herhangi bir farklılık olmadığını göstermektedir.

Sisleme sistemli seradaki domates bitkisinin 8 haftalık gövde kalınlıkları Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.46 Sisleme Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlıkları

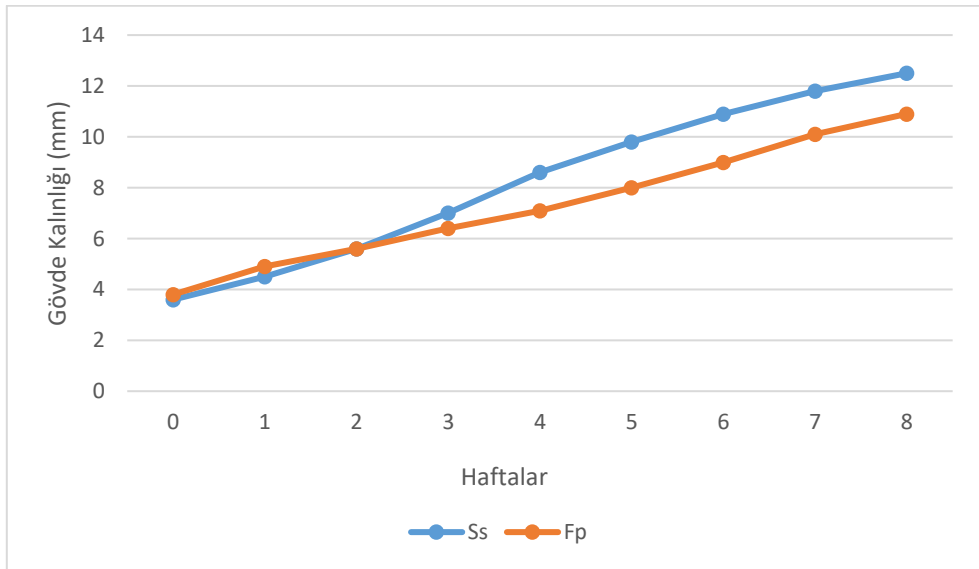
Haftalar	SD1 (mm)	SD2 (mm)	SD3 (mm)	SD4 (mm)	SD5 (mm)	Ortalama (mm)
0	3,6	4,1	4,5	3,2	2,6	3,6
1	4,5	5,0	5,4	4,3	3,4	4,5
2	5,8	6,2	6,9	5,0	4,1	5,6
3	6,9	7,9	8,5	6,2	5,8	7,0
4	8,2	9,5	10,1	8,0	7,2	8,6
5	9,0	10,6	11,2	9,7	8,5	9,8
6	10,3	11,5	12,6	10,4	9,9	10,9
7	11,6	12,5	13,8	11,0	10,5	11,8
8	12,2	13,4	14,2	11,9	11,1	12,5

Çizelge 4.46 incelendiğinde sisleme sistemli serada en kalın gövde yapısı gösteren domates bitkisinin SD3 olduğu görülmektedir. İlk dikimde ortalama olarak 3,6 mm gövde kalınlığına sahip olan domates fideleri 8. hafta sonunda ortalama 12,5 mm gövde kalınlığına ulaşmışlardır. Fan-ped sistemli seradaki domates bitkisinin 8 haftalık gövde kalınlıkları Çizelge 4.47'de verilmiştir.

Çizelge 4.47 Fan-Ped Sistemli Seradaki Domates Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlıkları

Haftalar	FPD1 (mm)	FPD2 (mm)	FPD3 (mm)	FPD4 (mm)	FPD5 (mm)	Ortalama (mm)
0	3,6	3,5	3,0	4,6	4,4	3,8
1	4,6	4,7	4,1	5,8	5,5	4,9
2	5,4	5,3	4,9	6,6	6,2	5,6
3	6,1	6,1	5,6	7,4	6,8	6,4
4	6,8	6,9	6,3	8,2	7,7	7,1
5	7,6	7,7	7,1	9,5	8,4	8,0
6	8,5	8,6	8,3	10,4	9,4	9,0
7	9,9	9,9	9,1	11,4	10,3	10,1
8	10,6	10,7	10,2	12,0	11,1	10,9

Çizelge 4.47 incelendiğinde fan-ped sistemli serada en kalın gövde yapısı gösteren domates bitkisinin FPD4 olduğu görülmektedir. İlk dikimde ortalama olarak 3,8 mm gövde kalınlığı olan domates fideleri 8. hafta sonunda ortalama 10,9 mm gövde kalınlığına ulaşmışlardır. Sisleme sistemli serada yetiştirilen domates bitkileri ile fan-ped sistemli serada yetiştirilen domates bitkilerinin gövde kalınlıklarını gösteren grafik Şekil 4,23'te verilmiştir.



Şekil 4.23 Seralardaki Domates Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlığı Ortalamaları

Şekil 4.23'te sisleme sistemli seradaki domateslerle fan-ped sistemli seralardaki domatesler gövde kalınlıkları yönünden karşılaştırılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi sisleme sistemli seradaki domatesler fan-ped sistemli seradaki domateslere göre daha uzun bitki yapısına sahiptir. Bunun nedeni aynı miktar sulama yapılan bitkiler için sisleme sistemli serada serinletme sisteminin püskürttüğü su ile bir miktar daha fazla su verilmesinden kaynaklanmaktadır. Sisleme sistemli serada ve fan-ped sistemli serada yetiştirilen domates bitkilerinin gövde kalınlıklarına ilişkin yapılan t-testi Çizelge 4.48'de verilmiştir.

Çizelge 4.48 Seralardaki Domates Bitkilerinin Gövde Kalınlıklarına İlişkin t-testi Sonuçları

Gruplar	N	\bar{x}	SS	sd	t	p
Ss	9	8,25	3,24	16	,702	,493
Fp	9	7,31	2,39			

*p<.05

Çizelge 4.48'e bakıldığında sisleme sistemli ve fan-ped sistemli serinletmelerin yerleştirildiği seralardaki domates bitkisinin gövde kalınlıkları için yapılan ilişkisiz örneklem t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında anlamlı bir fark görülmemektedir [$t(16) = ,702, p>.05$]. Bu bulgu her iki serinletme ünitesi serada yetiştirilen domates bitkilerinin gövde kalınlıkları arasında istatistiki düzeyde herhangi bir farklılık olmadığını göstermektedir.

