

## Seralarda Sıcaklık ve Bağıl Nem Kontrolü Üzerine Bir Araştırma

M. Murat HOCAGİL<sup>1</sup>, H. Hüseyin ÖZTÜRK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Erdemli-MERSİN

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 01130 Adana  
murat\_hocagil@hotmail.com

**Özet:** Bu araştırma, serada sıcaklık ve bağıl nem oranını kontrol etmek amacıyla, taban alanı 120 m<sup>2</sup> olan Venlo tip cam serada yürütülmüştür. Araştırmada, algılayıcılardan gelen sinyaller, sayısal ve analog sinyal akış kartları tarafından işlenmiştir. Kartlardan bilgisayara gönderilen veriler, geliştirilen yazılım sayesinde bilgisayarda komut olarak işlenmiştir. Kullanıcı tarafından istenilen iklim koşulları bilgisayara girildiğinde, bilgisayar tarafından kartlara gönderilen sinyaller, kartlar tarafından komut olarak son kontrol elemanlarına gönderilerek ortam kontrolü sağlanmıştır. Geliştirilen yazılım modeli okunan verileri 20 saniye aralıklarla kayıt yapmıştır. Bu veriler incelenerek çalışma modelinin sıcaklık ve bağıl nem kontrolüne uygunluğu araştırılmıştır. Dış ortam sıcaklığı, 20–26.6°C arasında değişmesine karşın, sera iç ortamındaki hava sıcaklığı 18–21.9°C arasında değişmiştir. Serada geliştirilen donanım yardımıyla, iç ortam sıcaklığı yaklaşık 2 dakikalık zaman aralığında 1 °C azaltılmıştır. İç ortam bağıl nem oranı yaklaşık 5 dakikalık zaman aralığında % 5 arttırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Sera, sıcaklık, bağıl nem, kontrol

### The Research on the Control of Temperature and Relative Humidity in Glasshouses

**Abstract:** This study deals with the control of temperature and relative humidity in 120 m<sup>2</sup> Venlo type glasshouse. In this research, signals came from sensors have been processed by digital and analog signal flow cards. Data sent by cards have been processed to the computer. When climatic conditions which are required by users conducted to the computer, signals sent by card as command are transmitted to the final control component and thus, control of surroundings has been provided by computers. Data have been recorded 20 second intervals by improved software model. Consequently, appropriateness of working model to the control of temperature and relative humidity has been investigated. While the outside temperature varied from 20 °C to 26.6 °C, the internal air temperature varied from 18 °C to 21.9°C during the experimental period. The temperature of the air inside the experimental glasshouse was decreased by 1 °C by means of the control unit during 2 minutes interval. The relative humidity of the air inside the glasshouse was increased by 5 % by means of the control unit during 5 minutes interval.

**Key words:** Greenhouse, temperature, relative humidity, control

### GİRİŞ

Seralarda ürün verimi ile iklim etmenleri arasındaki etkileşim oldukça karmaşıktır. Bitki gelişmesi ile iklim etmenleri arasındaki etkileşim konusunda, çok fazla bilgi birikimi gereklidir. Bu nedenle, sera içerisinde iklim etmenlerinin etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi

için büyüme optimizasyonunun sağlanması gereklidir. Sera ikliminin otomatik kontrolü ile ilgili bilimsel çalışmalar 1970'li yıllarda başlamıştır. Bot (1983) tarafından başlıca fiziksel işlemlerin ölçümüne dayanan fiziksel bir model geliştirilmiştir.

Transpirasyon (Stanghellini, 1987) ve doğal havalandırma (De Jong,1990) gibi iklimlendirme işlemleri ayrıntılı olarak araştırılmıştır. Günümüze kadar gerçekleştirilmiş olan model ve uyarlama çalışmalarından bir tasarım aracı olarak yararlanılmış ve optimizasyon çalışmalarında kullanılmıştır.

