

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKILLI SERALARDA LED LAMBALI OTOMASYON
KONTROL SİSTEMİ

Nurdan AKDEMİR

Danışman: Doç. Dr. Yunus BABACAN
II. Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Yıldız AYDIN

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN

2024

Her Hakkı Saklıdır.

Kabul ve Onay Sayfası

Doç. Dr. Yunus BABACAN ve Dr. Öğretim Üyesi Yıldız AYDIN danışmanlığında, Nurdan AKDEMİR tarafından hazırlanan bu çalışma tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans olarak kabul oybirliği/oy çokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan:	Unvan Ad SOYAD	İmza:
Üye :	Unvan Ad SOYAD	İmza:
Üye :	Unvan Ad SOYAD	İmza:
Üye :	Unvan Ad SOYAD	İmza:
Üye :	Unvan Ad SOYAD	İmza:

Yukarıdaki sonuç Enstitü Yönetim Kurulunun / / 20.... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Kemal Volkan ÖZDOKUR

Enstitü Müdür V.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Akıllı Seralarda LED Lambalı Otomasyon Kontrol Sistemi” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiğı gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. / / 20....

(İmza)

Nurdan AKDEMİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKILLI SERALARDA LED LAMBALI OTOMASYON KONTROL SİSTEMİ

Nurdan AKDEMİR

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yunus BABACAN
II. Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Yıldız AYDIN

Teknolojinin gelişmesiyle beraber modern tarımın günlük yaşamımızdaki etkileri büyük oranda artmıştır. Otomasyon kullanılarak tasarlanan sistemler zamanla artmakla beraber, kullanıcılar açısından zaman, maliyet ve rahatlık açısından bakıldığında vazgeçilemez duruma gelmiştir. Sadece belirli bir bitkinin yetişmesi için tasarlanan sabit sistemler kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda değişemeyeceği için zamanla işlevsiz hale gelerek kullanıcıya maddi yük haline gelir. Bu sebeple birçok bitkinin yetiştirilebileceği sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte bitkilerin optimum değerleri olan uygun sıcaklık, nem ve aydınlatma sistemlerinin bulunduğu bir sistemin tasarlanması insan yükünü hafifletir. Özellikle LED(light emitting diode) aydınlatma sistemleri ile kış aylarında ışık şiddeti azalan seralarda meyve sebze yetiştiriciliğinde ek ışıklandırma sağlanması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, sera sistemine yerleştirilen nem sensörü ve sıcaklık sensörü tarafından alınan bilgiler Arduino Uno denetleyicisine işlenmiştir. Arduinoya gelen veriler ışığında sulama, ısıtma ve soğutmaya ihtiyaç duyulduğu anda sulama motoru, soğutma fanları ve ısıtma fanları otomatik olarak çalışacak ve bitkinin ihtiyacı olan ortam koşulları sağlanacaktır. Ortam koşullarının sağlanmasının yanında fotosentezin yapılabilmesi için güneş ışığının alınma süresinin az olduğu bölgelerde veya kapalı bitki üretim ortamlarında ihtiyaç duyulan aydınlatmayı sağlamak amacıyla ek aydınlatma sistemi tasarlanmıştır. Daha önce yapılan araştırmalarda bitki büyümesine olumlu etkisinin olduğu bilinen kırmızı ve mavi ışıktan yararlanılmıştır. Bitkilerin çimlenme, büyüme ve meyve dönemlerindeki ışık yoğunlukları ihtiyaç duydukları oranda aydınlatma ile sağlanmaktadır.

2024, 61 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Arduino, Bitki sıcaklık ve nem sensörü, Otomatik sulama, Sera aydınlatma, LCD ekran.

