

T.C.  
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MyRIO KONTROL KARTI İLE UZAKTAN ERİŞİMLİ SERA OTOMASYONU  
UYGULAMASI

Mehmet Fatih GÜLER

ARALIK 2019

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MyRIO KONTROL KARTI İLE UZAKTAN ERİŞİMLİ SERA OTOMASYONU  
UYGULAMASI

Hazırlayan  
Mehmet Fatih GÜLER

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN

Jüri Üyeleri  
Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ  
Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN  
Dr. Öğr. Üyesi Ali MAMIZADEH

ARALIK 2019

## ONAY

Mehmet Fatih GÜLER tarafından hazırlanan “MyRIO Kontrol Kartı İle Uzaktan Erişimli Sera Otomasyonu Uygulaması” adlı tez çalışması 17/12/2019 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.


### Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ  
(Başkan)  
Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN  
(Danışman)  
Dr. Öğr. Üyesi Ali MAMIZADEH  
(Üye)

### İmza



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ~~06/01/2020~~ 06/01/2020 gün ve 23/05 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK  
Enstitü Müdür V.

**BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI**  
**ETİK BEYANI**

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “MyRIO Kontrol Kartı İle Uzaktan Erişimli Sera Otomasyonu Uygulaması” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 24.12.2019

**Mehmet Fatih GÜLER**



## ÖZET

### MyRIO KONTROL KARTI İLE UZAKTAN ERİŞİMLİ SERA OTOMASYONU UYGULAMASI

Mehmet Fatih GÜLER

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN

Aralık 2019, 69 sayfa

Günümüzde tarım ürünlerine olan ihtiyaç dünya nüfusunun artmasıyla beraber daha da artmış ve istenilen zamanda istenilen ürünü karşılamak oldukça zorlaşmıştır. Bu durumun önüne geçebilmek amacıyla meyve ve sebze yetiştirilen seralar kurulmuştur. Seralarda yetiştirilen bitkilerden elde edilecek ürünlerin verimliliğinin artırılması, bitkilerin en iyi yaşam ve fotosentez koşulları altında tutulması, maksimum üretim sürekliliğinin ve kalitesinin sağlanması, toprak ve bitkinin gerekli ihtiyaçlarının karşılanması için çeşitli otomatik kontrol sistemleri oluşturulmuştur. Bu kontrol sistemleri, hızlıca devreye girerek saptanan sorunların otomatik olarak çözümlenmesinin sağlanmasında, sera içi sıcaklık ve nem değerlerinin kontrol altına alınmasında ve sistemin kararlı bir şekilde çalışmasında ön plana çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında, NI MyRIO-1900 kontrol kartıyla uzaktan erişimli sera otomasyonu uygulaması yapılarak LabVIEW grafiksel programı üzerinden sistem verilerinin gerçek zamanlı izlenmesi ve kontrolü sağlanmıştır. Ayrıca yapılan çalışmanın uygulanabilirliğini göstermek amacıyla bir sera prototipi oluşturulmuş ve iklimlendirme kontrolleri bu prototip üzerinde bilgisayar bağlantılı arayüz ile test edilmiştir. Serada yetiştirilecek olan bitkilerin su, sıcaklık, nem ve uygun fotosentez ışık oranı gibi değerleri sistemde kullanılan sensörler sayesinde ölçülerek tespit edilip MyRIO kontrol kartıyla kullanıcıya LabVIEW arayüzü ile gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** NI MyRIO-1900, LabVIEW, Sera İklimlendirme Sistemi, Otomasyon

## ABSTRACT

Remote Access Greenhouse Automation Application with MyRIO Control Card

Mehmet FATİH GÜLER

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical- Electronics Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Behçet KOCAMAN

December 2019, 69 pages

Today, the need for agricultural products has increased with the increase of world population and it has become very difficult to supply the desired product at the desired time. In order to prevent this situation, greenhouses where fruit and vegetables were grown were established. Various automatic control systems have been established in order to increase the productivity of the products to be obtained from the plants grown in the greenhouses established, to keep the plants under the best life and photosynthesis conditions, to ensure the maximum production continuity and quality, to meet the requirements of the soil and the plant. The control systems come into prominence in order to automatically solve the problems detected, to control the temperature and humidity values in the greenhouse and to operate the system in a stable manner.

In this thesis, real-time monitoring and control of system data is provided through LabVIEW graphical program by using remote access greenhouse automation application with NI MyRIO-1900 control card. In addition, a greenhouse prototype was created and air conditioning controls were tested on this prototype with a computer connected interface to demonstrate the applicability of the study. The values of water, temperature, humidity and appropriate photosynthesis light ratio of the plants to be grown in the greenhouse are determined by the sensors used in the system and shown to the user through the LabVIEW interface with MyRIO control card.

**Key Words:** NI myRIO-1900, LabVIEW, Greenhouse Air Conditioning System, Automation

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim ve öğrenimim boyunca yapmış olduğum çalışmalarında bana güven veren, yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN'a teşekkür ederim.

Aynı şekilde bu zorlu süreçte üzerimde emekleri ve katkıları bulunan Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ'ye ve Dr. Öğr. Üyesi Serhat Berat EFE'ye teşekkürlerimi saygılarımla arz ederim.

Ayrıca bugüne kadar ki tüm eğitim hayatım boyunca bana maddi ve manevi her türlü fedakarlıkta bulunan başta annem ve babam olmak üzere tüm aile bireylerime ve Elektrik Elektronik Müh. Yunus YİĞİT'e teşekkürü bir borç bilir hepsine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



## ÖNSÖZ

Otomatik kontrol kavramı, hızla gelişen teknolojiyle beraber elektronik ve yazılımın birlikte kullanıldığı mikroişlemci kartlarla ve mikro denetleyicilerle gerek endüstriyel, gerekse de kişisel kontrollerle insan yaşamını daha kolay duruma getirmiştir. Ayrıca mikroişlemciler ve daha birçok elektronik kontrol kartlarının yaygınlaşmasıyla kontrol ve otomasyon sistemleri geliştirilmiş ve günümüzde hayatımızın her aşamasına girmeyi başarmıştır.

Gelişmekte olan ülkemizdeki tarım sektörüne gelişen teknolojileri uygulamak, tarım ekonomisinin pazar payını istenilen seviyeye getirmek önemlidir. Bu açıdan teknolojiyi tarıma entegre etmek; tarım endüstrisiyle birlikte birçok sektörle bağlantı kurmasına ve birçok sektörün kalkınmasına imkan sağlayacaktır. Teknolojinin tarıma uygulamalarından biri de sera otomasyonudur. Burada bitkinin üretim aşamasındaki kontrolü için otomasyon oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yetişen ürünün sağlıklı olabilmesi, tasarruflu ve homojen bir sulamanın yapılabilmesi ve bitkinin yetişebileceği optimum çevresel faktörlerde ayrıca önem arz etmektedir. Günümüzde, toprak kirliliği, hava kirliliği ve su kirliliğinin giderek artması tarım sektörüne de etki etmiş ve buna bağlı olarak sağlıksız ve kalitesiz üretim artmıştır. Bu yüzden insan sağlığı açısından uygun tarımsal ürün elde ederek tarımsal üretimin artırılması ve geliştirilmesi için tarımda otomasyon sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan sera otomasyonu uygulamasını tarım sektörüne kazandırmak maksadı ön görülerek çalışmanın uygulanabilirliği ve kullanılabilirliği, tasarlanan bir sera prototipi üzerinden test edilmiştir. Testler, MyRIO kontrol kartıyla ve tasarlanan LabVIEW arayüzü ile kullanıcıya sunulmuştur.



# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Otomasyon .....	3
1.2. Sera .....	4
1.3. Sera Otomasyonu.....	4
1.4. Seralarda İklimlendirme.....	5
1.5. Seralarda Çevre Koşullarının Denetimi .....	6
1.5.1. Havalandırma .....	6
1.5.1.1. Havalandırma Sisteminin Özellikleri.....	6
1.5.1.2. Havalandırma Çeşitleri .....	6
1.5.1.2.1. Doğal Havalandırma.....	7
1.5.1.2.2. Zorunlu Havalandırma.....	7
1.5.2. Isıtma .....	8
1.5.2.1. Seralarda Isıtma Sisteminin Çeşitleri.....	9
1.5.2.1.1. Güneş Enerjisiyle Sera Isıtılması .....	10
1.5.2.1.2. Jeotermal Enerjisiyle Sera Isıtılması .....	11
1.5.2.1.3. Sobayla Isıtma Sistemi .....	12
1.5.2.1.4. Kaloriferle Sera Isıtma Sistemi .....	13
1.5.2.1.5. Sıcak Havalı Isıtma Sistemi .....	14
1.5.2.1.6. Elektrikle Isıtma Sistemi.....	15
1.5.2.1.7. Biyokütle-Biyogaz Enerjisiyle Sera Isıtma Sistemi .....	16
1.5.2.1.8. Isıtma Perdeleriyle Sera Isıtma Sistemi .....	17
1.5.3. Sulama .....	18

	<b><u>Sayfa</u></b>
1.5.3.1. Damlama Sulama .....	18
1.5.3.2. Yağmurlama Sulama .....	19
1.5.3.2.1. Üstten Yağmurlama Sistemi .....	20
1.5.3.2.2. Toprak Yüzeyinde Yağmurlama Sistemi .....	20
1.5.3.3. Masura(Karıkla) Sulama .....	21
1.5.3.4. Kapılar Sulama .....	21
1.5.4. Aydınlatma .....	22
1.5.4.1. Yapay Aydınlatma .....	22
<b>2. MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>24</b>
2.1. MyRIO-1900 Mikroişlemci Kontrol Kartı.....	26
2.2. LabVIEW Programı .....	28
2.3. Toprak-Nem Sensörü.....	30
2.4. 5 Volt 4 Kanallı Röle .....	31
2.5. Su Pompası.....	32
2.6. LM35 Sıcaklık Sensörü.....	33
2.7. Infrared Panel Isıtıcı .....	34
2.8. DC 5V Fan .....	36
2.9. Servo Motor .....	37
2.10. Yağmur Sensörü .....	38
2.11. LED Lamba .....	39
2.12. LDR Sensörü .....	40
2.13. Pleksi Glass Levha.....	41
2.14. Sera Prototipi Yapımı .....	41
2.15. Yazılımın ve Programın İşlenmesi .....	43
2.15.1. LabVIEW Yazılımları .....	43
2.15.1.1. Sera Çatısının Kontrolü Yazılımı .....	44
2.15.1.2. Sulama İçin Toprak-Nem Kontrolü Yazılımı.....	46
2.15.1.3. Aydınlatma Kontrolü Yazılımı .....	47
2.15.1.4. Isıtma İçin Sıcaklık Kontrolü Yazılımı .....	49
2.15.1.5. Havalandırma Kontrolü Yazılımı .....	51
2.15.1.6. Nem ve Sıcaklık Değerlerinin Excel’de Raporlanması Yazılımı.....	52
2.15.1.7. Verilerin Haberleştirilmesi Yazılımı.....	54
2.15.1.8. Yazılan LabVIEW Yazılımların Birleştirilmesi .....	54

	<u>Sayfa</u>
<b>3. BULGULAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>57</b>
<b>4. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>62</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>64</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>69</b>



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

### Sayfa

- 1.1. Termal özellikli bazı malzemelerin ısı geçirgenliğini azaltma yüzdeleri.....17
- 3.1. Excel’de sıcaklık değeri ve nem yüzdesi değerleri raporlanması.....61



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>ŞEKİL</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. Örnek bir otomasyon şeması.....	4
1.2. Sera otomasyon sisteminin görselleştirilmiş örneği.....	5
1.3. Doğal havalandırma örnek gösterimi .....	7
1.4. Zorunlu havalandırma örnek gösterimi .....	8
1.5. Seralarda güneş enerjisiyle ısıtma yöntemi .....	11
1.6. Jeotermal kaynakla sera ısıtma yöntemi örnek görseli.....	12
1.7. Seralarda sobayla ısıtma yöntemi örnek görseli .....	13
1.8. Seralarda kaloriferle ısıtma yöntemi .....	14
1.9. Seralarda sıcak havayla ısıtma örnek görseli.....	15
1.10. Seralarda elektrikle ısıtma yöntemi örnek görseli.....	16
1.11. Seralarda damlama sulama yöntemi.....	19
1.12. Seralarda yağmurlama sistemine ait örnek görsel.....	20
1.13. Seralarda karıkla/masura sulama örneği.....	21
1.14. Sera aydınlatması örneği .....	22
1.15. Bazı yapay aydınlatma kaynakları ve fotosenteze ait eğriler .....	23
2.1. Sera içi iklimlendirmesi sisteminde kullanılan sensörler ve malzemeler.....	24
2.2. Oluşturulan sistemin genel akış diyagramı.....	25
2.3. NI MyRIO-1900 ve blok diyagramı.....	27
2.4. NI MyRIO-1900 cihazının pin bağlantıları .....	28
2.5. LabVIEW kullanıcı arayüzü olan ön panel .....	29
2.6. LabVIEW grafiksel kodların tutulduğu blok diyagram .....	29
2.7. Toprak-nem sensörü ve teknik özellikleri .....	31
2.8. 5 Volt 4 kanallı röle.....	31
2.9. Fırçasız, manyetik rotorlu 6V su pompası.....	32
2.10. LM35 sıcaklık sensörü ve teknik özellikleri.....	34
2.11. Infrared panel ısıtıcıyla sera ısıtılması.....	35
2.12. Çalışmada kullanılan DC 5V Fan .....	36
2.13. Çalışmada kullanılan servo motor.....	37
2.14. Yağmur sensörü ve teknik özellikleri.....	38
2.15. Kırmızı ve mavi renkli LED aydınlatma paneli.....	39
2.16. LDR sensörü ve elektriksel karakteristiği .....	40

## **SEKİL**

## **Sayfa**

2.17. Şeffaf ve farklı renklerde pleksi glass levhalar.....	41
2.18. Uygulama için yapılmış olan sera prototipi.....	42
2.19. Yağmur sensörü dijital input blok diyagramı .....	44
2.20. Yağmur sensöründen alınan değer sonrası sera çatısının kapanması blok diyagramı .....	44
2.21. Yağmur sensöründen alınan değere göre çatısının açılması blok diyagramı .....	45
2.22. Yağmurun yağıp yağmadığını gösteren LabVIEW ön paneli .....	45
2.23. Toprak-nem sensörünün analog PIN3 girişli LabVIEW blok diyagramı.....	46
2.24. Analog nem değeri yüzdesine göre sulama motorunun aktifleşmesi blok diyagramı.....	46
2.25. Yüzdeler nem değerine göre sulama motorun aktifleşmesi ön paneli .....	47
2.26. LDR aydınlatma sensöründen alınan bilginin analog okunması. ....	48
2.27. Dış ortam aydınlatma şiddetine göre sera aydınlatmasının yapılması blok diyagramı.....	48
2.28. LDR sensöründen gelen bilgiye göre aydınlatma işleminin yapılması ön paneli.....	49
2.29. LM35 sıcaklık sensöründen gelen bilginin analog okunması .....	49
2.30. Okunan sıcaklık değerine göre ısıtma işleminin yapılması blok diyagramı.....	50
2.31. Sıcaklık göstergesi ön paneli .....	51
2.32. LabVIEW’de zorunlu havalandırma blok diyagramı.....	51
2.33. LabVIEW’de zorunlu havalandırma ön paneli.....	52
2.34. Sistemde okunan nem ve sıcaklık değerlerin raporlanması blok diyagramı .....	53
2.35. Raporların kayıt süresinin belirlendiği ön paneli.....	53
2.36. Kablosuz haberleşme sağlanması için LabVIEW’de hazırlanan blok diyagramlar.....	54
2.37. Sulama ve sera çatısının açılıp-kapatılması LabVIEW ön paneli.....	54
2.38. Isıtma, aydınlatma ve havalandırma LabVIEW ön paneli .....	55
2.39. LabVIEW’de yazılan yazılımının genel blok diyagramı.....	56
3.1. Projenin tamamlanmış son hali.....	57
3.2. Toprak-nem kontrolü ve çatı kontrolü denemesi LabVIEW ara yüzü .....	58
3.3. 12 saat boyunca saat başı toprak-nem sensöründen alınan değerler .....	58
3.4. Aydınlatma, sıcaklık, havalandırma kontrolü testi ve Excel’de kayıt süresi LabVIEW arayüzü .....	59
3.5. Saat başı LDR sensörünün algıladığı aydınlatma şiddeti değerleri .....	60
3.6. LM35 sıcaklık sensöründen farklı saatlerde alınan sıcaklık değerleri .....	61

## SİMGELER DİZİNİ

V	Gerilim (Volt)
A	Amper
R	Direnç
W	Watt
°C	Santigrat derece
s	Saniye
t	Zaman (sn)
cm	Santimetre
m	Metre
m <sup>2</sup>	Metrekare
ha	Hektar
da	Dekar
kV	Kilovolt
VA	Volt Amper
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
kS/s	Kilosamples per second (Saniyedeki örnekleme sayısı)
μ	mikro
h	hour (saat)

## KISALTMALAR DİZİNİ

LabVIEW	Grafiksel Programlama Dili
AC	Alternating Current (Alternatif Akım)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
Bit	Bilgisayardaki en küçük veri boyutu birimi
DIO	Digital Input/Output
MTEP	Milyon ton eşdeğer petrol
CFL	Kompakt floresan lamba
MTA	Maden Tetkik Arama
DHT11	Sıcaklık-nem Sensörü
DS1302	Gerçek Zamanlı Saat
FDM	Eriyik Yığıma Modelleme (Fused Deposition Modelling-FDM)
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
NI	National Instruments
MyRIO	Mikroişlemci/Mikrodenetleyici Kartı
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit gazı
AO	Analog çıkış
AI	Analog giriş
VAh	Volt Amper Saat
USB	Evrensel Seri Veriyolu
kWh	Kilowatt saat
PE	Polietilen
PAR	Photosynthetically Active Radiation (Fotosentetik Aktif Işınım)
HPS	High Pressure Sodium (Yüksek Basıncılı Sodyum)
LED	Light Emitting Diode (Işık yayan diyot)
PIR	Pasif Kızılötesi Sensör (Passive InfraRed - PIR)
LDR	Light Dependent Resistor (Foto Direnç)
DI	Dijital giriş
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
PFD	Foton Akı Yoğunluğu
vd	ve diğerleri
THD	Total Harmonic Distortion (Toplam Harmonik Bozulma)
vs	vesaire



## 1. GİRİŞ

Günümüzde üretime duyulan ihtiyacın artış göstermesi gelişen teknolojinin tarım sektörüne girmesi ve insan gücünün yavaş yavaş ortadan kalkması sebebiyle seralarda üretimin kontrolü ve izlenmesi vazgeçilmez bir hale gelmiştir. Bir sera da otomasyon sistemi denildiğinde tarım, orman, inşaat, makina, elektrik-elektronik, yazılım ve haberleşme mühendisliği gibi farklı dallardaki teknolojilerin bir arada olduğu bir uygulama anlaşılmaktadır. Bütün bu mühendislik işlerinin bir seraya uygulanmasıyla bitkilere uygun iklim koşulları oluşturulur ve elde edilecek ürünün verimliliği sağlanır. Sera içi ve dışı çevre birimleri; ısıtma, havalandırma, serinletme, gölgeleme, sisleme, sulama-gübreleme gibi sistemlerden oluşur. Otomatik kontrol sisteminin artış gösterdiği bu zaman diliminde bir takım akademik çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan literatür çalışmalarında sera sistemleri, otomasyon sistemleri, sera iklimlendirme aşamaları ve seraların yapısal tasarımlarıyla sektöre yenilikler getirilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Kopdra ve Martin [1], çalışmalarında Arduino mikrokontroller cihazı, DS1302 gerçek zamanlı saat, nem sensörü, röle, selenoid valf kullanarak akıllı sulama sistemi uygulaması yapılmışlardır. Arduino kartıyla kontrolünü sağladıkları sulama sisteminin yazılımını Java bilgisayar programlama dili kullanarak yapmışlar ve oluşturdukları akıllı sistemde Java programlama dili sayesinde tablet ve akıllı cep telefonları üzerinden uzaktan kontrol etmişlerdir. Sase vd. [2], seralarda doğal havalandırmayla ilgili çalışmalar yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalarda sera çatısındaki pencerelerin yerden yüksekliğinin artmasıyla sera içerisindeki sıcaklığın azaldığını tespit etmiş ve doğal havalandırma yapılan seralarda sıcaklık derecesini düşürmek için doğal havalandırmanın sisleme sistemleriyle birlikte kullanılmasını önermişlerdir. Tsai vd. [3], ultrakapasitör ve çeşitli devreler kullanarak PIR sensörlü armatürlerin bekleme esnasında harcadıkları enerjiyi düşürmek için çalışmalar yapmışlardır. PIR sensörlü armatürün bekleme esnasında verimliliği iyi olmayan AC/DC dönüştürücü sebebiyle harcadıkları yaklaşık 3 W'lık enerjiyi, yardımcı devreler ve ultrakapasitörlerle yaklaşık 0.004 W'a kadar düşürmüşlerdir. Ödük ve Allahverdi [4], domates bitkisinin optimum düzeyde gelişmesi ve ürün verimliliğinin artırılması için gereksinim duyduğu uygun iklim şartları parametrelerini bulanık mantık yöntemi çalışmasıyla belirlemiştir. Campen vd. [5], yapmış olduğu çalışmada yer altı sıcaklık kaynaklarının seralarda yaz mevsiminde serinletme işlemi ve kış mevsiminde de ısıtma işlemi için kullanılmasının kapalı tip seralarda bir avantaj olduğunu belirtmiştir.

Sung ve Park [6], FDM-ısı pompasının kullanıldığı seralarda ısıtma için çeşitli sistemler kurarak deneysel çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarını iklim olarak ılıman iklime sahip olan Güney Kore'nin Cheong şehrinde yapmışlardır. Çalışmalarının sonucunda solar sera ve ısı

pompalı sistemde yaklaşık sıcaklık değeri olarak 13.5 °C, sera ve FDM'li sistemde yaklaşık olarak 9 °C sıcaklık değeri ve son olarak ta sadece ısıtmasız solar serada 7 °C yaklaşık sıcaklık değeri gözlemlenmişlerdir. Bu sonuçlar dahilinde yaklaşık olarak %75'lik bir ısı kazancı sağlanmış olduğunu belirtmiştir. Teitel ve Tanny [7], sera havalandırmasında rüzgar hızı, güneş ışınlarının radyasyonu ve sera pencerelerinin açıklık oranı gibi çeşitli etkenlerin, sera içerisindeki sıcaklık değerini ve nem oranını nasıl etkilediğiyle ilgili çalışmalar yapmışlardır. Zade vd. [8], çalışmalarında mikrodenetçi kontrol kartı ve DHT11 kablosuz sıcaklık-nem sensörü kullanarak yazdıkları yazılım sayesinde mobil akıllı telefonlar üzerinden uzaktan kontrolünü sağlayabildikleri ve sera içini izleyebildikleri bir sera sistemi tasarlamışlardır. Çalışmalarındaki amaçları ise maksimum verimle bitki yetiştirmek olmuştur. Günerhan vd. [9], Türkiye'de mevcut bulunan jeotermal yenilenebilir enerji kaynaklarını sıcaklık kapasitelerini MTA (Maden Tetkik ve Arama) kurumuyla beraber çalışarak düşük ve yüksek sıcaklık olarak ayırmıştır. Çeşitli araştırmacılarda bu bilgi dahilinde düşük sıcaklık kapasitesine sahip olan jeotermal kaynakların sera ısıtılması başta olmak üzere farklı alanlarda ısıtma için kullanılabilineceğinden bahsetmiştir. Koçak [10], frekans etkili nem ölçer, tansiyometre, nem ölçme bloğu gibi 3 farklı algılayıcıyı toprak nemini ölçmek için kullanmış ve frekans etkili nem ölçerin toprak sulama otomasyonunda daha güvenilir ve uygun algılayıcı olduğunu laboratuvarında farklı toprak çeşitleri üzerinde yapmış olduğu deneylerle tespit etmiştir.

Hasan vd. [11], yapmış oldukları çalışmada THD (toplam harmonik bozulma) değeri, güç faktörü değeri ve etkinlik değeri incelenerek aydınlatma yük analizleri yapmışlardır. LED lambaların daha düşük enerji tüketimiyle ve yeterli miktarda düşük etkinlik değerlere sahip olması sebebiyle floresanlar lambalar, enkandesan ve CFL (kompakt floresan lamba) lambalara göre daha çok kullanışlı olduğu kanısına varmışlardır. Usmani vd. [12], yaptığı çalışmada sera sisteminde biyogaz gibi yenilenebilir bir enerji kaynağından yararlanılmış ve biyogaz reaktörü olan gazometreyi siyaha boyayıp çevresini serayla kapatmıştır. Yapmış olduğu bu çalışma sonucunda sera içerisinde gün içerisinde ısı kayıplarının azaldığını gözlemlenmiştir. Kendirli ve Çakmak [13], sera ısıtılmasında kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisini aktif ve pasif yöntemleriyle değerlendirmiş ve sera iklimlendirmesinde bu yöntemler hakkında incelemelerde bulunmuşlardır. Üstün [14], yapmış olduğu bu çalışmada sera üzerindeki yükleri hesaplayan, kafes kiriş sistemi için statik çözüm ve analizleri yapan, kafes kirişleri için kullanılan profillerde metalurjik malzeme kayıplarını azaltarak sınır koşullarını belirme işlemlerini yapan ve metraj-keşif işlemlerinde maliyet raporu çıkartan bir bilgisayar projelendirme programı geliştirmiştir. Topçu [15], dünyada yaygın olarak kullanılan sera örtü malzemelerini cam, polietilen ve polikarbonat olarak ayırmış ve bu örtü malzemeleriyle örtülen

seraların ışık geçirgenlikleriyle ilgili çeşitli bilgilendirmelerde bulunmuştur. Çolak [16], yapmış olduğu çalışmalarda sera otomatik kontrol sistemleri hakkında bilgilendirmeler yapmıştır. Özellikle sera otomasyonunun sera iklimlendirme sistemleri için oldukça önemli olduğunu vurgulamış ve otomasyonun kullanılmadığı sera iklimlendirme sistemlerinde ısıtma maliyetlerinin toplam maliyetin yaklaşık %65'i olduğunu belirtmiştir.

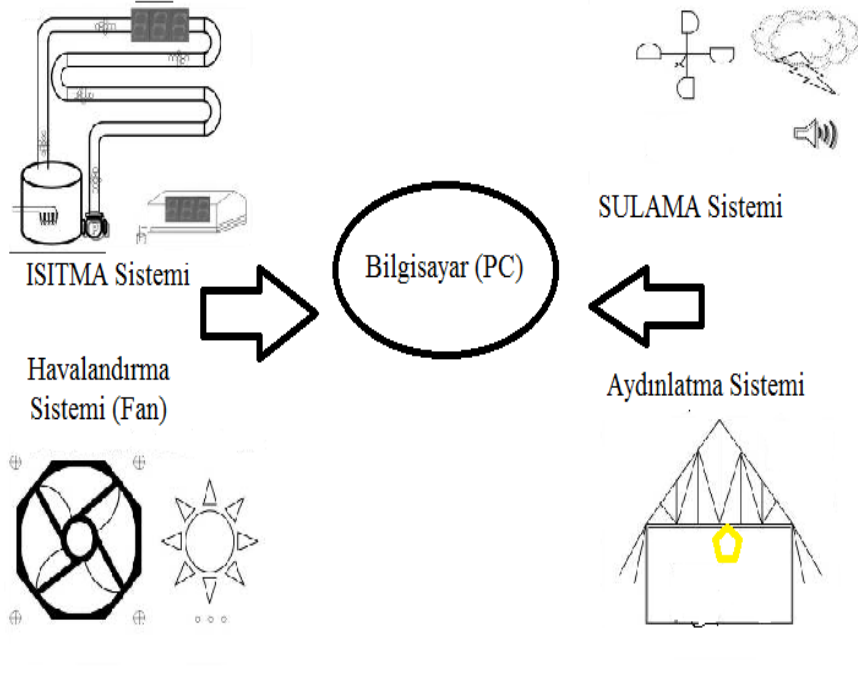
Tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tez konusu ile ilgili temel bilgiler ve şimdiye kadar yapılan çalışmalar açıklanmış, hazırlanan tezin literatürde doldurulması beklenen boşluk belirtilmiştir. İkinci bölümde; meteryal ve yöntem hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde, bulgular hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde, yapılan tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, bu sonuçların yararları ve uygulama alanları belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın geliştirilmesi için daha sonra yapılacak araştırmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## **1.1. Otomasyon**

Gelişen ve değişen teknolojinin de yardımıyla aşırı artan dünya nüfusuna bağlı bir şekilde üretim maliyetlerinin azaltılması amacı ön görülerek artan nüfusun ihtiyaçlarını ve tüketimlerini de göz önünde bulundurarak üretimin artırılıp hızlandırılması için otomatik kontrol kavramı ortaya çıkmıştır.

Otomasyon, bir üretim yerinde, ham maddenin işlenmesi için ürünün ilk aşamasından son aşamasına kadar izlenip her aşamayı elektronik aparatlar sayesinde otomatik kontrol eden ve üretim sürecinde endüstriyel cihazlar arasında iş bölümü yapılmasına dayanan bir yöntemdir [17]. Ayrıca otomasyon, insan gücünden daha hızlı, insanlara göre daha az hatalı üretim yapan ve üretimde sürekliliğin olmasını sağlayan, insanların fiziki gücünden değil zihinsel gücünden yararlanmayı hedefleyen bir yöntemdir.

Çeşitli sistemlerin bilgisayara bağlı olarak kontrolü sağlanan otomasyon sisteminin örnek bir şeması Şekil 1.1'de verilmiştir.