4.4.2. Hıyar Bitkisinin Haftalık Gelişimine Ait Bulgular

Hıyar bitkilerinin saksıları sisleme sistemli serada SH1, SH2, SH3, SH4 ve SH5 olarak isimlendirilmiştir. Fan-ped sistemli serada yetiştirilen hıyar bitkilerinin saksıları ise FPH1, FPH2, FPH3, FPH4 ve FPH5 olarak isimlendirilmiştir. Hıyar yetiştirme denemelerine 01.05.2019 tarihinde başlanıp 30.06.2019 tarihinde sonlandırılmıştır. Sisleme sistemli seradaki hıyar bitkisinin ilk dikiminden sonraki 8 haftalık yaprak sayıları Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Çizelge 4.49 Sisleme Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Yaprak Sayıları (Adet)

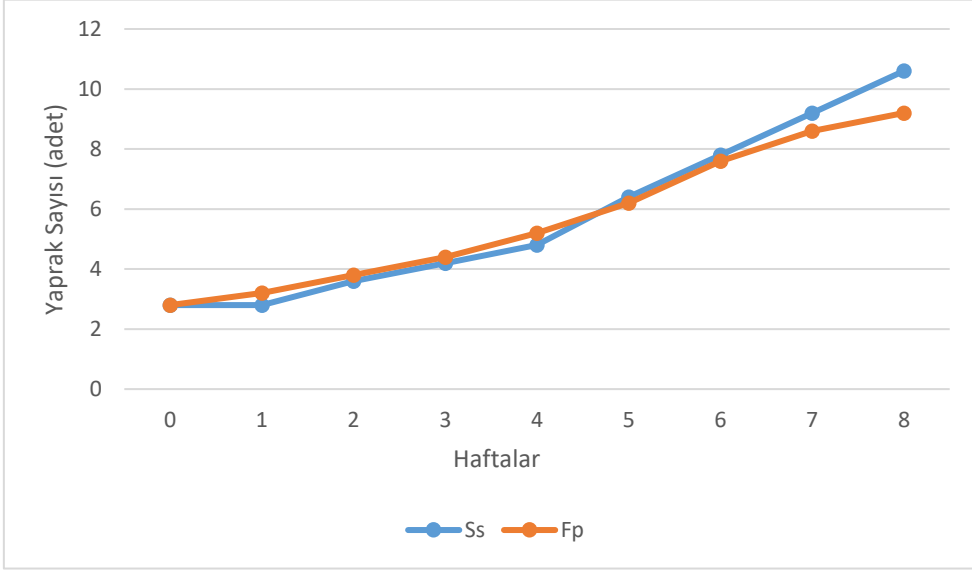
Haftalar	SH1 (adet)	SH2 (adet)	SH3 (adet)	SH4 (adet)	SH5 (adet)	Ortalama (adet)
0	4	2	3	2	3	2,8
1	4	2	3	2	3	2,8
2	5	3	3	3	4	3,6
3	6	3	4	3	5	4,2
4	7	4	4	4	5	4,8
5	9	5	6	5	7	6,4
6	10	7	8	6	8	7,8
7	12	8	9	8	9	9,2
8	13	9	10	10	11	10,6

Çizelge 4.49 incelendiğinde 8. hafta sonunda 13 yaprak sayısı ile en çok yaprak sayısına ulaşan bitki SH1 olmuştur. Hıyar fidelerinin ilk dikiminde 2,8 adet olan yaprak sayısı ortalamaları 8. hafta sonunda 10,6 adede ulaşmıştır. Fan-ped sistemli seradaki hıyar bitkisinin 8 haftalık yaprak sayıları Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4.50 Fan-Ped Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Yaprak Sayıları (Adet)

Haftalar	FPH1 (adet)	FPH2 (adet)	FPH3 (adet)	FPH4 (adet)	FPH5 (adet)	Ortalama (adet)
0	2	2	4	2	4	2,8
1	2	3	5	2	4	3,2
2	3	3	5	3	5	3,8
3	4	4	6	3	5	4,4
4	4	5	7	4	6	5,2
5	5	6	8	5	7	6,2
6	6	8	10	6	8	7,6
7	7	9	11	7	9	8,6
8	8	9	11	8	10	9,2

Çizelge 4.50 incelendiğinde 8. hafta sonunda 11 yaprak sayısı ile en çok yaprak sayısına ulaşan bitki FPH3 olmuştur. Hıyar fidelerinin ilk dikiminde 2,8 adet olan yaprak sayısı ortalamaları 8. hafta sonunda 9,2 adede ulaşmıştır. Sisleme sistemli serada yetiştirilen hıyar bitkileri ile fan-ped sistemli serada yetiştirilen hıyarların ortalama yaprak sayılarını gösteren grafik Şekil 4,24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Seralardaki Hıyar Bitkilerine Ait Yaprak Sayılarının Haftalık Ortalamaları

Şekil 4.24'te sisleme sistemli seradaki hıyar bitkileri ile fan-ped sistemli seralardaki hıyar bitkileri yaprak sayıları yönünden karşılaştırılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi sisleme sistemli seradaki hıyar bitkileri fan-ped sistemli seradaki hıyar bitkilerine göre daha fazla yaprak sayısına ulaşmışlardır. Bunun nedeni aynı miktar sulama yapılan bitkiler için sisleme sistemli serada serinletme sisteminin püskürttüğü su ile bir miktar daha fazla su verilmesinden kaynaklanmaktadır. Sisleme sistemli serada ve fan-ped sistemli serada yetiştirilen hıyar bitkilerinin yaprak sayılarına ilişkin yapılan t-testi Çizelge 4.51'de verilmiştir.

Çizelge 4.51 Seralardaki hıyar Bitkilerinin Yaprak Sayılarına İlişkin t-testi Sonuçları

Gruplar	N	\bar{x}	SS	sd	t	p
Ss	9	5,80	2,85	16	,108	,915
Fp	9	5,66	2,36			

*p<,05

Çizelge 4.51'e bakıldığında sisleme sistemli ve fan-ped sistemli serinletmelerin yerleştirildiği seralardaki hıyar bitkilerinin yaprak sayıları için yapılan ilişkisiz örneklem t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında anlamlı bir fark görülmemektedir [$t(16) = ,108, p>.05$]. Bu bulgu her iki serinletme üniteli serada yetiştirilen hıyar bitkilerinin yaprak sayıları arasında istatistiki düzeyde herhangi bir farklılık olmadığını göstermektedir.

Sisleme sistemli seradaki hıyar bitkisinin 8 haftalık bitki boyları Çizelge 4.52'de verilmiştir.