ABSTRACT

Master Thesis

AUTOMATION CONTROL SYSTEM WITH LED LAMPS IN SMART GREENHOUSES

Nurdan AKDEMİR

Erzincan Binali Yıldırım University
Institute of Science and Technology
Department of Electrical & Electronics Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Yunus BABACAN

II. Supervisor: Dr. Öğretim Üyesi Yıldız AYDIN

With the advancement of technology, the impact of modern agriculture on our daily lives has significantly increased. Systems designed using automation have become indispensable over time in terms of saving time, cost, and convenience for users. Fixed systems designed for the cultivation of specific plants become obsolete and a financial burden for users over time, as they cannot adapt to the evolving needs of the user. Therefore, there is a need for systems capable of cultivating multiple types of plants. Additionally, designing a system that maintains optimal conditions such as suitable temperature, humidity, and lighting will ease human labor. In particular, Light-Emitting Diode (LED) lighting systems aim to provide supplementary lighting in greenhouses where light intensity decreases during winter months, supporting the cultivation of fruits and vegetables.

In this study, information collected by humidity and temperature sensors placed in the greenhouse system is processed by the Arduino Uno controller. Based on the data received by the Arduino, the irrigation pump, cooling fans, and heating fans will automatically operate when irrigation, heating, and cooling are needed, ensuring the necessary environmental conditions for the plants. In addition to maintaining environmental conditions, an auxiliary lighting system has been designed to provide the necessary illumination in regions with limited sunlight or in indoor plant production environments to facilitate photosynthesis. Previous research has utilized red and blue light, known to positively affect plant growth. During the germination, growth, and fruiting stages of plants, lighting is provided at the required intensity needed for each stage.

2024, 61 Pages

Keywords: Arduino, Plant temperature and humidity sensor, Automatic watering, Greenhouse lighting, LCD screen.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışma Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde hazırlanmıştır. Çalışmalarım sürecinde her türlü desteği benden esirgemeyen kıymetli hocalarım Sayın Doç. Dr. Yunus BABACAN ve Dr. Öğretim Üyesi Yıldız AYDIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca bana göstermiş oldukları destek ve sonsuz teşviklerinden dolayı çok değerli eşim Eyüp AKDEMİR'e ve yardımlarından dolayı Ersin BULAN'a teşekkür ederim.

Nurdan AKDEMİR

Mayıs, 2024

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ.....	x
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. KURAMSAL TEMELLER.....	6
3.1. Mikrodenetleyiciler.....	6
3.1.1. MSB430 mikrodenetleyici.....	7
3.1.2. Atmega328 mikrodenetleyici	7
3.1.3. PIC mikrodenetleyici	8
3.2. Arduino Mikrodenetleyici.....	10
3.2.1. Arduino mikrodenetleyicinin yapısı.....	11
3.2.2. Arduino çeşitleri	11
3.2.2.1. Arduino Uno	12
3.2.2.2. Arduino Pro.....	12
3.2.2.3. Arduino Mega	12
3.2.2.4. Arduino Nano	12
3.2.2.5. Arduino Leonardo.....	13
3.2.3. Arduino'nun özellikleri	13
3.2.4. Arduino yazılım arayüzü	14
3.2.4.1. Arduino IDE	14
3.2.4.2. Visual Studio Code	15

3.3. Dokunmatik Ekran	16
3.4. Yapay Işık kaynaklarının Bitkisel Üretime Etkisi	18
3.4.1. LED ışık kaynaklarının avantaj ve dezavantajları	19
3.4.2. LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki verim özellikleri.....	21
3.5. Sulama Sistemleri Ve Toprak Nem Ölçümü	23
3.5.1. Sulama yöntemleri	23
3.5.1.1. Damla sulama sistemi	23
3.5.2. Toprak nem ölçümü.....	25
3.6. Seralarda İklimlendirme.....	25
3.6.1. Otomatik ısıtma ve soğutma sistemlerinin avantajları	26
4. MATERYAL ve YÖNTEM.....	28
4.1. Materyal	28
4.1.1 Arduino Uno	28
4.1.2. Sensörler	28
4.1.2.1. Dht 11 sıcaklık sensörü.....	29
4.1.2.2. Toprak nem sensörü.....	30
4.1.2.3. RTC zaman modülü.....	31
4.1.3. Motorlar.....	31
4.1.3.1. Sulama motorları	31
4.1.3.2. Isıtma ve soğutma motorları	32
4.1.4. MOSFET'ler.....	33
4.1.5. Proteus simülasyon programı	33
4.1.6. Nextion Editör	34
4.1.7. Com0com sanal port oluşturma.....	35
4.1.8. Visual Studio Code Programı.....	35
4.2. Yöntem	36