**Şekil 1.1.** Örnek bir otomasyon şeması

## 1.2. Sera

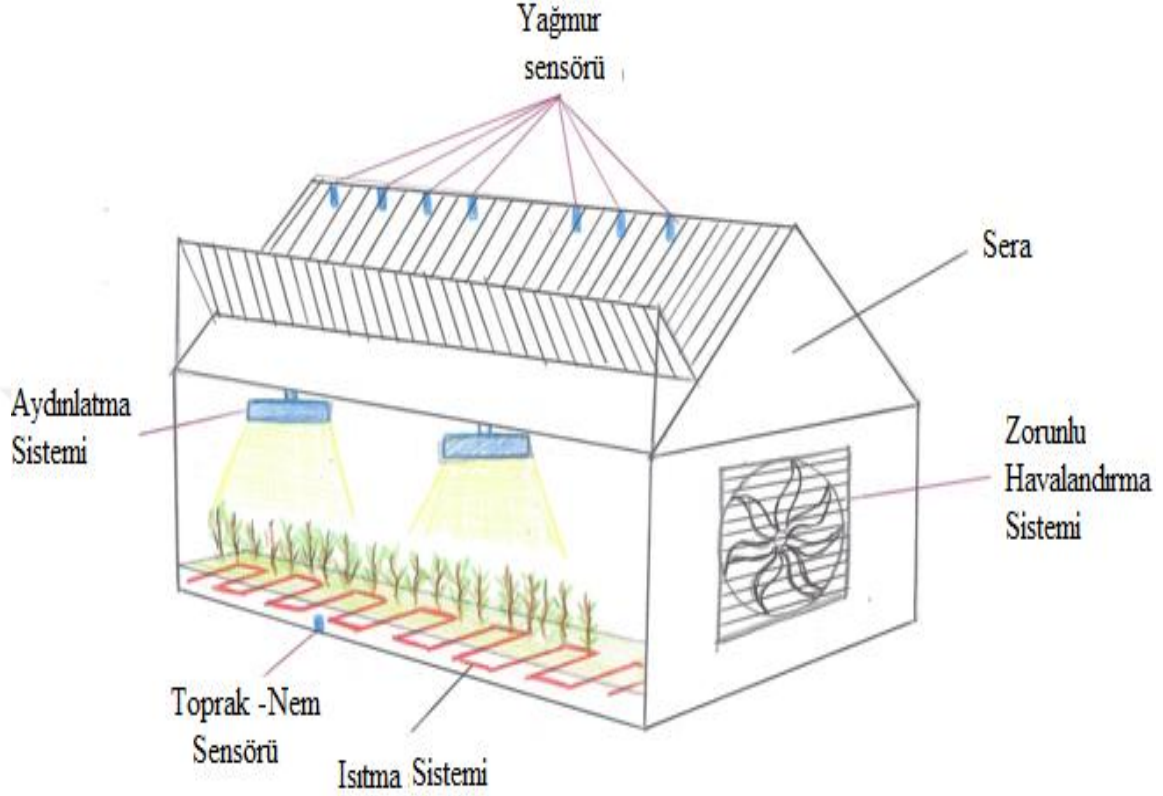
Kurulması esnasında ortam şartlarına bağlı kalmaksızın zorunluluk halinde sıcaklığı, toprak-nem oranını, aydınlatma miktarını ve hava hareketlerini kontrol altında tutarak bitkilerin fotosentez yaparak yaşamsal fonksiyonlarını devam ettirebilmesi için en ideal ortamı sağlamak, çeşitli kültür bitkileriyle ve bunların tohum, fide ve fidanlarını üretmek maksadı güdülerken cam, plastik vb. ışık geçirgen bir örtü malzemesiyle kaplanan ve içerisinde rahatça hareket edilebilen yapılara "sera" denir [18-22].

Seranın diğer bir tanımını ise şu şekilde yapmıştır. İçerisinde yetiştirilen bitkilerin büyümesi için dış ortam şartlarının uygun olmadığı dönemlerde içerisinde yetiştirilen bitkiler için optimal düzeyde ortamın oluşturulduğu yapılardır [23].

## 1.3. Sera Otomasyonu

Sera içerisinde üretimi planlanan bitkilerin yetiştirilmesi ve bitkilerin büyütülüp olgunlaştırılması gibi aşamalar için belirli olan sıcaklık derecesi ( $^{\circ}\text{C}$ ), ışık miktarı, toprak-nem oranı, sera içi nem miktarı ve gübre miktarı gibi unsurlarla bitkilerin gereksinim duyduğu ortamın oluşturulması amacıyla seranın çeşitli bölgelerine yerleştirilmiş olan sensörlerle ve

elektronik malzemelerle belirli bir bilgisayar programlama diline bağı olarak kullanılan sistemler bütününe sera otomasyonu denir [17, 25-28]. Şekil 1.2’de sera otomasyonuna ait bazı sistemler görselleştirilerek verilmiştir.



Şekil 1.2. Sera otomasyon sisteminin görselleştirilmiş örneği

#### 1.4. Seralarda İklimlendirme

Seraların kurulmasındaki ana hedef, sera içerisinde yetiştirilmesi planlanan ürünlere en ideal çevre koşullarını sağlamak ve bu ürünlerin yetişmesini maksimum seviyede kontrol altına alarak olumsuz etkenlerden uzak bir yetiştirme ortamı oluşturmaktır. Sera dışındaki iklimi denetim altına almak çok zor olduğundan sera içi iklimini kontrol etmek gereklidir. Sera içindeki iklimin kontrol edilmesi için öncelikle sera iç hacminin yeterince büyük tutulmasıyla bitkilerin kendilerini dış ortamdaymış gibi hissetmesini sağlamak gerekir. Buna ek olarak sera içerisindeki sıcaklığın seviyesine göre otomatik havalandırma yapılması, bitkinin bulunduğu ortama CO<sub>2</sub> salınması ve sera içi sıcaklığın artmasına sebep olan radyasyon seviyesini düşürmek için gölgeleme perdesi kontrolleri yapılması gibi bir çok yöntemle de sera içerisindeki iklim kontrolü sağlanmış olur ve bu sayede bitkilerden elde edilen ürün verimliliğinin artması sağlanmış olur [26].

## **1.5 Seralarda Çevre Koşullarının Denetimi**

Seraların planlanmasında dikkate alınması gereken en önemli etmenler havalandırma, ısıtma, soğutma ve ışıklandırma [27, 28]. Bu bağlamda seralarda çevre koşullarının denetimi; havalandırma, ısıtma, sulama ve aydınlatma olmak üzere dört temel başlıkta incelenir.

### **1.5.1. Havalandırma**

Havalandırma sistemiyle sera içerisindeki bitkilerin kendilerini dış ortamdaki gibi hissetmesi sağlanır ve bitkilerin fotosentez yapmaları için de ihtiyaç duydukları CO<sub>2</sub> gazının sera içerisine girmesi sağlanmış olur. Havalandırmanın diğer bir önemi ise bitkilerin terleme yapmasını sağlamaktır [29]. Havalandırmanın iyi yapılmasıyla sera içi sıcaklığı sera dışındaki sıcaklığa göre 2-3°C düşürmek mümkündür. Sera içindeki bağıl nemin ayarlanması da havalandırma ile yapılabilmektedir [16]. Fiziki ve coğrafi konum olarak uygun bir yerde kurulan seranın içinde sağlıklı bir havalandırma yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan en önemli değerlerden biride havanın saatteki değişim sayısıdır. Plastik örtüyle kaplı bir serada hava değişim sayısı 50-60, camla kaplı seralarda yaklaşık olarak 40-50 olmalıdır. Normal koşullarda ise hava değişim sayısı 15 ile 30 arasındadır [29].

#### **1.5.1.1. Havalandırma Sisteminin Özellikleri**

Sera içerisinde havalandırma yapılırken rüzgar esintisi şeklinde yapılmalıdır ve bu esinti miktarı bitkiler için yeterli miktarda olmalıdır. Havalandırma yapılırken sera içindeki sıcaklığın aşırı düşmemesine dikkat edilmelidir. Sera içinde havalandırma sisteminin kurulduğu bölümlerde açıklık bulunmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca dış ortamda oluşan herhangi bir hava olayından havalandırma sistemi etkilenmemelidir. Son olarak, havalandırma sistemleri rahat bir şekilde kontrol edilebilmedir ki herhangi bir teknik aksaklık sonrasında kontrol altına alınabilsin [29].

#### **1.5.1.2. Havalandırma Çeşitleri**

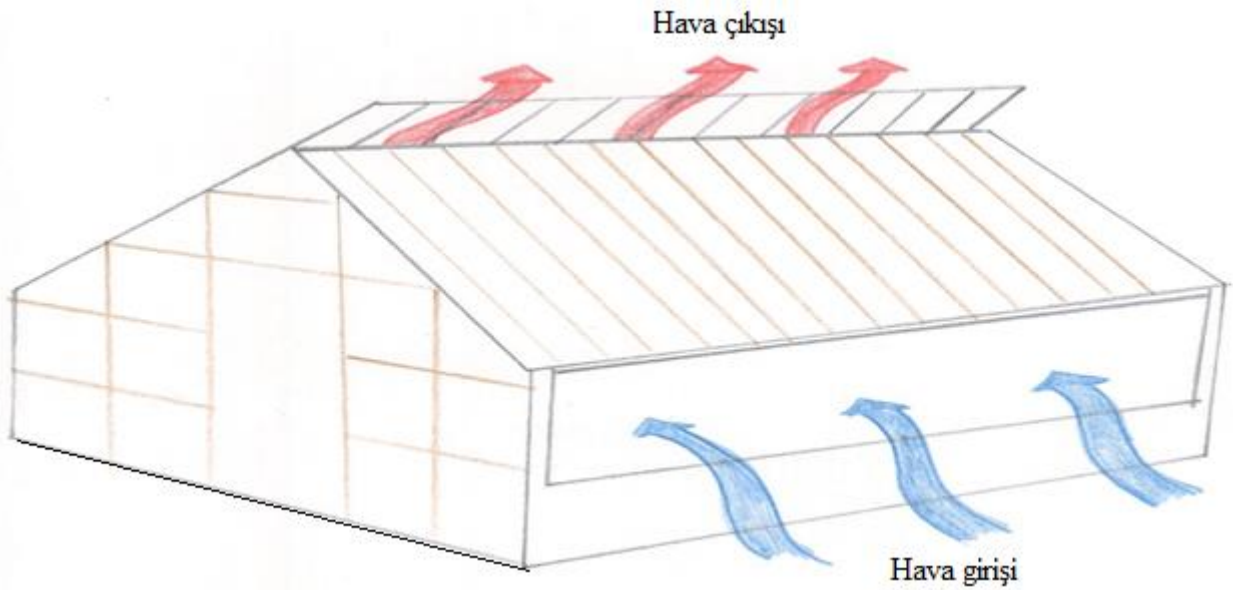
Seralarda genel olarak doğal ve zorunlu havalandırma olmak üzere iki çeşit havalandırma yapılır.

### 1.5.1.2.1. Doğal Havalandırma

Sera içinin belirli elektronik cihaz veya makinalarla oluşturulan bir sisteme gereksinim duyulmadan sera içindeki havanın tamamen doğal bir şekilde seranın dışına kendiliğinden hareket edip yer değiştirmesine “doğal havalandırma” denir [30].

Doğal havalandırmada havalandırma pencerelerinin yeri, pencerelerin açıklık miktarı ve rüzgarın hızı seralarda yeterli hava değişimi(sera içerisindeki havanın hacminin dakikadaki değişimi) için en önemli etkenlerdir. Bu anlamda hava değişimi sera hacmini saatte 60 defa değiştirmiş olur. Soğuk bölgelerde bu oran saatte 20 sera hacmi kadar alınabilir. Ayrıca sıcak bölgelerde bu hava değişim oranı sera içi sıcaklığı 6°C düşürülebilir [31].

Doğal havalandırma yapılırken dikkat edilmesi gereken kriterlerden bir diğeri de havalandırma açıklıklarının rüzgar yönüne paralel olarak yerleştirilmesidir [32]. Şekil 1.3'te seralarda yapılan doğal havalandırma örnek görseli mevcuttur.

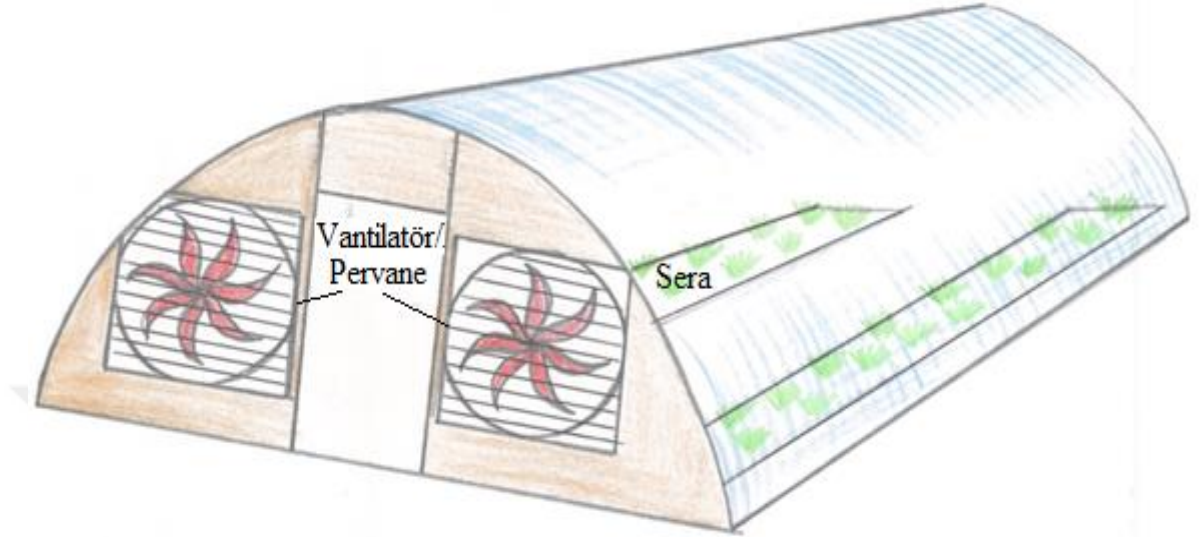


Şekil 1.3. Doğal havalandırma örnek gösterimi

### 1.5.1.2.2. Zorunlu Havalandırma

Sera içindeki havanın dışarıdaki havayla yer değiştirmesi amacıyla sera içerisine yerleştirilen bazı sistemler aracılığıyla hareket ettirilmesine zorunlu havalandırma denir. Genel olarak fanlar yardımıyla yapılan zorunlu havalandırmada sera içi sıcaklık değeri, sera dışındaki ortam sıcaklığı değerine eşit hale getirilebilir. Rüzgarsız ve hareketsiz havalarda sera içerisindeki nemin ivedi bir şekilde dışarıya atılması zorunlu havalandırmanın en önemli avantajıdır [31].

Genel olarak zorunlu havalandırmada sera içerisindeki havanın değişimi için üfleçler (vantilatör) ve emmeçler (aspiratörler, pervaneler) kullanılır [30]. Şekil 1.4'te zorunlu havalandırma yapılan sera örnek görseli verilmiştir.



Şekil 1.4. Zorunlu havalandırma örnek gösterimi

### 1.5.2. Isıtma

Isıtma işleminin seralarda yapılmasının ana görevi, sıcaklığı kurulan seranın içerisine dengeli bir şekilde dağıtmaktır. Isıtma işlemi serada yetiştirilecek ürünün kalitesi, ürünün gelişme süresi ve elde edilecek olan ürün miktarı bakımından da büyük bir öneme sahiptir [33].

Seradaki bitkilerin gelişimlerini tamamlaması için sera içi sıcaklığının belirli seviyelerde tutulması gerekir. Ayrıca kış mevsiminde seraların ısıtılması, yaz aylarında da seraların soğutulması gerekir [23].

Isıtma işlemi seralara uygulanmadan önce belirlenen ısıtma projesinin eksiksiz olarak ayarlanıp sera yapımında yatırım giderlerinin düşürülmesi ve yapılacak enerji tasarrufunun iyi hesaplanması çok büyük önem arz ediyor. Bunun akabinde ise sera kurulacak yerin dış çevre koşulları göz önüne alınıp yapılacak sera tipini ve sera yapılırken kullanılacak donanımına bağlı olarak azami düzeyde ısı gücü gereksinimi (Watt (W), Kilowatt (kW) veya Megawatt (MW)) belirlenmelidir.

Hesaplama yapılırken ise ihtiyaç duyulan dış çevre sıcaklık değeri, asgari 10 yıllık iklim değerleri içerisinde, art arda 2 defa elde edilen en düşük sıcaklık (°C) ortalamasına baz alınarak belirlenir. Elde edilen bu sıcaklık değeri yıl içinde meydana gelen en yüksek ısı gücü değeridir.



Böylece seranın yıl boyunca gereksinim duyduğu ısı enerjisinin karşılanması mümkün olabilmektedir. Fakat en yüksek ısı gücü değerine yıl içerisinde çok az bir zamanında ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple meydana çıkan ısı gücü tekrarlarını yılın hangi saatlerinde olduğunu bilmek daha gerçekçi değerlere göre projelendirme işlemi yapılmasını sağlayacaktır [19-34].

Seralarda ısıtma işlemi yapılırken ısının sera içine dağıtılması kondüksiyon (temas), konveksiyon (hava akımı) radyasyonla ve elektromanyetik dalgalarla (ışınım) ile olmaktadır. Sıcaklık farkı olarak seranın içi gün içerisinde maksimum 5-8°C derece değişmelidir ve sıcaklık derecesi olarak havanın kötü olduğu soğuk günlerde 15°C' den az, hava şartlarının iyi olduğu sıcak günlerde de 30°C'den fazla olmamalıdır. Ayrıca seranın kış aylarında ısıtılması gereklidir [33].

Sera içi sıcaklığı 27 °C' den fazla olduğu durumlarda yapay soğutma işlemi sistemde bulunan fan vs. gibi elektronik aletlerle sağlanır eğer sera içi sıcaklık belirtilen bu sıcaklık (27°C) değerinin altındaysa doğal havalandırma yapılarak seranın aşırı soğumasını önleyecektir. Ortalama dış sıcaklık 27°C'nin altındayken doğal havalandırma yapmak sera içi sıcaklığın aşırı artışını önleyecektir. Sera içi sıcaklık uzun periyotta 30-35°C'yi geçmemelidir. 35 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar ise bitkilerin yaşamsal fonksiyonlarında hasar oluşturur. Aynı şekilde sera içindeki toprak sıcaklığının da aşırı azalması bitki gelişmesini durdurur. Sera içerisinde yetiştirilmesi planlanan bitkilerin çeşidine göre sıcaklık istemleri farklı derecelerde olduğu için yetiştiricilik bakımından bu durumlara dikkat edilmesi oldukça önem arz etmektedir [35].

Bitkiler, tohum halinden çıkıp fide haline geldiği evrede ışığın bol olduğu ve sıcaklığın fazla olmadığı ortamlarda bulunmalıdırlar. Bitkilerden optimum düzeyde büyüme sağlanması için gereken sıcaklık değerleri 12-30°C arasını göstermektedirler. 12°C altındaki sıcaklıklar bitkilerdeki çimlenme gücünü düşürür. Ayrıca 0°C altında ise bitkiler donmaktadır [36-37].

### **1.5.2.1. Seralarda ısıtma sisteminin çeşitleri**

Isıtma sistemlerinin kurulan seralardaki en önemli amaçlarından biri dış ortamdaki sıcaklık derecesi ne kadar farklı olursa olsun seralarda yetiştirilmesi planlanan bitkilere ihtiyaç duyduğu en ideal ortamı sağlamaktır. Bu işlem yapılırken sera içerisindeki sıcaklığın her tarafa eşit dağıtılması gerekmektedir [38].

Seralarda kullanılan çeşitli ısıtma sistemleri vardır. Bunlar; güneş enerjisinden yararlanarak ısıtma sistemi, jeotermal enerji kaynaklarından yararlanarak yapılan ısıtma sistemi, sobalarla ısıtma sistemi, kaloriferli ısıtma (borularla ısıtma, merkezi ısıtma) sistemi, sıcak hava ile ısıtma sistemi, elektrik enerjisi ile ısıtma sistemi, biyokütle-biyogaz ile ısıtma sistemi, ısıtma

perdeleri ile ısıtma sistemi, vs. olarak bilinir ve bunların bazıları geçmişte kullanılmaya başlamış olup günümüze kadar gelmiş ısıtma sistemleridir [33].

#### **1.5.2.1.1. Güneş Enerjisiyle Sera Isıtılması**

Ülkemiz, bulunmuş olduğu coğrafi konumu sayesinde yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip bir ülkedir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre, güneşlenme süresi yıllık toplam 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), gelen güneş enerjisi yıllık toplam 1.527 kWh/m<sup>2</sup>.yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m<sup>2</sup>.gün) olduğu tespit edilmiştir [39].

Genel olarak güneş enerjisi seralarda ısıtma işleminde iki yöntemle(pasif yöntem, aktif yöntem) incelenir [40].

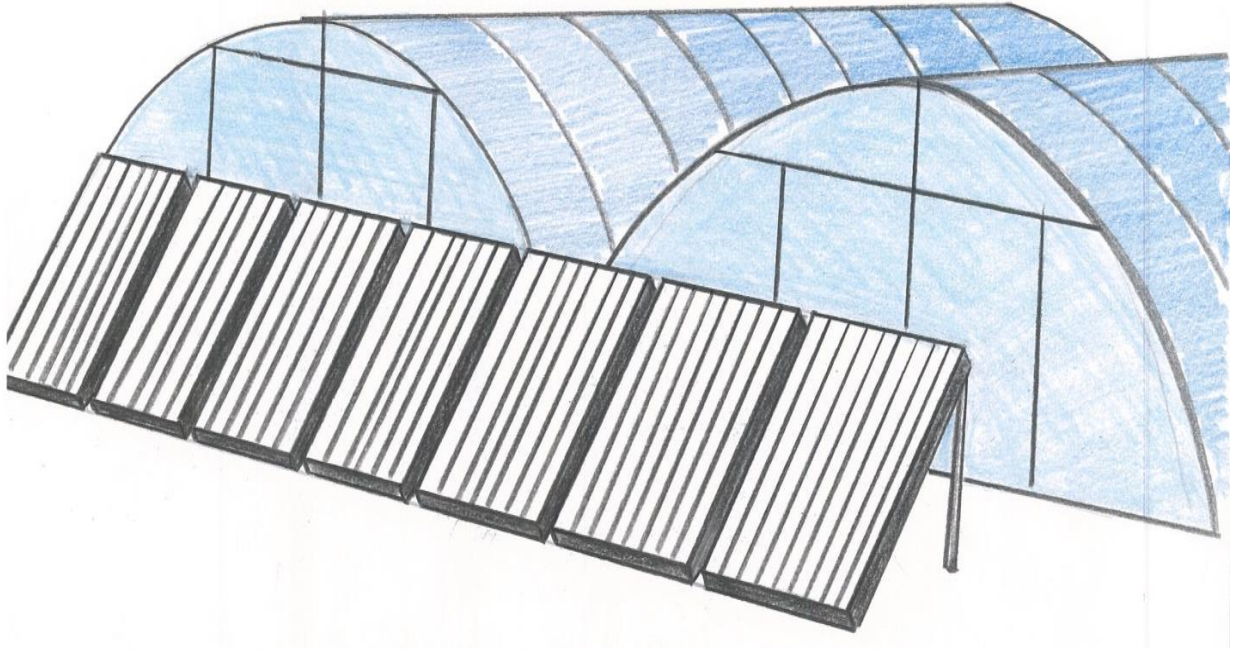
Pasif ve aktif yöntemlerin kullanıldığı sistemlerde güneşten elde edilen ışıının enerjisinin toplanması ve bu ışıının enerjisini ısıya çevirerek depolanacak sistem elemanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemlerde güneş ışınlarının optimum düzeyde sera içine girmesini sağlamak amacıyla seralarda kullanılan örtünün ışık geçirgenliğinin, açılmal olarak kurulan seranın çatısının ve sera iskeletinde kullanılan malzemenin kalınlığının uygunluğu oldukça önemli kriterlerdir.

Pasif ısıtma sistemleriyle ısıtılan seralar doğal yöntemlerle çalışması en önemli yaralardandır. Sistemin devreye girmesi ve aktifleşmesi için herhangi bir sisteme ve enerjiye ihtiyacı yoktur. Ayrıca aktif yöntemlere göre daha ucuz maliyetli sistemlerdir. Aktif sistemlere göre pasif sistemin tek dezavantajı, kontrollü çalışması oldukça düşük olmasıdır [40]. Isı toplama ünitesi, pasif ısıtmalı güneş enerjili düzeneklerde sera içerisinde bulunur veya seranın kendisi optimum düzeyde güneş enerjisini toplayacak şekildedir. Güneşten gelen ışıının sera içerisindeki ısı depolanmak için bir akışkanla ısı depolama materyallerinde(kırma taş, çakıl, toprak, su) depolanır. Gündüz depolanan bu ısı güneşin batmasıyla tekrar kazanılır [41].

Aktif ısıtmalı güneş enerjili seralarda, güneş enerjisiyle ısıtılan hava veya su depolarda toplanır ve seranın farklı bölgelerine taşınır. Taşıma işlemi zemine gömülmüş borularla yapılır. Ayrıca sistem, seranın tavan kısmında bulunan sıcak havayı borularla zeminin altına gömülen boruların içine çekerek çalışır ve bu sayede günün tamamında sera toprağını ısıtır. Havanın gece soğuması ve güneşin kaybolmasıyla sera içerisinde bulunan soğuk hava aynı borularla pompalanır ve sıcak toprağın bu havayı ısıtmasıyla sera ısıtılmış olur [42].

Sera içi ortam sıcaklığının gündüz 25 °C, gece ise 17 °C düzeyinde olması ve %40 ile %90 sera ısı gereksinimi aktif ısıtmalı güneş enerjili sistemlerle sağlanabilir. Ayrıca sera ısıtmasında kullanılan geleneksel yöntemlere göre daha çok verim elde edilir [43].

Şekil 1.5'te seralarda yapılan ısıtma çeşitlerinden güneş enerjisiyle ısıtma örnek görseli mevcuttur.



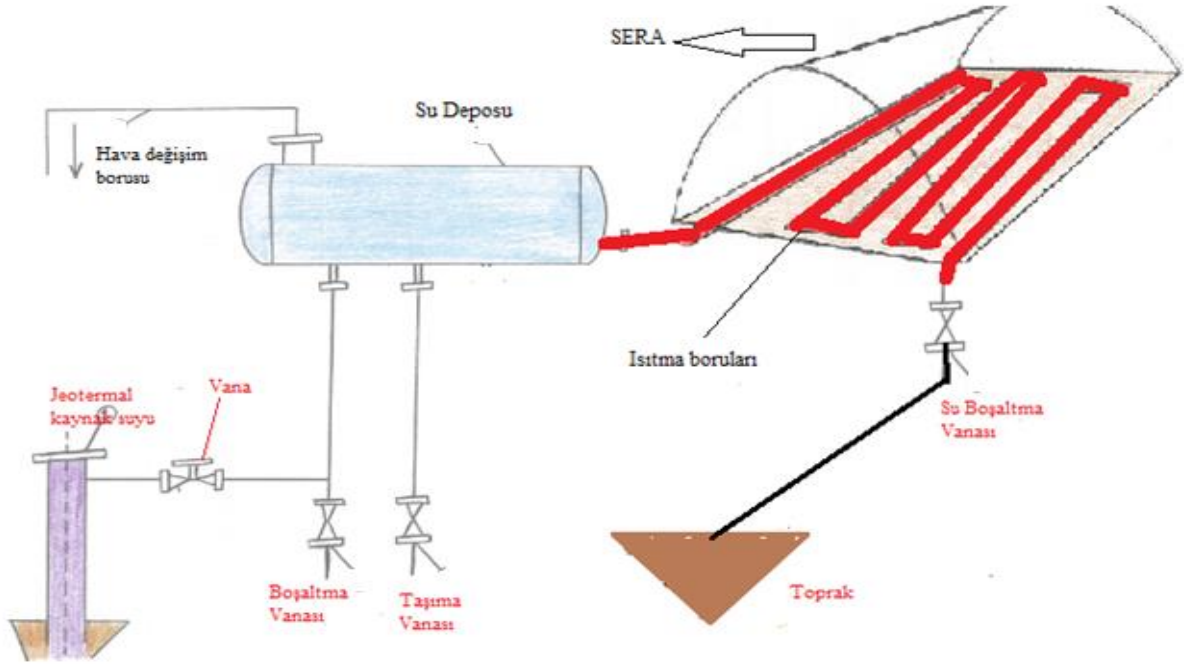
Şekil 1.5. Seralarda güneş enerjisiyle ısıtma yöntemi

#### 1.5.2.1.2. Jeotermal Enerjisiyle Sera Isıtılması

İklim koşullarına bağlı olmayan dünyada ve ülkemizde çok yaygın olup sürdürülebilir enerji kaynaklarından biri olan ve gün içerisinde istenildiği zaman kullanıma hazır olan jeotermal enerji, jeotermal kaynaklardan üretilir. Doğal yolla üretimi sağlanan bu enerji sistemi seralarda, konutlarda, tarımsal sulama-ısıtmada ve çeşitli birçok alanda kullanılan ve tüketiciye enerji tasarrufu sağlayan enerji türüdür [44].

Jeotermal ısıtma sistemi, jeotermal kaynaktan gelen sıcak su sera içerisinde yetiştirilen bitkilere gerekli olan sıcaklık derecesini sağlayarak sera içinin ısıtılması sistemidir. Ülkemiz jeotermal kaynakların bolca bulunduğu topraklara sahiptir. Bu sayede jeotermal enerji ülkemizde çeşitli alanlarda kullanılır. Türkiye’de kullanımı yaygın olan jeotermal enerjinin seralarda kullanılması günden güne önem kazanmaktadır.

Şekil 1.6’da seralarda yapılan ısıtma çeşitlerinden jeotermal kaynaklı ısıtma sistemi örnek görseli mevcuttur.



**Şekil 1.6.** Jeotermal kaynakla sera ısıtma yöntemi örnek görseli

Türkiye’de jeotermal ısıtma ilk kez Denizli’nin Kızıldere ilçesinde bulunan serada 0,45 hektarlık alanda uygulandığı görülmüş ve bu alan bugünlerde 1,395 hektara kadar büyütülmüştür. Daha sonraki yıllarda ise seralarda kullanılan ısıtma yöntemlerinden olan jeotermal ısıtma sisteminin kullanıldığı alan önemli ölçüde artmış ve 35,7 hektarı bulmuştur [45].

20 ile 60 °C aralığındaki düşük sıcaklık düzeyine sahip jeotermal enerji kaynaklarının seralarda kullanılması daha uygundur. Jeotermal enerji sistemleri; toprak içerisine yerleştirilmiş sistemler, yetiştirme masalarına yerleştirilen ısıtma sistemleri, havayla ısıtma sistemleri, fan kullanılarak havanın ısıtılmasıyla ısıtma sistemleri ve asıl ve aşırı ısı yükünü karşılayan birleştirilmiş ısıtma sistemleri gibi teknik özelliklerine bağlı olarak sınıflandırma yapılabilir [46].