Çizelge 4.52 Sisleme Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Bitki Boyları

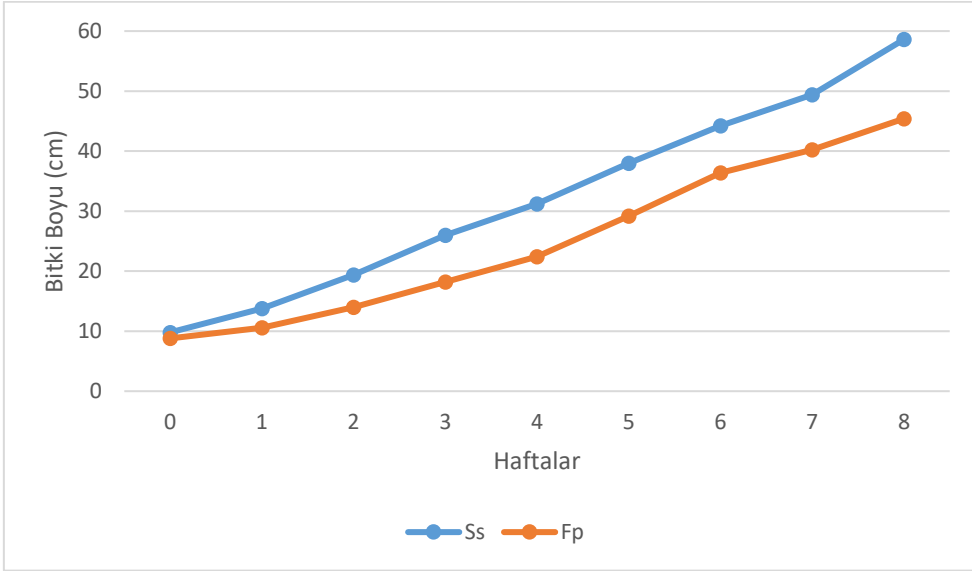
Haftalar	SH1 (cm)	SH2 (cm)	SH3 (cm)	SH4 (cm)	SH5 (cm)	Ortalama (cm)
0	12	7	8	11	11	9,8
1	15	10	11	17	16	13,8
2	20	14	17	26	20	19,4
3	26	23	25	32	24	26,0
4	32	26	29	41	28	31,2
5	39	30	33	53	35	38,0
6	46	35	37	63	40	44,2
7	52	41	45	71	48	49,4
8	61	50	54	83	55	58,6

Çizelge 4.52'de de görüldüğü gibi sisleme sistemli serada en çok boylanan hıyar bitkisi 83 cm boyu ile SH4 olmuştur. İlk dikimde 9,8 cm boy ortalamasına sahip olan hıyar bitkileri 8. hafta sonunda ortalama olarak 58,6 cm boylarına ulaşmışlardır. Fan-ped sistemli seradaki hıyar bitkisinin 8 haftalık bitki boyları Çizelge 4.53'de verilmiştir.

Çizelge 4.53 Fan-Ped Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Bitki Boyları

Haftalar	FPH1 (cm)	FPH2 (cm)	FPH3 (cm)	FPH4 (cm)	FPH5 (cm)	Ortalama (cm)
0	7	6	11	8	12	8,8
1	9	8	14	10	14	10,6
2	12	12	17	13	16	14,0
3	16	19	21	16	19	18,2
4	20	24	26	19	23	22,4
5	26	31	33	26	30	29,2
6	33	36	40	35	38	36,4
7	36	40	45	38	42	40,2
8	40	45	51	43	48	45,4

Çizelge 4.53 incelendiğinde fan-ped sistemli serada en uzun boylanma gösteren hıyar bitkisinin 51 cm boy uzunluğundaki FPH3 olduğu görülmektedir. İlk dikimde ortalama olarak 8,8 cm boylarında olan hıyar fideleri 8. hafta sonunda ortalama 45,4 cm boylarına ulaşmışlardır. Sisleme sistemli serada yetiştirilen hıyar bitkileri ile fan-ped sistemli serada yetiştirilen hıyar bitkilerinin boy ortalamalarını gösteren grafik Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25 Seralardaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Boy Ortalamaları

Şekil 4.25'te sisleme sistemli seradaki hıyar bitkileri ile fan-ped sistemli seralardaki hıyar bitkileri boy uzunlukları yönünden karşılaştırılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi sisleme sistemli seradaki hıyar bitkileri fan-ped sistemli seradaki hıyar bitkilerine göre daha uzun bitki yapısına sahiptir. Bunun nedeni aynı miktar sulama yapılan bitkiler için sisleme sistemli serada serinletme sisteminin püskürttüğü su ile bir miktar daha fazla su verilmesinden kaynaklanmaktadır. Sisleme sistemli serada ve fan-ped sistemli serada yetiştirilen hıyar bitkilerinin bitki boylarına ilişkin yapılan t-testi Çizelge 4.54'te verilmiştir.

Çizelge 4.54 Seralardaki Hıyar Bitkilerinin Bitki Boylarına İlişkin t-testi Sonuçları

Gruplar	N	\bar{x}	SS	sd	t	p
Ss	9	32,26	16,63	16	1,01	,324
Fp	9	35,02	13,40			

*p<,05

Çizelge 4.54'e bakıldığında sisleme sistemli ve fan-ped sistemli seralardaki hıyar bitkilerinin bitki boyları için yapılan ilişkisiz örneklem t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında anlamlı bir fark görülmemektedir [$t(16) = 1,01$, $p>,05$]. Bu bulgu her iki serinletme ünitesi serada yetiştirilen hıyar bitkilerinin gövde kalınlıkları arasında istatistiki düzeyde herhangi bir farklılık olmadığını göstermektedir.

Sisleme sistemli seradaki hıyar bitkisinin 8 haftalık gövde kalınlıkları Çizelge 4.55'te verilmiştir.