5. BULGULAR, ARAŞTIRMA BULGULARI	38
5.1. LED Lambalı Otomasyon Sisteminin Tasarımı Ve Simülasyonu	42
5.2. LED Lambalı Otomasyon Sisteminin Uygulanması	49
5.2.1. Sistem çalışması	51
5.2.2. Dönem seçimlerinin yapılması ve optimum değerlerin sağlanması.....	54
6. SONUÇLAR, SONUÇ ve TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	58



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Msp430 pinleri.....	7
Şekil 3.2. Atmega 238.....	8
Şekil 3.3. PIC mikrodenetleyici	8
Şekil 3.4. İnpıt/output – giriş/çıkış pin örnekleri	9
Şekil 3.5. Arduino Nano	10
Şekil 3.6. Arduino Çeşitleri şeması.....	11
Şekil 3.7. Arduino pinleri.....	13
Şekil 3.8. Arduino IDE ortamı	14
Şekil 3.9. Visual Studio Code ekranı	15
Şekil 3.10. Nextion HMI kartı.....	17
Şekil 3.11. Seralarda yapay aydınlatma	18
Şekil 3.12. Bitkilerin fotosentez karakteristiği ile bazı yapay kaynaklarının enerji tayflarının karşılaştırılması	19
Şekil 3.13. Yuvarlak ve dikdörtgen LED lamba kiti (kırmızı yoğunluk)	20
Şekil 3.14. Seralarda mavi- kırmızı LED aydınlatma sistemleri	21
Şekil 3.15. Otomatik sulama sistemleri.....	22
Şekil 3.16. Damla sulama sistemi örneği	24
Şekil 3.17. Seralarda havalandırma sistemi örneği	25
Şekil 3.18. Sera iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının zamana göre değişimi	27
Şekil 4.1. Arduino Uno	28
Şekil 4.2 Akıllı tarımda kullanılan bazı sensörlerin şematik gösterimi	29
Şekil 4.3. DHT11 hava nemi sensörü	30
Şekil 4.4. Toprak nem sensörü.....	30
Şekil 4.5. DS1307 RTC modülü	31
Şekil 4.6. Sera sulama sistemi.....	32
Şekil 4.7. Sera ısıtma ve soğutma sistemi örneği.....	32
Şekil 4.8. Mosfet ve devre şeması.....	33
Şekil 4.9. Nextion Editor Başlangıç Ekranı	34
Şekil 4.10. Tasarlanan sistemde Arduino Uno'ya bağlanan elemanlar	36
Şekil 5.1. Proteus simülasyon programı ortamında tasarlanan sistem	42
Şekil 5.2. Nextion editör programı ile gözlenen sulama motoru	43
Şekil 5.3. Proteus programı ile gözlenen sulama motoru	43

Şekil 5.4. Nextion ekranı ile gözlenen ısıtma fanı	44
Şekil 5.5. Proteus programı ile gözlenen ısıtma fanı	45
Şekil 5.6. Nextion programı ile gözlenen soğutma fanı.....	45
Şekil 5.7. Bitkinin büyüme dönemindeki LED’lerin durumunu gösteren Nextion ekranı	46
Şekil 5.8. Bitkinin büyüme dönemindeki LED’lerin durumunu gösteren Proteus ekranı	47
Şekil 5.9. Nextion aracılığıyla tasarlanan sistemin ana menüsü	47
Şekil 5.10. Seçim ekranı.....	48
Şekil 5.11. Nextion sisteminin ürün seçildikten sonraki ana menüsü.....	48
Şekil 5.12. Ortam bilgisinin takibinin yapıldığı ekran	49
Şekil 5.13. Tasarlanan sistemin prototipi.....	49
Şekil 5.14. Nextion ana menü ekranı ve dönem seçim ekranı	50
Şekil 5.15. Sistem takibinin yapıldığı ekran	50
Şekil 5.16. Ürün seçimi yapıldıktan sonra ana menü.....	51
Şekil 5.17. Nextion ekranı ile sistem değişkenleri bilgisinin alınması	52
Şekil 5.18. Domates bitkisinin büyüme döneminde çalışan sistem	52
Şekil 5.19. Sulama motoru kapalı konumdayken sistemin görünüşü	53
Şekil 5.20. Salatalık bitkisinin çimlenme döneminde çalışan sistem	54
Şekil 5.21. Domates bitkisinin büyüme döneminde çalışan sistem	54
Şekil 5.22. Ananas bitkisinin meyve döneminde çalışan sistem.....	54