Ülkemizde jeotermal enerjiyle ısıtılan sera alanı 809 dekadır. Ayrıca 800 dekarlık sera alanı daha jeotermal enerjili ısıtma sistemiyle ısıtılması projelendirilmektedir. Büyük ve küçük sera tesislerinde sırasıyla 142 MWh, 150 MWh güç tüketilmektedir [47].

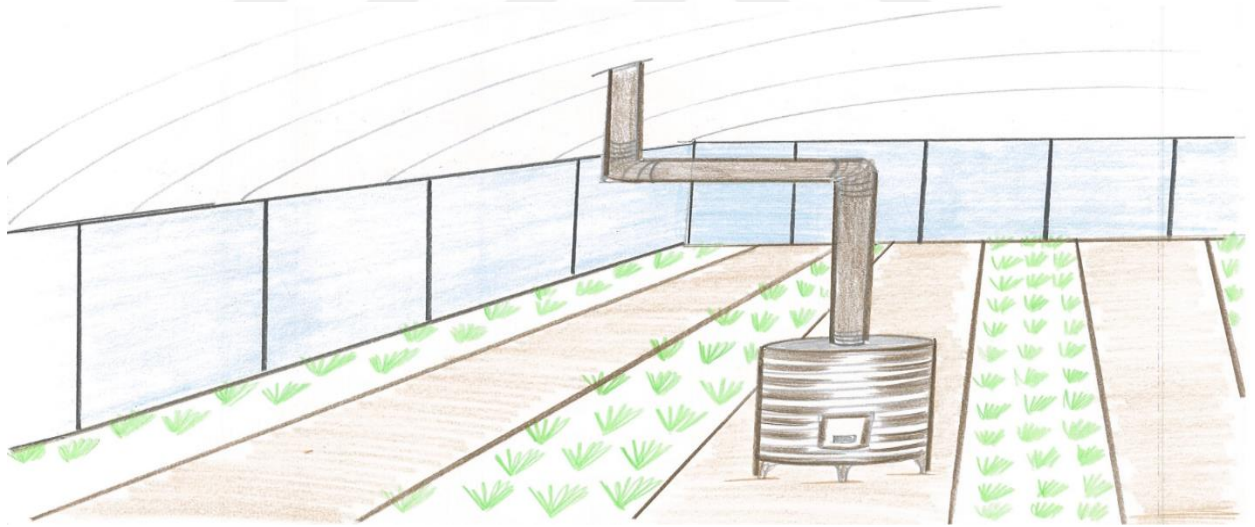
### 1.5.2.1.3. Sobayla Isıtma sistemi

Ülkemizde kurulan seraların genellikle boyut olarak küçük olması ve aile işletmeleri şeklinde olması, ihtiyaç duyulan işgücünün kolay olması, kurulum maliyetinin düşük olması hasebiyle sobalarla ısıtma tercih edilir. Sobalarla ısıtma yapılırken genellikle sera içinde

yetiştirilen bitkileri olumsuz hava şartlarından olan don olayından korumak için ısıtma yapılır. Sobalarla ısıtmada kullanılan soba türleri; odun, talaş, kömür vs. (katı yakıtlı sobalar) kullanılan sobalar, doğalgaz kullanılan sobalar ve mazot, fueloil vs. kullanılan sıvı yakıtlı sobalar olarak üç türdedir.

Seralarda kullanılan bu ısıtma şeklinde gerekli olan sera içi sıcaklığı devamlı olarak sağlanamaz, insan gücüne ihtiyaç duyulur, işçilik gerektirir, sera içinde sıcaklık eşit ve homojen olarak yayılmaz ve kullanılan yakıt türlerinin yanma sonucu sera içi havasını bozar ve soba borularının tıkanmasına sebep olur [48].

Sobayla ısıtma türünde saymış olduğumuz bu olumsuz durumların az da olsa önüne geçilmesi için sobanın çevresi koruma altına alınmalı, sera içinde sobanın dışarı verdiği ısı bir fan yardımıyla dağıtılmalı ve sera içerisindeki sobalar seraların kenar kısmına kurulmalıdır. Günümüzde kurulan seralarda ısıtma işlemi eskiye nazaran daha yeni ve verimli olmaları sebebiyle sobalarla ısıtma sistemi yerine kaloriferli ısıtma, güneş enerjili ısıtma, jeotermal ısıtma veya elektrikle ısıtma gibi ısıtma sistemleriyle sağlanmaktadır. Şekil 1.7’de seralarda sobayla ısıtma örnek görseli mevcuttur.

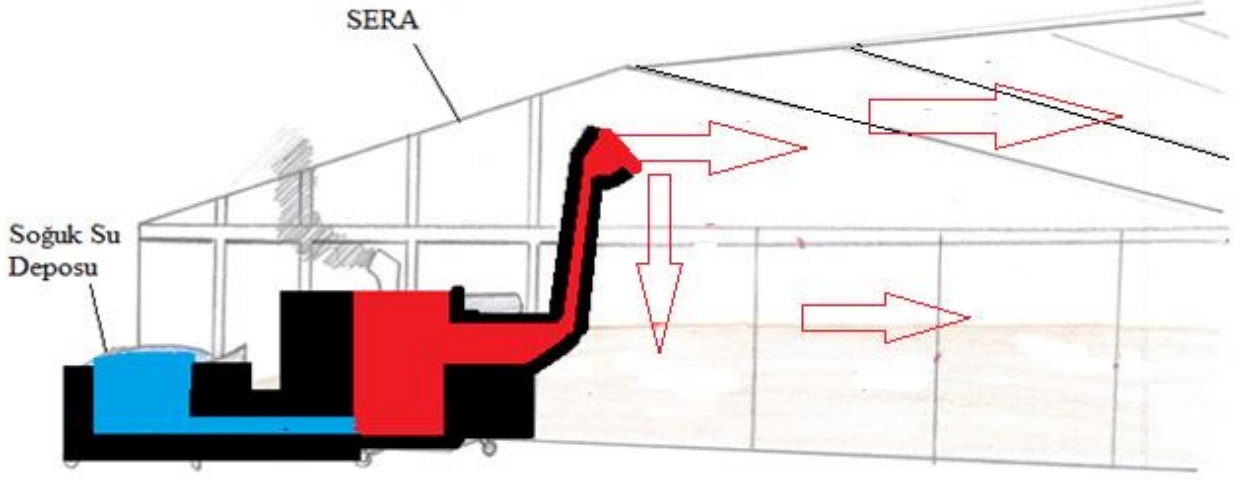


**Şekil 1.7.** Seralarda sobayla ısıtma yöntemi örnek görseli

#### **1.5.2.1.4. Kaloriferle Sera Isıtma Sistemi**

Geleneksel ısıtma çeşitlerinden biri olan kaloriferli ısıtma binalar, işletmeler, seralar vs. gibi alanlarda çok yaygın bir şekilde kullanılan ve kuruluş masrafları yüksek olan ısıtma sistemlerinden biridir. Şekil 1.8’de seralarda kaloriferle ısıtma örneği mevcuttur.





**Şekil 1.8.** Seralarda kaloriferle ısıtma yöntemi

Yüksek maliyeti sebebiyle kaloriferli ısıtma 2 ila 2,5 dekarlık alandan daha büyük seralarda kullanılması önerilen ısıtma türüdür. Bu sistem, sıcak sulu sistem ve buharlı sistem olmak üzere iki şekilde incelenir. Kaloriferli ısıtma sistemi, sıcak suyun dolaştığı borular, vanalar, termostatlar ve kazan gibi parçalardan oluşur. Buharlı sisteme göre kurulum maliyeti, bakımı kurulum yapım evreleri ve güvenlik açısından uygunluğu daha kabul görülen sıcak sulu sistemler sera alanlarında ısıtma için daha çok tercih edildiği görülmüştür. Kalorifer kazanı sıcak sulu sistemde sıcak suyu ürettiği için en önemli parçadır. Kazanın iki tipte boru çeşidi vardır. Bunlar su borulu ve alev borulu çeşitleridir. Su kalorifer kazanında kömür, fuel oil veya gaz yardımıyla 80 °C ile 100 °C dereceye kadar ısıtılarak bir pompa yardımıyla zorlamalı veya yardımcı kuvvetlerle doğal olarak sistemde dolaştırılır ve böylece borulardan geçen sıcak su ısıtma işlemini gerçekleştirmektedir [49].

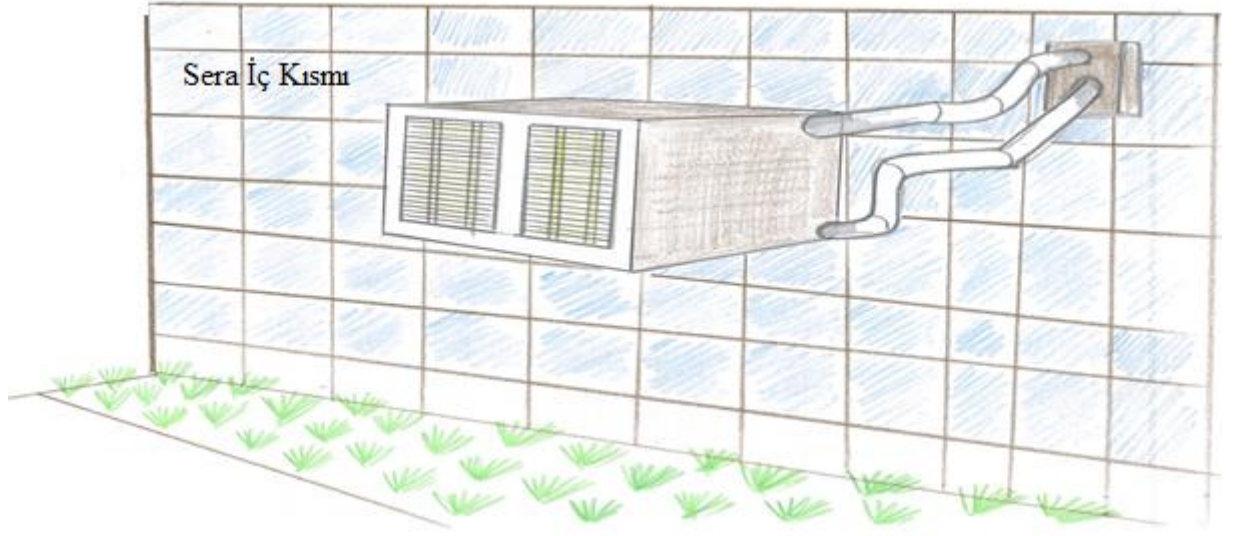
Genellikle yüksek maliyetli kurulumundan kaynaklı buharlı ısıtma sistemi büyük seralar için kullanımı daha yaygındır. Sıcak sulu sistemlere göre daha karışık yapıda olan buharlı sistemlerde basınç düşürücüler, çok dereceli sıcaklıkta çalışmasında sıkıntı olmayan vanalar ve diğer özel parçalara ihtiyaç duyulur. Buharlı kalorifer ısıtma sistemlerinde yaklaşık 110 °C derecede olması çap boyutu küçük olan boruların kullanılmasına olanak sağlar [49].

#### **1.5.2.1.5. Sıcak Havalı Isıtma Sistemi**

Belirli bir basınç altında olan polietilenden yapılmış ince delikli borular kullanılarak belirli zaman aralıklarıyla ısıtılmış havanın devamlı olarak sera içine gönderilmesi işlemini yapan sistem olan sıcak havalı ısıtma sistemlerinde borular sera içerisindeki bitkilerin üst kısmına gelecek şekilde veya bitki sıralarına konularak ısıtma işlemi yapılır. Sıcak havalı sistemlerin

çeşitli faydaları olarak, ısıl etkinliğin yüksek olması, sıcak havanın çıkışının kolay gerçekleştirilebilmesi ve sistemin sıcaklık değişimine çabuk cevap verilebilmesi gösterilebilir. Bu faydaların yanında sıcak havalı sistemlerin özet olarak çeşitli zararlı tarafları da vardır. Bunlar; enerji tüketiminin fazla olması, sıcak havanın dağıtımı için bir fana ihtiyaç duyulması ve tekdüze bir hava dağılımının sera içerisinde sağlanması için kanallara ihtiyaç duyulmasıdır [49].

Şekil 1.9'da seralarda yapılan ısıtma çeşitlerinden sıcak havalı ısıtma sistemi örneği mevcuttur.

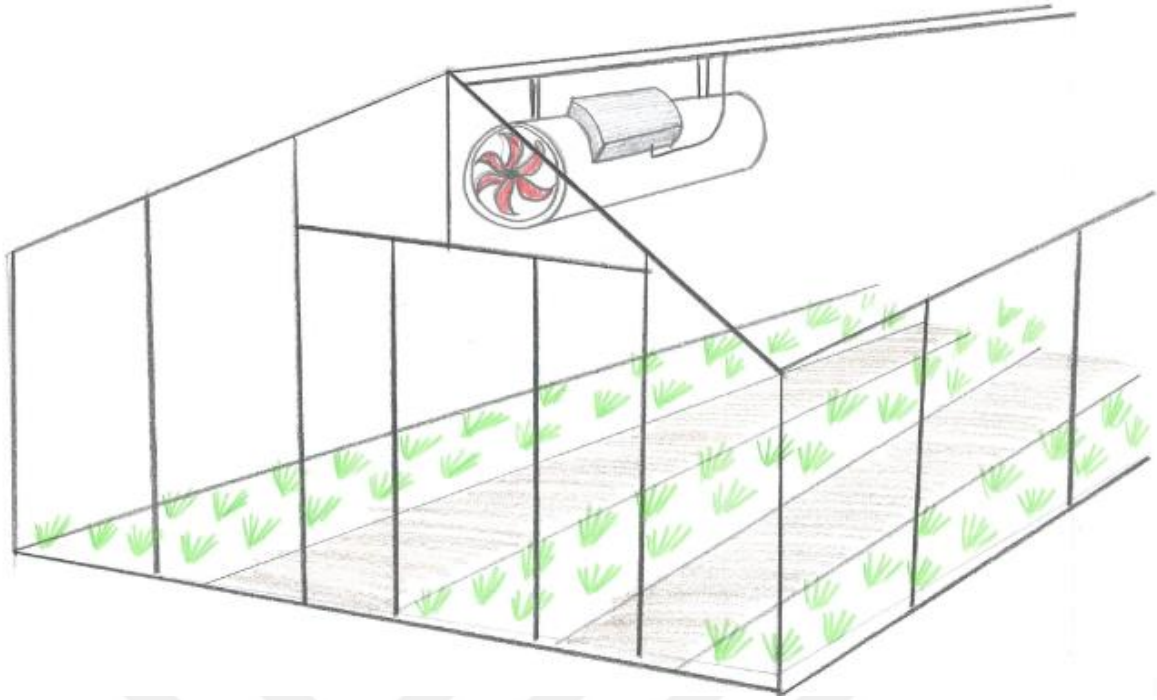


**Şekil 1.9.** Seralarda sıcak havayla ısıtma örnek görseli

#### **1.5.2.1.6. Elektrikle Isıtma Sistemi**

Seraların elektrikle ısıtılmasında elektrikle ısıtılan suyun sera içerisine yerleştirilen çeşitli borularla iletilmesiyle seranın ısıtılmasının sağlanması veya ısıtılan havanın bir havalandırıcı aracılığıyla sera içerisine dağıtılması sistemidir.

Genel olarak her ne kadar ilk kurulum masrafları düşük olsa da ve otomatik kontrolü çok kolay bir şekilde sağlanabilse de tükettikleri elektrik enerjisinin çok yüksek olması hasebiyle bu ısıtma türünün seralarda kullanımı çok yaygın değildir. Şekil 1.10'da seralarda elektrikle ısıtma yöntemi örnek görseli mevcuttur.



**Şekil 1.10.** Seralarda elektrikle ısıtma yöntemi örnek görseli

#### **1.5.2.1.7. Biyokütle-Biyogaz Enerjisiyle Sera Isıtma**

Organik karbon olarak kabul edilen biyokütle herhangi bir tür veya farklı türlerden oluşan organizmaların belirli bir zaman diliminde sahip oldukları toplam kütle miktarıdır. Bitkisel kaynaklar, orman ve orman ürünlerinden elde edilen biyokütle kaynakları, hayvansal biyokütle kaynakları, şehir ve endüstriyel organik atıklardan oluşan biyokütle kaynak olarak biyokütle kaynaklarını temel olarak ayırabiliriz. Yaklaşık olarak ülkemizde biyokütle atık potansiyeli Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve 1,5-2 MTEP biyogaz miktarı üretebilecek olduğu tahmin edilmektedir [50].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyogaz örtüaltı yetiştiriciliği açısından mühim bir enerji kaynağıdır. Biyogazın ısı değerinin yüksek olması, hayvansal atıkların verimli gübre olarak tüketilmesi, çevresel atıklardan kaynaklı zararların azaltılması sayesinde biyogaz enerjisini önemli kılmaktadır. Yakılan biyogazın jeneratör yakıtı olması ve ısıtmada kullanılması sonucunda elektrik enerji üretmesiyle seracılıkta ve farklı birçok alanda etkili bir enerji kaynağı olduğu bilinmektedir [30].

Endüstriyel atıklar, kırsal atıklar, katı atıklar ve atık su arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların organik özelliği olan bileşenleri biyogaz üretimi için uygun kapasitededirler Bu saydığımız maddelerin biyogaz üretim tesisinde işlenmesiyle sera ısıtılmasında kullanılması kirliliğin azaltılmasında ve enerji tasarrufu sağlanmasında mühim bir role sahip olacaktır [13].



### 1.5.2.1.8. Isıtma Perdeleriyle Sera Isıtma Sistemi

Bitki yetiştirmek için kurulan örtü altı yetiştiriciliğinde kurulum harcamalarının içinde yüksek maliyetlerden en büyük orana sahip olan ısıtma sistemleridir. Isıtmanın seralardaki yüksek maliyete sebep olması nedeniyle ve ısıtma sistemlerinin tükettikleri yüksek enerji nedeniyle insanlar seralardaki ısıtmanın sağlanması için doğal yöntemlerden faydalanmaya ve sera içi ısı korunumu için gerekli teknik araştırmalara yönelmektedir. Durum böyle olunca son zamanlarda sera içi ısı korunumu için ısı perdeleri büyük oranda önemli hale gelmiştir [51].

Sera içi ortama ilave ısı direnci sağlayan ısı perdeleri bu işlemi toplam ısı transferi düzeyini düşürerek yapması ısı perdelerinin en temel etkisidir [52].

Işıma veya ısı yayınının özelliği (Emisivite) düşük olan, ısı ışınlarını geçirmeyen ve doku olarak sık dokulu olması gibi niteliklere sahip olan ısı perdeleri enerji korunumunu sağlamaktadır. Isı perdelerinin seralarda kullanımıyla alakalı ilk olarak PE, kumaş vs. gibi malzemelerle yapılan ısı perdeleri kullanılmaktaydı fakat şuan sadece sera ısıtılması amacıyla özel ısı perdeleri yapılmaktadır [40].

Gece sera ortamındaki sıcaklık kaybını önlemek amacıyla ısıtma sisteminin ve sera içindeki bitkilerin üzerine plastikten yapılmış perde örtülerek enerjiden tasarruf edilmiş olunabilir. Plastik perdenin sahip olduğu niteliklerden bağımsız olarak oluşturulan iki katman sebebiyle iletilen enerji transferi oranında bir azalma olmaktadır. Azalan bu radyasyon plastik perde yüzeyinin emme oranına bağlıdır. Özellik olarak yansıtıcı olan plastik perdelerde bahsettiğimiz bu azalma en yüksek seviyesine çıkar. Kurulmuş olan bir cam sera türünün termal özellikli bu perdelerle kaplanmasıyla serada ölçülen ısı gereksinimleri aşağdaki çizelge 1.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.1.** Termal özellikli bazı malzemelerin ısı geçirgenliğini azaltma yüzdeleri [53]

Malzemeler	Rüzgarsız koşullarda ısı geçirgenliğini azaltma yüzdesi
Alüminyumlu polyester	%43
Alüminyum tozu içeren polietilen	%28
Siyah polietilen	%32
Açık polietilen	%33
Hücreli polietilen	%34

Çizelge 1.1’de belirtilenlere ek olarak alüminyumlu polyester ısı perdesi kullanılan ortamdaki bitki sıcaklık derecesinin, ısı perdesinin kullanılmadığı ortamdaki bitki sıcaklık derecesine göre 0.5 °C derece daha fazla olduğu görülmüştür. Fakat alüminyumlu polyester ısı perdelerinin uygun görülen dayanıklılık derecesinin altında olması ticari açıdan kullanışlı olmadığını göstermektedir [53].

### **1.5.3. Sulama**

Bitkiler için hayati önem taşıyan su dışarda yetiştirilen bitkilerde farklı yollarla sağlanabildiği halde seralarda yetiştirilen bitkiler için yalnızca sulamayla sağlanır.

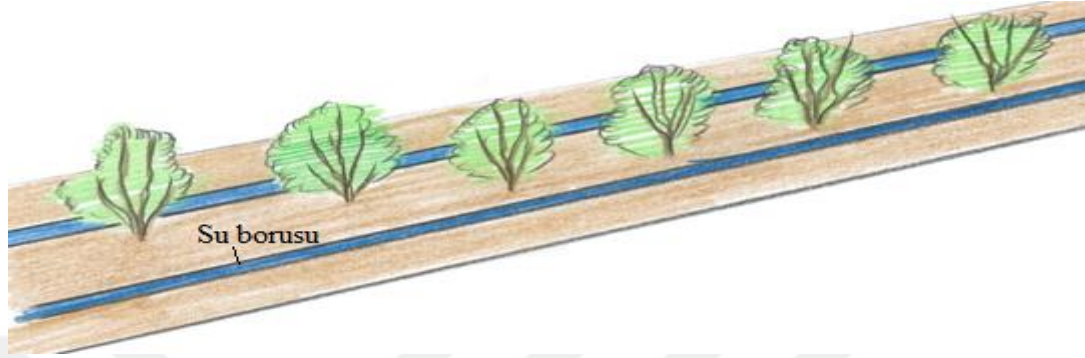
Sulama işlemi seralarda birçok yöntemle sağlanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle yüzeysel sulama yöntemi terkedilmiş ve yüzeysel sulamanın yerini yeni teknolojik sulama yöntemleri almıştır. Bu yöntemlerin en çok kullanılanı diğer yöntemlerden daha üstün yönlerinin olması sebebiyle damla sulama yöntemleridir. Ülkemizde damla sulama yöntemi için kullanılan malzemelerin rahat bir şekilde tedarik edilmesi ve gerektiğinde ithal yolla getirilmesi damla sulama yönteminin yaygınlaşmasını arttırmıştır. Seralarda yetiştirilen bitkilerin kalitesini ve bunlardan elde edilen verimi etkileyecek olan su stresini engellemek amacıyla serada yetiştirilen bitkilerin büyüme evresi içerisinde ihtiyaç duyduğu suyu gerektiği miktarlarda ve sürelerde uygulamak için uygulanabilir bir sulama planlanması gereklidir. Fakat günümüzde sulama planlanması dış çevreye (toprak, iklim) bağlı olarak geliştirilmiş izleme tekniklerinin olmasına rağmen ülkemizde bulunan örtüaltı yetiştiriciliği için bu izleme teknikleri istenilen seviyelerde değildir. Genel olarak üreticiler sulama işlemini görsel tahminler yaparak planlamaktadırlar. Böyle olduğunda da bitkilerin ihtiyaç duyduğu maddelerden(su ve gübre) yeterli kullanılmamış olunur ve bir kısım sorunlarda (taban suyunun artması, drenaj sorunu vs.) ortaya çıkar. Bunlara ek olarak bilimsel olarak sulama suyunun kalitesi belirlenmelidir ki bitkilerden elde edilecek verimde düşüş olmasın [54].

Seralarda geçmişten günümüze birçok sulama yöntemi vardır. Bu sulama yöntemleri genel olarak Damla Sulama, Yağmurlama Sulama, Karık Sulama ve Kapılar Sulama olarak yapılır.

#### **1.5.3.1. Damlama Sulama**

Damla sulama sistemleri seralarda yetiştirilen bitkilerin ihtiyaç duyduğu yeterli su miktarını doğrudan bitkilerin köklerine ulaştıran ve diğer sulama çeşitlerine göre en kaliteli verime sahip olan sulama sistemidir. Damla sulama sistemi yapılırken sera içerisindeki toprağın

her yerinin eşit düzeyde ıslatılması için birim zaman da belirli bir alandan geçen su miktarının az ve uzun süre yapılması planlanmalıdır. Damla sulama sisteminde tabakalı yada türbülans şekilli damlatıcılar kullanılır ve bu sistemde kullanılan damlatıcı başlıklarının 2, 4, 8 l/h debi ve 1 bar basınca kadar çalışabilen çeşitleri bulunmaktadır.



**Şekil 1.11.** Seralarda damlama sulama yöntemi

Şekil 1.11’de seralarda yapılan sulama çeşitlerinden damlama sulama yöntemi gösterilmiştir. Damlama sulama sistemde sulama yapılırken doğrudan bitkinin kökleri sulandığı için bol ve kaliteli ürün elde edilirken suyun bitkilerin yeşil alanlarına denk gelmemesi sayesinde de bazı mantar hastalıklarının bitkide oluşmasının önüne geçilmiş olmaktadır. Ayrıca gübrelemenin de bu sulamayla beraber bölgesel olarak yapılmasıyla elde edilen verim üst düzeye çıkarılmış olur ve böylece gübre, su ve işçilik bakımından tasarruf sağlanmış olur. Damla sulama sistemini ve gübreleme sistemlerini otomatik kontrol sistemiyle yapan Fertigasyos sistemleri geliştirilmiştir [29].

### 1.5.3.2. Yağmurlama Sulama

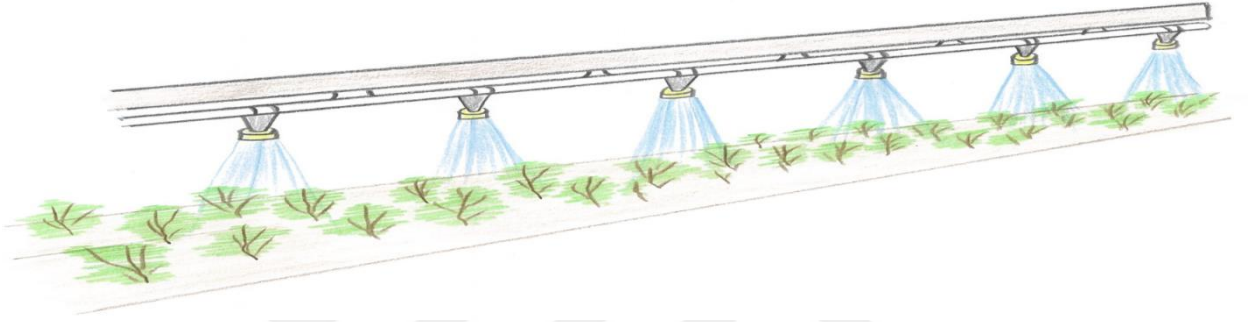
Belirli bir basınç uygulanarak suyun damlacıklar halinde boruların başlıklarından toprağa püskürtülerek yapılan sulama sistemine yağmurlama sulama sistemi denir. Bu sulama sistemi sera içi nem düzeyinin belirlenmesinde, serada yetiştirilen bitkilerin don olayından korunması için tercih edilen sulama sistemidir. Ayrıca bu sulama sisteminin diğer sulama sistemlerinden ayıran çeşitli üstünlükleri vardır. Bu üstünlükleri bazılarını şöyle sıralayabiliriz [30].

Yüzey sulama sistemi gübreyi eriyik halinde bitkiye verilemezken yağmurlama sisteminde bu mümkündür.

- Masura yani diğer adıyla karıkla sulamaya göre kullanılan sudan büyük bir oranda tasarruf edilir.

- Sürekli bitki toprağının değişimine gerek yoktur.
- Yaz aylarında seradaki nem değerini artırmak için kullanılır fakat bu işlem belirli zaman aralıklarıyla yapılmalıdır.

Yağmurlama sisteminde bulunan bu üstünlüklerin yanında bazı olumsuz durumlarda vardır. Bu olumsuzluklar; Sistemin kurulum maliyeti fazladır, Sistemde kullanılan başlıkların uzun süreli kullanımlarında çeşitli bozulmalar meydana gelebilir, Sistemde sulama bitkilerin üst taraflarına doğru yapıldığı için sera içerisindeki bitkilerde çeşitli hastalıklara sebep olabilir. Şekil 1.12’de seralarda yağmurlama sistemine ait örnek görsel mevcuttur.



**Şekil 1.12.** Seralarda yağmurlama sistemine ait örnek görsel

Kullanılma gayesi göz önünde bulundurulursa bu sulama sistemini genel olarak iki biçimde (Üstten Yağmurlama ve Toprak Yüzeyinde Yağmurlama Sistemi) inceleyebiliriz.

#### **1.5.3.2.1. Üstten Yağmurlama Sistemi**

Üstten yağmurlama yönteminde kullanılan ara borular ve bu borularda kullanılan hareketli veya hareketsiz başlıkların sulanması istenilen her yerin aynı düzeyde olması şartıyla sera içerisindeki bitkilerin üst tarafına yerleştirilerek sera içerisinde bulunan bitki fidelerinin veya süs bitkilerinin (çiçek açma zamanına kadar) kolaylıkla sulanmasını sağlayan sistemdir.