Seralarda değişken iklim koşullarına uygun endüstriyel ölçüm ve otomasyon sistemleri kullanılmaktadır. Sera içerisinde ve dış ortamda girdi olarak fiziksel, kimyasal veya fizyolojik büyüklüklerin ölçülmesiyle sağlanan, sürekli nicel veri akışına gereksinim vardır. Veri akışı, veri toplama ünitesine bağlanan elektriksel sinyal çıkışlı algılayıcılar yardımıyla sağlanır. Ölçüm yöntemleri ve yarı-iletken teknolojilerinin sürekli olarak gelişmesiyle, seralar için uygun algılayıcılar geliştirilmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalar aşağıdaki hedeflere yönlendirilmiştir: (1) Sayısal verilerin işlenmesi, (2) Algılayıcı boyutlarının küçültülmesi, (3) Maliyetin azaltılması ve (4) Algılayıcı duyarlılığının iyileştirilmesi. Bilgisayar destekli veri toplama ve kontrol sistemleri genel olarak, önceden elde edilen üretim deneyimlerinden yararlanılarak düzenlenen, izleme ve kontrol algoritmalarına göre yönlendirilmelidir. Seralarda iklim kontrolünde: (1) sinyal akışı ve kontrol işlemleri endüstriyel alanda izlenebilir ve (2) Karar mekanizmaları amaçlanan üretim artışını sağlayacak şekilde uygulanmalıdır (Dayıoğlu ve Silleli, 2001).

Seralarda iklim kontrolü amacıyla yapılmış olan bazı çalışmalar, kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir. Ioslovich ve Seginer. (2000), sıcaklık ve azot miktarı kontrol edilen bir serada marul yetiştiriciliği için bir kontrol yöntemi geliştirmişlerdir. Farklı durumlar için algoritmik çözüm yönteminin esasları verilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Straten ve ark. (2000), seralarda ürün gelişmesine ilişkin bilgilerden yararlanılarak, ortam kontrol yöntemleri geliştirilebilir. İklim kontrolüne ilişkin tam olarak çözüm sağlanabilmesi için, ürünün kısa dönemdeki dinamik tutumu kadar uzun dönemdeki ürün gelişmesi ile sera ve dış ortam iklim özelliklerinin dikkate alınması gerekir. Sigrimis ve ark. (2000), yapay zeka kullanımının üstünlüklerini incelemişlerdir. Kontrol ve işletim sisteminde uzman sistem uygulamalarını etkin bir şekilde birleştirmek için, yapay zeka uygulamaları ve sera işletim sistemi arasında gerekli bütün işlemleri destekleyen bir ortam tasarımı yapılmıştır. Trigui ve ark. (2001a), serada

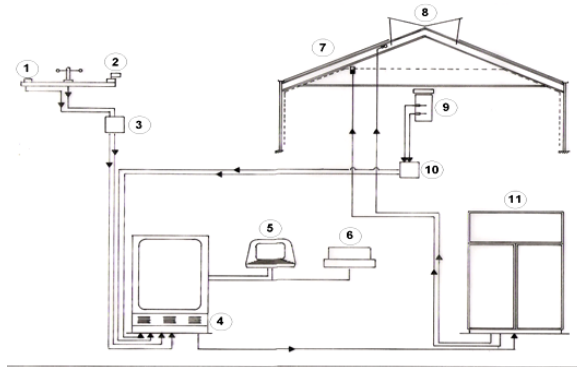
domates verimini artırmak amacıyla, ortam havasının özelliklerini belirlemek için bir model geliştirmişlerdir. Serada ısı ve kütle transferini belirlemek için gerekli fiziksel büyüklükler ve Venlo tip bir cam serada ölçülmüştür. Ürün verimi; sıcaklık, ışınım, CO<sub>2</sub> miktarı ve bağıl nem oranı gibi sera içerisindeki mevcut iklim koşullarına bağlı olarak hesaplanmıştır. Trigui ve ark. (2001b), serada domates üretiminde, ortam havasının özelliklerini belirleyen bir algoritmanın geliştirilmesi anlatılmıştır. İklim koşulları olarak CO<sub>2</sub> düzeyi, sıcaklık, bağıl nem oranı ve güneş ışınımı dikkate alınmıştır. Chalabi ve ark. (2002), domates üretimi yapılan bir serada CO<sub>2</sub> artırımı için iki farklı kontrol yöntemi geliştirmişlerdir. Lafont ve Balmat. (2002), serada bitkisel üretimi artırmak ve üretim giderlerini azaltmak için, iç ve dış sıcaklık, toplam ışınım, bağıl nem ve rüzgar hızı değerlerinin ölçüldüğü bir sistem tasarlanmıştır. Bulanık mantık ilkesiyle, serada başarılı bir şekilde kontrol sağlanabileceği belirtilmiş ve kontrol birimleri elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ferreira ve ark. (2002), sera içi hava sıcaklığını, dış ortam hava sıcaklığı ve güneş ışınımı ile iç ortam havasının bağıl nem oranına bağlı olarak belirleyebilmek amacıyla, sinir ağları fonksiyonunun uygunluğunu araştırmıştır. Pasgianos ve ark. (2003), serada iklim kontrolü için geri beslemeli ve ileri beslemeli sistemlerden yararlanılmışlardır. Tasarım üç bölüme ayrılmıştır: (1) geri besleme ve ileri beslemeye dayanan model, (2) sıcaklık ve bağıl nem için istenilen değerleri tanımlayan dönüşüm sistemi ve (3) modeldeki belirsizlik ve beklenen değerlerden sapmaları dengelemek için PI dış devreleri. Düzenlenen sistemin herhangi bir ortam iklimlendirme sistemi için kabul edilebilir özelliklerde olduğu ve modern iklim kontrol sistemlerinde uygun kullanım alanı bulabileceği belirtilmiştir. Aaslyng ve ark. (2003), serada enerji tüketimini azaltmak ve bitkisel üretimi artırmak amacıyla yeni bir iklim kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Sistem ışınımın soğurulması, yaprak fotosentezi ve solunumun belirlenmesi için matematiksel modellerin kullanılması ilkesine dayanır. Model bazı uyarlamalarla farklı sera ürünleri için kullanılabilir. Sistemin 6 ay süreyle kullanılması sonucunda % 8-40 arasında değişen oranlarda enerji korunumu sağlanmıştır. Tantau ve Lange. (2003), bitki gelişmesi sırasında hastalık ve zararlı etkileri en aza indirmek için sera iklim kontrolünde modern kontrol yöntemleri