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Başlıca ışık kaynaklarına ait ışık verimlerinin karşılaştırması	20
Tablo 3.2. Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki verim özellikleri üzerine etkisi.....	22
Tablo 3.3. Sulama yöntemlerinin sınıflandırılması.....	23
Tablo 5.1. Salatalık sebzesinin büyümesi için gerekli optimum değerler.....	40
Tablo 5.2. Biber sebzesinin büyümesi için gerekli optimum değerler.....	40
Tablo 5.3. Domates sebzesinin büyümesi için gerekli optimum değerler	40
Tablo 5.4. Muz meyvesinin büyümesi için gerekli optimum değerler	41
Tablo 5.5. Kivi meyvesinin büyümesi için gerekli optimum değerler.....	41
Tablo 5.6. Ananas meyvesinin büyümesi için gerekli optimum değerler.....	41

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

°C	Derece
%	Yüzde

Kısaltmalar

CPU	Central Process Unit
FET	Field Effect Transistor
GIT	Global Information Tracker
GUI	Graphical User Interface
HMI	Human Machine Interface
I2C	Inter Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Environment
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MHZ	Megahertz
MOS	Metal Oxide-Semiconductor
NM	Nanometre
PAR	Photosynthetically Active Radiation
PCB	Printed Circuit Board
PIC	Peripheral Interface Controller
PSTN	Public Switch Telephone Network
RAM	Random Access Memory
RISC	Reduced Instruction Set Computer
RF	Radio Frequency
ROM	Read Only Memory
TFT	Thin Film Transistor
TWI	Two Wire Interface
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
USB	Universal Serial Bus
WSN	Wireless Sensor Network

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerle birlikte modern tarımın günlük hayata etkileri önemli ölçüde artmıştır. Otomasyonla birlikte kullanılan sistemler her geçen gün artmasıyla birlikte kullanıcılara zaman, maliyet ve konfor açısından olumlu etki yaparak vazgeçilmez hale gelmiştir. Yalnızca belirli bir amaç için oluşturulan sabit sistemler, kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda değişemeyeceğinden; Zamanla kullanıcı için işlevsiz hale gelirler ve mali yük haline gelirler (Çalışır, 2021).

Seralarda verimli üretimin gerçekleştirilebilmesi için çevresel değerlerin ölçülüp değerlendirilmesi ve koşulların yetiştirilen ürüne uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Kontrolü yapılacak olan ürününün bulunduğu sera ortamında çevresel verilerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi önemli bir yere sahiptir. Anlık ölçüm kayıtlarının bilgisayar ortamında tutulması ve bu değerlerin geniş bir süre boyunca gözlemlenmesi, ürünün farklı çevre koşullarındaki verimliliğinin değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır. (Baysal vd., 2018).

Bitkilerin üretim aşamasında ihtiyaç duydukları ışık, bitkinin gelişiminde oldukça etkili olan bir faktördür. Her ne kadar güneş ışığı tükenmeyen bir enerji kaynağı olsa da günümüzde yapay ışık kaynaklarının da önemi çok artmıştır. Artan üretim çeşitliliği ışık kaynaklarına olan ihtiyacı daha da artırmıştır. Doğada ışık kaynaklarının az olduğu şartlarda ve yapay üretim alanlarında üretim yapılmasına duyulan ihtiyaç ve kullanımı daha profesyonel yaklaşımları yanında getirmiştir. Bu açılarından bakıldığında güneşin sağladığı ışık maliyetsiz bir ışık kaynağı olmasına rağmen bütün ihtiyaçları karşılayamayabilmektedir. Buna bağlı olarak verim ve kaliteyi artırmak, bitki büyüme ve gelişme fizyolojisini etkilemek amacıyla bitkisel üretimin neredeyse bütün aşamalarında yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla beraber yapay ışık teknolojisinin yaygınlaşması kaçınılmaz olmuştur (Çakırer, vd., 2017).