Çizelge 4.55 Sisleme Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlıkları

Haftalar	SH1 (mm)	SH2 (mm)	SH3 (mm)	SH4 (mm)	SH5 (mm)	Ortalama (mm)
0	5,6	4,1	4,5	3,3	5,0	4,5
1	5,6	4,1	4,6	3,3	5,1	4,5
2	5,7	4,2	4,6	3,4	5,1	4,6
3	5,8	4,4	4,7	3,4	5,2	4,7
4	6,0	4,6	4,9	3,5	5,3	4,8
5	6,3	5,0	5,3	3,6	5,5	5,1
6	6,5	5,1	5,5	3,7	5,7	5,3
7	6,6	5,2	5,8	3,7	6,0	5,4
8	6,7	5,4	5,9	3,8	6,1	5,5

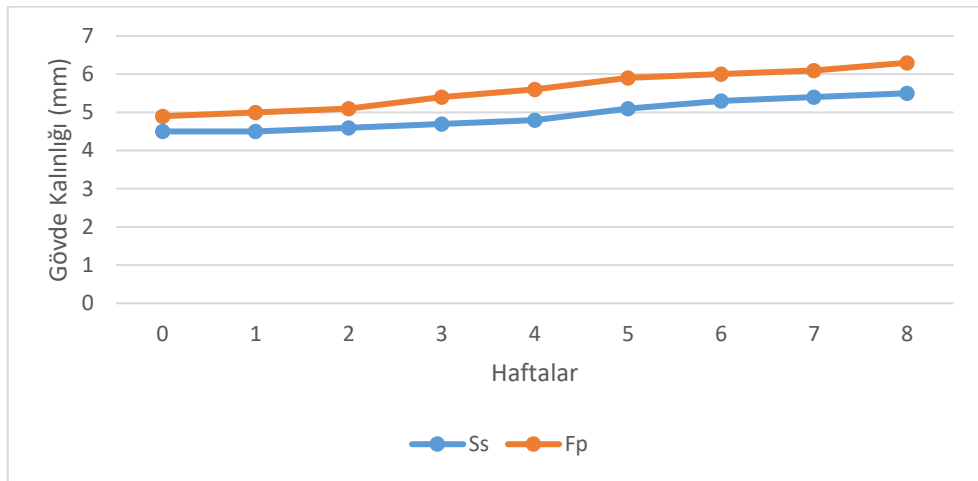
Çizelge 4.55 incelendiğinde sisleme sistemli serada en kalın gövde yapısı gösteren hıyar bitkisinin 6,7 mm gövde kalınlığı ile SH1 olduğu görülmektedir. İlk dikimde ortalama olarak 4,5 mm gövde kalınlığına sahip olan hıyar fideleri 8. hafta sonunda ortalama 5,5 mm gövde kalınlığına ulaşmışlardır. Fan-ped sistemli seradaki hıyar bitkisinin 8 haftalık gövde kalınlıkları Çizelge 4.56'da verilmiştir.

Çizelge 4.56 Fan-Ped Sistemli Seradaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlıkları

Haftalar	FPH1 (mm)	FPH2 (mm)	FPH3 (mm)	FPH4 (mm)	FPH5 (mm)	Ortalama (mm)
0	4,2	5,0	5,6	4,6	5,4	4,9
1	4,3	5,1	5,7	4,6	5,4	5,0
2	4,5	5,2	5,9	4,7	5,6	5,1
3	4,8	5,5	6,1	4,9	5,8	5,4
4	5,1	5,8	6,5	5,2	6,0	5,6
5	5,3	5,9	6,7	5,5	6,2	5,9
6	5,4	6,1	6,8	5,8	6,3	6,0
7	5,5	6,2	6,9	5,9	6,4	6,1
8	5,6	6,3	7,0	6,1	6,6	6,3

Çizelge 4.56 incelendiğinde fan-ped sistemli serada en kalın gövde yapısı gösteren hıyar bitkisinin 7,0 mm gövde kalınlığı ile FPH4 olduğu görülmektedir.

İlk dikimde ortalama olarak 4,9 mm gövde kalınlığı olan hıyar fideleri 8. hafta sonunda ortalama 6,3 mm gövde kalınlığına ulaşmışlardır. Sisleme sistemli serada yetiştirilen hıyar bitkileri ile fan-ped sistemli serada yetiştirilen hıyar bitkilerinin gövde kalınlıklarını gösteren grafik Şekil 4,26’da verilmiştir.



Şekil 4.26 Seralardaki Hıyar Bitkilerinin Haftalık Gövde Kalınlığı Ortalamaları

Şekil 4.26’da sisleme sistemli seradaki hıyar bitkileri ile fan-ped sistemli seralardaki hıyar bitkileri gövde kalınlıkları yönünden karşılaştırılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi fan-ped sistemli seradaki hıyar bitkileri sisleme sistemli seradaki hıyar bitkilerine göre daha kalın bitki yapısına sahiptir. Bunun nedeni aynı miktar sulama yapılan bitkiler için sisleme sistemli serada serinletme sisteminin püskürttüğü su ile bir miktar daha fazla su verilmesinden kaynaklanmaktadır. Hıyar bitkileri az miktar da olsa fazla sudan ötürü boya kaçmış ve gövde kalınlığı nispeten daha ince kalmıştır. Sisleme sistemli serada ve fan-ped sistemli serada yetiştirilen domates bitkilerinin gövde kalınlıklarına ilişkin yapılan t-testi Çizelge 4.57’de verilmiştir.

Çizelge 4.57 Seralardaki Hıyar Bitkilerinin Gövde Kalınlıklarına İlişkin t-testi Sonuçları

Gruplar	N	\bar{x}	SS	sd	t	p
Ss	9	4,93	,396	16	-3,02	,008
Fp	9	5,58	,515			

*p<,05

Çizelge 4.57’de her iki seradaki hıyar bitkilerinin gövde kalınlıkları için yapılan t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında anlamlı bir fark görülmektedir [$t(16)=-3,02$, $p>.05$]. Bu bulgu istatistiki düzeyde bir farklılık olduğunu ortaya koyar. Bu fark sislemeli seradaki hıyarların fazla su nedeniyle boya kaçmasından kaynaklanmaktadır.