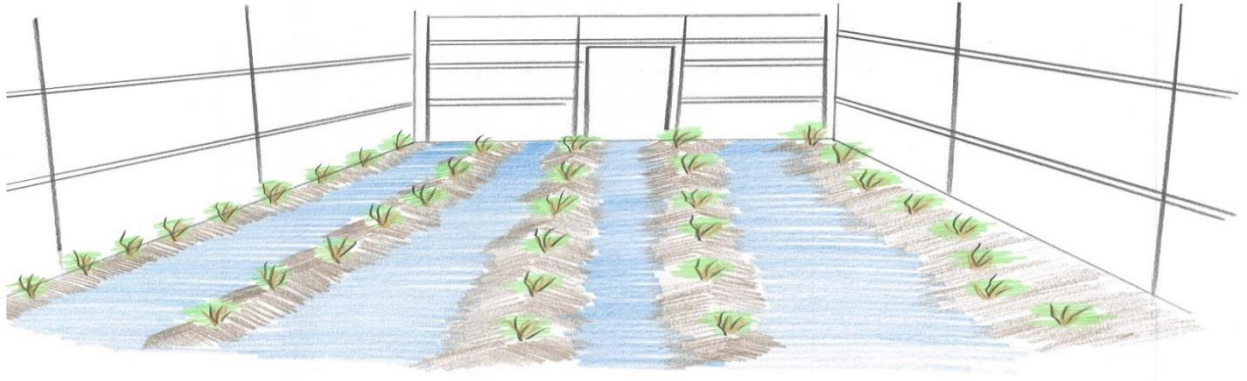
#### **1.5.3.2.2. Toprak Yüzeyinde Yağmurlama Sistemi**

Üstten yağmurlama sisteminde sulama bitkilerin üst kısmından yapılması sonucu bitkilerde oluşması muhtemel görülen bazı hastalıkların önüne geçilmesi ve sera içerisindeki bitkilerin serada oluşan aşırı nem miktarından etkilenmemesi için sulama başlıklarının toprak yüzeyine yerleştirilmesiyle gerçekleştirilen sulama yöntemine denir. Bu sistemde de hareketli ve

hareketsiz başlıklar mevcuttur. Yağmurlama başlıkları ara boru denilen diğer adıyla lateralların ucuna bağlanarak seraların çatısına asılır ve bu ara borular sera içerisinde bulunan raylar üzerinde hareket ettirilerek sulama işlemi yapılmasını sağlar.

### 1.5.3.3. Masura (Karıkla) Sulama

Suyun karıkların içerisinde gönderilerek seradaki bitkilerin sulanması işlemine denir. Karıkla sulama sistemi genellikle dış ortamlarda yetiştirilen bitkiler için kullanılan bir yöntemdir. Bir karıkta sulama işlemi bittiğinde karığın ağız kısmı kapatılıp diğer bir karığa geçilerek sulama yapıldığı için çok zahmet verici olması ve çeşitli olumsuz yönlerinin de bulunması sebebiyle seralarda bu sulama sistemi pek tercih edilmeyen yöntemdir. Karıkla sulamadaki olumsuz durumları şu şekilde sıralayabiliriz; Kullanılan su miktarı fazla olduğu için toprağın üst yüzeyinde çoraklaşmaya sebep olur, Sera içerisindeki bitkilerin kök bölgesindeki toprağın eşit düzeyde ıslanmaması bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarını yeterli miktarda alamamasına sebep olur, Çeşitli hastalıklar sera içinde artan nemden dolayı ortaya çıkabilir. Şekil 1.13'te seralarda yapılan sulama çeşitlerinden karıkla (masura) sulama örneği gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Seralarda karıkla/masura sulama örneği

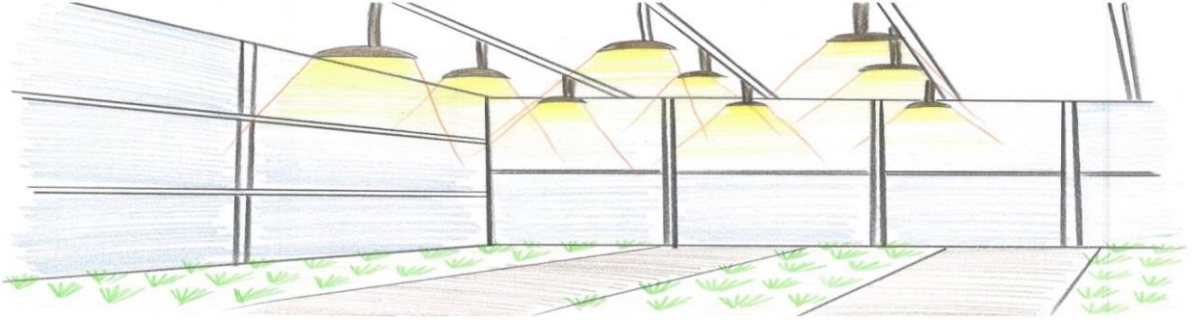
### 1.5.3.4. Kapılar Sulama

Seralarda çok azda olsa kullanıldığını gördüğümüz bir diğer sulama çeşidi de Kapılar Sulama'dır. Kapılar sulama yönteminde doymamış toprak üzerinde bulunan suyun çok yoğun ortamdan yoğunluğu düşük olan ortama hareketiyle yapılan bir yöntemdir. Amaç suyun hareket

ettirilerek sulama işlemini yapmaktır. İşlem suyun tablalara koyulmasıyla yapılır ve işlem yapılırken bitkinin üst kısımları olan yeşil ve çiçekli olan kısımları kuru kalır. Bu yüzden bu sulama çeşidi üreticiler tarafından ve sera yetiştiriciliği yapan kişiler tarafından pek tercih edilmeyen yöntemdir verim düşüktür.

#### 1.5.4. Aydınlatma

Gerek dışarıda yetişen bitkiler gerek sera içerisinde yetiştirilen bitkiler için olmazsa olmazlardan biride ışıktır. Bitkilerin yaşamsal fonksiyonlarının devamı için yapmış olduğu fotosentez olayında ortamdaki CO<sub>2</sub>(karbondioksit) ve suyu alıp bünyesinde birleştirip ürün ortaya çıkarabilmesi için ışığa ihtiyaç duyar. Bilindiği üzere genel olarak bitkiler ışık ihtiyacını doğal ısı ve ışık kaynağı olan güneşten sağlar ancak bu durum seralarda hava şartlarının olumsuz olduğu günlerde ve gece güneşin olmadığı zamanlarda yapay aydınlatma sistemiyle gerçekleştirilir. Şekil 1.14 'te sera aydınlatmasına ait örnek resim verilmiştir.



Şekil 1.14. Sera aydınlatması örneği

##### 1.5.4.1. Yapay Aydınlatma

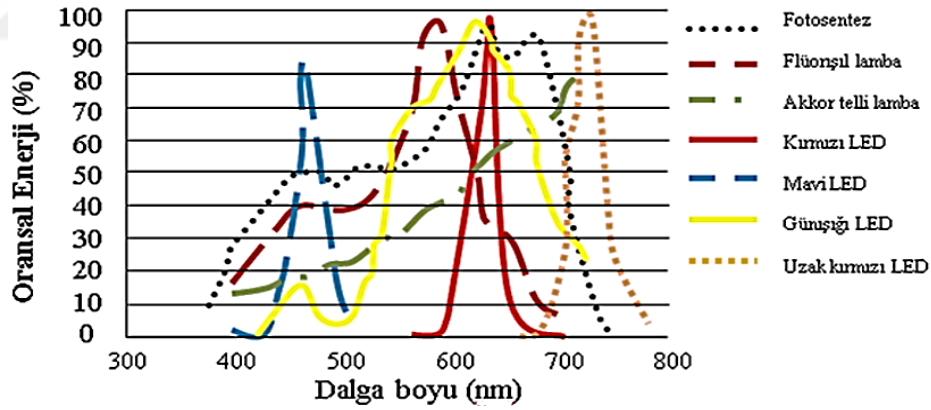
Yapay aydınlatma ışık yoğunluğunun düşük olduğu zamanlarda yetiştiriciliğin olumsuz yönde etkilenmemesi için sera sistemlerinde kullanılan aydınlatma türüdür. Yapay aydınlatmada genel olarak HPS (yüksek basınçlı sodyum buharlı) lambalar ve günümüzde ışığın kullanılabilirliğini bitkiler için daha etkili yapmak için kullanılan LED ışıklandırmalar olmak üzere iki türde yapılır [55].

Enerji tüketimi olarak HPS lambalar LED lambalara göre daha fazla enerji tüketir ve daha fazla ısı ortama yayarlar. Enerjiden verimlilik sağlanması için günümüzde seralarda kullanılan ve yüksek enerji tüketen HPS lambaların ileriki zamanlarda kullanımının azalması öngörülmektedir.

Belirtilen bu sebepler HPS lambalara göre daha minimum düzeyde ısı yayan ve daha optimal düzeyde ışık veren LED lambalar tercih edilmektedir. LED lambalar seralarda kullanıldığında sera içinde yetiştirilen bitkilere yakın ve her bitkiye eşit düzeyde ışık akısı vermesi ayarlanarak yerleştirilir. Bu sayede ışık kontrolü daha rahat sağlanır ve yüksek enerji verimliliği elde edilir. Ayrıca dijital olarak LED'ler, aydınlatma sistemlerinin geliştirilmesine de imkan sağlamaktadırlar [56].

HPS lambaların daha az verime sahip olduğunun göstergesi şu şekilde açıklanabilir. HPS lambaların yaydıkları ışığın dalga boyları PAR (Photosynthetically Active Radiation) eğrisi yani bitkilerin fotosentezi için ihtiyaç duyulan eğrisinin dışında kalmaktadır. Bu yüzden HPS lambalar LED lambalara göre daha az verimlidir. LED lambaların ortama yaydığı dalga boyları PAR bölgesinde bulunduğundan bitkilerin fotosentezi için daha uygundur [57].

Genel olarak herhangi bir aydınlatma kaynağından ortama verilen ışığın bitkilerin çiçeklenmesi, bitkilerin boylarının uzaması veya morfogenizme (bitkinin gelişmesi sırasında büyüme ve hücre farklılaşması ile özel şeklini alması olayı) olması ve bitkilerin kuru ağırlık gibi gelişmesi olmak üzere üç şekilde etkisi bulunur [41]. Bazı yapay aydınlatma kaynakları ve fotosenteze ait eğriler Şekil 1.15'te gösterilmiştir.



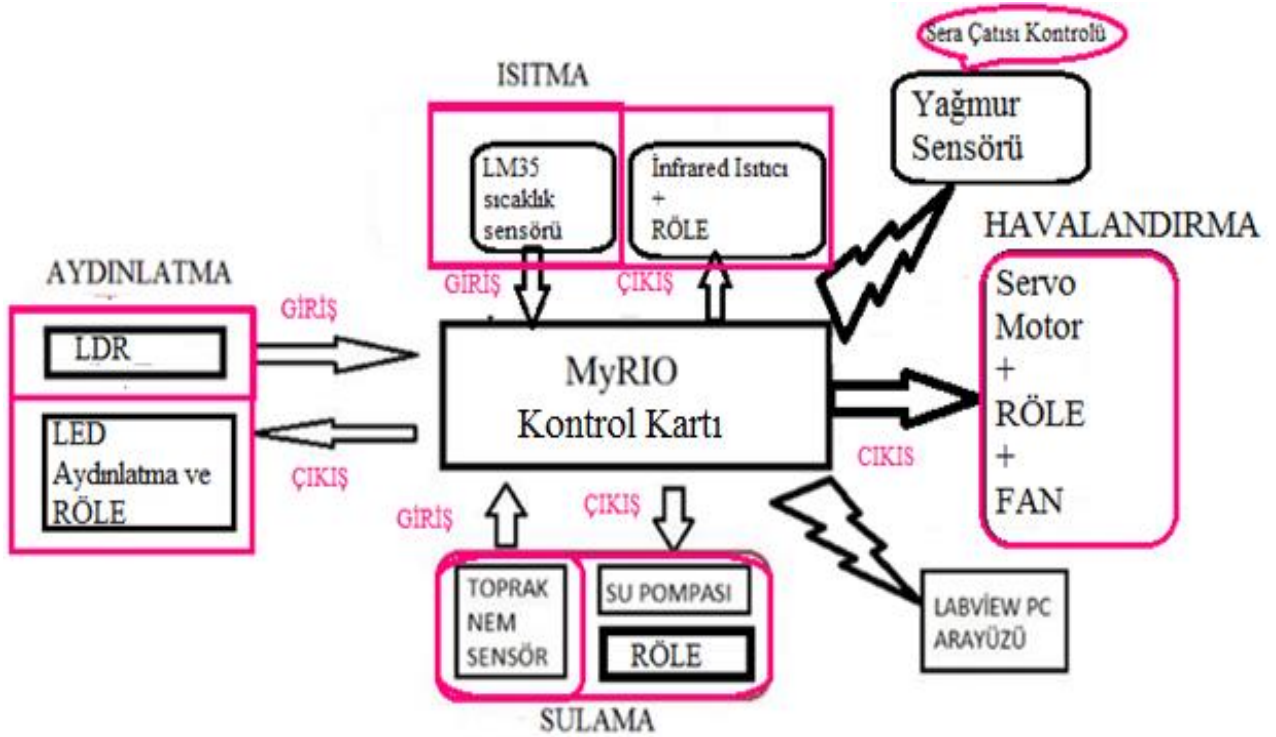
Şekil 1.15. Bazı yapay aydınlatma kaynakları ve fotosenteze ait eğriler [58]

Şekil 1.15 'te anlaşıldığı üzere bitkilerin fotosentezi için kızılötesi, mavi ve kırmızı ışık yayan LED armatürler(lamba) gerekli olan enerjiyi sağlamaktadırlar [58].



## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

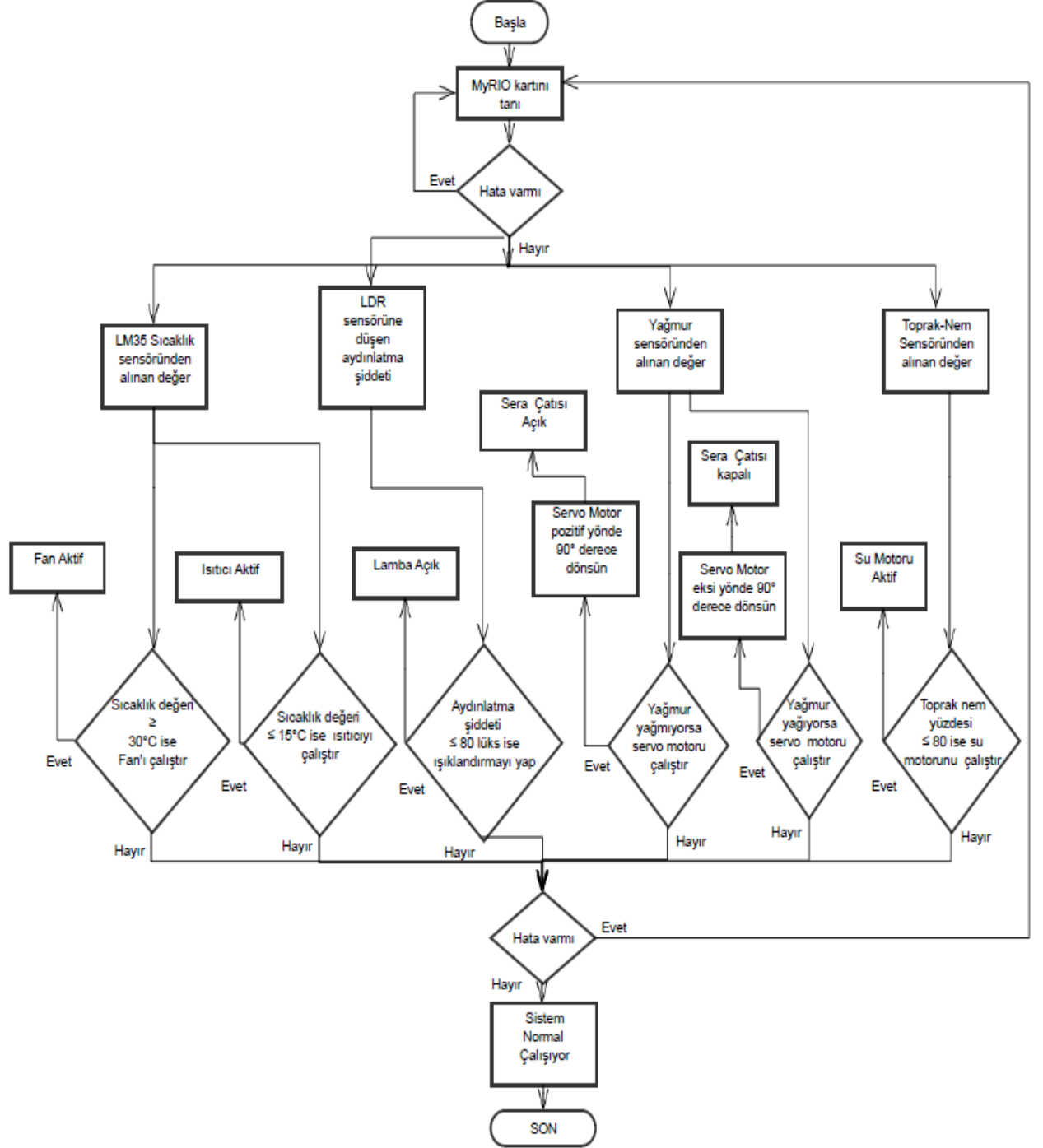
Son yıllarda gelişen teknolojinin sera yetiştiriciliğine uyarlanmasıyla beraber sera ürünlerinden elde edilen verimlilik ve kalite her geçen gün artmaktadır. Sera yetiştiriciliğinde özellikle de sera içi iklimlendirmesinde çeşitli otomatik kontrol sistemleri seralarda yetiştirilecek bitkilere uygun ortamı sunmaktadır. Bu tez çalışmasında seralarda yetiştirilecek bitkiler için gerekli olan iklim şartlarının oluşturulabilmesi ve bitkilerin dış ortamdaki gibi hareket edebilmesi için öncelikle sera prototipi oluşturulmuştur. Sera prototipi içerisinde yetiştirilecek bitkiler için gerekli olan nem miktarını, sıcaklık derecesini, ışık miktarını ayarlamak için çeşitli sensörler sera prototipi içerisine yerleştirilerek National Instruments (NI) firmasının ürettiği MyRIO mikroişlemci kartı ve LabVIEW ara yüzü ile bilgisayar tablet veya mobil telefon üzerinden uzaktan otomatik kontrol edebilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın bu bölümünde uygulama kısmını gösterebilmek için kullanılan donanım, yazılım ve malzemeler detaylı olarak anlatılmış ve oluşturulan yazılım ve programın işlenmesi kısımlarının ayrı ayrı incelenmiştir. Ayrıca oluşturulan akış diyagramı sayesinde yapılan işlemler aşama aşama kısaca anlatılmıştır. Sera içi havalandırma, ısıtma, sulama ve aydınlatma sistemlerinde kullanılan sensörler, NI MyRIO mikroişlemci kartı ve LabVIEW programı Şekil 2.1’de bloklarla gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Sera içi iklimlendirmesi sisteminde kullanılan sensörler ve malzemeler



Yapılan çalışmada MyRIO kontrol kartına bağlı olan sensörlerin ve diğer malzemelerin yaptıkları işlemler akış diyagramında belirtilmiştir. Oluşturulan sistemin genel akış diyagramı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Oluşturulan sistemin genel akış diyagramı

Akış diyagramında da görüldüğü gibi öncelikle MyRIO kontrol kartı sisteme tanıtılır ve bütün işlemler MyRIO kontrol kartına bağlı olarak yapılır. MyRIO kartı, LM35 sıcaklık sensörü,

LDR aydınlatma sensörü, yağmur sensörü ve toprak-nem sensöründen aldığı değerleri kullanıcının LabVIEW grafiksel programında belirlediği değerlerle karşılaştırma yapar. Daha sonra da MyRIO kontrol kartının okuduğu değerler karar döngüsünde karşılaştırılarak sistem devamlı olarak çalışmış olur.

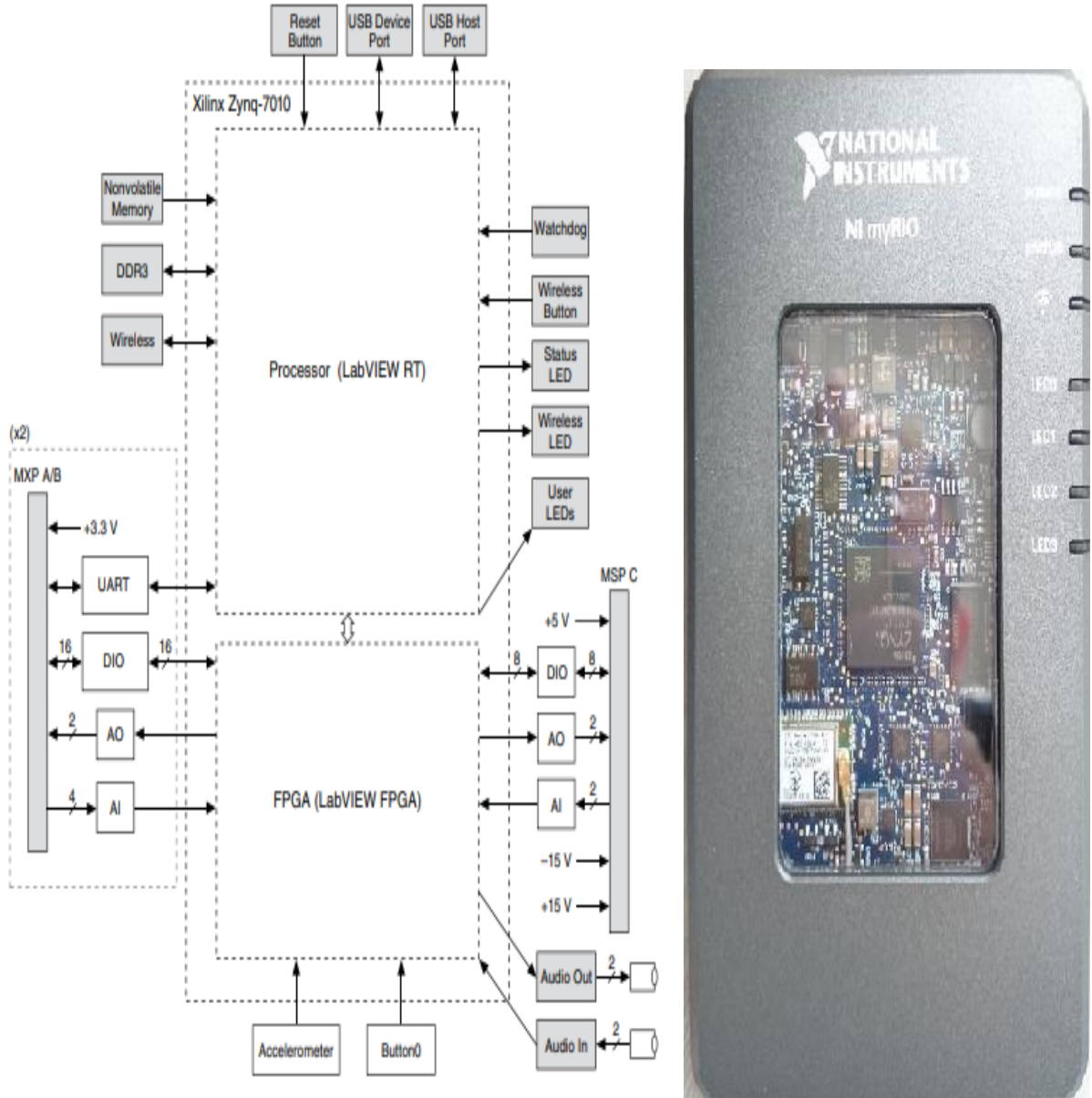
MyRIO mikroişlemci kartıyla uzaktan erişimli sera otomasyonu uygulamasını prototip sera üzerinde görebilmek için gerekli olan donanım ve malzemeler;

- NI MyRIO Mikroişlemci Kartı
- LabVIEW PC Arayüzü
- Toprak-Nem Sensörü
- 5 Volt 4 Kanallı röle
- Su Pompası
- LM35 Sıcaklık Sensörü
- Infrared Isıtıcı
- DC 5V Fan
- Servo Motor
- Yağmur Sensörü
- LED Lamba (Şerit LED)
- LDR Sensörü
- Pleksi Glass Levha

## 2.1. MyRIO-1900 mikroişlemci kontrol kartı

MyRIO-1900 mikroişlemci kontrol kartı, robotik sistemlerin, mekatronik sistemlerin, yapay zeka vs. gibi sistemlerin tasarımı için ve bu sistemleri kontrol etmeleri için öğrencilerin veya araştırmacıların kullandığı yerleşik, programlanabilen ve sökülüp yeniden kurulabilen (portatif) elektronik bir cihazdır. Ses giriş-çıkış ve güç çıkışına sahip olan NI MyRIO-1900 kompakt gömülü sistem geliştirme cihazının üzerinde dijital giriş ve çıkış (DIO), analog giriş (AI) ve çıkış (AO) bulunur. Ayrıca bu cihaz İki çekirdekli Arm® Cortex™ A9 işlemci sistemi, Xilinx Z-7010 FPGA çeşidine, 16 bitlik DDR3 veri yolu genişliğine, 256 MB kalıcı bellek boyutuna, 20 MHZ kanal genişliğinde IEEE 802.11 b,g,n radyo moduna, bilgisayarla haberleşmek için USB host portuna (USB 2.0 Hi-Speed) ve USB device portuna (USB 2.0 Hi-Speed) vs. gibi özelliklere sahiptir [59].

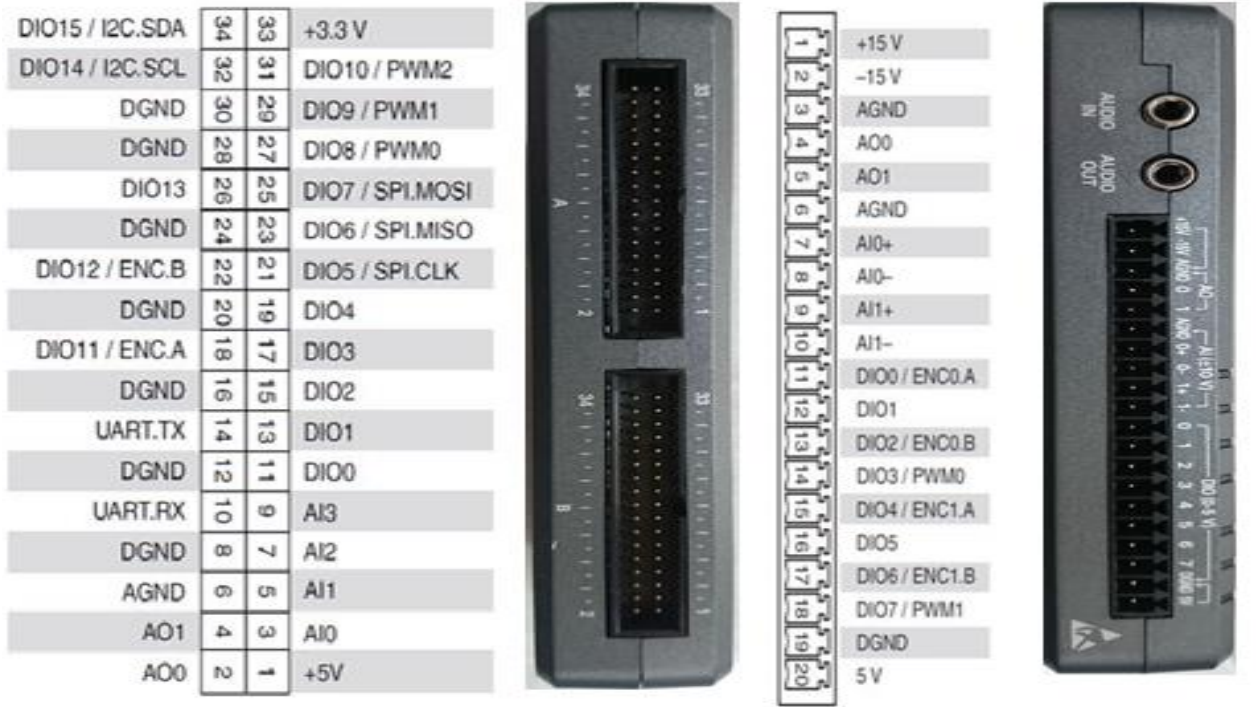
Şekil 2.3'te ve Şekil 2.4'te NI MyRIO-1900 cihazı, MyRIO blok diyagramı ve MyRIO'nun pin bağlantıları gösterilmiştir.



Şekil 2.3. NI MyRIO-1900 ve blok diyagramı

MyRIO kontrol kartının sayılan bu özelliklerine ek olarak cihazda 0 - 5V ve  $\pm 10$  voltluk analog giriş (12 bit, 500 kS/s) / çıkış (12 bit, 345 kS/s) kanalı, kullanılabilen 40 adet dijital giriş/çıkış (DIO) kanalı ve sırasıyla (+3.3V, +5.0V,  $\pm 15.0V$ ) çıkış veren terminaller ve ivmeölçer bulunur. Gerçek zamanda programlanabilen bu cihazda UART, I<sup>2</sup>C ve SPI haberleşme protokolleriyle iletişime girmesi için 3 tane konektör mevcuttur. Son olarak NI MyRIO-1900 cihazında aynı sıra ve isimlere sahip olan MXP A ve MXP B adında iki tane genişleme

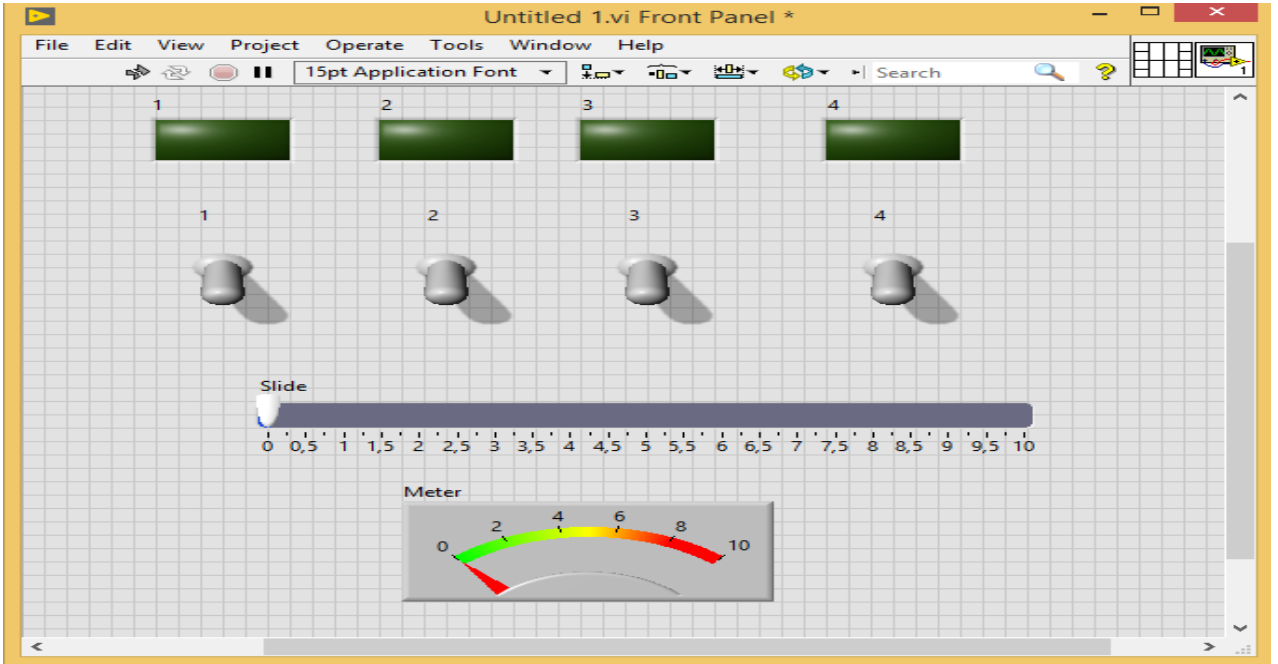
portu vardır. Aynı sıra ve isimlere sahip olan bu portların ayırt edilebilmesi için sinyal isimleri konektör bağlantılarından sonra verilerek sağlanır [59].