kullanılabileceğini savunmuşlardır. Bütünleşik bitki koruma kavramıyla, kimyasal uygulamaların en aza indirilmesi gerektiğini, yoğun pahalı teknik ölçümlerin azaltılması için bitki örtüsü içindeki enerji ve kütle taşınım işlemleri, hava-bitki ve diğer yüzeyler arasındaki değişim işlemlerinin tanımlanması gerektiğini savunmuşlar. Bitki örtüsü modeline dayanan, bilgisayar destekli iklim kontrol yöntemi geliştirmişlerdir.

Bu araştırmada, taban alanı 120 m<sup>2</sup> olan Venlo tip cam serada sıcaklık ve bağıl nem oranını kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, algılayıcılardan gelen sinyaller, sayısal ve analog sinyal akış kartları tarafından işlenmiştir. Kartlardan bilgisayara gönderilen veriler, geliştirilen yazılım sayesinde bilgisayarda komut olarak işlenmiştir. Kullanıcı tarafından istenilen iklim koşulları bilgisayara girildiğinde, bilgisayar tarafından kartlara gönderilen sinyaller, kartlar tarafından komut olarak son kontrol elemanlarına gönderilerek ortam kontrolü sağlanmıştır. Geliştirilen yazılım modeli okunan verileri 20 saniye aralıklarla kayıt yapmıştır. Bu veriler incelenerek çalışma modelinin sıcaklık ve bağıl nem kontrolüne uygunluğu araştırılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

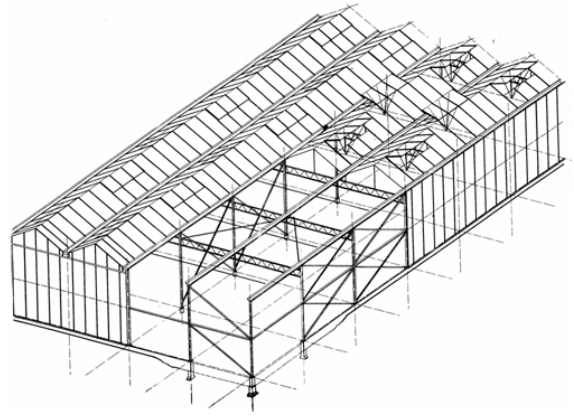
Seralarda sıcaklık ve bağıl nem kontrolü amacıyla yapılmış olan çalışma, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü'nde yürütülmüştür. Çalışma, materyal olarak Şekil 1'de belirtildiği gibi, 11 temel bölümden oluşmaktadır.



**Şekil 1. Kontrol sisteminin şematik gösterimi**  
(1- Sıcaklık algılayıcısı, 2- Bağıl nem algılayıcısı, 3- Amplifikatör, 4- Kart dolabı, 5- Bilgisayar, 6- Yazıcı, 7- Venlo tip cam sera, 8- Sera penceresi, 9- Algılayıcı muhafaza kutusu, 10- Amplifikatör, 11- Elle kumanda panosu)

## Deneme Serası

Araştırma, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü'nde bulunan cam seralarda yürütülmüştür. Fan-ped sisteminin serinletme etkinliğinin belirlenmesi amacıyla, boyutları 18 m (uzunluk)×6.4 m (genişlik)×3.9 m (yükseklik) olan Venlo tip bir cam sera kullanılmıştır (Şekil 2). Venlo tip sera çatısında 0.73×1.65 m boyutlarında standart cam panelleri bulunmaktadır. Cam panelleri ve cam çerçeveleri kendi kendilerini desteklediklerinden, çatıyı desteklemek için ek kirişler yoktur.