Sisleme sistemli sera ile fan-ped sistemli seralarda 61 gün süre ile yetiştirilen domates ve hıyar fidelerinin her ikisi de gelişimlerini olağan şekilde sürdürdükleri görülmüştür. Farklı serinletme sistemlerine sahip seralardaki domates ve hıyar bitkileri için serinletme sistemlerinin oluşturduğu ortam koşulları genel olarak ideal sıcaklık ve nem isteklerine karşılık geldiğinden bitki gelişimi açısından her iki sistemde uygun olduğu görülmüştür. Serinletme sistemlerinin bitkilerin gelişimleri üzerine ortaya net bir fark çıkarmadıkları sadece bir miktar fazla nem’den ötürü sisleme sistemli serada yetiştiriciliğe engel olmayacak düzeyde fan-ped sistemli serada yetiştirilen bitkilere göre daha ince gövde kalınlığı ve buna karşı daha uzun bitki boyuna sahip olduğu görülmüştür. Boyacı (2014), domates fideleri ile 3 farklı serada 3 dönemde çalışmalar yapmıştır. Araştırmacı çalışmasının 2. döneminde sisleme sistemli serada yaklaşık 60 günlük bitki ortalamalarında domates gövde kalınlığını 12,5 mm, bitki boyunu 121 cm ve yaprak sayısını 22 olarak aktarmıştır. Aynı çalışmada fan-ped sistemli serada domates bitkisinin gövde kalınlığını 12,4 mm, bitki boyunu 119 cm ve yaprak sayısını 19 adet olduğunu belirtmiştir. Araştırmacının elde ettiği veriler çalışmada elde edilen sisleme sistemli seradaki domates bitkilerinin 12,5 mm gövde kalınlığı ortalamaları, 107 cm bitki boyu ortalamaları ve 60 adet yaprak sayısı ortalamaları ile örtüşmektedir. Ayrıca fan-ped sisteminde yetiştirilen domateslerin 10,9 mm olan gövde kalınlığı ortalamaları, 119 cm olan bitki boyu ortalamaları ve 49 adet olan yaprak sayısı ortalamaları ile benzerdir. Ortaya çıkan farklılıkların bir kısmı çalışmalarda farklı çeşit fideler kullanılmasından kaynaklansa da bitki yetiştirilme dönemi, kullanılan toprak ve farklı sulama ile bitkilere verilen gübrelerde ayrıca yetiştirilen bitkiler üzerine ciddi farklılıkların çıkmasına neden olmaktadır. Güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip serinletme sisteminin seralarda kullanım olanaklarının araştırılması adına yapılan bu çalışmada her iki serada da bitki yetiştirilmesi açısından olumsuz bir durumla karşılaşılmasıdır.

5. SONUÇ

Ülkemizde pek çok örtüaltı yetiştiriciliği yapan üretici yaz aylarında sera içi yüksek sıcaklıkları nedeniyle ya üretime belli bir süre ara vermekte veya yüksek kurulum ve işletme maliyetine sahip serinletme sistemleri kullanmaktadır. Yüksek sıcaklıklar nedeniyle üretime ara vermeden kesintisiz bir üretim yapma ve bunu yaparken kurulum ve işletme maliyetleri açısından ekonomik serinletme imkanı sunabilme adına ‘Güneş enerjisi destekli soğutma ünitesine sahip serinletme sistemlerinin seralarda kullanım olanakları’nın belirlenmesi amacıyla Aydın Adanan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü’nde iklim kontrollü bir ortamda 2 adet eş sera kurulmuştur. Demir iskelet ve polikarbonat kaplama materyali ile imal edilen 6 m² taban alanına sahip bu 2 adet eş model seradan birincisine su soğutma ünitesine bağlı basınçlı sisleme sistemi entegre edilmiş, ikincisine ise su soğutma ünitesine bağlı fan-ped sistemi yerleştirilmiştir. Kurulan sistemlerin elektrik ihtiyacı güneş panelleri ile desteklenmiştir. Sistemin bitkiler üzerindeki etkisini test etmek amacıyla her iki seraya da domates ve hıyar fideleri yerleştirilerek bitki büyümeleri gözlenmiştir. Her iki serinletme sisteminin de bu bitkilerin ortak iklim istekleri olan 16-28 °C sıcaklık ve %40-80 nem değerlerini sağlaması istenmiştir. Serinletme sistemleri kurulum ve işletme maliyetleri yönünden karşılaştırılıp, serinletme etkinliği ve serinletmelerin bitki gelişimi üzerine etkileri yönünden istatistiksel olarak incelenmiştir.

Her iki sera, kurulum maliyetleri yönünden incelendiğinde sisleme sistemli sera tüm alet ve ekipmanlarıyla birlikte 25.500,00 ₺ toplam maliyete sahipken fan-ped sistemli seranın 21.800,00 ₺ toplam maliyeti vardır. Her bakımdan eş model olan iki sera için sabit maliyetleri değiştiren tek fark serinletme sistemleri arasındaki fiyat farkından kaynaklanmaktadır. Serinletme sistemleri arasındaki 3.700,00 ₺’lik fark ilk kurulum maliyetleri yönünden fan-ped sistemli seranın daha uygun olduğunu ortaya koymaktadır. İşletme maliyetleri incelendiğinde ise sisleme sistemli serada aylık olarak 164,00 ₺ gider hesaplanırken bu değer fan-ped sistemli serada 163,50 ₺ olarak hesaplanmıştır. İşletme maliyetleri yönünden her iki sera arasında pek fark görülmezken ilk kurulum maliyetleri ile işletme giderleri beraber düşünüldüğünde fan-ped sistemli seranın daha ekonomik olduğu net olarak görülmektedir.

Seraların kurulum ve imalat aşamaları tamamlandıktan sonra ön denemelere geçilmiştir. Bu aşamada laboratuvar ortam sıcaklığı yapay yollarla sıcaklık derecesi yükseltilerek sistemler 2-4-6-8 ve 10 °C'lik farklı sıcaklıklardaki soğutma suları ile test edilmiştir. Domates ve hıyar bitkilerinin iklim istekleri ve işletme maliyetleri yönünden optimum fayda sağlayan 8 °C'lik su denemeler için uygun bulunmuştur. Bitki yetiştirme denemelerine 01.05.2019 tarihinde başlanıp 30.06.2019 tarihinde sonlandırılmıştır.