Seralarda ortam koşulları uygun sıcaklık, nem ve ışık ile sağlanmalıdır. Bazı durumlarda doğal kaynaklar yetmemekle birlikte sulama, iklimlendirme ve aydınlatma sistemleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda otomasyon sistemleri kullanılarak insan iş yükü azalmakta ve üretim maliyeti düşürülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada otomatik sulama, iklimlendirme ve aydınlatma sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem kullanıcının bitkinin bulunduğu çimlenme, büyüme ve meyve dönemlerindeki anlık durumları kontrol edebilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda tek serada altı çeşit

sebze ve meyvenin üretim yapabilmesini sağlayacak bir sistem olarak tasarlanmıştır. Üretimi yapılacak olan sebze veya meyve sistemde yapılan seçim sayesinde belirlenebilmektedir. Seranın ortam şartları seçilen ürünün gelişmesinde olması gereken optimum sıcaklık, nem ve aydınlatma değerlerine göre yapılan seçim sonucunda uygun hale getirilmektedir.

Yapılan bu çalışmada önceki çalışmalardan farklı bir sistem tasarlanmıştır, tasarlanan sistemde Türkiye’de en çok yetiştirilen 3 adet sebze ve 3 adet tropik meyvenin ortam değerlerini sisteme öğretilerek seçim yapılacaktır. Seçilen sebzeler domates, salatalık, biber ve tropik meyveler de ananas, kivi, muz olmak üzere 6 adettir. Dokunmatik ekrandan seçilen ürüne göre ortam değerleri otomatik ayarlanarak aynı sera içinde yapılan ürünün ekimine göre ortam değerlerini sistem tarafından ayarlanacaktır.

Simülasyon ortamı, Proteus programında tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Proteus programında bulunan en iyi özelliklerden biri, bir mikrodenetleyici üzerinde çalışılan yazılım sayesinde ona bağlı herhangi bir analog veya dijital elektronik veri arasındaki etkileşimi simüle edilebilmektedir.

Yapılan sistem, sistem kullanıcısına sürekli bilgi vermekte ve programın hangi kısımda olduğunun verisini dokunmatik ekran sayesinde takip edilebilmektedir. Aydınlatma, sulama, ısıtma ve soğutma ile gerçekleştirecek motorun komut alması mikrodenetleyicinin çıkışında bulunan pin uçlarından gelen sinyaller ile sağlanmaktadır. Aynı yolla motordan alınan ve motorun durum bilgisini veren olan sinyaller ise mikrodenetleyicinin girişindeki pin uçları vasıtasıyla toplanmaktadır. Mikrodenetleyicinin Visual Studio Code ile yazılan ve simülasyonun neler yapacağını belirlediği kodlara erişimi bir hex dosyasının simülasyon ortamına eklenmesi ile sağlanacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Seralarda bitkilerin büyümek ve gelişmek için ihtiyaç duyduğu ortam şartlarını sağlamak amacıyla otomasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda yapay aydınlatma, iklimlendirme ve sulama alanlarında literatürde yoğun çalışmalar yapılmıştır. Literatürde bu konular üzerine çalışmalar yapılmış ve bu çalışmaların bir kısmı aşağıda belirtilmiştir.

Ahmad vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, Raspberry-Pi mikroişlemcisini kullanan akıllı bir sera izleme sisteminin potansiyel kullanımını araştırmak için tasarlanmıştır. Tarımsal ve kalite parametrelerinin karşılaştırılması amacıyla iki domates çeşidi (Roma ve kiraz domates) akıllı ve sera sisteminde yetiştirilmiştir. Yapılan çalışmada akıllı sera izleme sistemi, geleneksel seraya göre yaklaşık 5-6 °C sıcaklık ve %20-30 daha yüksek nem farkıyla sera içindeki mikro iklimi korumada daha iyi çalışmıştır. Sonuçlar, geleneksel seradaki büyüme parametreleriyle karşılaştırıldığında bitki boyu, yaprak sayısı, meyve sayısı ve meyve ağırlığında %10-15'lik bir farkla tarımsal parametrelerde kademeli bir artış öngörülmüştür. Bitki başına ortalamanın üzerinde domates verimi (5,5 kg/bitki) akıllı serada da kaydedilmiştir; verim geleneksel seraya kıyasla önemli ölçüde artmıştır.