**Şekil 2. Araştırmanın yürütüldüğü Venlo tip cam sera**

## Fan-ped Serinletme Sistemi

Deneme serasında nemlendirmeli serinletme amacıyla; sera uzun kenarı boyunca nemlendirme pedi, pedlerin karşısındaki kenarda da hava hareketi sağlayan fanlar (fan-ped sistemi) bulunmaktadır. Nemlendirme pedi, sera kenarlarındaki havalandırma açıklıklarına kesintisiz bir şekilde yerleştirilmiştir. Deneme serasına, tabandan 1.2 m yükseklikte 1.2×0.6×0.12 m boyutlarında, özel bir mukavva malzemeden oluklu olarak tasarlanmış nemlendirme pedleri yerleştirilmiştir. Deneme serasına toplam 7.2 m<sup>2</sup> (1.2 m × 6 m) alanında ped yerleştirilmiştir. Sera dışında bulunan bir depodan, elektrik motorundan hareket alan bir santrifüj pompa yardımıyla, nemlendirme pedlerine su (21 °C sıcaklıkta) gönderilmektedir. Pedlere su pompası tarafından 15.18 L/s debi ile su akışı sağlanmaktadır. Pedlerden su deposuna dönen su miktarı 10.81 L/s olarak belirlenmiştir. Nemlendirme pedlerinin üst kenarı boyunca, üzerinde 3 cm aralıklarla 2.5 mm çapındaki delikler bulunan bir boru yardımı ile su akışı sağlanmaktadır. Ped ünitesinin alt kısmında biriken su,

tekrar depoya geri dönmektedir. Sera bölmesindeki nemlendirme pedlerinin karşısındaki kenara, tabandan 2 m yükseklikte fan yerleştirilmiştir.

### **Veri Toplama ve Kontrol Ünitesi**

#### ***Sıcaklık Algılayıcısı***

İç ve dış ortam hava sıcaklıklarını ölçmek için algılayıcı olarak iki adet LM 35 kullanılmıştır. Yarı-iletken malzemeden tasarlanmış olan algılayıcı, sera içerisinde 1 metre yükseklikte asılı bulunan muhafaza kutusu içerisine yerleştirilmiştir. Algılayıcı, °C biriminden ölçüm yapmaktadır. Duyarlılığı (+155)–(-55) °C aralığında  $\pm 0.25'$ dir. 1 °C/10 mV DC analog çıkış vermektedir.

#### ***Bağıl Nem Algılayıcısı***

Bağıl nem algılayıcısı, ortamın bağıl nemine bağlı olarak kapasitesi değişen devre elemanıdır. Algılayıcı kalibre edilmiş olarak yerleştirilmiştir. İç ve dış ortamın bağıl nemini ölçmek için iki adet XH 20P tipi bağıl nem algılayıcısı kullanılmıştır. Bağıl nem algılayıcısı serada tabandan 1 metre yükseklikteki muhafaza kutusu içerisine yerleştirilmiştir. Sera dışında bağıl nem ölçümü, yerden 4 m yükseklikte yapılmıştır. Algılayıcı ve kontrol edici olarak kullanılabilen XH 20P tipi bağıl nem algılayıcısı (Anonim, 2002), 9–17 V DC arasında çalışır. Kablo kesit alanı en fazla 2.5 mm<sup>2</sup>'dir. Algılayıcı, % 0–100 aralığında ölçüm yapabilir. Bağıl nem değişimine tepki süresi, hava hareketi az olduğunda 15 s olarak belirlenmiştir.

#### ***Analog Giriş Arabirim Kartı***

Analog giriş arabirim kartında giriş için 8 kanal bulunmaktadır. Kart, bu kanalların her birindeki 0–10 V DC analog bilgiyi 8 bit'lik sayısal bilgiye dönüştürür. Kart numarası, dipsiviçlerle ayarlanır. Eşli port adreslerinden birincisi, seçilen kart ve karta ait kanallardaki analog giriş bilgilerinin sayısal karşılığını okumak için kullanılır. İkinci adres, kart numarası ve kanal numarasını verir.