Gün içerisinde sıcaklıklar artmaya başladığında iklim kontrollü sera dış ortam sıcaklığı 28 °C'yi aştığı anlarda serinletme sistemleri çalıştırılmaya başlanmıştır. Bitki yetiştirme denemeleri süresince günlük ortalama 6 saat çalıştırılan sistemlerden sisleme sistemli serada laboratuvar ortamına göre sıcaklığı en fazla 6 °C düşürürken bu değer fan-ped sistemli serada 9 °C olarak ölçülmüştür. Serinletme sistemleri aktifken bağıl nem arttıkça serinletme etkinliğinin azaldığı görülmüştür. Sisleme sisteminin %70 bağıl nem değeri için en yüksek serinletme etkinliği %62 olarak belirlenirken fan-ped sistemli serada %50 bağıl nem değerinde %87 olarak hesaplanmıştır. Serinletme etkinlikleri kıyas edildiğinde fan-ped sistemli seranın sisleme sistemli seraya göre daha iyi soğutma yapabildiği görülmüştür. Denemelerin 61 günlük ortalama sıcaklık ve nem değerlerine ilişkin istatistik analizinde yapılan ANOVA analizi sonuçlarına göre serinletilen seraların iç sıcaklıkları ve laboratuvar ortam sıcaklığı arasında anlamlı bir fark olduğu, bu farkın serinletme sistemleri yönüne olduğu görülmüştür ($p=,000$; $p<0,05$). Serinletme sistemleri arasında ise sıcaklık değerleri için fan-ped lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Nem değerlerine bakıldığında yine serinletme sistemleri yönünde anlamlı fark görülürken bu kez sistemler arasındaki fark sisleme sistemi lehinedir. 61 günlük bitki yetiştirme periyodu boyunca fan-ped sistemli sera istenen 16-28 °C'lik sera iç sıcaklığı ve %40-80 nem değerlerini sağlamıştır. Sisleme sistemli serada yapılan serinletmede ise sera iç sıcaklığını 28 °C'nin altına düşürmede zaman zaman yetersiz kalmış ayrıca istenilen en yüksek %80 nem değerini aştığı anlar olmuştur. Yapılan ölçüm ve istatistiksel analizler sonucunda serinletme etkinlikleri bakımından fan-ped sisteminin sisleme sistemine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Her iki serada yetiştirilen domates ve hıyar bitkileri için serinletmenin yaprak sayısı (Ys), bitki boyu (Bb) ve gövde kalınlığı (Gk) üzerine etkileri istatistiki olarak ilişkisiz örneklem t-testi yapılmıştır. Domates bitkilerine ait t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında yaprak sayısı [$t(16) = ,656, p>.05$], bitki boyları [$t(16) = ,734, p>.05$] ve gövde kalınlıkları [$t(16) = ,702, p>.05$] açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu bulgu her iki serinletme üniteli serada yetiştirilen domates bitkilerinin yaprak sayıları, bitki boyları ve gövde kalınlıkları arasında istatistiki düzeyde herhangi bir farklılık olmadığını göstermektedir. Hıyar bitkilerine ait t-testi sonuçları incelendiğinde iki grup arasında yaprak sayıları [$t(16) = ,108, p>.05$] ve bitki boyları [$t(16) = 1,01, p>.05$] arasında anlamlı farklılık yokken, gövde kalınlıkları [$t(16) = -,3,02, p>.05$] arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Her ne kadar sisleme sistemli serada domates ve hıyar bitkileri için istenilen iklim koşulları net olarak sağlanamamış olsa da bitkilerin fide olarak dikilmiş olmaları bitkisel dayanımlarını artırmıştır. Hıyar bitkisi gövde kalınlığının sisleme sistemli seraya göre fan-ped lehine anlamlı farklılık olmasının nedeni sisleme sistemi ile sera içine alınan bir miktar su ile hıyar bitkisinin boya kaçarak gövde kalınlığının fan-ped sistemli seradaki hıyar bitkilerine göre daha ince olmasından kaynaklanmaktadır.

Önceki çalışmalar ışığında Yağcıoğlu, (2005) serinletme etkinliğinin %85 olması gerektiğini aktarırken Montero, vd., (1981) %70-80 olmasının yeterli olduğunu belirtmiştir. Bu bakımdan fan-ped serinletme sisteminin %87 olan serinletme etkinliği göz önüne alındığında soğutma üniteli fan-ped serinletme sisteminin oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Başka bir araştırmacı olan Boyacı, (2014) yaptığı çalışmada sislemeli serinletme uygulaması ile en yüksek %16 dış bağıl nem'de %43 soğutma etkinliğine ulaşmıştır. Soğutma üniteli sislemeli serinletme sistemi ile ulaşılan %62 serinletme etkinliğinin elde ettiği sonuç bu bakımdan oldukça önemlidir. Araştırmacı aynı çalışmada sisleme sistemiyle sera iç ve dış sıcaklık farkını 5 °C olarak belirlerken soğutma üniteli sisleme sistemiyle yapılan çalışmada bu değer en yüksek 6 °C olarak bulunmuştur. Sera iç ve dış sıcaklık farkında Öztürk, (2003) yaptığı çalışmasında 6,6 °C olarak bulurken, Erbil, (2010) bu değeri 7-14 °C olarak belirlemiştir. Soğutma ünitesine sahip serinletme sisteminde kullanılan 8 °C'lik su yerine daha düşük derecelerdeki sular kullanılarak daha düşük sera iç sıcaklıkları elde edilebilir. Fan-ped uygulaması ile Boyacı, (2014), yaptığı çalışmasında %16 dış bağıl nemde %80 soğutma etkinliğine ulaşmıştır.

Ayrıca sera iç ve dış sıcaklık farkını yaptığı serinletme ile 15 °C daha düşük değerlere çekebildiğini aktarmıştır. Ayrıca Öz, (2007) fan-ped sistemi le 10 °C, Davies, (2005) ise 15 °C daha düşük sıcaklıklar elde ettiklerini aktarmışlardır. Soğutma üniteli fan-ped serinletme sisteminde daha düşük sera iç sıcaklıklarına ulaşabilmek mümkündür. Fan-ped sistemine gönderilen suyun sıcaklığını düşürmenin yanında sistemde kullanılan aspiratör fanın debisinin artırılması da sera iç sıcaklığını daha düşük değerlere çekebilecek başka bir yöntemdir. Özellikle güneşçe zengin bölgelerde yaz aylarında yapılan sera yetiştiriciliğini aşırı sıcaklar olumsuz yönde etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklar nedeniyle seraların yaz aylarında boş bırakılmasını önlemek ve yazın üretime devam eden ancak yüksek kurulum ve işletme giderleriyle üreticiyi ekonomik olarak zorlayan serinletme sistemlerine alternatif çözümler sunmak ülkemiz seracılığı açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda denemeleri yapılan soğutma üniteli fan-ped sistemi ve soğutma üniteli sisleme sistemi performans kriterleri açısından seracılık için uygulanabilir bir alternatiftir.