Şekil 2.4. NI MyRIO-1900 cihazının PIN bağlantıları

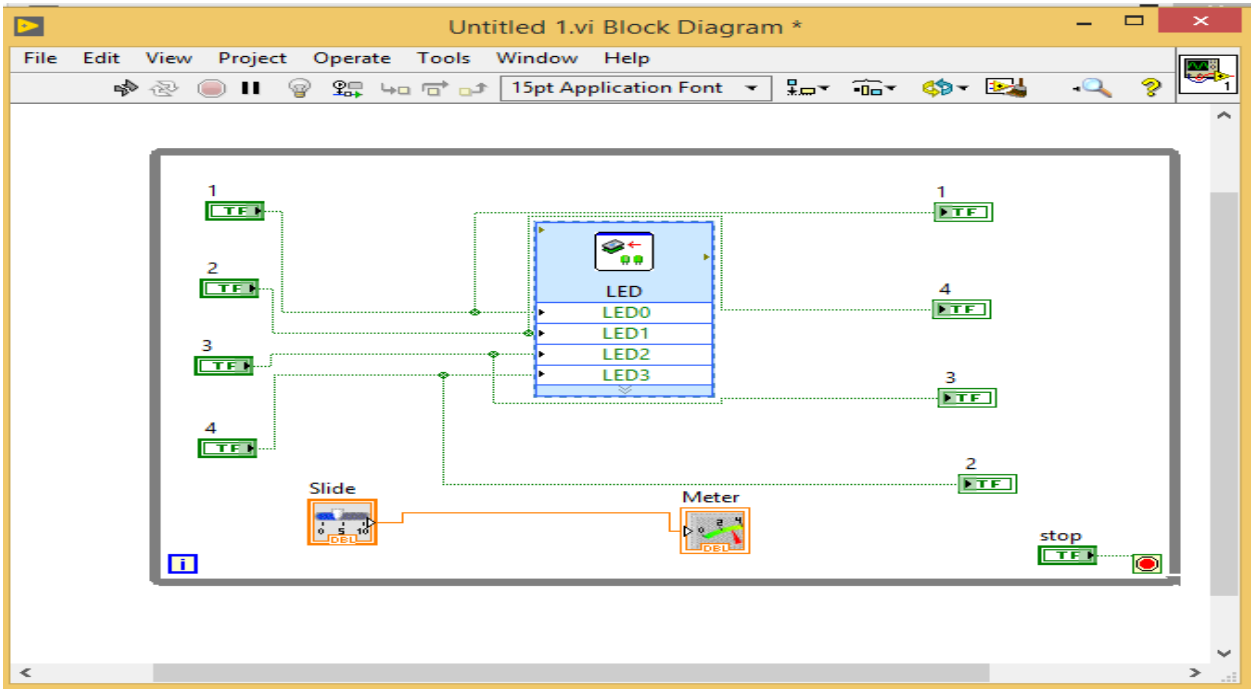
## 2.2. LabVIEW Programı

LabVIEW, görsel programlama veya 'G' dili olarak bilinen ve 1986'dan beri National Instruments şirketi tarafından üretilip geliştirilen bir programlama dilidir. Bu programlama dili endüstriyel alan başta olmak üzere robotik sistemler, mekatronik sistemler, AR-GE, Enerji sektörü, mühendislik alanları vs. gibi daha birçok alanda veri izleme, test işlemleri, sinyal kontrolü, veri analizi ve sinyal işleme vs. gibi kontroller için kullanılır. Ön panel ve blok diyagram olarak 2 kısımdan oluşan LabVIEW görsel programında şematize edilen her program bloğu 'Virtual Instrument' olarak isimlendirilir. Grafikselleştirilmiş ve fonksiyonel kodların bulunduğu kısım blok diyagram kısmıdır ve asıl işlemler burada yapılır. Blok diyagramda oluşturulan programın yapmış olduğu çalışma ise kullanıcıya ön panelde (kontrol elemanlarının olduğu kısımda/kullanıcı arayüzü kısmında) sunulur. Şekil 2.5'te örnek bir ön panel gösterilmiştir.



Şekil 2.5. LabVIEW kullanıcı arayüzü olan ön panel

Gösterilen kullanıcı arayüzünde çeşitli butonlar lojik 0 ve 1 değerlerine göre on veya off durumuna geçer ve yapılan işlemin grafik olarak seviyesini gösterir. Tabii işlemler kullanıcı kontrolüyle sağlanır. LabVIEW grafiksel kodların tutulduğu blok diyagram Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. LabVIEW grafiksel kodların tutulduğu blok diyagram

Şekil 2.6'da örnek olarak verilen blok diyagram kısmı bir önceki resimdeki ön panelde gösterilen ve diğer bilgisayar programlarında kodların yazıldığı kısımdan farklı olarak kullanıcının tasarlamak istediği ve planlandığı proje ölçütüne göre görsel kaynak kodlarının yazıldığı yerdir.

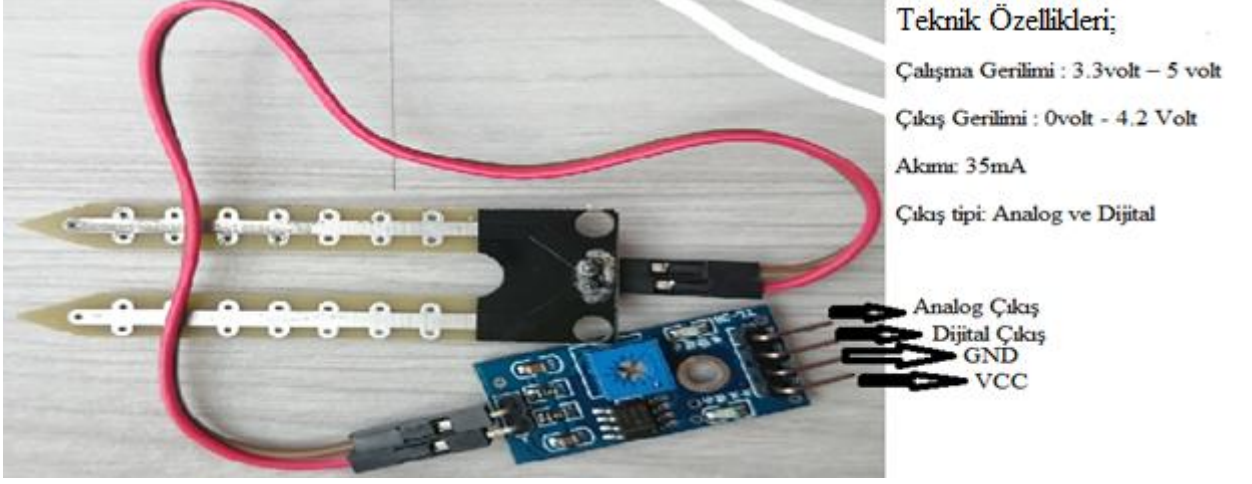
### 2.3. Toprak-Nem Sensörü

Toprak nemini ölçmekteki en önemli amaçlardan biride bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarının belirlenmesidir. Gelişmesini optimum düzeyde tamamlaması için bitkilerin kulanabildiği su miktarı yapılmış araştıma sonuçlarına göre %25-75 arasındadır. Toprakta bulunan su seviyesini ölçmek için çeşitli yollarla nem kontrolü yapılır [60].

- Bitki üretimi yapılacak yerlerden alınan örneklerin işleme sokulması için laboratuvar ortamında 105 °C derecede toprağın ısıtılarak azalan su miktarının incelenerek yapılan nem kontrolü.
- Tansiyometrelerin toprağın içinde açılan deliklere yerleştirilerek nem kontrolünün yapılması
- Kullanımı en sağlıklı olan ve net sonuç veren fakat maliyetinin fazla olması sebebiyle çok tercih edilmeyen nötronmetre ile yapılan nem kontrolü
- Toprak neminin elle ölçülmesiyle yapılan nem kontrolü

Yapılan bu tez çalışmasının seralarda sulama kısmında da anlatılmış olunan sulama yöntemlerinden damla sulama yöntemiyle toprak sulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Sulama işlemi yapılmadan önce toprağa yerleştirilmiş olan toprak-nem sensörü sera içinde bulunan toprak neminin seviyesini kullanıcının LabVIEW yazılımında belirlemiş olduğu nem değerine göre sisteme bağlı olan röleye bildirir. Röleye bildirilen nem değeri seviyenin altındaysa (on)açık duruma gelir ve suyun su pompası sayesinde sera içine gönderilmesini sağlar. Bir ucu su pompasına bağlı olan ve sera içine yerleştirilmiş borular bitki köklerinin bulunduğu toprağı damla sulama adı altında sulamış olur.Toprak nemi belirlenen seviyeye ulaştığında röle tekrar devreye girer kapalı(off) duruma geçerek sulamanın kesilmesini sağlar. Toprak nem sensörünün yapısı ve teknik özellikleri Şekil 2.7'de verilmiştir.





Şekil 2.7. Toprak-Nem sensörü ve teknik özellikleri

#### 2.4. 5 Volt 4 Kanallı Röle

Palet, elektromıknatis ve kontaktör gibi kısımlardan oluşan ve küçük güçteki elektromanyetik anahtarlar olarak bilinen röleler, akım rölesi, gerilim rölesi, direnç telli röle ve elektronik röle olmak üzere 4 çeşidi vardır. Şekil 2.8’de görseli verilen rölenin teknik özellikleri şu şekildedir;

- Yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır.
- Şekil 2.8’de görseli de verilmiş olan 4 kanallı rölenin her bir rölesi 5 voltluktur ve kontrol kartının kontaklarını kontrol edebilir.
- 220V AC ve 30V DC geriliminde 10A’e kadar çıkan akımı anahtarlaya bilmektedir.



Şekil 2.8. 5 Volt 4 kanallı röle

MyRIO kontrol kartı ile sera otomasyonu uygulaması çalışmasında kullanılan en önemli elemanlardan biride röledir. Röle yapılan bu çalışmanın sera iklimlendirme sistemi kısımlarından havalandırma, sulama, ısıtma ve aydınlatma sistemlerinin her birerinde ayrı bir görev üstlenmiştir. Bu görevler;

- Sulama kısmında toprak-nem sensöründen gelen bilgiye bakarak devreye girer.
- Havalandırma ve ısıtma kısımlarında LM35 sensöründen gelen bilgiye bakarak devreye girer.
- Aydınlatma kısmında LDR sensöründen gelen bilgiye bakarak devreye girer.

Röle, MyRIO kartına gömülen LabVIEW yazılımında belirlenen sera içi nem, sıcaklık ve ışık seviyesine göre yukarda saymış olduğumuz görevleri yapar.

## 2.5. Su Pompası

6 Voltluk fırçasız ve manyetik rotorlu olan, su motoru olarak ta bilinen su pompası, yapılan bu çalışmanın sera iklimlendirmesi bölümünün sulama sistemi kısmında kullanılmıştır. Tanımı yapılan ve Şekil 2.9'da gösterilen su pompasının teknik bazı özellikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.9. Fırçasız, manyetik rotorlu 6V su pompası

- Nominal gerilim: DC 2.5V-6V
- Anma akımı: 130-220MA
- Güç tüketimi: 0.4-1.5W
- Akış hızı: 80-120L / H
- Çalışma ömrü : 500 saat



- Kablo Uzunluğu: 20 cm
- Max. Su Basma mesafesi : 110 cm

LabVIEW yazılımının gömülmüş olduğu MyRIO cihazının çıkışına bağlanmış olup toprak nem sensöründen gelen bilgiyle röle lojik 1 değerini alarak aktifleştikten sonra su pompasını çalıştırır. Su pompasının girişıyle çıkışı arasında basınç farkı meydana gelerek depodaki suyu sulama borularıyla sera içine gönderir. Sera içerisine gönderilen suyla borular üzerindeki delikler sayesinde damla sulama yöntemi adı altında bitkilere sulama işlemi yapılmış olunur.

## 2.6. LM35 Sıcaklık Sensörü

Çalışmada kullanılan LM35 sıcaklık sensörü açıklanmadan önce sıcaklığın bitkiler üzerindeki etkileri ve önemi hakkında genel bilgi verilecektir. Tez çalışmasının sera ısıtma sisteminde de değinildiği gibi sıcaklık dünyada bulunan canlıların ihtiyaç duyduğu enerjinin esas kaynağıdır. Ayrıca en önemli ekolojik faktörlerden biri olan sıcaklık canlıların farklı fizyolojik eylemlerini de etkilemektedir.

Bitkilerin solunumu içinde büyük öneme sahiptir. Sıcaklık derecesi 37°C oluncaya kadar bitkilerin yapraklarıyla, dallarıyla, kökleriyle yapmış olduğu solum artar. Bununla birlikte sıcaklığın derecesi arttıkça fotosentez şiddeti de artar. Fotosentezin maksimum derecede olduğu sıcaklık derecesi 30 °C'dir. Eğer sıcaklık bu seviyenin üzerine çıkarsa fotosentezi yapan enzimler bozulmaya başlar ve 40-45°C'de fotosentez tamamen durur [61].

Yukarıda bahsedilen durumlar göz önünde bulundurulduğunda; sıcaklık değerinin belirli seviyede tutulması ve kontrol edilebilmesi, sera içerisinde yetiştirilecek olan bitkilerden elde edilen ürün verimliliğini ve ürün kalitesini arttıracaktır.

Yapılan çalışmada sera içi sıcaklığının kontrolü için LM35 sıcaklık sensörü kullanılmıştır. LM35 sensörü her 1°C derece sıcaklık artışı için çıkış gerilimi 10 mV'luk bir artış gösterir. Maksimum besleme gerilim 35 Volt ve maksimum çıkış gerilimi 6 Volttur. 60 µA gibi küçük bir akım çeker ve çıkış empedansı küçük olduğu için verdiği gerilim ölçülürken hata payı küçüktür [62]. Şekil 2.10'da LM35 sensörü ve teknik özellikleri verilmiştir.



kurutmadan doğrudan bitkilerin veya nesnelerin ısınmasını sağlaması ve bunu yaparken de ortamdaki nem miktarını azaltmadan ısıtma yapması içindir. Ayrıca seralarda kullanılan rezistanslı ısıtıcılar seranın her yerini homojen bir şekilde ısıtmaz ve rezistansın vermiş olduğu ısı yükselerek bitkileri yeterli miktarda ısıtmaz oysaki infrared ısıtıcı ışığın dalga boylarıyla ısıyı taşıdığı için bitkileri direkt olarak ısıtır ve böylece sera içi ısıtması sağlanmış olur. Panel infrared ısıtıcının sera içindeki görseli Şekil 2.11’de verilmiştir.



**Şekil 2.11.** Infrared panel ısıtıcıyla sera ısıtılması

Infrared ısıtıcının devreye girme yöntemi ise şu şekildedir. Öncelikle kullanıcı tarafından sera içi sıcaklığının alt sıcaklık derecesi ( $15^{\circ}\text{C}$ ) ve üst sıcaklık derecesi ( $30^{\circ}\text{C}$ ) belirlenerek LabVIEW grafiksel programında kodlanır ve kodlanan yazılım MyRIO kontrol cihazına yüklenilir. MyRIO cihazının girişine bağlı olan LM35 sıcaklık sensöründen alınan değer MyRIO cihazı tarafından algılanır. Alınan değer sera içi alt sıcaklık değerinin ( $15^{\circ}\text{C}$ ) altındaysa MyRIO’den gelen bilgiyle rölenin aktifleşip bilginin MyRIO cihazının çıkışına bağlı olan infrared ısıtıcının aktifleşmesiyle sera içi ısıtılması gerçekleştirilir. Eğer alınan sıcaklık değeri

sera içi st sıcaklık (30°C) değerinin stndeysel bu sefer fan devreye girerek zorunlu havalandırmayla ortam sıcaklığının düşürülmesi sağlanmış olur.

## 2.8. DC 5V Fan

Fan, sera içi havasının değiştirilmesi, sıcaklığının değiştirilmesi ve sera içerisindeki bitkilerin ihtiyaç duyduğu esinti şeklindeki hava sirkülasyonun sağlanması için en önemli elektronik malzemelerden biridir. Fan, sera iklimlendirmesinde çok önemli iki olumsuz durumun önüne geçilmesinde olmazsa olmazlardan biridir. Olumsuz durumlardan birincisi, sulama yapıldıktan sonra bitkiler suyun çok az miktarını besin üretmek için kullanır ve geriye kalan suyu ise transpirasyon yoluyla havaya salar. Havaya salınan su buhar şeklinde olduğu için sera içinde nem oluşur. Sera içerisindeki biriken nem belirli bir dereceye kadar bitkileri olumlu etkiler. Fakat daha sonra artan nem bitkiler üzerinde damlacık şeklinde birikir. Bu durum bitkilerde mantar, kf ve hastalıkların meydana gelmesine sebep olur. Olumsuz durumlardan ikincisi ise sıcak yaz aylarında sera içerisinin aşırısı ısınması veya soğuk kiş günlerinde serada yapılan aşırısı ısıtma sonucunda sera içerisindeki bitkilerin olumsuz etkilenmesidir. Seralarda oluşan bu olumsuzlukların önüne geçmek için yapılması gereken en önemli şey sera içi havalandırması yapmaktır. Bu havalandırma işlemi ya doğal havalandırmayla ya da zorunlu havalandırmayla olur. Bu havalandırmalardan doğal havalandırma sera kapaklarının açılmasıyla zorunlu havalandırmaysa çeşitli emmeler, vantilatörler ve fanlarla gerçekleştirilir. Bu tez çalışmasında sera prototipi üzerinde zorunlu havalandırmayı yapmak için şekil 2.12’de görseli mevcut olan 2 adet 5 Volt DC Fan kullanılmıştır.



şekil 2.12. Çalışmada kullanılan DC 5V Fan

İki adet fanın birisi seranın giriş kısmına diğeri ise seranın en son duvarına yerleştirilmiştir. Girişte kullanılan Fan sera içine dışarıdaki havayı alırken çıkış kısmındaki Fan ise sera içindeki havayı dışarıya verme görevi yapmaktadır.

LabVIEW yazılımında fanın devreye girmesi için öncelikle yazılımın MyRIO'ya yüklenip daha sonra LM35 sensöründen alınan değerin, sıcaklık üst sınırının (30°C) üzerinde olmasının MyRIO tarafından algılanır. Bu durum MyRIO'dan çıkan komutla MyRIO çıkışına bağlı olan rölenin akabinde ise fanın devreye girmesini sağlar. Böylece zorunlu havalandırma yapılmış olur.

## 2.9. Servo Motor

Kapalı bir motor sistemi olan servo motorların içerisinde; herhangi bir AC motor, DC motor veya step motoru bulunmaktadır. Bunun yanında, kontrol kartı, enkoder, potansiyometre ve sürücü gibi elemanlar bulunmaktadır. Bu elemanlar sayesinde istenilen açıya veya hıza ulaşabilir. Analog elektrik sinyali veya dijital elektrik sinyaliyle kontrol edilen servo motorların 90 derece, 180 derece, 360 derece veya sonsuz dönebilme özelliklerine sahip türleri vardır. İçerisindeki potansiyometre ve enkoder sayesinde alınan kare dalga sinyallerle bu dönme açılara ulaşır. Teknik olarak robotik sistemlerde, tıbbi cihazlarda, sürücü devrelerinde, radar sistemlerinde ve daha birçok alanlarda pozisyonlama, hız kontrolü veya hız sabitleme, zamanlı-periyodik çalışma ve yüksek kararlılık gibi özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır. Şekil 2.13'te sera çatısının ayarlanması için kullanılan servo motor görseli verilmiştir.



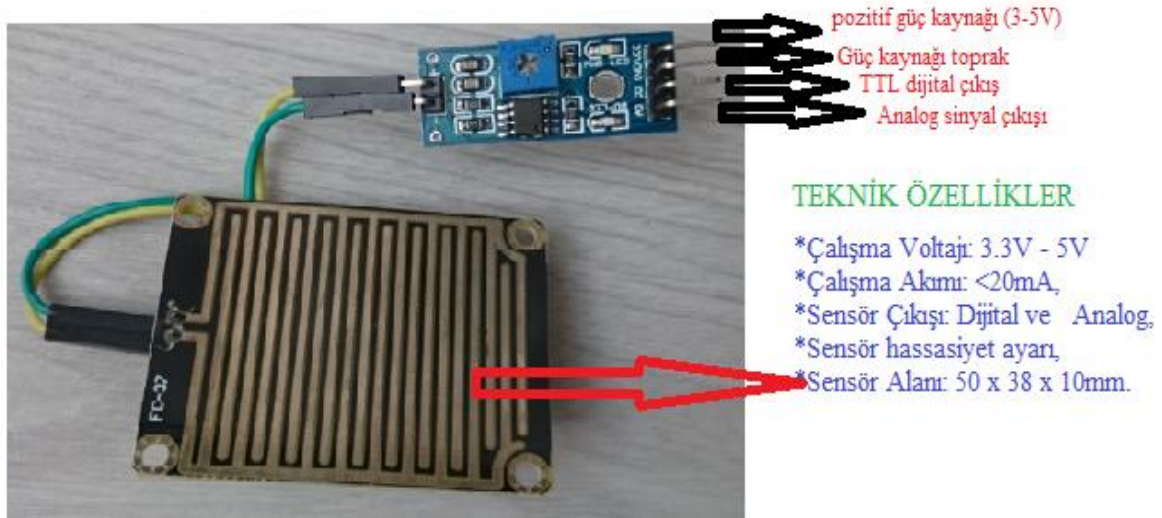
Şekil 2.13. Çalışmada kullanılan Servo Motor



Servo motorun bu çalışmada kullanılmasının sebebi çalışmanın uygulama kısmı için yapılan sera prototipinde iklim şartlarına bağlı olarak otomatik bir şekilde sera çatısının açılıp kapanmasını yapmasıdır. Ayrıca servo motorun özellikle yağmurlu havalarda devreye girmesinin yanında hava şartlarının olumlu olduğu güzel günlerde doğal havalandırma yapılması için de kullanılır. Servo motorun devreye girme yöntemi ise şu şekildedir. Sera çatısına yerleştirilmiş olan yağmur-nem sensörü, donanım olarak MyRIO kartının dijital girişine bağlanır. Yazılım olarakta sensörün LabVIEW’de gerekli olan devresi kurulur. MyRIO, yağmur-nem sensöründen almış olduğu bilgiden yağışın olduğunu anlar ve çıkış kısmına bağlı olan servo motora sera çatısını kapatması için komut vererek çatının kapanmasını sağlar.

## 2.10. Yağmur Sensörü

Hem dijital hemde analog çıkışlara sahip yağmur sensörleri başta otomotiv sektörü olmak üzere birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Sensör alanında paralel bir şekilde bağlanan iletken hatlar sayesinde üzerine düşen su damlalarını sensör çıkış pininde aldığı değerle algılar. Burada 5 voltluk güç beslemesi ve toprak bağlantısı yapılarak sensör çıkış bacağından rahatlıkla okuma yapılır. Yağmur sensörü ve teknik özellikleri Şekil 2.14’te gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Yağmur sensörü ve teknik özellikleri

Şekil 2.14’te teknik özellikleri verilen yağmur sensörünün LabVIEW’ de programlanıp MyRIO’ya yüklenmesiyle yağmurlu havalarda sera çatısının kapanması için üzerindeki pinler sayesinde yağmurun yağdığını algılar. MyRIO’nun giriş pinlerine bağlı olan bu yağmur sensöründen MyRIO’nun okuduğu değere göre MyRIO cihazının çıkış pinlerine bağlı olan servo

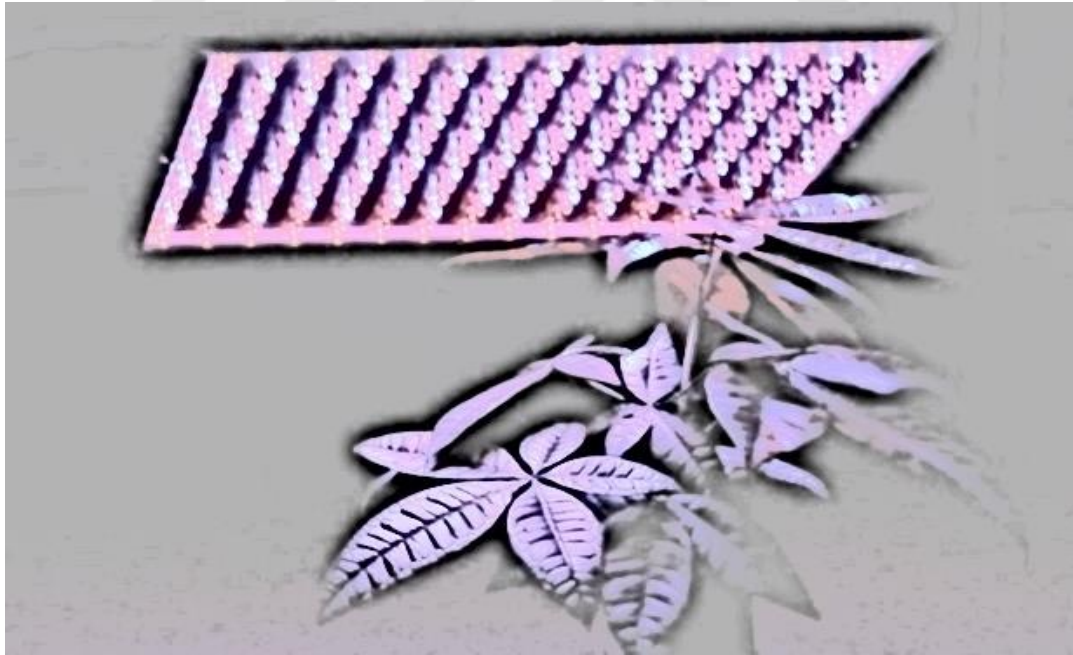
motora komut verir. Bu sayede servo motor devreye girerek aktifleşir ve sera çatısının kapanmasını sağlamış olur.

## 2.11. LED Lamba

MyRIO kontrol kartıyla uzaktan erişimli sera otomasyonu uygulamasında özellikle seralarda yapay aydınlatma başlığı altında verilen bilgilerde olduğu gibi ışık ve ışık rengi bitki büyümesi ve gelişimi için oldukça önemlidir.

Her rengin bitki büyümesinde etkisi farklıdır. Özellikle bitki gelişimi, büyümesi ve fotosentezi için kullanılan ışık renkleri, kırmızı (kök uzamasını sağlar) ve mavi (yaprak gelişmesini ve stoma açılmasını sağlar) renklerdir [63].

Bitkilerin gelişmesinde etkili olan iki temel faktör esas alınır. Bu faktörler PFD (Foton Akı Yoğunluğu) ve spektrum'dur. Bitkiler gelen spektrum içerisinde kızılötesi, kırmızı (625-675 nm) ve mavi (425-475 nm) olan kısımları alarak fotosentez yapar ve kendisi için gerekli olan gelişimi sağlar [64]. Kırmızı ve Mavi renkli LED aydınlatma paneli Şekil 2.15'te gösterilmiştir.



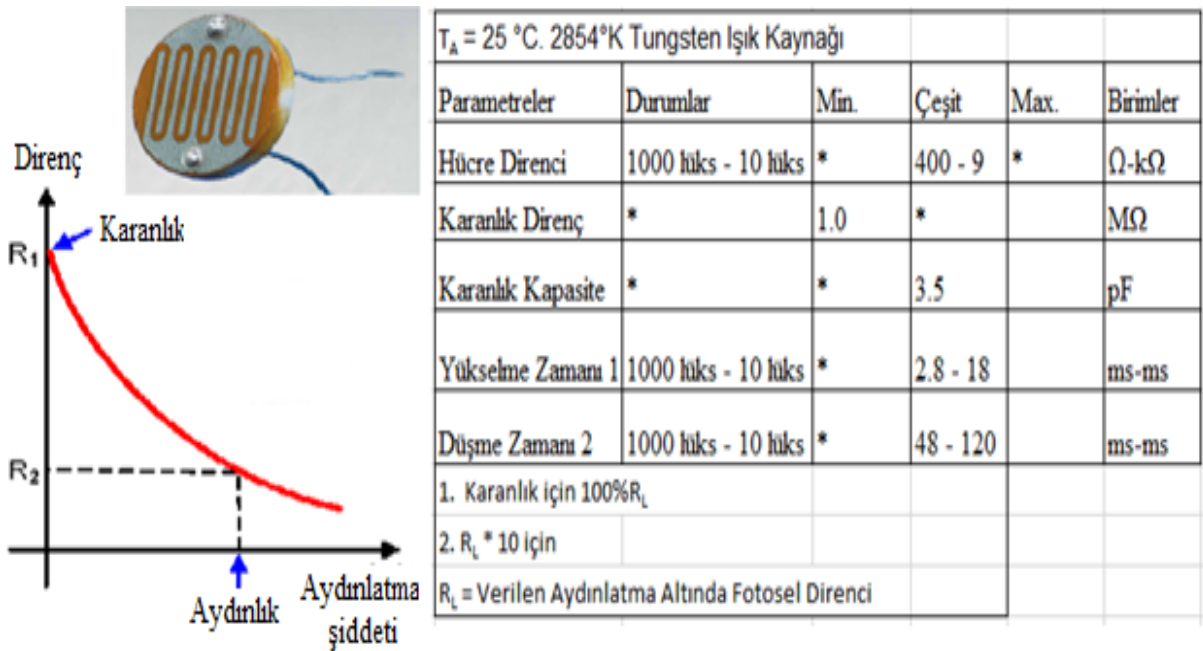
**Şekil 2.15.** Kırmızı ve Mavi renkli LED aydınlatma paneli

Şekil 2.15'te görseli bulunan bu LED'ler sera ortamına yapay ışık kaynağı olarak bitki morfogenezine etki eder, üretimdeki verimliliği ve kaliteyi artırır. Ayrıca geleneksel aydınlatmalardan farklı olarak aydınlatma ortamında çeşitli etkenleri (aydınlatma şiddeti, süresi, kalitesi, dalga boyu vs. gibi) kontrol etme esnekliğine sahiptir.