#### ***Analog Giriş Arabirim Kartı***

Sayısal giriş arabirim kartının kapasitesi 8 bittir. Girişler optik izolatörlerle yalıtılmıştır. Böylece, girişlerdeki herhangi bir uygunsuz gerilimin bilgisayara ulaşması önlenmiştir. Yalıtım değeri en fazla 2000

V'dur. Sayısal giriş arabirim kartının çalışma gerilimi 24 V DC'dur.

#### ***Röle Çıkış Arabirim Kartı***

Röle çıkış arabirim kartında 8 adet röle kullanılmıştır. Kullanılan rölelerin yalıtım gerilimi 1500 V DC'dir. Kart üzerinde kilit bulunmaktadır. Karttaki herhangi bir röle iletken hale getirildikten sonra kart atıl duruma getirilse bile, röle iletken olarak kalmaktadır. Ancak yeni bir komut aracılığıyla yalıtkan hale getirilebilmektedir. Sayısal giriş arabirim kartında olduğu gibi, kart üzerindeki dipsiviçlerle kart numarası seçilir. Kartın takılı olduğu rafa ait eşli port adreslerinden ikincisine kart numarası gönderilerek kart etkin hale getirilmektedir. Bu sırada kartın aktif ledi yanar. Daha sonra eşli port adreslerinden birincisine, iletken hale getirilmek istenen röleleri tanımlayan sayı gönderilir. Çıkış lambalarının uygun şekilde yandığı görülür ve kart atıl duruma gelir. Kart atıl duruma getirildikten sonra da iletken duruma getirilen röleler iletken olarak kalır.

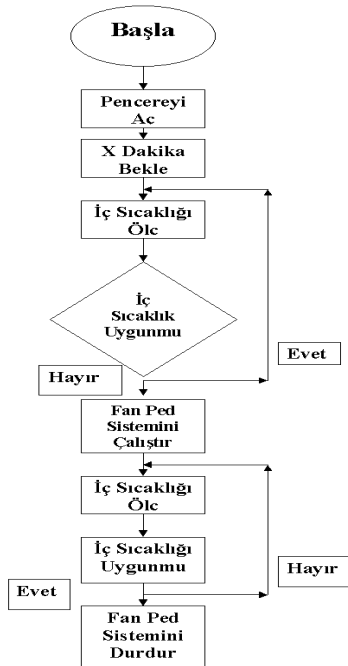
#### ***Bilgisayar***

Araştırma süresince kullanılan bilgisayar (Pentium II 133 MHz, 64 MB); algılayıcılar, motorlar ve son kontrol elemanları birimleri ile arabirim kartları arasında her birimin bireysel olarak bilgisayardan veri alıp veri gönderebilmesi sağlanmıştır. Giriş ve çıkış bilgilerinin ilişkilendirilmesi ve dinamik bir yapı için veri tabanının oluşturulması kullanılan bilgisayar tarafından sağlanmıştır. Bilgisayardaki ana kart üzerinde bulunan ISA slota bir adet takılmıştır. Adaptörün bilgisayara tanıtılması gerekli değildir. Adaptör üzerindeki dipsiviçlerle temel adres gurubu seçilir. Adaptördeki port sayısı 8 olup, bu portların her birinin kapasitesi 8 bittir. Portlar birbirinden bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak kullanılabilir.

#### ***Yazılım***

Serada sıcaklık ve bağıl nem kontrolü için özel amaçlı yazılım *basic* dilinde yazılmıştır, Geliştirilen yazılımın akış şeması Şekil 3'de verilmiştir. Yazılımda aşağıdaki özelliklere yer verilmiştir: (1) Kapalı devre kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. (2) Kontrol panelinden el ile kontrol olanağı sağlanmıştır. (3) Model üzerinden kontrol, denetim ve veri giriş/çıkışı alınabilir.

Program çalışmaya başladığında, dış ve iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri okunur. Sera iç ortamında istenilen iklim verileri girilir. Sera iç ortamında istenilen iklim koşullarını sağlamak için; öncelikle havalandırma pencereleri açılarak sıcaklık ve bağıl nem kontrol altına alınmaya çalışılır. Sera içerisinde istenilen iklim koşullarının sağlamak için öngörülen bekleme süresi, kullanıcı tarafından girilir. Bu sürede istenilen değerlere ulaşamıyorsa pencereler kapanır ve fan-ped sistemi çalışmaya başlar. İstenilen iklim koşullarına ulaşıldığında sistem beklemeye geçer. Geliştirilen yazılım, algılayıcılardan gelen verileri 20 s aralıkla kaydetmektedir. Bilgisayar ekranı üzerinden, iklim etmenlerinin anlık değerleri ve zamana bağlı olarak değişimi izlenebilmektedir.