Sonuç olarak her iki sistem de örtüaltı yetiştiriciliği açısından uygun niteliklere sahip olsada, yapılan ölçümler ve analizler neticesinde maliyet, işletme giderleri ve bitki yetiştiriciliği açısından sislemeli serinletme sistemi ile fan-ped serinletme sistemi karşılaştırıldığında fan-ped serinletme sisteminin seralarda örtüaltı yetiştiriciliği yönünden daha elverişli olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Aksoy, C. S., Ketenoğlu, O., Kurt, L. 2005. Küresel Isınma ve İklım Değişikliği. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi**. 25(2005):29-41
- Alemdar, S. 1981. Sera rt Malzemesi. 1. Türkiye Seracılık Kongresi, S:43-51, Antalya.
- Anonim, 1993. The Greenhouse Climate Handbook. ACME Engineering and Manufacturing Corp. Box 978. Muskagee, OK 74402.
- Anonim, 2005. Greenhouse Cooling Information. **Biosystems Engineering Journal**, 100: 51-70.
- Anonim, 2007a. Sera Yapım Tekniği. Mesleki Eğitim ve ğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (Megep), T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, [Elektronik Dergi], S:20-22, Erişim 10.10.2018, [http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/sera_yapim_teknigi.pdf].
- Anonim, 2007b. Bahçecilik. Hıyar Yetiştiriciliği. Mesleki Eğitim ve ğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (Megep), T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, [Elektronik Dergi], S:03-05, [http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/H%C4%B1yar%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf], Erişim 05.12.2019,
- Anonim, 2008. Bahçecilik. Domates Yetiştiriciliği. Mesleki Eğitim ve ğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (Megep), T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, [Elektronik Dergi], S:2-7, [http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/domates_yetistiriciligi.pdf], Erişim 05.12.2019,
- Anonim, 2019a. Niteliklerine Göre rtaltı Tarım Alanları. Türkiye İstatistik Kurumu.[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001]. Erişim:05.12.2019.

- Anonim, 2019b. Seracılık ve Örtüaltı Üretimimizde Mevcut Durum. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. [<https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Alti-Yetistiricilik>]. Erişim:12.10.2019.
- Anonim, 2019c. Örtüaltı Sebze ve Meyve Üretimi. Türkiye İstatistik Kurumu. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001]. Erişim:05.12.2019.
- Anonim, 2019d. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. [<https://aydin.csb.gov.tr/cografi-konumu-i-1111>]. Erişim Tarihi: 14.05.2019.
- Anonim, 2019e. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. [<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleri-statistik-.aspx?m=AYDIN>]. Erişim Tarihi: 12.05.2019
- Anonim, 2019f. [<https://solarevi.com/gunes-paneli/gunes-paneli-polikristal-275wp-solarevi-marka>], Erişim: 09.09.2019.
- Aras, V. 2015. Örtüaltı Hıyar Yetiştiriciliği. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, (Elektronik Dergi), [<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata/Belgeler/Diger-belgeler/OrtualtiHiyarYetistiriciligiVAras.pdf>] Erişim 06.06.2017.
- Ata, A. 2015. Örtüaltı Domates Yetiştiriciliği. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, (Elektronik Dergi), [<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata/Belgeler/Diger-belgeler/OrtualtiDomatesYetistiriciligiAAta.pdf>] Erişim 06.06.2017.
- Atılgan, A., H. Öz. 2007. Serin İklim Sahip Bölgelerdeki Seraların Fan Ped Sistemiyle Serinletilmesi. **Derim Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi**, 24(1):11-18.
- Baytorun, N. 1995. Seralar. Çukurova Üni. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl. Genel Yayın No:110, Ders Kitapları Yayın No.29, S:406, Adana.

- Bottcher, R.W., Baughman, G.R., Kesler, D.J. 1989. Evaporative Cooling Using a Pneumatic Misting System. *Trans. ASAE*. 32. 671-676p
- Boyacı, S. 2014. Kahramanmaraş Yöresi İçin Plastik Seralarda Uygun Serinletme Sisteminin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kahramanmaraş.
- Boyacı, S., Akyüz, A., Üstün, S., Baytorun, A.N., Güğercin, Ö. 2017. Seralarda Yüksek Sıcaklıkların Azaltılmasında Kullanılan Yöntemler. **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi**, 4(1):89-95
- Cebeci, E. 2007. F1 Hıyar (*Cucumis Sativus* L) Tohum Üretiminde Meyve Sayısı İle Tohum Miktarı ve Kalitesi Arasındaki İlişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Çetin, C. 1981. Seracılığımızda Bitki Yetiştirme Sorunlarımız. 1. Türkiye Seracılık Kongresi, S:109-117, Antalya.
- Davies, P.A. 2005. A Solar Cooling System for Greenhouse Food Production in Hot Climates. **Solar Energy**, (79): 661-668.
- Dayıoğlu, M. A., Silleli, H. H. 2015. Sera Fan-Pad Soğutma Sisteminin Performans Analizi: Yatay Sıcaklık ve Bağıl Nem Değişimleri. **Tarım Bilimleri Dergisi**. 21(2015): 32-143.
- Efe, R. 1998. Yukarı Gediz Havzasında İklimin Doğal Bitki Örtüsü Dağılışına Etkisi. **Türk Coğrafya Dergisi**. 33:79-99.
- Erbil, F.G. 2010. Seralarda Yaz Koşullarında Fan-Ped Sisteminin Etkinliğinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Franco, A., Valera, D. L., Pena. A. 2014. Energy Efficiency in Greenhouse Evaporative Cooling Techniques: Cooling Boxes versus Cellulose Pads. **Energies Journal**. 7(2014): 1427-1447.

- Fong, K.F., Chow, T.T., Lee, C.K., Lin, Z., Chan, L.S. 2010. Comparative study of Different Solar Cooling Systems For Buildings in Subtropical city, **Solar Energy**, 84: 227-244.
- Günay A. 2005. Özel Sebze Yetiştiriciliği Cilt 2. Kipaş Yayınevi. İzmir
- Hellickson, M.A., and J. Walker. 1983. Ventilation of Agricultural Structures. American Society of Agricultural Engineers: St. Joseph, MI 49085.
- Hickman. 2010. Greenhouse vegetable production statistics. Cuesta Roble Consulting Press. Mariposa, [Electronic Journal], CA: 95338, page 51, Erişim [<http://www.cuestaroble.com>], Viewed 8 November.
- Kaydar, Z. 2007. Çukurova Bölgesinde Bir Etlik Piliç Kümesinde Bulunan Pedli Evaporatif Serinletme Sisteminin Serinletme Etkinliği ve Sağlanan Sıcaklık Düşmesi Değerlerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Kaygısız, H. 2004. Domates Yetiştiriciliği, **Hasat Yayıncılık**, 975(8377):24-8
- Kim, D.S., Infante, F., Ferreira, C.A. 2007. Solar Refrigeration options a State of the Art Review. **Journal of Refrigeration**, 31:3-15.
- Koca, R.W., Hughes, W.C., Christianson, L.L. 1991. Evaporative cooling pads: test, procedure and evaluation. *Applied Engineering in Agriculture*, 7(4):485-490.
- Koç, N., Yıldız, Y. 2007. Çukurova Koşullarında Selüloz Esaslı Evaporatif Serinletme Ped'inin Üç Farklı Su Akış Debiğinde Bazı Performans Özellikleri. *Tarımsal Mekanizasyon* 24. Ulusal Kongresi, S:340-347, Kahramanmaraş.
- Kittas, C., Katsoulas, N., Baille, A. 2001. Influence of Greenhouse Ventilation Regime on the Microclimate and Energy Portioning of a Rose Canopy During Summer Conditions. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 79(3): 349–360.