Yapılan bu çalışmada LED Lambayı temsilen şerit LED kullanılmıştır. MyRIO cihazının çıkış pinlerinden birine (kullanıcı tarafından belirlenen pine) bağlanır ve sera ortamının aydınlatılması için MyRIO'dan gelen bilgiyle devreye girer.

## 2.12. LDR Sensörü

DC ve AC akımda benzer özelliklere sahip olan LDR (Light Dependent Resistance), foto direnç olarak ta bilinir. Şekil 2.16'da verilen grafikte de olduğu gibi üzerine düşen aydınlatma şiddetiyle ters orantılı olarak çalışan yarı iletken bir elektronik devre elemanıdır.



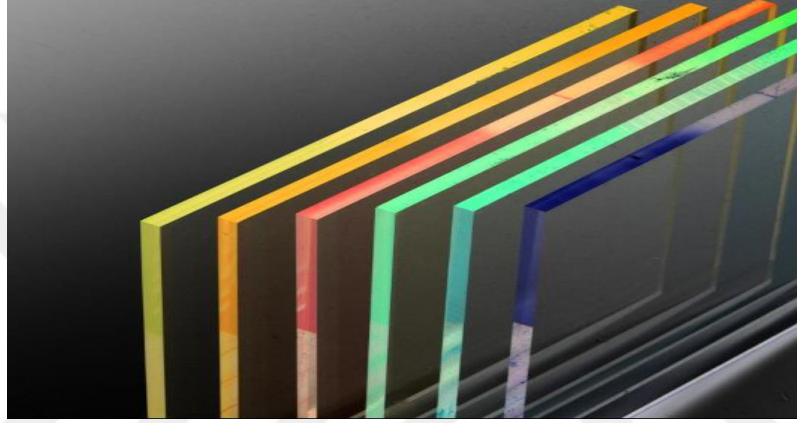
Şekil 2.16. LDR sensörü ve elektriksel karakteristiği

Bu tez çalışmasında, sera içi aydınlatmasında kullanılmış olunan LDR özellikle güneş battıktan sonraki gece saatlerinde devreye girer. MyRIO kartının giriş pinine bağlı olan bu sensör ortamın karanlık olmasıyla direnci artar. Burada LDR sensörüne gelen aydınlatma şiddeti 80 lüks referans alınmıştır. Aydınlatma şiddetinin 80 lüks'ün altında olması durumunda MyRIO kontrol kartı sayesinde Röle devreye girer ve sera içi aydınlatma görevi görmesi için kullanılan temsili beyaz şerit LED lambalar yanar. Güneş ışığı çıkmaya başladığında ise LDR üzerindeki direnç düşerek aydınlatma otomatik olarak devreden çıkmış olur. Yani LDR sensörüne gelen aydınlatma şiddeti 80 lüks'ten büyük olması durumunda MyRIO kontrol kartı beyaz şerit LED lambaları devreden çıkarır. Böylece sera içi aydınlatılması otomatik olarak sağlanmış olur.



### 2.13. Pleksi Glass Levha

Günümüzde artan enerji tüketiminin yanında enerji kaybının da çok olması sebebiyle, özellikle binalarda, seracılıkta, endüstriyel alanlarda vs. gibi alanlarda ısı yalıtımı sağlaması ve içerideki ısının kaybolmasını önlemek için pleksi glass malzemeler kullanılır. Dekorasyon, iç mimari ve kaplama-paketleme işlemleri vs. gibi alanlarda da kullanılan pleksi glass malzemeler saydam veya yarı saydam özelliğine sahiptir. Şeffaf ve farklı renklerde pleksi glass levhalar Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.17.** Şeffaf ve farklı renklerde pleksi glass levhalar

Şekil 2.17’de verilen pleksi glass levhaları bu çalışmada kullanılmasının sebebi normal camlara göre daha dayanıklı olması, ısıyı dış ortama daha az iletmesi ve darbelere karşı daha kırılmaz yapıda olması gibi özelliklere sahip olmasıdır. Çalışmada 3mm’lik kalınlıkta pleksi glass levhalar kullanılmıştır.

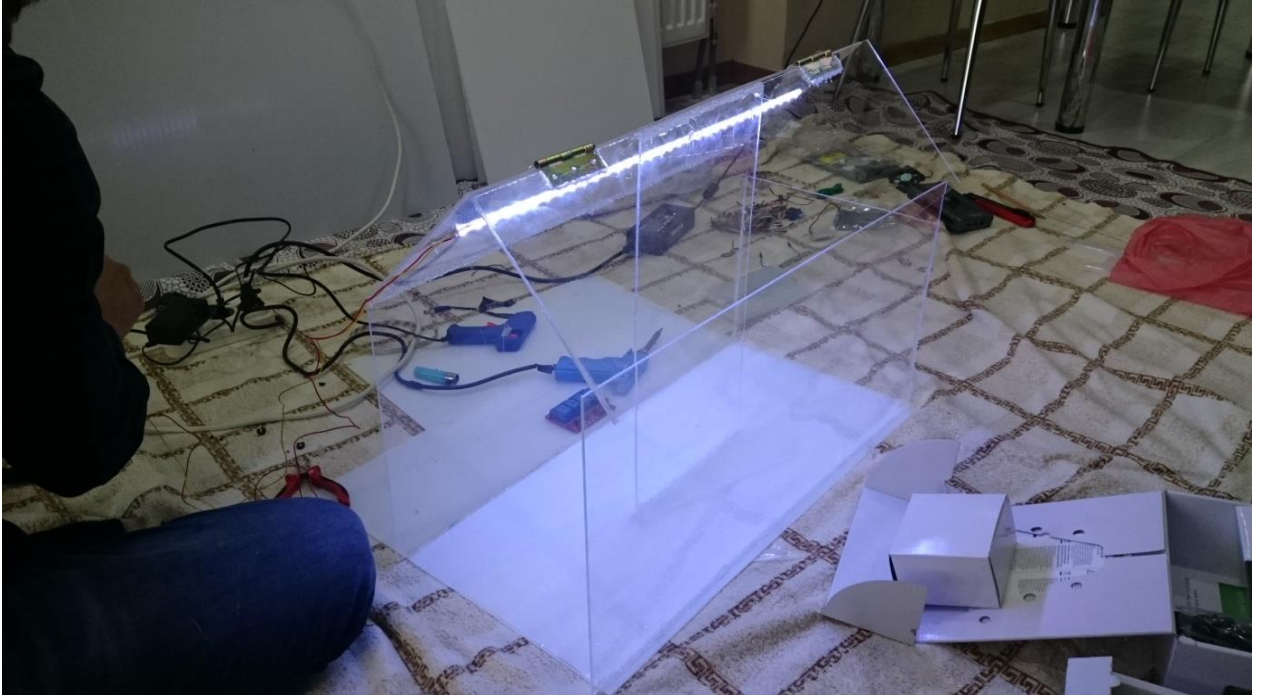
### 2.14. Sera Prototipi Yapımı

MyRIO kontrol kartıyla sera otomasyonu uygulaması çalışmasında özellikle uygulama kısmını göstermek amacıyla prototip bir sera hazırlanarak sera iklimlendirmesinin otomatik kontrolü sağlanmıştır. Sera prototipini hazırlamak için kullanılan malzemeler şunlardır;

- 10 adet ince uçlu silikon
- 1 adet silikon tabancası
- 5 adet 70\*60 cm<sup>2</sup> fleksi glass levha
- 2 adet menteşe
- 1 metrelik şeffaf sulama hortumu

- 1 metrelik lehim teli
- Lehim makinası
- 1 adet tekli breadboard
- Jumper kablo (20 adet dişi-dişi, 20 adet erkek-dişi, 20 adet erkek-erkek)
- 1 adet devre kartı
- 1 adet 12 Volt 2 A Adaptör

Şekil 2.18’de uygulamayı göstermek için yapılmış olan sera prototipi mevcuttur. Yapılmış olan sera prototipinde maliyeti fazla olan infrared ısıtıcı yerine yeşil şerit LED kullanılmıştır. Çalışmada havalandırma için 5 V DC fan ve röle, sulama için su pompası, damla sulama hortumu, toprak nem sensörü ve röle, sera çatısının açılıp kapanması için servo motor ve yağmur nem sensörü, sıcaklık için LM35 sıcaklık sensörü ve röle, aydınlatma için beyaz şerit LED ve röle kullanılarak MyRIO kontrol kartıyla sera içerisinde iklimlendirme sistemi kontrolleri yapılmıştır. Ayrıca MyRIO’nun çıkışlarına bağlanmış olan ısıtıcı görevi gören yeşil renkli şerit LED, aydınlatma görevi gören beyaz renkli şerit LED, zorunlu havalandırma görevi gören DC Fan ve sulama işlemi yapan ve suyun sulama borularına gitmesini sağlayan su pompası gibi malzemelerin sistemde kesintisiz çalışabilmesi için 12 Volt 2 A Adaptör kullanılarak besleme yapılmıştır. Çalışmadaki sensörler ise MyRIO’nun girişine bağlanmış olup MyRIO’dan alınan 5 voltluk besleme ile çalıştırılmıştır.



**Şekil 2.18.** Uygulama için yapılmış olan sera prototipi

## 2.15. Yazılımın ve Programın İşlenmesi

Yapılan tez çalışmasının bu bölümünde özellikle de sera iklimlendirme (ısıtma, sulama, aydınlatma ve havalandırma) sisteminde, National Instrument (NI) şirketinin üretmiş olduğu NI MyRIO-1900 kontrol kartı ve LabVIEW görsel yazılım programının kullanılarak yapılan sera prototipinde sensörlerden gelen bilgilerin bilgisayar üzerinde değerlendirilip sisteme müdahale edilebilmesi ve sistemin otomatik kontrolünün sağlanması için gerekli yazılım ve programların işlenmesi konuları hazırlanmıştır. Hazırlanan LabVIEW yazılımları sayesinde sera iklimlendirmesi sistemlerinden alınan gerçek zamanlı veriler kullanıcıya LabVIEW ön panellerinde sunulmuştur.

### 2.15.1. LabVIEW Yazılımları

Bu çalışmada tasarlanmış olunan sera prototipinde sera iklimlendirmesi otomatik kontrolü için LabVIEW görsel laboratuvarında sensörlerin çalışma mantığına uygun blok diyagramlar ve sensörlerden alınan değerlerin kullanıcı tarafından görülmesi için ön paneller oluşturulmuştur. Bu yazılımlar sekiz başlık altında incelenmiştir.

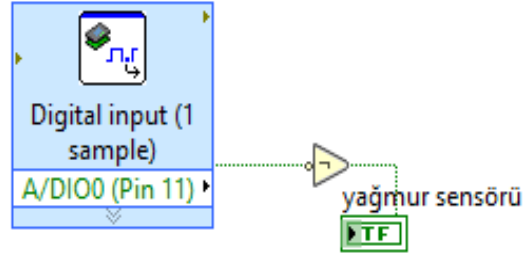
Bunlar;

- Sera Çatısının Kontrolü Yazılımı
- Sulama İçin Toprak-Nem Kontrolü Yazılımı
- Aydınlatma Kontrolü Yazılımı
- Isıtma İçin Sıcaklık Kontrolü Yazılımı
- Havalandırma Kontrolü Yazılımı
- İklimlendirme Sisteminde Nem ve Sıcaklık Değerlerinin Excel'de Raporlanması Yazılımı
- Verilerin Haberleştirilmesi Yazılımı
- Yazılan LabVIEW Yazılımların Birleştirilmesi

Öncelikle LabVIEW'de yazılan tüm blok diyagramları kapsayan bir while döngüsü oluşturulmuş, while döngüsü içerisinde gerekli sensörler kullanılmış ve kullanıcının belirlemiş olduğu zamana göre döngünün devam edilmesi sağlanılmıştır. While döngüsün hemen içerisine MyRIO cihazı tarafından algılanan değerlerin durum değerlendirmesi için switch-case döngüsü yapılmıştır.

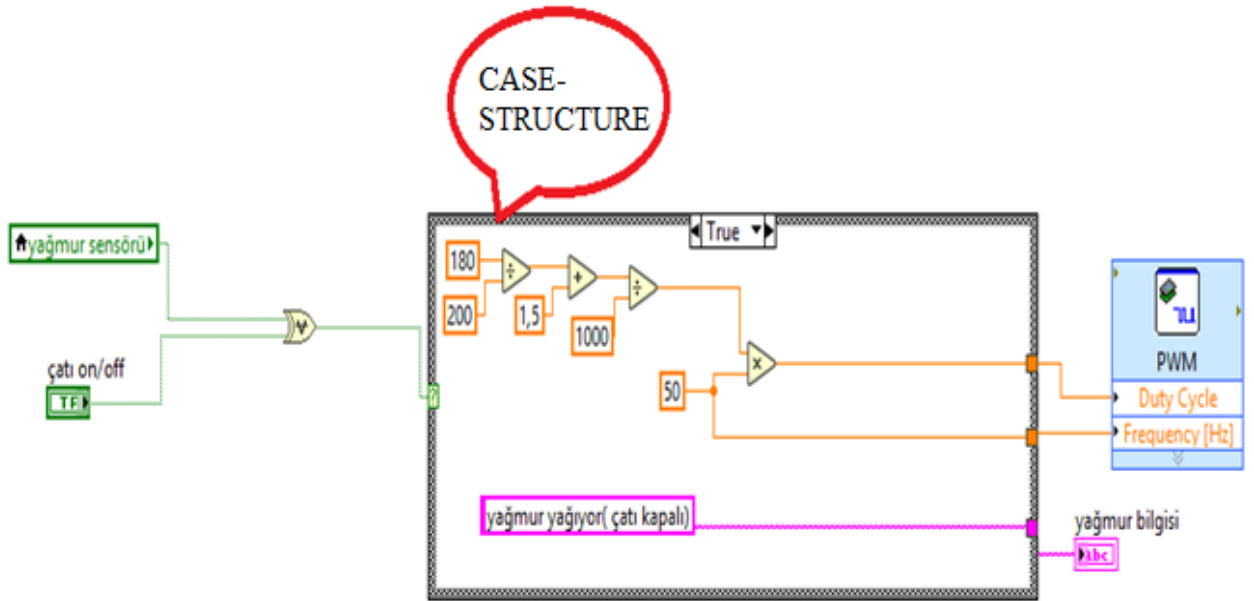
### 2.15.1.1. Sera Çatısının Kontrolü Yazılımı

Çalışmada oluşturulan uygulama için yapılan sera prototipi üzerindeki havalandırma sisteminde özellikle yağmur yağdığı zamanlarda MyRIO kontrol kartıyla kontrolü yapılacak olan sera çatısının yağmur sensörü ve servo motora bağlı olarak LabVIEW’de tasarlanan blok diyagramlar Şekil 2.19’da, Şekil 2.20’de ve Şekil 2.21’de mevcuttur.



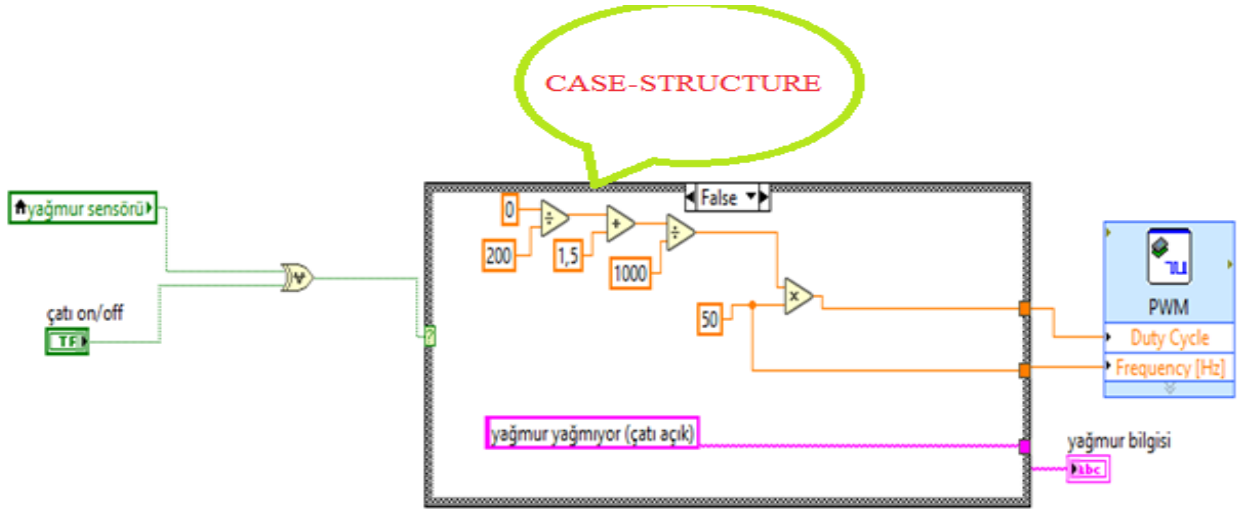
Şekil 2.19. Yağmur sensörü dijital input blok diyagramı

Şekil 2.19’da LabVIEW’de blok diyagramı verilmiş olan yağmur sensörü MyRIO kontrol kartının dijital input PIN11 girişine bağlandığını göstermektedir.



Şekil 2.20. Yağmur sensöründen alınan değer sonrası sera çatısının kapanması blok diyagramı

Şekil 2.20’deki ve Şekil 2.21’deki blok diyagramlarda da görüldüğü gibi Switch/case formatında çalışan Case-Structure yapısı içerisindeki durumlar True ve False olarak ayrı ayrı yazılmıştır.



**Şekil 2.21.** Yağmur sensöründen alınan değere göre çatısının açılması blok diyagramı

Case-Structure kısmının girişine MyRIO kontrol kartının dijital input PIN11 girişine bağlı olan yağmur sensöründen alınan değer ve Exclusive OR lojik kapısı konularak yağmurun yağıp yağmadığı durumları, özel veya kapısı (XOR) kapısıyla kontrol edilmiştir. Son olarak Case-Structure kısmının çıkışına servo motorun devreye girip aktifleşmesi için PWM kare sinyal modülü ve yağmur bilgisini ön panelde gösteren indikatör eklenerek LabVIEW yazılımının sera çatısı kontrolü kısmı tamamlanmıştır.

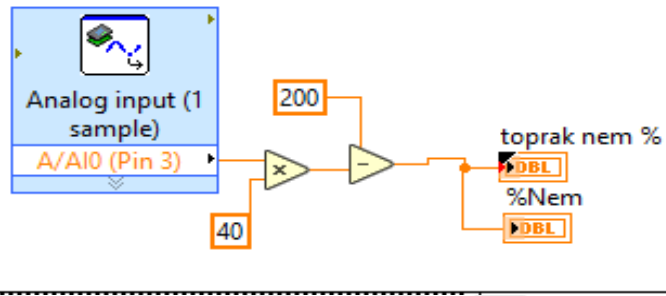


**Şekil 2.22.** Yağmurun yağıp yağmadığını gösteren LabVIEW ön paneli

Şekil 2.22’de MyRIO’nun girişine bağlanan yağmur sensörü ve MyRIO’nun çıkışına bağlanan servo motorun sera çatısı kontrolü için oluşturulan blok diyagram sonrası kullanıcıya gösterilen LabVIEW ön panel kısmıdır.

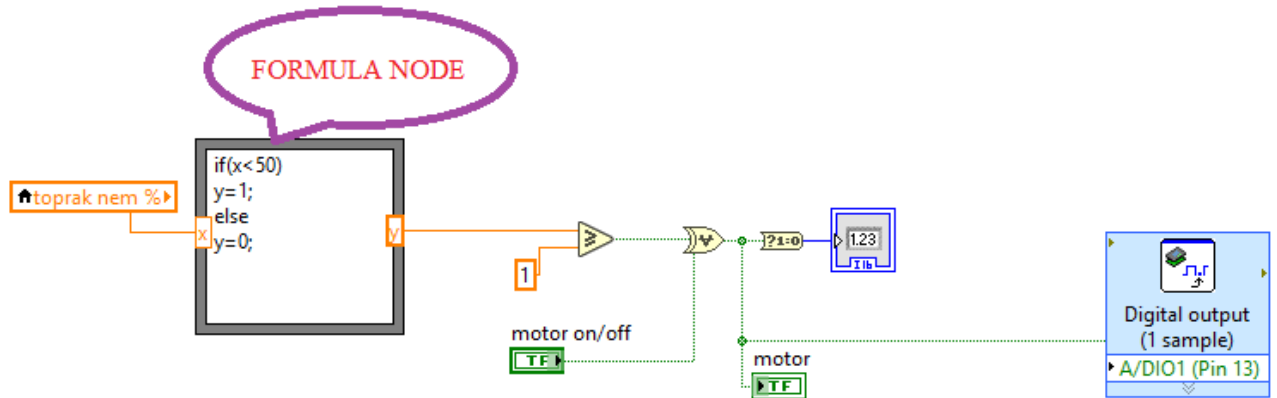
### 2.15.1.2. Sulama İçin Toprak-Nem Kontrolü Yazılımı

Yapılan çalışmanın bu bölümde sulama sisteminin sera prototipi üzerinde MyRIO kontrol kartıyla otomatik kontrolünün sağlanması amacıyla LabVIEW görsel laboratuvarında tasarlanan yazılımdan bahsedilmiştir. Ayrıca bu bölümde sulama sisteminde kullanılan MyRIO'nun analog PIN3 giriş kısmına bağlanan toprak-nem sensörünün LabVIEW'deki blok diyagramı verilmiş ve MyRIO'nun çıkış pinlerine bağlanan röle ve sulama motorunun oluşturulan yazılımdaki işlevlerinden bahsedilmiştir.



Şekil 2.23. Toprak-nem sensörünün analog PIN3 girişli LabVIEW blok diyagramı

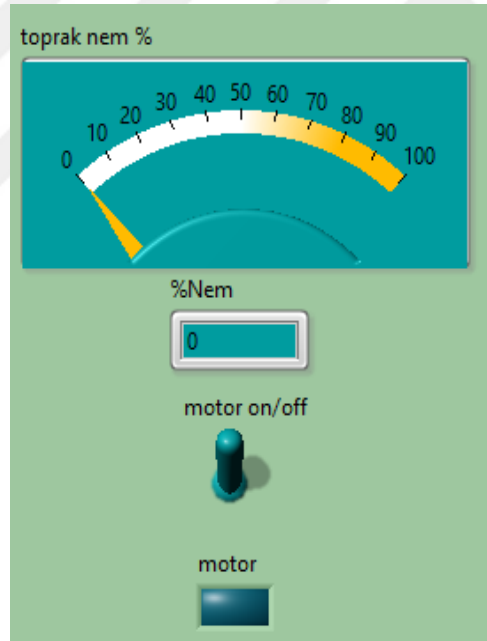
MyRIO kontrol kartının analog PIN3 girişine bağlanan toprak-nem sensörü blok diyagramı Şekil 2.23'te verilmiştir. Topraktaki nem değerinin yüzdelik olarak hesaplanması için analog olarak alınan nem değeri, analog giriş pininin çıkış kısmına MyRIO kütüphanesindeki Numerik Functions (sayısal fonksiyonlar) kısmından multiply (Çarpma) ve subtract (çıkarma) fonksiyonları çağrılarak hesaplama yapılmıştır. Analog olarak okunan değer 40 ile çarpılıp çıkan sonuçtan da 200 çıkarılmasıyla yüzdelik nem değeri bulunmuştur. Analog nem değeri yüzdesine göre sulama motorunun aktifleştirilmesi blok diyagramı Şekil 2.24'te gösterilmiştir.



Şekil 2.24. Analog nem değeri yüzdesine göre sulama motorunun aktifleşmesi blok diyagramı

Öncelikle Case structure yapısı içerisinde şekil 2.24'te de gösterildiği gibi LabVIEW Formula Node yapısı oluşturulmuş ve formula node yapısının girişine toprak-nem sensöründen analog olarak alınan nem değerinin yüzdesi bağlanmıştır. Formula Node'nin çıkış kısmına ise MyRIO kütüphanesinin Comparison (karşılaştırma) fonksiyon bölümünden büyük eşittir kapısı ve Boolean fonksiyon bölümünden XOR lojik kapıları getirilmiştir. Formula node'nin içerisinde ise if döngüsüyle eğer toprak nem sensöründen okunan analog yüzde nem miktarı %50 'den küçükse sulama motorunun devreye girmesi için rölenin lojik 1 değerini alması eğer sensörden okunan nem miktarı %50'den büyükse rölenin lojik 0 değerini alması sağlanarak sulama motorunun otomatik durdurulmasının kodu ifade edilmiştir.

Şekil 2.25'te gösterilen ön panelde, MyRIO analog girişine bağlı olan toprak-nem sensöründen gelen değer MyRIO tarafından analog olarak okunması ve yüzdelik nem değerine göre aktifleşmesi emrini MyRIO dijital PIN13 kısmına bağlı olan sulama motoruna vermesi işlemiyle sulamanın yapılması durumları kullanıcıya gösterilmektedir.

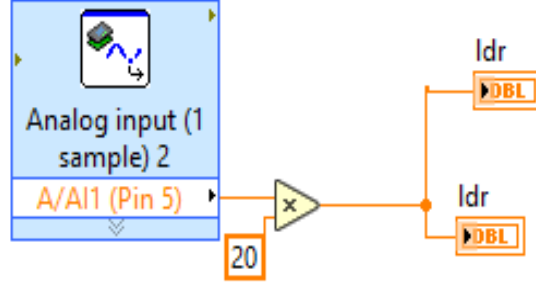


**Şekil 2.25.** Yüzdelik nem değerine göre sulama motorun aktifleşmesi ön paneli

### 2.15.1.3. Aydınlatma Kontrolü Yazılımı

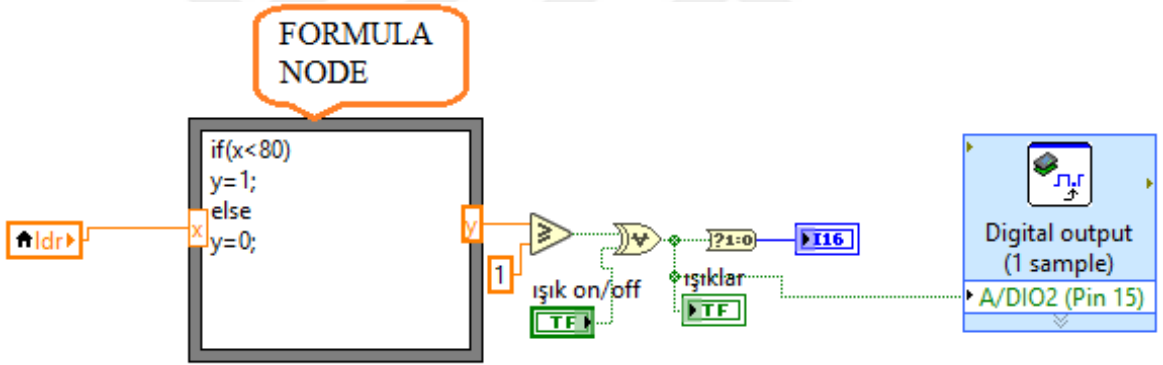
Yapılan tez çalışmasının aydınlatma sistemi uygulamasını göstermek için yapılmış olan sera prototipine LDR aydınlatma sensörü yerleştirilmiş ve bu sensör MyRIO cihazının analog PIN5 girişine bağlanmıştır. LDR aydınlatma sensöründen alınan bilginin analog okunması Şekil 2.26'da gösterilmiştir.





Şekil 2.26. LDR aydınlatma sensöründen alınan bilginin analog okunması

Şekil 2.26’da gösterildiği gibi MyRIO’nun analog girişine bağlanan LDR aydınlatma sensörünün blok diyagramı verilmiş ve analog PIN5 girişinin çıkış kısmına nümerik multiply (çarpma) fonksiyonu yerleştirilerek aydınlatmanın gerçek değeri bulunmuştur. Dış ortam aydınlatma şiddetine göre sera aydınlatmasının yapılması blok diyagramı Şekil 2.27’de gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Dış ortam aydınlatma şiddetine göre sera aydınlatmasının yapılması blok diyagramı

Şekil 2.27’de gösterilen blok diyagram kısmında LDR sensöründen analog olarak okunan aydınlatma şiddeti değeri bilgisi Formula Node kısmının girişine bağlanılmış ve if yapısı oluşturulmuştur. Eğer aydınlatma şiddeti değeri 80 Lüks’ten küçükse röle lojik 1 değerini alır ve gerekli aydınlatma yapılır. Eğer LDR sensöründen okunan aydınlatma şiddeti değeri 80 lüks’ten fazlaysa röle lojik 0 değerini alır ve aydınlatma sistemi kapanmış olur. Bu işlemden sonra Fomula Node’nin çıkış kısmına MyRIO kütüphanesinden Comparison büyük eşittir fonksiyonu ile Boolean fonksiyonundan XOR kapısı getirilmiştir. Böylece sera içi aydınlatılması işlemi MyRIO cihazının dijital PIN15 çıkışına bağlı olan LED aydınlatma tarafından gerçekleştirilir. LDR sensöründen gelen bilgiye göre aydınlatma işleminin yapılması ön paneli Şekil 2.28’de gösterilmiştir.



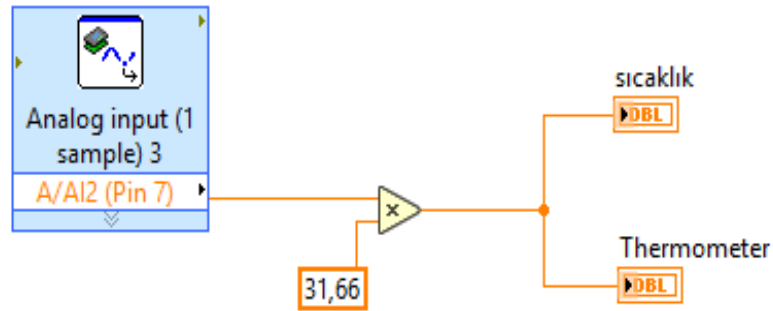


**Şekil 2.28.** LDR sensöründen gelen bilgiye göre aydınlatma işleminin yapılması ön paneli

Şekil 2.28'deki LabVIEW ön panelinde, MyRIO tarafından LDR sensöründen gelen bilginin değerlendirilip aydınlatma işleminin yapılıp-yapılmadığı durumlarının kullanıcıya gösterildiği arayüz verilmiştir.