Şekil 3. Yazılım akış şeması

## ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### Serada Sıcaklık Kontrolü

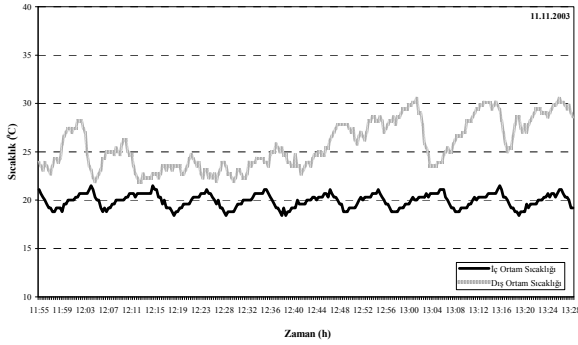
Araştırmanın yürütüldüğü Venlo tip cam serada, iç ortam hava sıcaklığının, 18–21 °C aralığında sürdürülmesi amaçlanmıştır. Serada istenilen sıcaklık değerine ulaşabilmek için, fan-ped sisteminin çalıştığı

sürelerde iç ve dış ortam sıcaklığının zamana bağlı olarak değişimi Şekil 4 ve 5’de verilmiştir. Şekil 4’den izlenebileceği gibi; dış ortam sıcaklığı, 21.9–30.5 °C arasında değişmesine karşın, sera iç ortamındaki hava sıcaklığı 18.4–21.5 °C arasında değişmiştir. Sera iç ortamındaki hava sıcaklığı 21 °C’ye yükseldiğinde, fan-ped sistemi çalışma başlamış ve hava sıcaklığı 18.4 °C’ye kadar düşürülmüştür. Sıcaklığın kontrol altına alınmaya çalışıldığı sera bölümünde, Şekil 4’de belirtilen saatler arasındaki ortalama sıcaklık 19.9 °C olarak hesaplanmıştır. Serada geliştirilen donanım yardımıyla, iç ortam hava sıcaklığı yaklaşık 5 dakikalık zaman aralığında 2°C azaltabilmıştır. Fan-ped serinletme sisteminin dış ortam hava sıcaklığına kıyasla, serada sağladığı serinletme etkisi 1.2–10.5 °C arasında değişmiştir. Sistemin serada ortalama 5.8 °C serinletme etkisi sağladığı belirlenmiştir.

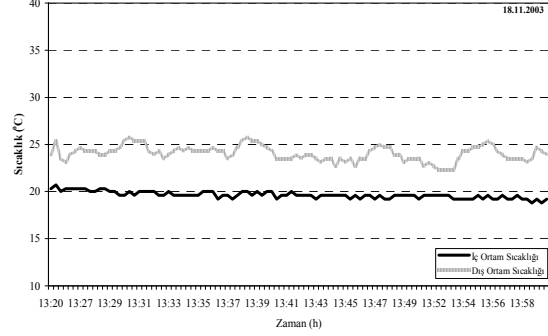
Şekil 5’deki sıcaklık değişimi incelendiğinde, dış ortam sıcaklığı, 22.7–25.8 °C arasında değişmesine karşın, sera iç ortamındaki hava sıcaklığı 18.8–21°C arasında değişmiştir. Sera iç ortamındaki hava sıcaklığı 21 °C’ye yükseldiğinde, fan-ped sistemi çalışma başlamış ve hava sıcaklığı 18.8 °C’ye kadar düşürülmüştür. Sıcaklığın kontrol altına alınmaya çalışıldığı sera bölümünde, Şekil 4.1c’de belirtilen saatler arasındaki ortalama sıcaklık 19.6 °C olarak hesaplanmıştır. Serada geliştirilen donanım yardımıyla, iç ortam hava sıcaklığı yaklaşık 2 dakikalık zaman aralığında 1 °C azaltabilmıştır. Fan-ped serinletme sisteminin dış ortam hava sıcaklığına kıyasla, serada sağladığı serinletme etkisi 2.7–5.8 °C arasında değişmiştir. Sistemin serada ortalama 4.4 °C serinletme etkisi sağladığı belirlenmiştir.