- Li, S., Willits, D.H. 2008. Comparing Low-Pressure and High-Pressure Fogging Systems in Naturally Ventilated Greenhouses. **Biosystems Engineering**, 101: 69-77.
- Mert, H. 2014. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Arazisi Toprak Etüdünün Güncellenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Misra,D., Ghosh, S. 2018. Evaporation Cooling Technologie For Greenhouse: a Comprehensive Review. **Agricultural Engineering International**. 20(1): 1-15
- Montero, J.I., Short, T. H., Curry, R. B., Bauerle, W.L., 1981. Influence of Evaporative Cooling Systems on Greenhouse Enviroment. **ASAE**, (81): 4027-4033.
- Nelson P. V. 1978. Greenhouse operation and management. Reston Pub. Comp. Inc. A Prentice Hall Comp. Reston, Seventh Edition, 112-120, Virginia.
- Öz, 2007. Isparta Yöresindeki Seralarda Fan Ped Sisteminin Etkinliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Özdemir, Y. 2013. Aydın Bölgesinde Pamukta Topraküstü ve Toprakaltı Damla Sulama Uygulamalarının İrdelenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Özmerzi, A., Kürklü, A. 1989. Seralarda Havalandırma Yöntemleri ve Zorunlu Havalandırma Sistemlerinin Hesaplanması. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 2(2): 101-120.
- Öztürk, H.H., Yıldız, O., Başçetinçelik, A. 1989. Seralarda nemlendirme Havalandırma Sisteminin Etkinliğinin Saptanması. Ç.Ü. Zir. Fak. Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Adana.

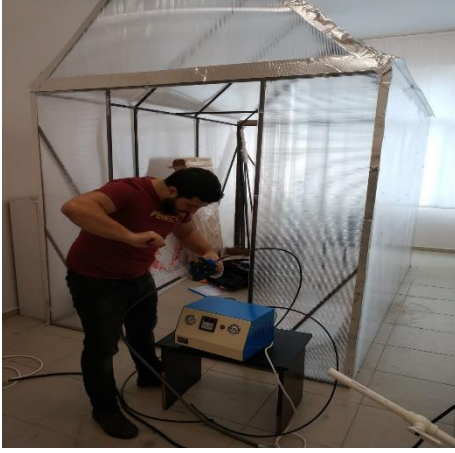
- Öztürk, H.H., Başçetinçelik, A. 2002. Seralarda Havalandırma. **Türkiye Ziraat Odası Birliği Yayınları**, No: 227, Ankara
- Öztürk, H.H., 2003. Evaporative cooling efficiency of a fogging system for greenhouses. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 27(1): 49-57.
- Öztürk, H. H. 2004. Venlo Tip Cam Serada Fan Ped Serinletme Sisteminin Etkinliği ile Duyulur ve Gizli Isı Transferi. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 10(4): 381-388.
- Öztürk, H.H. 2008. Seralarda Serinletme. Sera İklimlendirme Tekniği, **Hasad Yayıncılık**, S:236-242, İstanbul.
- Shukla, A., Tiwari, G.N., Sodha, M.S. 2008. Experimental study of effect of an inner thermal curtain in evaporative cooling system of a cascade greenhouse. **Solar Energy**, 82(1): 61-72.
- Stanghellini, C. 1987. Transpiration of Greenhouse Crops: An Aid to Climate Management. Wageningen Agriculture University, Wageningen, Netherlands.
- Tüzel, Y., Öztekin, G.B., Gül, A. 2008. Recent Developments In Protected Cultivation In Turkey. **2nd Coordinating Meeting of the Regional FAO Working Group on Greenhouse Crop Production in the SEE Countries**, pp.75-86. Antalya.
- Villarreal G. F., Kacira, M., Fitz-Rodríguez, E., Linker, R., Giacomelli, G. A., Arbel, A., & Kubota, C. 2013. Implementation of a greenhouse cooling strategy with natural ventilation and variable fogging rates. **Transactions of the Asabe**, 56(1), 295-304.
- Yağcıoğlu, A. 2005. Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Notları, No: 562, S:136-144, İzmir.
- Yağcıoğlu, A. 2009. Sera Mekanizasyonu. EÜZF Yayın No. 562, İzmir.

Yüksel, A.N., Yüksel, E. 2012.Sera Yapım Tekniği. Hasad Yayıncılık, S:34-44,
Tekirdağ.

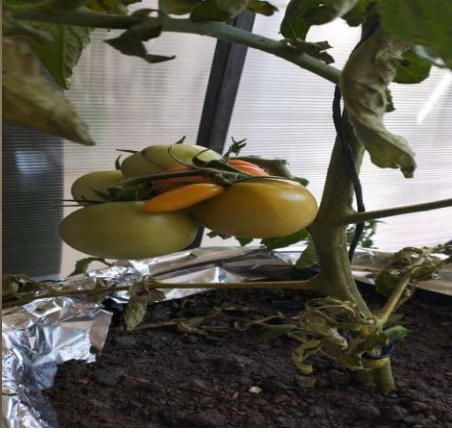


EKLER DİZİNİ

EK-1 Serinletme Sistemleri Montajlarına Ait Bazı Resimler



EK-2 Bitki Yetiştiriciliğine Ait Bazı Resimler



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Erdal KARAKUZU

Doğum Yeri Ve Tarihi : KARS- 18.05.1986

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü

Yabancı Diller : İngilizce-Almanca

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

A) Bildiriler

- Karakuzu, E., COŞKUN, M. B. 2015. Faz Değiştiren Maddelerle Sera Isıtma Olanakları. 3. Anadolu Enerji Sempozyumu. Muğla.

- Karakuzu E., COŞKUN, M. B. 2016. Possibilities of Using Solar Powered Cooling Systems in Agriculture. International Scientific Journal Mechanization in Agriculture.issue 2 Sofia.

B) Makaleler

- Karakuzu, E., COŞKUN, M. B. 2015. Faz Değiştiren Maddelerle sera Isıtma Olanakları, **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi** 12(3):15-25.

İLETİŞİM

E-Posta Adresi : erdalkarakuzu09@gmail.com

Tarih :20/01/2020