Çağlayan (2013), tarafından yapılan çalışmada bitki yetiştirme odaları ve seralarda kullanılmak amacıyla LED lambalı bir aydınlatma otomasyon sistemi tasarlanarak bu sistemin bir numunesi üretilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna baktığımızda tarımsal üretimde ihtiyacımız olan aydınlatma değerlerini sağlayabilecek aydınlatma otomasyon sisteminin tasarımı ve uygulaması başarıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları ışığında seralarda LED ışığın özellikleri ve bitki üzerindeki etkilerine ilişkin inceleme ve gözlem sonuçları verilmektedir. LED ışık kaynaklarının sağladığı olanaklar, modern seracılıkta artan talebin karşılanmasına ve doğal çevrenin korunmasına fayda sağlayacaktır.

Benyezza vd. (2023), tarafından bu çalışmada dünya çapında artan nüfus nedeniyle ihtiyaç duyulan gıda talebini karşılamak, çiftçilerin çabalarını azaltmak ve tarımda bu teknolojilerden yararlanmak amacıyla sera izleme ve kontrolü için IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı akıllı bir sistem tasarlanmıştır. Sistemde, sera verilerini (sıcaklık, nem ve toprak nemi) Raspberry Pi tabanlı bir işleme ünitesinde toplamak ve bu üniteye göndermek için radyo frekansı (RF) iletişimine dayalı düşük maliyetli bir kablosuz sensör

ağı (WSN) kullanıldı. Toplanan verileri birleştirmek ve iç iklimi ve sulamayı yönetmek için akıllı ve optimum kararlar sağlamak üzere bulanık mantık denetleyicisine (FLC) dayalı bir füzyon sistemi kullanıldı. Kullanıcı tarafından, IBM'in Node-RED sunucusu altında geliştirilen İnsan Makine Arayüzü (HMI) kullanılarak sera uzaktan izlenebilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkan test sonuçlarıyla önerilen platformun etkinliği ve başarısı anlaşılmıştır.

Çakır ve Çalış (2007) Bu çalışmada, PIC 16F877 mikrodenetleyicili kontrol devresi sayesinde uzaktan kontrolü sağlanabilen otomatik sulama sistemi hayata geçirilmiştir. Tasarlanan sistemde PSTN (Public Switch Telephone Network) olarak adlandırılan telefon hattı aracılığıyla haberleşme sağlanmakla birlikte otomatik sulama yaptığı gibi elle sulama imkânı da sunmaktadır. Mikrodenetleyici tarafından otomatik modda çalışan program, topraktan aldığı nem değerini bitkinin ihtiyaç duyduğu nem değeriyle karşılaştırır ve nem değeri düşükse sulama motoru otomatik olarak çalıştırılır. Nem değeri, bitkinin ihtiyaç duyduğu optimum değere ulaştığında ise sulama motorunun çalışması sonlandırılmaktadır. Böylece toprağa bitkinin ihtiyaç duyduğundan eksik veya fazla su verme problemi ortadan kaldırılarak optimal sulama sağlanır.

Öztürk vd. (2021), tarafından yapılan bu çalışmada otonom sera kontrolü yapılmaktadır. Aynı zamanda gerektiğinde bluetooth teknolojisi kullanılarak akıllı seranın mobil cihazlar üzerinden uzaktan kontrolü de sağlanmaktadır. Akıllı sera ortamındaki veriler sensörler aracılığıyla okunarak hazırlanan yazılımla kontrol ediliyor ve istenildiğinde ısıtma, soğutma, sulama gibi müdahaleler otomatik olarak yapılıyor. Aynı zamanda ihtiyaç duyulduğu durumlarda geliştirilen Android uygulama sayesinde elle giriş yapılarak da kullanım sağlanabilmektedir.