### Serada Bağıl Nem Kontrolü

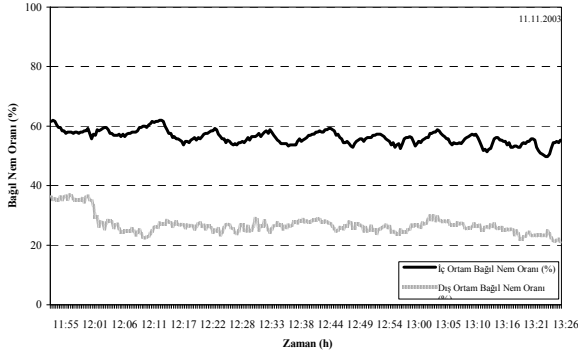
Araştırmanın yürütüldüğü Venlo tip cam serada, iç ortam bağıl nem oranının, % 45–65 aralığında sürdürülmesi amaçlanmıştır. Serada istenilen bağıl nem oranına ulaşabilmek için, fan-ped sisteminin çalıştığı sürelerde iç ve dış ortam bağıl nem oranının zamana bağlı olarak değişimi Şekil 6 ve 7’de verilmiştir.



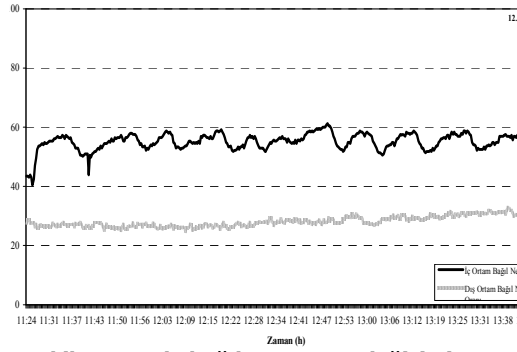
Şekil 4. Sıcaklığın zamana bağlı olarak değişimi



Şekil 5. Sıcaklığın zamana bağlı olarak değişimi



Şekil 6. Serada bağıl nem oranı değişimi



Şekil 7. Serada bağıl nem oranı değişimi

Şekil 6'dan izlenebileceği gibi; dış ortam bağıl nem oranı, % 21.2–36.9 arasında değişmesine karşın, sera iç ortamındaki bağıl nem oranı, % 50.2–62 arasında değişmiştir. Sera iç ortamındaki sıcaklık 21 °C'ye yükseldiğinde, fan-ped sistemi çalışma başlamış ve hava sıcaklığı 18.4 °C'ye kadar düşürülmüştür. Sıcaklık azalmasına karşın, bağıl nem oranı % 62'ye kadar yükselmiştir. Sıcaklığın kontrol altına alınmaya çalışıldığı sera bölmesinde, Şekil 6'da belirtilen saatler arasındaki ortalama bağıl nem oranı % 56.2 olarak hesaplanmıştır. Serada geliştirilen donanım yardımıyla, iç ortam bağıl nem oranı yaklaşık 5 dakikalık zaman aralığında % 5 arttırılabilmektedir. Fan-ped serinletme sisteminin dış ortam bağıl nem oranına kıyasla, serada sağladığı nemlendirme etkisi % 20.8–37.3 arasında değişmiştir. Sistemin serada ortalama % 29.2 nemlendirme etkisi sağladığı belirlenmiştir.

Şekil 7'de verilen bağıl nem oranı değişimi incelendiğinde, dış ortam bağıl nem oranı, % 40.4–47.5 arasında değişmesine karşın, sera iç ortamındaki bağıl nem oranı, % 56.9–63.5 arasında değişmiştir. Sera iç ortamındaki hava sıcaklığı 21 °C'

ye yükseldiğinde, fan-ped sistemi çalışma başlamış ve hava sıcaklığı 18.8 °C' ye kadar düşürülmüştür. Sistem, sıcaklığı düşürmekle birlikte bağıl nem oranı, % 63.5'e kadar yükselmiştir. Sıcaklığın kontrol altına alınmaya çalışıldığı sera bölmesinde, Şekil 4.2c'de belirtilen saatler arasındaki ortalama bağıl nem oranı % 61 olarak hesaplanmıştır. Serada geliştirilen donanım yardımıyla, iç ortam bağıl nem oranı yaklaşık 3 dakikalık zaman aralığında % 2 arttırılabilmektedir. Fan-ped serinletme sisteminin dış ortam bağıl nem oranına kıyasla, serada sağladığı nemlendirme etkisi % 14.9–19.2 arasında değişmiştir. Sistemin serada ortalama % 16.5 nemlendirme etkisi sağladığı belirlenmiştir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada, serada sıcaklık ve bağıl nem kontrolü için bilgisayar tabanlı kontrol sistemi ve yazılım modeli tasarlanmıştır. Bu amaçla, taban alanı 120 m<sup>2</sup> olan Venlo tipi cam serada, ortam havasının sıcaklık ve bağıl nem oranı kontrol edilmeye