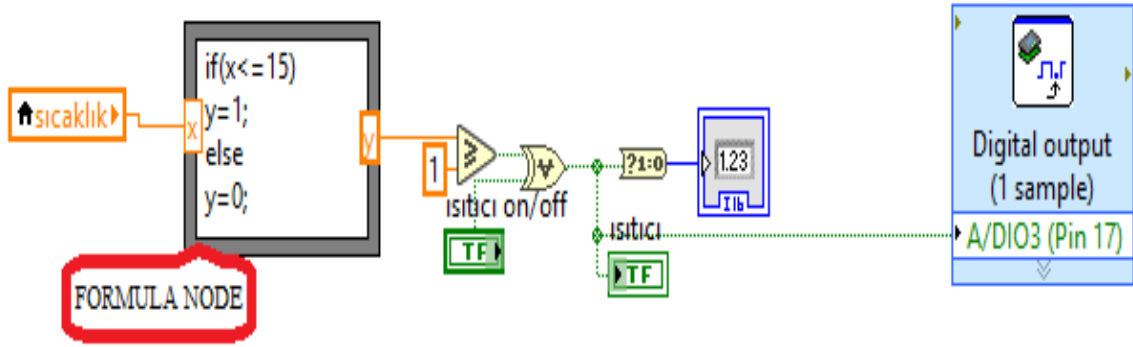
#### 2.15.1.4. Isıtma İçin Sıcaklık Kontrolü Yazılımı

MyRIO kontrol kartıyla sera otomasyonu uygulaması çalışmasında sera içerisindeki sıcaklık kontrolünün sağlanması için LM35 sıcaklık sensörü, Röle ve Infrared Isıtıcı kullanılmıştır. Uygulama kısmının gösterilmesi için infrared ısıtıcı yerine temsili yeşil şerit LED kullanılmıştır. Şekil 2.29'da MyRIO kartının analog PIN7 girişine bağlanan LM35 sensöründen alınan değerın MyRIO tarafından analog okunması blok diyagramı verilmiştir.



**Şekil 2.29.** LM35 sıcaklık sensöründen gelen bilginin analog okunması

Gerçek sıcaklık değerinin elde edilmesi için LabVIEW programı içerisindeki MyRIO kütüphanesinde nümerik divide (bölme) ve multiply (çarpma) fonksiyonlarıyla işlemler yapılmış ve bu işlem sonucu sıcaklık değeri kullanıcıya ön panelde analog ve dijital olarak gösterilmiştir. Okunan sıcaklık değerine göre ısıtma işleminin yapılması blok diyagramı Şekil 2.30'da gösterilmiştir.

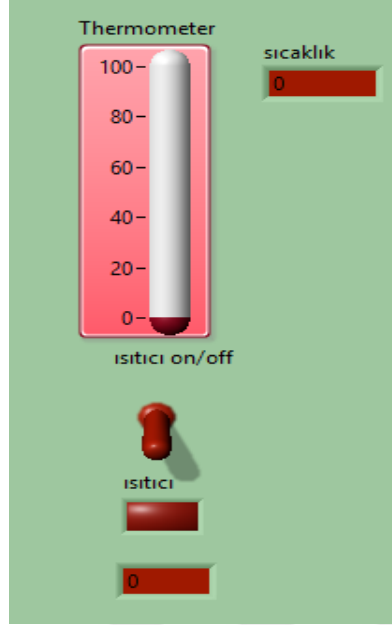


Şekil 2.30. Okunan sıcaklık değerine göre ısıtma işleminin yapılması blok diyagramı

Şekil 2.30'da verilen blok diyagramda yapılan işlemler şu şekildedir;

- LabVIEW Formula Node yapısı oluşturulur.
- MyRIO'nun analog PIN7 girişine bağlanan LM35 sensöründen alınan analog sıcaklık değeri Formula Node yapısının girişine bağlanılır
- Formula Node yapısının içerisinde if yapısı oluşturulur ve bu if yapısıyla MyRIO tarafından analog okunan sıcaklık değeri 15 °C'nin altındaysa infrared ısıtıcının yanması sağlanılır eğer analog okunan sıcaklık değeri 15 °C'nin üstündeyse Infrared ısıtıcı yanmaması sağlanılır.
- Formula Node yapısının çıkışına LabVIEW MyRIO kütüphanesinden Comparison fonksiyonlarından büyük eşittir fonksiyonu ve Boolean fonksiyonundan XOR kapısı getirilir.
- Sıcaklık değeri 15 °C'nin altındaysa rölenin lojik 1 değeri alması ve sıcaklık değeri 15 °C'nin üstündeyse rölenin lojik 0 değerini alması işlemi MyRIO'ya tanıtılır.
- MyRIO'nun dijital çıkış PIN17 kısmına bağlı olan infrared ısıtıcının devreye MyRIO'dan alacağı komuta göre girmesi işlemi yapılır.

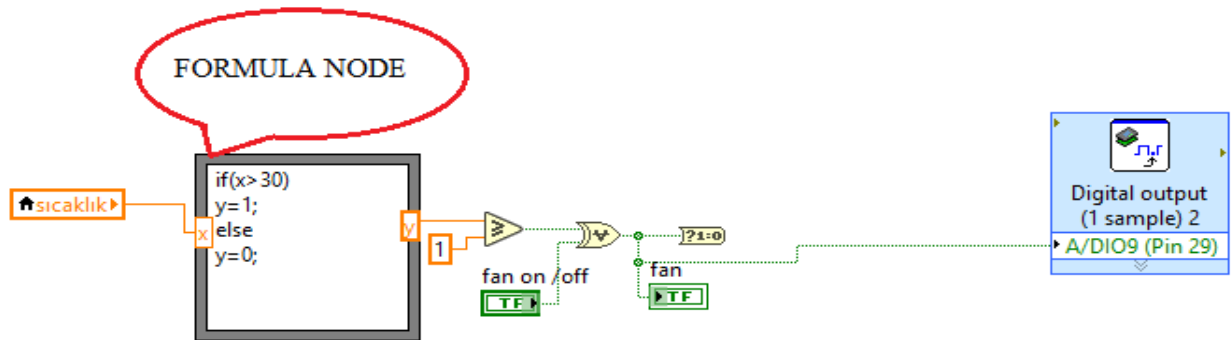
MyRIO'nun analog PIN7 girişine bağlanan LM35 sensöründen alınan değer gerekli işlemlerden sonra kullanıcıya gösterildiği sıcaklık değeri ön paneli Şekil 2.31'de gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Sıcaklık göstergesi ön paneli

#### 2.15.1.5. Havalandırma Kontrolü Yazılımı

Çalışmada ısıtma sisteminde sıcaklık 30°C'yi geçtiği zaman devreye girmesi sağlanan ve DC Fan, özellikle sera içerisinde yetiştirilecek olan bitkilerin aşırı sıcaklık derecesinden zarar görmemesi için zorunlu havalandırma görevini yapmaktadır. LabVIEW yazılımında yazılımı yazılan DC Fan'ın devreye girmesinin blok diyagramı Şekil 2.32'de gösterilmiştir.



Şekil 2.32. LabVIEW'de zorunlu havalandırma blok diyagramı

Şekil 2.32'deki blok diyagram kısmında LM35 sıcaklık sensöründen alınan sıcaklık değeri Formula Node'nin girişine bağlanmış ve bu değer Formula Node kısmında oluşturulan if yapıyla değerlendirilmiştir. If yapısı içerisinde eğer sıcaklık değeri 30°C'nin üstünyse MyRIO kartının dijital PIN29 çıkışına bağlanmış olan DC Fan'ın devreye girmesi sağlansın komutu yazılmıştır. LabVIEW'de zorunlu havalandırma ön paneli Şekil 2.33'te gösterilmiştir.



Şekil 2.33. LabVIEW’de zorunlu havalandırma ön paneli

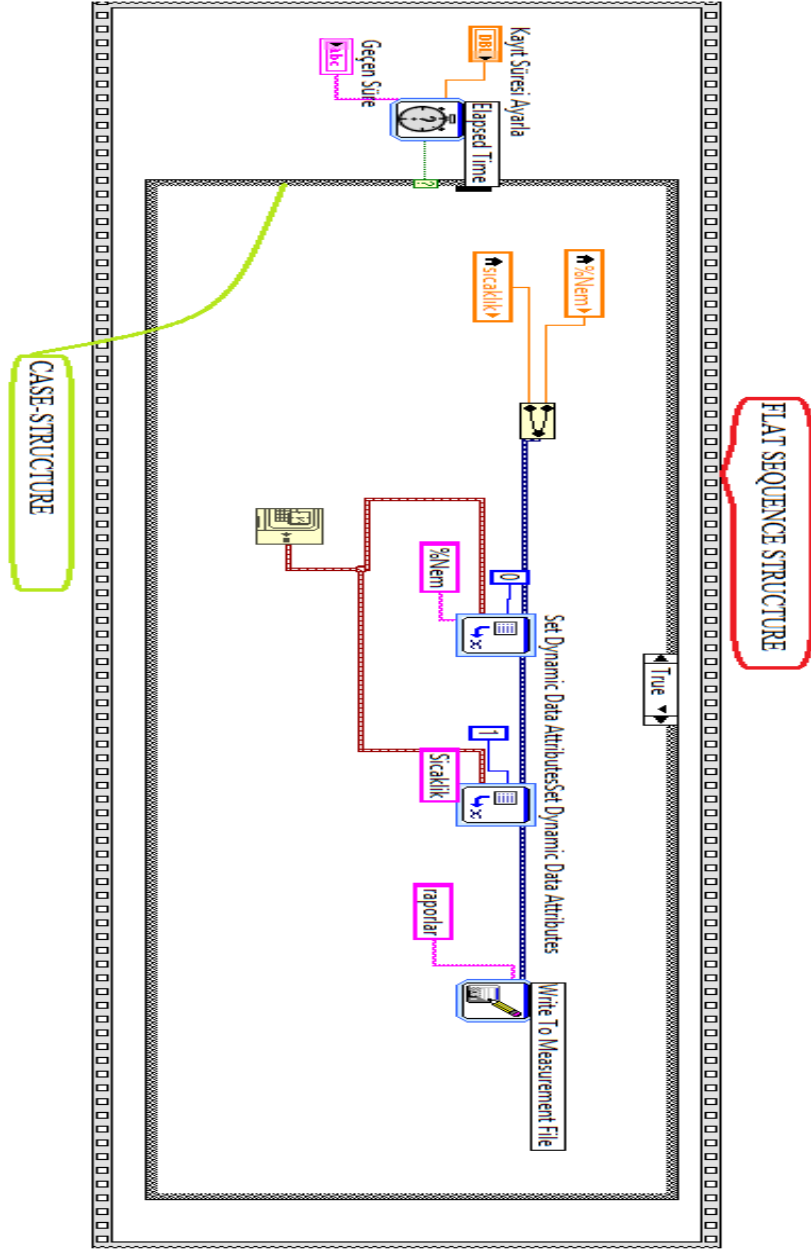
#### 2.15.1.6. Nem ve Sıcaklık Değerlerinin Excel’de Raporlanması Yazılımı

Hazırlanan tez çalışmasının bu bölümünde LabVIEW görsel laboratuvarında yazılımını tasarladığımız sera otomasyonu iklimlendirme(havalandırma sistemi, aydınlatma sistemi, ısıtma sistemi ve sulama sistemi) sisteminde MyRIO kontrol kartı tarafından okunan gerçek değerlerin kullanıcıya LabVIEW ön panelinde gösterilmesinin ardından bu değerlerin çalışma sürelerinin Microsoft Excel programında raporlanması işlemi yapılmıştır. Excel’de raporlanan gerçek değerler ay, gün, saat, saniye ve salise şeklinde kullanıcıya bağlı olarak sistem tarafından otomatik kayıt altında tutulur.

Raporlama işlemi için yazılmış olan LabVIEW yazılım aşamalar şunlardır;

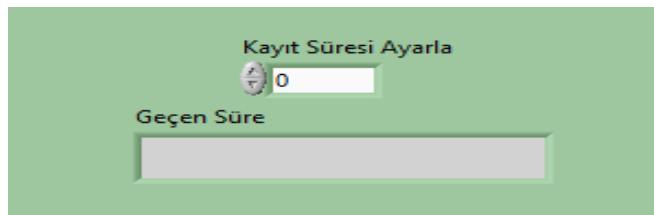
- Raporlama işleminin sırasıyla yapılması için Flat Sequence Structure yapısı getirilir.
- Kayıt süresi ve geçen süre girişine bağlamak üzere LabVIEW kütüphanesinin Timing fonksiyonu içerisinde Elapsed Time fonksiyonu getirilir.
- Elapsed Time fonksiyonun çıkış kısmın bağlı olduğu Case Structure yapısı oluşturulur.
- Son olarakta Case Structure yapısı içerisine toprak-nem değerinin kayıt süresinin ve sıcaklık derecesi değerinin kayıt süresinin anlık raporlanması işlemleri yapılmıştır.

Sistemde okunan nem ve sıcaklık değerlerin raporlanması blok diyagramı Şekil 2.34’te verilmiştir.



Şekil 2.34. Sistemde okunan nem ve sıcaklık değerlerin raporlanması blok diyagramı

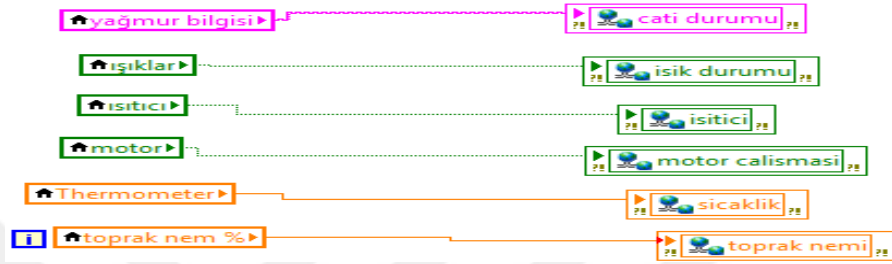
Bu işlemlerden sonra gerçek zamanda raporlama yapan sistemin kayıt süresinin kullanıcı tarafından belirlendiği LabVIEW ön paneli hazırlanmıştır. Raporların kayıt süresinin belirlendiği ön paneli Şekil 2.35'te gösterilmiştir.



Şekil 2.35. Raporların kayıt süresinin belirlendiği ön paneli

### 2.15.1.7. Verilerin Haberleştirilmesi Yazılımı

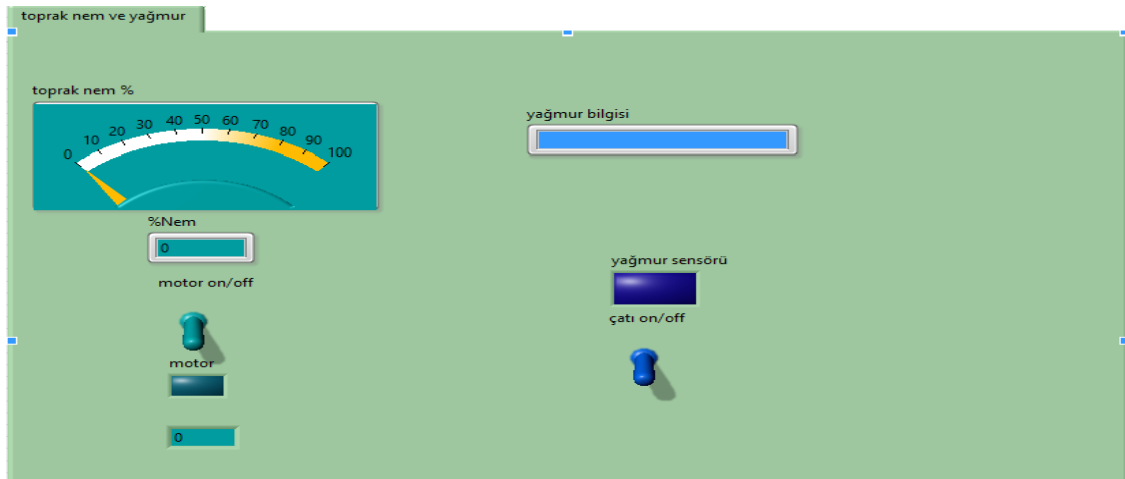
MyRIO kontrol kartıyla sera otomasyonu uygulaması çalışmasının bu kısmında LabVIEW’de tasarlanan blok diyagramlar ile MyRIO kontrol kartından gelen bilgilerin bilgisayarlar başta olmak üzere akıllı cep telefonları ve tabletler üzerinde kablosuz haberleşmesi sağlanmıştır. Şekil 2.36’da çeşitli akıllı cihazlarla haberleşmenin sağlanması için LabVIEW görsel laboratuvarında hazırlanan blok diyagramlar verilmiştir.



Şekil 2.36. Kablosuz haberleşme sağlanması için LabVIEW’de hazırlanan blok diyagramlar

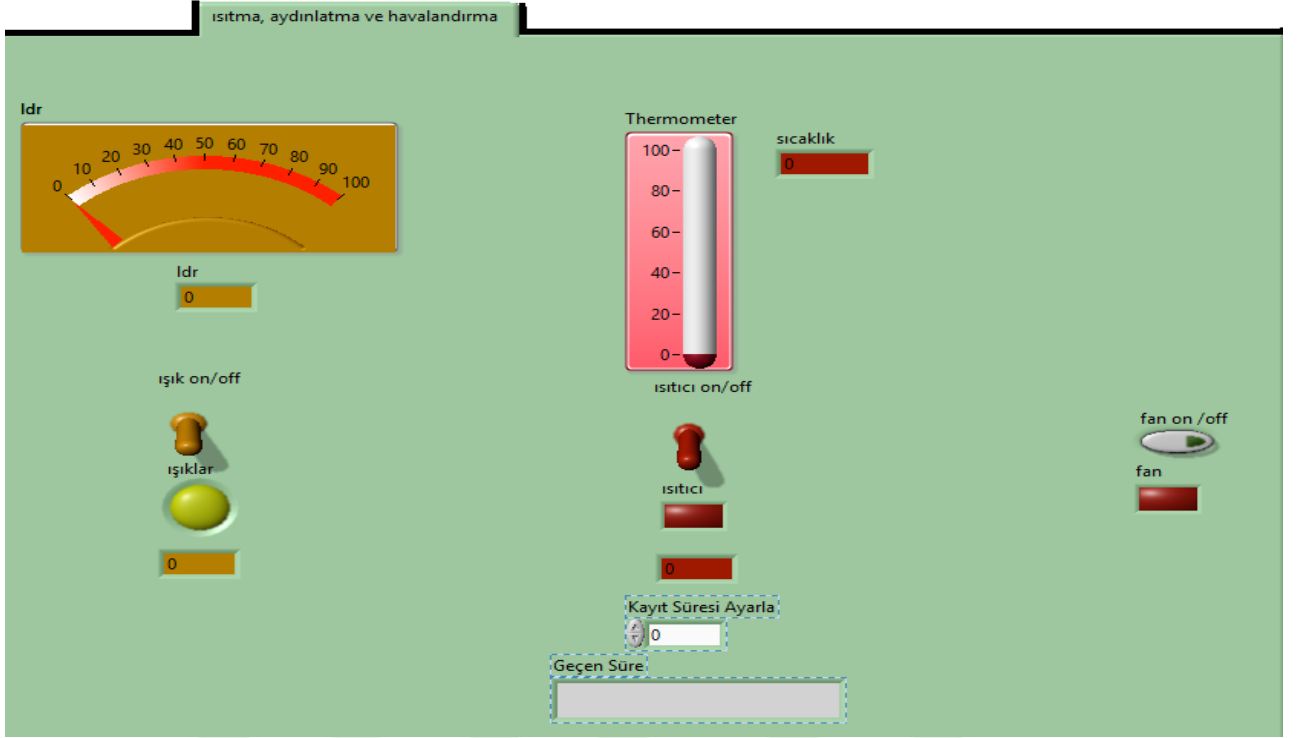
### 2.15.1.8. Yazılan LabVIEW Yazılımların Birleştirilmesi

Bu bölümde sera prototipi üzerinde uygulaması yapılmış olan sera iklimlendirme sistemi yazılımı, kablosuz haberleştirme yazılımı ve gerçek zamanda rapor kayıtlarının Microsoft Excel programında tutulması yazılımlarının tümünün birleştirilmesi işlemleri yapılmıştır. LabVIEW’de tasarlanmış olan blok diyagramlar kullanıcıya indikatör veya grafik olarak gösterilmiş ve sistemin genel olarak yazılımı iki ayrı ön panel oluşturacak şekilde yazılmıştır. Sulama ve sera çatısının açılıp-kapatılması LabVIEW ön paneli Şekil 2.37’de verilmiştir.



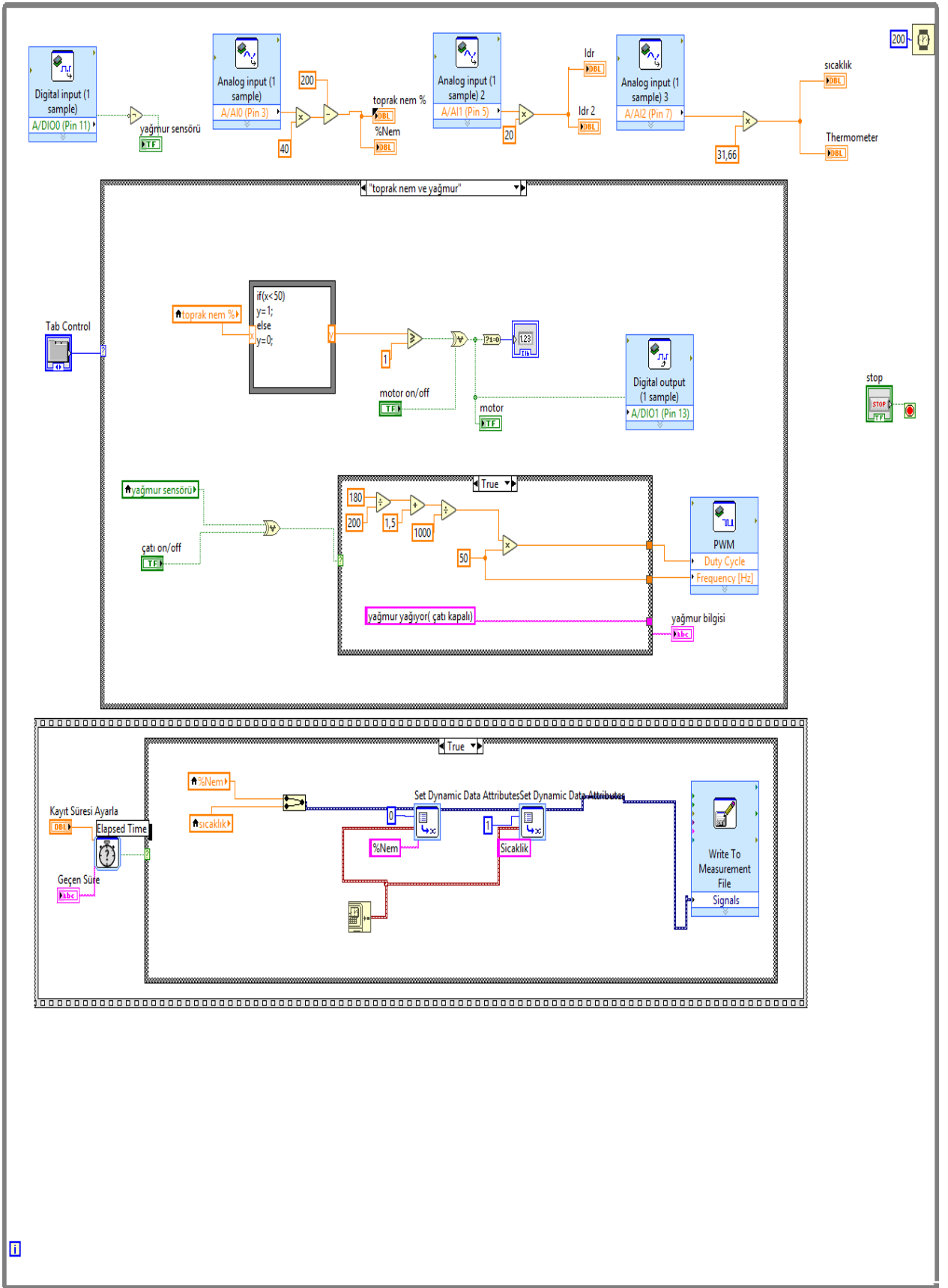
Şekil 2.37. Sulama ve sera çatısının açılıp-kapatılması LabVIEW ön paneli

LabVIEW’de tasarlamış olduğumuz iki ayrı ön panelden ikincisi olan ısıtma, aydınlatma ve havalandırma ön paneli Şekil 2.38’de gösterilmiştir.



Şekil 2.38. Isıtma, aydınlatma ve havalandırma LabVIEW ön paneli

Genel olarak Şekil 2.37’deki ve Şekil 2.38’deki gibi iki ayrı ön panelin oluşmasını sağlayan ve LabVIEW’de yazılan yazılımın genel blok diyagram Şekil 2.39’da verilmiştir.



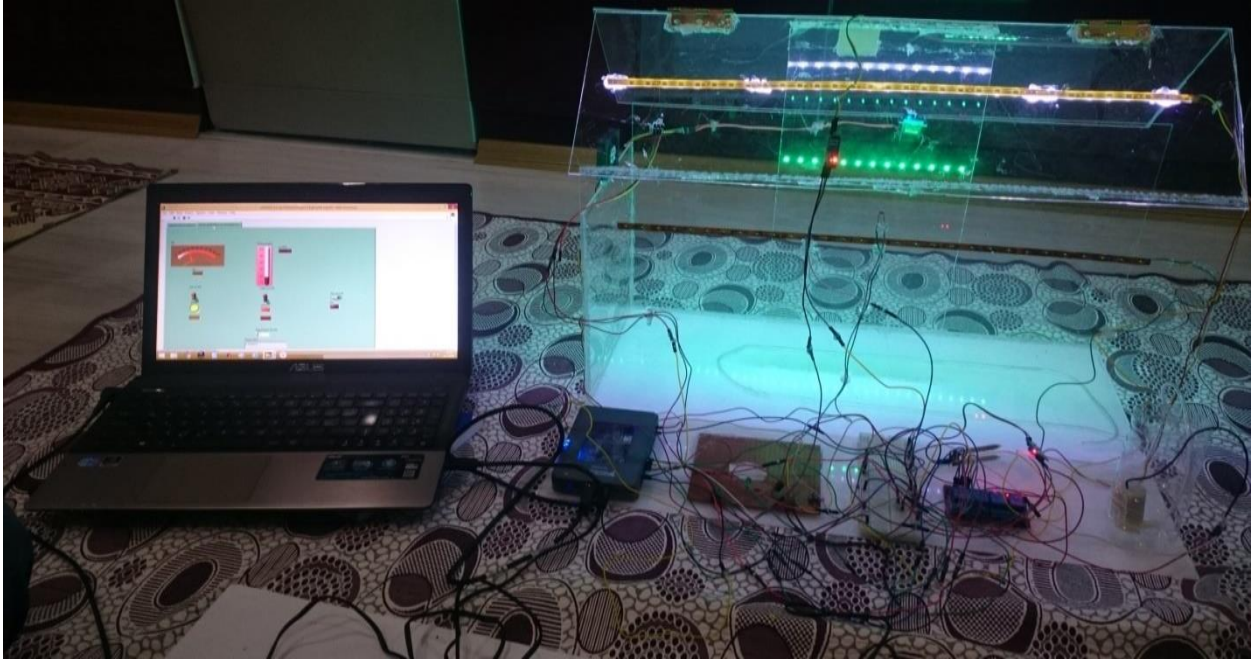
Şekil 2.39. LabVIEW’de yazılan yazılımın genel blok diyagramı



### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde uygulama için tasarlanmış olan sera prototipinin son hali verilmiş ve bu prototip üzerinde yazılım ve program test edilerek oluşturulan sistemin çalıştırılıp kontrollerinin yapıldığı LabVIEW kullanıcı ara yüzleri verilerek elde edilen test sonuçları anlatılmıştır.

Yazılımı test edilerek bütün kontrolleri yapılmış olan MyRIO kontrol kartıyla uzaktan erişimli sera otomasyonu uygulaması çalışmasının tamamlanmış hali Şekil 3.1’de mevcuttur.



**Şekil 3.1.** Projenin tamamlanmış son hali

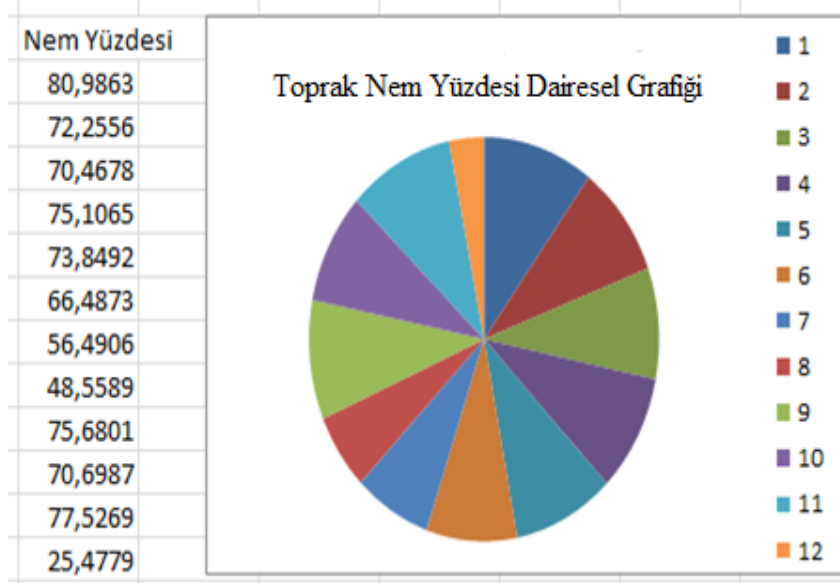
Şekil 3.2’de verilmiş olan LabVIEW kullanıcı arayüzünde sulama sisteminin devreye girip girmediği ve prototip sera çatısının yağmurlu havalarda açılıp-kapatılması kontrolünün yazılan yazılımla MyRIO kartı kontrollü test edilmesi işlemleri yapılmıştır.