çalışmıştır. Araştırmada, algılayıcılardan gelen sinyaller tasarlanan kartlarla sayısal ve analog sinyal akışı olarak işlenmiştir. Geliştirilen yazılım ve donanım yardımıyla, sera iç ortam hava sıcaklığının 18–21 °C aralığında sürdürülmesi amaçlandığında, fan-ped serinletme sistemi ile ortalama 4.3 °C serinletme etkisi sağlanmıştır. İç ortam bağıl nem oranı % 45–60 değerleri arasında sürdürülmesi amaçlandığında, sera iç ortamında ortalama % 24.2 nemlendirme etkisi sağlanmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü tarihlerdeki

alınan sonuçlara göre, seralarda sıcaklık ve bağıl nem kontrolü üzerine yapılan çalışmada, seralarda fan-ped sistemi çalıştığı zamanlardaki değerlerden faydalanarak, kontrolün istenilen şekilde yapıldığı, sıcaklığın düşürüldüğü, bağıl nem oranının artırıldığı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, serada kullanılan fan ped sistemi, dış ortam bağıl nem oranının düşük olduğu koşullarda daha etkin olarak çalışmıştır.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Aslyng, J. M., J. B. Lund, N. Ehler, E. Rosenqvist, 2003. Intelligrow: A Greenhouse Component-Based Climate Control System. *Environmental Modelling & Software*, 18( 7): 657–666.
- Bot, G. P. A., 1983. Greenhouse Climate: From Physical Processes to a Dynamic Model. PhD. Dissertation, Wageningen Agricultural University, Wageningen, 240 pp.
- Chalabi, Z. S., A. Biro, B. J. Bailey, D. P. Aikman, K. E. Cockshull, 2002. Structures and Environment: Optimal Control Strategies for Carbon Dioxide Enrichment in Greenhouse Tomato Crops. Part 1: Using Pure Carbon Dioxide, *Biosystems Engineering*, 81 (4): 421–431.
- Dayıoğlu, M. A., H. Silleli, 2001. Seralar İçin Bilgisayar Kontrollü Veri Algılama ve Otomasyon Sistemi. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi 13–15 Eylül 2001, S :375–379, Şanlıurfa.
- De Jong, T., 1990. Natural Ventilation of Large Multi-Span Greenhouses. PhD. Dissertation, Wageningen Agricultural University, Wageningen, 116 pp.
- Ferreira, P. M., E. A. Faria, A. E. Ruano, 2002. Neural Network Models in Greenhouse Air Temperature Prediction. *Neurocomputing*, 43 (1–4): 51–75.
- Ioslovich, I., I. Seginer, 2002. Acceptable Nitrate Concentration of Greenhouse Lettuce: Two Optimal Control Policies, *Biosystems Engineering* 83 (2): 199–215.
- Lafont, F., J. F. Balmat, 2002. Optimized Fuzzy Control of a Greenhouse. *Fuzzy Sets and Systems*, 128 (1): 47–59.
- Pasgianos, G. D., K. G. Arvanitis, P. Polycarpou, N. Sigrimis, 2003. A Nonlinear Feedback Technique for Greenhouse Environmental Control. *Computers and Electronics in Agriculture*, In Press, Corrected Proof.
- Sigrimitis, N. A., K. G. Arvanitis, G.D. Pasgianos, 2000. Synergism of High and Low Level Systems for the Efficient Management Of Greenhouses. *Computers and Electronics in Agriculture*, 29 (1–2): 21–39.
- Stanghellini, C., 1987. Transpiration of Greenhouse Crops: An aid to Climate Management, Ph.D. Thesis, Agricultural University, p.1–150, Wageningen.
- Straten, G. V., H. Challa, F. Buwalda, 2000. Towards User Accepted Optimal Control of Greenhouse Climate. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26 (3): 221–238.
- Tantau, H. J., D. Lange, 2003. Greenhouse Climate Control: An Approach for Integrated Pest Management, *Computers and Electronics in Agriculture*, In Press, Corrected Proof.
- Trigui, M., S. Barrington, L. Gauthier, 2001a. Structures and Environment: A Strategy for Greenhouse Climate Control. Part I: Model Development, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78 (4): 407–413.
- Trigui, M., S. Barrington, L. Gauthier, 2001b. Structures and Environment a Strategy for Greenhouse Climate Control, Part II: Model. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78 (4): 414–417.