Şekil 3.2’de verilen arayüzdeki işlemlerden birincisi sulama işlemi için kullanılan su pompasının su deposundan sulama borularına suyu gönderip göndermediği test edilmiştir. Bu test yapılırken yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi toprak-nem yüzdesi değeri 77,6856 değerinde olduğu ölçülmüş ve sera sulama işleminin yapıldığı gözlemlenmiştir (LabVIEW’de kullanıcı tarafından belirlenen nem yüzdesi sınır değeri 80’dir).



Şekil 3.2. Toprak-nem kontrolü ve çatı kontrolü denemesi LabVIEW arayüzü

Ayrıca yapılan çalışmada toprak-nem sensöründen 12 saat boyunca saat başı nem değerleri ölçülerek alınan değerler Şekil 3.3'te grafik olarak verilmiştir.

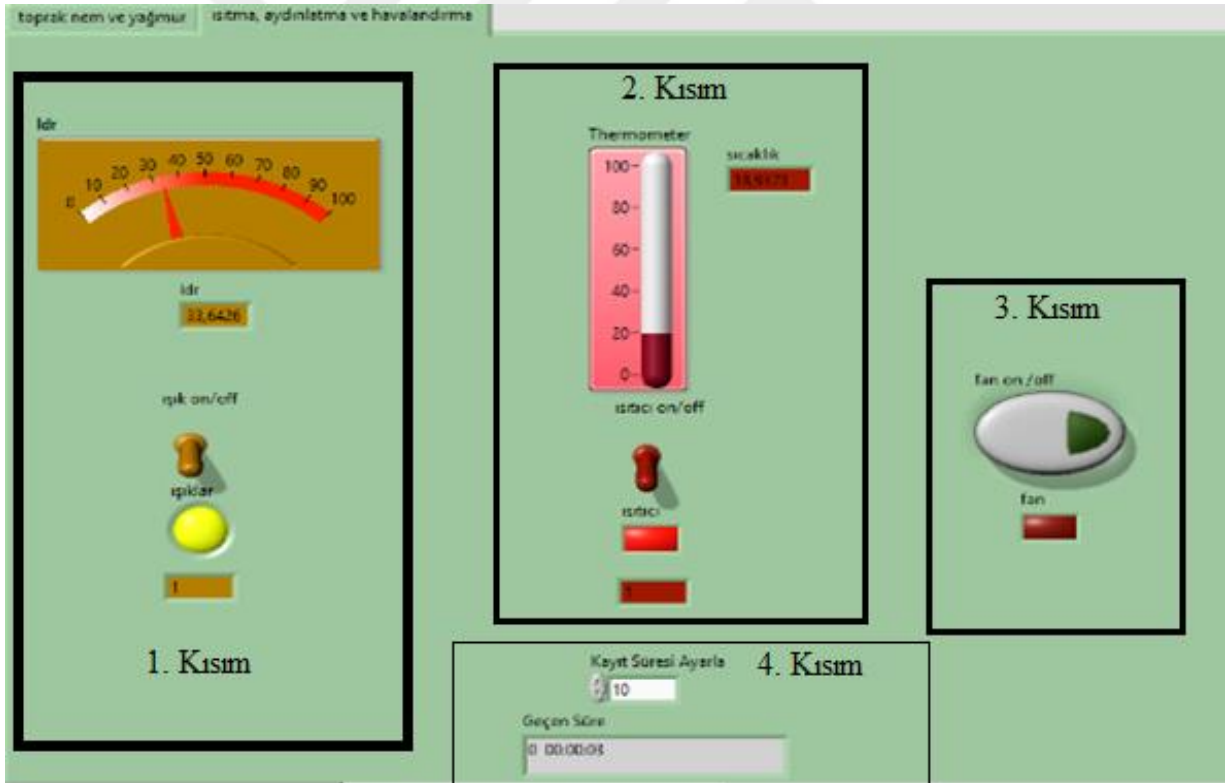


Şekil 3.3. 12 saat boyunca saat başı toprak-nem sensöründen alınan değerler

Şekil 3.3'te de görüldüğü gibi MyRIO kartının toprak-nem sensöründen okuduğu 12 saatlik sera toprağının nem yüzdesi değerler kapsamında toprak nem yüzdelik değerinin 80,9863 olduğu anda su motorunun MyRIO kontrol kartından aldığı komutla sulama işlemini kestiği gözlemlenmiştir.

Şekil 3.2'de verilen arayüzdeki ikinci işlemde sera çatısı kontrolü test edilmiştir. Bu işlem sırasında MyRIO kontrol kartı kendi girişlerinden dijital PIN11'e bağlı bulunan yağmur sensöründen aldığı değere göre yağmurun yağmadığını algılayarak 'yağmur yağmıyor (çatı açık)' komutuyla servo motor pozitif yönde 90° derece açıyla dönerek çatıyı açık bırakması işlemi yaptığı gözlemlenmiştir. Yağmur yağdığı zamanda ise servo motor negatif yönde 90° derece dönerek sera çatısının kapatılması işlemi yaptığı gözlemlenmiştir.

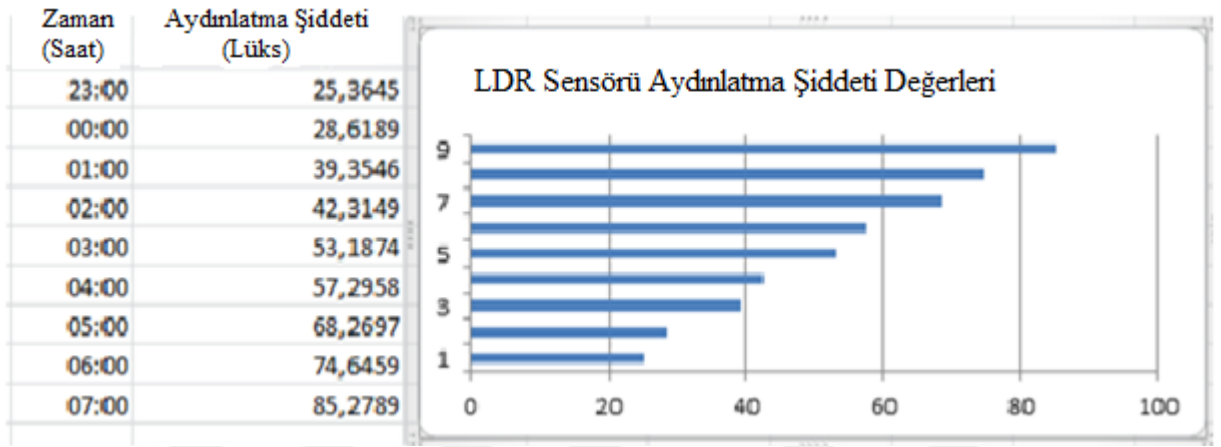
Şekil 3.4'te sera prototipi üzerinde iklimlendirme otomasyonu için aydınlatma, sıcaklık ve havalandırma kontrolü testleri yapılmış olan ve Excel'de raporlama kayıt süresinin yapıldığını gösteren dört farklı işlemin LabVIEW kullanıcı ara yüzü mevcuttur.



Şekil 3.4. Aydınlatma, sıcaklık, havalandırma kontrolü testi ve Excel'de kayıt süresi LabVIEW arayüzü

Şekil 3.4'te verilen kullanıcı arayüzündeki dört işlemten birincisi aydınlatma kısmıdır. Aydınlatma yazılım kısmının testinde LDR sensöründen alınan bilginin MyRIO'ya gelmesi ve

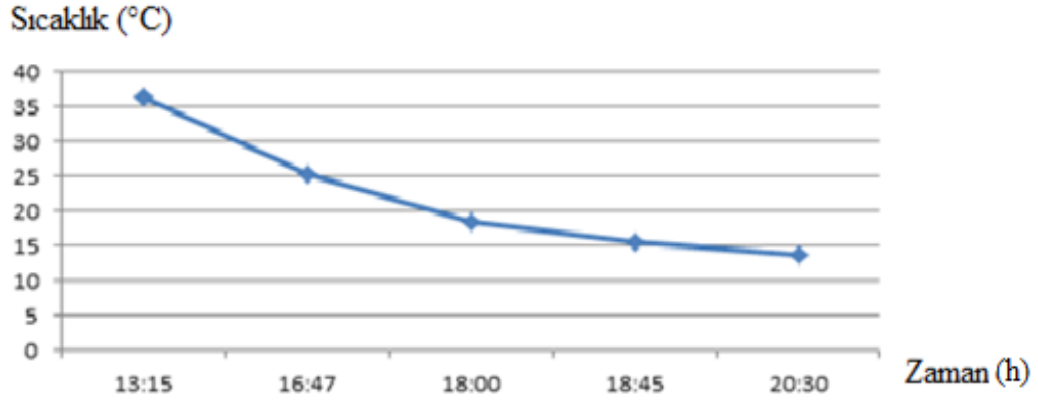
MyRIO kartının aldığı bu bilgiyi LabVIEW’de belirtilen değere göre değerlendirip aydınlatmanın yapılıp yapılmamasına karar vermesiyle gerçekleştirilir. Uygulama kontrolü için yapılan testte LDR sensörü aydınlatma şiddeti değerini 33,6426 Lüks olarak ölçmüştür. MyRIO kartı ölçülen bu değeri kullanıcının LabVIEW’de belirlediği değer altında olduğu bilgisini algıladığı ve aydınlatma işlemini yapması için projede kullanılan beyaz şerit LED’lere komut vererek sera aydınlatılmasının yapıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca gün içerisinde değişik saatlerde MyRIO kontrol kartının LDR sensöründen okuduğu aydınlatma şiddeti değerleri Şekil 3.5’teki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Saat başı LDR sensörünün algıladığı aydınlatma şiddeti değerleri

Şekil 3.5’te MyRIO kontrol kartının okuduğu değerlere göre saat 23.00’dan saat 06.00’a kadar sera içi aydınlatması yapıldığı görülmüştür. Saat 07.00 olduğunda MyRIO kartı tarafından LDR aydınlatma sensörü vasıtasıyla algılanan aydınlatma şiddeti değerinin (85,2789 Lüks) LabVIEW programında kullanıcı tarafından belirlenen ve karanlığın tam bitip aydınlığın başladığı değer olan 80 Lüks değerinin üstüne çıkması sebebiyle aydınlatma sisteminin MyRIO kartından aldığı komutla otomatik olarak devreden çıktığı gözlemlenmiştir.

Şekil 3.4’te gösterilen ara yüzdeki ikinci kısımda sera içi sıcaklık testi yapılmıştır. Burada MyRIO kartı, LM35 sıcaklık sensöründen sera içerisindeki sıcaklık derecesinin 18,9373 °C derece olduğunu ve bu değer kullanıcının LabVIEW’de belirlediği sıcaklık alt-üst (15-30°C) sınır değeri arasında olduğunu tespit etmiştir. Bu sebeple ısıtıcının devreye girmediği gözlemlenmiştir. Sistem gün içerisinde ortam sıcaklığının farklı olduğu saatlerde de test edilmiş ve testte elde edilen sıcaklık değerleri Şekil 3.6’daki grafikte verilmiştir.



**Şekil 3.6.** LM35 sıcaklık sensöründen farklı saatlerde alınan sıcaklık değerleri

Şekil 3.6’da LM35 sıcaklık sensöründen alınan değerler kapsamında sera ısıtıcısının saat 13.15’ten saat 20.29’a kadar devreye girmedeği fakat sıcaklık değerinin 13,6598 °C derece olduğu anda yani saat 20:30’da MyRIO kontrol kartından aldığı komutla otomatik olarak devreye girdiği tespit edilmiştir. Ayrıca LM35 sensöründen alınan diğer sıcaklık değerleri saat 13.15’te 36,2856°C, saat 16.47’de 25,2354°C, saat 18.00’de 18,4897°C ve saat 18.45’te 15,6321°C olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 3.4’te verilen kullanıcı ara yüzündeki üçüncü kısımda sera prototipi üzerinde havalandırma yapılması işlemi test edilmiştir. Bu işlem yapılırken sıcaklık değeri normal değerinde (18,9373°C derece) olduğu gözlemlenmiş ve bu sebeple DC Fan’ın devreye girmedeği tespit edilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Excel’de sıcaklık değeri ve nem yüzdesi değerleri raporlanması

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Time	Time*	%NEM	SICAKLIK						
2	05.11.2019 17:51:09,167 ÖS	0	77,6856	18,9373						
3	05.11.2019 17:51:19,167 ÖS	1	74,4573	17,9876						
4	05.11.2019 17:51:29,167 ÖS	2	75,4965	17,6379						
5	05.11.2019 17:51:39,167 ÖS	3	73,8492	18,0694						
6	05.11.2019 17:51:49,167 ÖS	4	76,3873	18,8567						
7	05.11.2019 17:51:59,167 ÖS	5	76,4906	16,5348						
8	05.11.2019 17:52:09,167 ÖS	6	75,5589	16,6519						
9	05.11.2019 17:52:19,167 ÖS	7	75,0201	17,5259						
10	05.11.2019 17:52:29,167 ÖS	8	76,6987	18,6623						
11	05.11.2019 17:52:39,167 ÖS	9	76,5228	18,2698						
12	05.11.2019 17:52:49,167 ÖS	10	77,4779	18,8628						

Şekil 3.4’te verilen arayüzdeki 4. Kısım’da, Çizelge 3.1’de de verilmiş olan Excel raporlama kısmı test edilmiştir. Bu işlemde 10 saniyede 1 defa sıcaklık ve nem değerlerinin alınıp Excel’de raporlandığı gözlemlenmiştir.

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Her geçen gün dünya nüfusunun artmasıyla beraber artan nüfusun ihtiyaç duyduğu tarımsal ürünlerin her mevsim elde edilebilmesi bilhassa da kış mevsiminde elde edilebilmesi oldukça zorlaşmış bulunmaktadır. Bu sebeple ihtiyaç duyulan tarımsal ürünlerin kolay bir şekilde ve istenilen kalitede elde edilebilmesi için insanlar sera yetiştiriciliğinden faydalanmaktadır.

Sera yetiştiriciliği için en önemli kriterlerden biri de ortamın iklim koşullarıdır. Genel olarak ılıman iklim koşulları seralarda bitki yetiştirmeye daha uygundur. Her yerin iklim özelliklerinin farklı olması seraların dar bir alanda kurulmasına sebep olmaktadır. Günümüzde gelişen elektronik, malzeme ve bilgisayar teknolojilerinin sera alanlarında kullanılmaya başlamasıyla bu durumun önüne geçilmiş ve seralarda ürün yetiştirmek için dış ortam koşullarının etkisi oldukça azaltılmıştır. Ayrıca kurulan sera alanlarında yetiştirilecek bitkiler için uygun ortam sıcaklığının, sulamasının, sera içi hava sirkülasyonunun, sera içerisindeki nem ve CO<sub>2</sub> miktarının eskiden kullanılan geleneksel sistemlerle yeterli düzeyde sağlanması sonucu olarak insan gücüne çok az miktarda ihtiyaç duyan sera otomasyonu sistemleri geliştirilmiştir. Fakat geliştirilen sera otomasyonu sistemlerinin kurulum maliyetlerinin fazla olması, sera kurulduktan sonra teknik-bakım gereksinimleri ve sera iklimlendirmesi sistemlerinde enerji tüketiminin fazla olması otomasyon sistemlerinin tercih edilmesinde endişelere yol açmıştır. Bu sorunlar göz önünde bulundurularak sera otomasyon sistemleri hakkında geçmişten günümüze kadar birçok çalışma yapılmış ve otomasyon sistemlerine yeni öneriler getirilmiştir.

Tez çalışmasında yapılan çalışmalardan ve önerilerden yararlanılıp MyRIO kontrol kartıyla uzaktan erişimli sera otomasyonu uygulamasıyla sera otomasyonu sistemlerine farklı bir çalışma eklenmiş bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan MyRIO mikroişlemci/mikrodenetleyici kontrol kartı ve LabVIEW görsel laboratuvarı sayesinde sera iklimlendirmesinin otomatik kontrolü sağlanmaktadır. Çeşitli elektronik sensörler yardımıyla yapılmış olunan bu çalışmanın uygulanabilirliğini test etmek amacıyla gerekli malzemeler temin edilerek sera prototipi hazırlanmıştır. Hazırlanan sera prototipi üzerinde sera havalandırma, ısıtma, sulama ve aydınlatma sistemleri ayrı ayrı incelenerek kontrol edilmiştir.

MyRIO kontrol kartıyla uzaktan erişimli sera otomasyonu uygulamasının çeşitli avantajları mevcuttur. Bunlar;

- Kullanmış olduğumuz MyRIO kontrol kartı sayesinde sistem bilgisayar, tablet ve akıllı cep telefonlarıyla anlık olarak gerçek zamanda uzaktan kontrol edilebilmektedir.

- Sistem uzaktan erişimli olduğu için gerektiğinde müdahale edilebilmektedir.
- Isıtma sisteminde kullanılan infrared ısıtıcı seradaki bitkileri direkt olarak ısıttığı için bitkilerin ihtiyaç duyduğu sıcaklık miktarı az enerji tüketilerek elde edilebilmektedir ve böylece enerji tasarrufu sağlanmaktadır.
- Mikroişlemciler/Mikrodenetleyiciler ve çeşitli elektronik kontrol kartları kullanılarak yazılan kodların yaptığı işlemler kullanıcıya arayüz oluşturarak gösterilmesi oldukça zor olmasına rağmen çalışmada kullanılan LabVIEW programı sayesinde veriler grafiksel olarak kullanıcıya ön panelde rahatlıkla sunulmaktadır.
- Bilgisayar programlama dillerinde sayfalarca yazılan kodlar çalışmada kullanılan LabVIEW programında kolayca yazılabilmektedir.
- Kullanılan LabVIEW grafiksel programı sayesinde gün içerisindeki sera içi iklim koşullarından elde edilen veriler Excel'de raporlanabilmesi, kullanıcıya verileri tekrar kontrol edebilme imkanı sunmaktadır.

Hazırlanan bu tez çalışmasındaki avantajların artırılması için iklimlendirme kontrol düzeyi daha da iyileştirilerek sistem daha kararlı hale getirilebilir. Çalışmanın özellikle iklimlendirme sistemi kısımlarından sera ısıtılmasında geleneksel ısıtma sistemleri (soba, kalorifer vs. gibi) yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgar, biyogaz, jeotermal kaynaklar vs. gibi) kullanılmasıyla çevreye verilen zarar daha da düşük seviyelere düşürülebilir ve karbon kaynaklı yakıt kullanılmadığı içinde küresel ısınma oranı azaltılabilir. Seralarda özellikle iklimlendirme sisteminin her bölümünde genellikle elektrik enerjisi kullanılır ve enerji için harcanan maliyet artar bu durumun önüne geçebilmek için kurulacak olan seralar jeotermal kaynaklara yakın yerlerde kurulursa sera ısıtılmasında enerji için harcanan maliyet düşürülebilir.



## KAYNAKLAR

- [1] Kopdra S, Martin M, 2016. Implementation of Microcontroller Arduino in Irrigation System, DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-42291-6\\_13](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-42291-6_13).
- [2] Sase S, Kaçira M, Okushima L, Ishii M, Moriyama H, Kowata H, 2004. Cooling Greenhouses under Natural Ventilation. International Workshop on Agricultural Structures and Environmental Control, Korea.
- [3] Tsai CH, Bai YW, Chu CA, Chung CY, Lin MB, 2011. PIR sensorbased Lighting Device with Ultra-low Standby Power Consumption, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 57 (3): 1157-1164.
- [4] Ödük MN, Allahverdi N, 2009. Bulanık Kontrol Yöntemi İle Sera Otomasyon Geliştirme Üzerine Bir Çalışma, Word Academy of Science Engineering and Technology (WASET), Sayı 7, Sayfa 599-603.
- [5] Campen JB, Bot G, & De Zwart HF, 2003. Dehumidification of Greenhouses at Northern Latitudes. Biosystems Engineering, 86 (4): 487-493.
- [6] Sung HJ, Park KJ, 1997. Development of Heat Pump- PCM Latent Heat Storage System for the Greenhouse Heating (I) Journal of Korean Society for Agriculture Machinery 19 (3).
- [7] Teitel M, Tanny J, 1999. Natural Ventilation of Greenhouses: Experiments and Model. Agricultural and Forest Meteorology, 96: 59-70.
- [8] Zade PAV, Simran H, Pallavi B, 2017. A Smart Green House Automation System by Wireless Sensor Networks, ISSN: 2321-9637.
- [9] Günerhan GG, Kocar G, Hepbaşlı A, 2001. Geothermal Energy Utilization İn Turkey, International Journal Of Energy Research, 25, 769-784.
- [10] Koçak M, 2002. Elektriksel Yöntemlerle Algılanan Toprak Neminin Sulama Otomasyonunda Kullanılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 101s.
- [11] Hasan KMM, Rahman MS, Rafiq MA, 2017. Experimental Analysis of Harmonic and Power Factor for Various Lighting Loads, 2017 3rd International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT), 7-9 Aralık 2017, Khulna.
- [12] Usmani JA, Tiwari GN, Chandra A, 1996. Performance characteristic of a greenhouse integrated biogas system, Energy Convers. Mgmt, 37(9): 1423-1433.
- [13] Kendirli B, Çakmak B, 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 2(1): 95-103.



- [14] Üstün S 1998. Sera Projelerinin Hazırlanmasına Yönelik Bir Uzman Sistemin Oluşturulması. Doktora Tezi, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [15] Topçu S, 2007. Seralarda Geleneksel ve Organik Tarım. Ç.Ü. Yumurtalık Meslek Yüksek Okulu, Adana.
- [16] Çolak A, 2002. Isıtılmayan Bir Cam Serada Sera İçi Sıcaklık, Çiğlenme Sıcaklığı ve Bağlı Nem Deseni Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39(3): 105-112.
- [17] Ciğer M, 2010. Bilgisayar Kontrollü, İnternet Destekli Sera Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [18] Öz H, 2007. Isparta Yöresindeki Seralarda Fan Ped Sisteminin Etkinliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, s:62.
- [19] Baytorun AN, 1995. Seralar. Ç.Ü. Ziraat Fak. Yayın No:110, Adana.
- [20] Eltez RZ, Günay A, 1998. Bakırçay'da Seracılık. Bergama Ticaret Odası Yayınları. İmaj Reklam, Bergama.
- [21] TS EN 13031-1, 2003. Seralar- Tasarım ve Yapım- Bölüm 1: Ticari Üretim Seraları ICS 65.040.030 Türk Standartları Enstitüsü, ANKARA.
- [22] Öztürk HH, Başçetinçelik A, 2002. Seralarda Havalandırma. Türkiye Ziraat Odaları Birliği, Yayın No: 227
- [23] Anonymous, 2008. Official Methods of Analysis (21th Edition). In: Hortwitz W, Latimer GW (eds), Gaithersburg , MD, USA.: AOAC-Int.
- [24] Ma X, Li Y, Yang L, 2018. Design of Environment Parameter Adjustment System for Greenhouse Based on STM32. 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). Wuhan, 719 - 723.
- [25] Latha MNS, Girish S, Ganesh AB, 2016. Cooperative Communication Enabled Wireless Sensor Network For Monitoring Green House. International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT). Ramanathapuram, 86-91.
- [26] [http://otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/77-sera-otomatik-kontrol sistemleri/](http://otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/77-sera-otomatik-kontrol-sistemleri/) (Erişim Tarihi: 07.10.2019)
- [27] Öneş A, 1986. Sera Yapım Tekniği 2. Baskı. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları 1165, Ankara.
- [28] Arııcı İ, 1999. Sera Yapım Tekniği. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Notları, 44, Bursa.

- [29] Kürklü A, Çağlayan N, 2005. Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1):25.
- [30] Yüksel AN, 2004. Sera Yapım Tekniği. Hasad Yayıncılık, ISBN 975-8377-09-4, İstanbul, s:287.
- [31] Hakgören F, Kürklü A, 2007. Sera Planlaması. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, yayın no:6, Antalya.
- [32] Vassiliou NN, 2000. Determination of Natural Ventilation Rate in a Double Span Arch Type Greenhouse. Acta Horticulture, Haifa, 534:171-180.
- [33] Anonim, 2011. Sera İçi Yetiştiricilik Sistemleri (s.31-32). Ankara: T.C Milli Eğitim Bakanlığı. Uluslararası Turfanda Şurası, Anamur.
- [34] Von Zabeltitz C, 1986. Gewachshauser- handbuch des erwerbsgartners Handbuch des Erwerbsgartners. Stuttgart: Ulmer -Verlag,.
- [35] Yılmaz C, 2002. Seralar İçin Çok Fonksiyonlu Akıllı Kontrol Sistemleri. Elimko Elektronik İmalat ve Kontrol Ltd. Şti.
- [36] Yüksel AN, 1989. Sera Planlaması ve Yapımı, Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, Ankara.
- [37] Yüksel AN, Korkut AB, Kaygısız H, 1993. Sera Üreticisinin El Kitabı, Hasat Yayıncılık, İstanbul.
- [38] Cartoğlu B, 1991. Seralarda Isıtma ve Soğutma Denetimi. Bahçe ve Sera Uluslararası Meyvecilik Sebzeçilik ve Çiçekçilik Dergisi, 2: 51-53.
- [39] <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Güneş>(Erişim tarihi:16.10.2019)
- [40] Yağcıoğlu A, 2009. Sera Mekanizasyonu, Ege Üniversitesi Yayınları, Ziraat Fakültesi, Yayın No:562, Bornova, İzmir, s: 383.
- [41] Öztürk HH, 2008. Sera İklimlendirme Tekniği. Hasad Yayıncılık Ltd.Şti. İstanbul, s: 267-269.
- [42] Gorjian S, Hashjin TT, Ghobadian B, 2011. Solar Powered Greenhouses. SET2011, 10th International Conference on Sustainable Energy Technologies, Istanbul, 4-7 Sep. 2011.
- [43] Fuller RJ, Cooper PI, Sale PJM, Speed REW, 1983. Crop Yield Use in a Solar Greenhouse. Solar World Congress, 1222-1226.
- [44] <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>(Erişim tarihi:16.10.2019)
- [45] Özgener Ö, Koçer G, 2004. Geothermal heating applications. Energy Sources, s: 353-360.
- [46] Öztürk HH, 2006. Seracılıkta Jeotermal Enerji Kullanımı. Türkiye Ziraat Odaları Birliği, Yayın No: 259 ISBN: 975-8629-46-8, s:394.

- [47] Serpen Ü, 2006. Jeotermal enerjinin dünyada, Türkiye’de durumu ve İstanbul Teknik Üniversite’sindeki Çalışmalar. İTÜ Enerji Çalıştay ve Sergisi, 22-23 Haziran 2006, İstanbul.
- [48] <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/VIEW.php?id=2718>(Erişimtarihi:16.10.2019)
- [49] Günhan T, 1998. Seraların Düşük Sıcaklıktaki Akışkanlarla Isıtılma Teknikleri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, s: 49.
- [50] <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>(Erişim Tarihi: 21.05.2019).
- [51] Öztürk HH, 1991. Şanlıurfa Yöresindeki Plastik Seralarda Isı Perdelerinin Sera İç Ortamına Olan Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana
- [52] Arinze EA, Schoenau GJ, Besant RW, 1986. Experimental and Computer Performance Evaluation of A Movable Thermal İnsulation For Energy Conservation in Greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research* 34: 97–113.
- [53] Bailey BJ, 1977. Thermal Screens For Reducing Heat Losses From Glasshouses. Commission of The European Communities Technical and Physical Aspects of Energy Saving in Greenhouses.
- [54] Sevgican A, Tüzel Y, Gül A, Eltez RZ, 2000. Türkiye’de Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliği. 5. Türkiye Ziraat Teknik Kongresi, 17-21 Ocak, Ankara, 679-707.
- [55] Lin KH, Huang MY, Huang WD, Hsu MH, Yang ZW, Yang CM, 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hidroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *SciHortic-Amsterdam*. 150: 86–91.
- [56] Opdam JG, Schoonderbeek GG, Heller EB, Gelder A, 2005. Closed greenhouse: a starting point for sustainable entrepreneurship in horticulture. *Acta Hort*, 691:517-524.
- [57] Koç C, Vatandaş M, Koç AB, 2009. LED Aydınlatma Teknolojisi ve Tarımda Kullanımı. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Isparta, s:153-158.
- [58] Çağlayan N, Ertekin C, 2011. Bitkisel Üretim İçin LED Yetiştirme Lambalarının Kullanımı. Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kırış Tarım Kongresi ve Fuarı, 27-30 Nisan 2011, Bildiri Kitabı, Eskişehir, s:1227-1232.
- [59] National Instruments, “User guide and specifications NI MyRIO-1900[Online]”,(Mayıs 2016), <http://www.ni.com/pdf/manuals/376047c.pdf>
- [60] [www.tarimziraat.com/faydalı\\_bilgiler/sulama/305toprak\\_nemi\\_neden\\_ve\\_nasil\\_olcudur](http://www.tarimziraat.com/faydalı_bilgiler/sulama/305toprak_nemi_neden_ve_nasil_olcudur) (Erişim Tarihi: 23.10.2019)
- [61] [http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanekolojisi\\_5eff2.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanekolojisi_5eff2.pdf)(Erişim Tarihi: 21.05.2019).

- [62] [http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/L/M/3/5/LM35.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/M/3/5/LM35.shtml) (Erişim Tarihi: 21.05.2019).
- [63] <http://www.aydinlatma.org/led-bitki-yetistirme-lambalari-hangi-renkte-isik-yayar.html> (Erişim Tarihi: 21.05.2019).
- [64] Anderson JM, Chow WS, Park YI, 1995. The Grand Design Of Photosynthesis: Acclimation Of The Photosynthetic Apparatus To Environmental Cues. *Photosynth Res* 46: 129–139.



## ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Muş'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Muş'ta tamamladı. 2011 yılında girdiği Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği (İngilizce) Bölümü'nden 2016 yılında Elektrik Elektronik Mühendisi olarak mezun oldu. 2016-2017 yılları arasında Vangölü Elektrik Dağıtım Şirketi (VEDAŞ) Muş İl Müdürlüğünde farklı birimlerde görev yaptı. 2017 yılında Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