Bayhan ve Avcı (2019), bu araştırma, güneş ışığının alınma süresinin az olduğu bölgelerde veya kapalı mekânlarda LED ile aydınlatma sağlanarak örtü altında üretilen bitkilerin gelişimine etkisinin, yetiştirilen ürünün kalite parametrelerinin ve ürün verimine etkisinin belirlenmesi üzerine yapılmıştır. Deneyde mavi, kırmızı ve sarı LED armatürler ve bu renklerin karışımlarından oluşan aydınlatma sistemleri kullanılmıştır. Araştırma bulgularına bakıldığında farklı LED ışık kaynaklarının kullanımıyla üretilen ürünler 63 günde olgunlaşarak hasat süresi düşmüştür. Toplam bitki ağırlığına bakıldığında mavi+sarı+kırmızı LED kombinasyonun uygulamasından elde edilen değer en yüksek ve mavi+sarı LED uygulamasından elde edilen değer ise en düşük değer olarak tespit edilmiştir.

Efe (2014), bu çalışmada güneş ışığına ek olarak kullanılan farklı renklerdeki LED ışık kaynaklarının bitki özelliklerine etkisinin farklılıklar meydana getirdiği gözlemlenmiştir. LED kombinasyonu olarak Mavi+sarı+kırmızı kullanıldığında birçok değerde gözle görülebilen farklılıklar ortaya çıkararak bu farklar bitkinin toplam ağırlığında(1177,8 g) %11.03, pazarlanabilen baş ağırlığında (1031,13 g) %13.8, pazarlanabilen yaprak adedinde (48 adet) %8.5, toplamdaki yaprak miktarında (52,4 adet) %8.4,pazarlanabilecek verimde(41,24 ton/ha) %13.8 ve C vitamini miktarında (21,7 ml/100 g) %5.07 düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

Baysal vd. (2018), yapılan çalışmada maliyeti düşük olan Raspberry Pi bilgisayar kartı ve esp8266 wi-fi modülleri ile nesnelerin interneti tabanlı bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan bu sistem sayesinde seranın kablosuz sensörlerden alınan ortam nemi ve iç ve dış sıcaklık değerleri, hava kalitesi, ışık değerleri ve toprak nemi kayıt altına alınmakta ve uzaktan erişim ile grafiksel olarak takibi sağlanabilmektedir. Sensörlerden alınan verilerin kullanıcı tarafından belirlenen sınır değerleri aşması durumunda kullanıcıya kısa mesaj veya e-posta yoluyla bilgi verilmektedir.

Kurt vd. (2022), yapılan çalışmada tarımsal bir alanın sulanması ve gübrenmesi amacıyla uzaktan kontrol edilebilen, donanım kısmından ve mobil uygulamadan oluşan bir IoT(nesnelerin interneti) sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemde gübreleme ve sulama için gereken eylemler geliştirilen hem tarımsal alanda bulunan dokunmatik ekranlı pano aracılığıyla hem de mobil uygulama aracılığıyla yapılabilmektedir. Bu sisteme herhangi bir andaki durumunun sürekli olarak takip edilebileceği mobil uygulama ekranına ve mail bildirimi özelliği tarımsal alanda bulunan yönetim panosuna dâhil edilmiştir.

Köksal vd. (2013), yapılan araştırmada domates bitkisinin gelişimi üzerine LED lambaların etkisi gözlemlenmiştir. Deneme, bu araştırma için özel olarak tasarlanmış alçak plastik tünellerle yapılmıştır. Bitki yetiştirme tünellerinde ışık kaynağı olarak; 1. grupta kontrol grubu olarak doğal güneş ışığı, 2. grupta ise güneş ışığı alınan gündüz saatlerinde bu ışıktan faydalanılmış güneş battıktan sonra ise kırmızı-turuncu renkteki 623nm dalga boyundaki LED lambalar kullanılmıştır. LED'ler tarafından tüketilecek olan enerji ise güneş panelleri sistemi ile enerji üretimi yapılarak sağlanmıştır. Araştırma sonucunda ek aydınlatmanın LED ile sağlanması, yaprak sayısı, bitki boyu, biomas ağırlığı ve çiçek sayısı bakımından kırmızı-turuncu renklerdeki LED lambalar yardımı ile yapılan ek aydınlatmanın istatistiksel olarak bakıldığında farklılık yarattığı gözlemlenmiştir.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Mikrodenetleyiciler

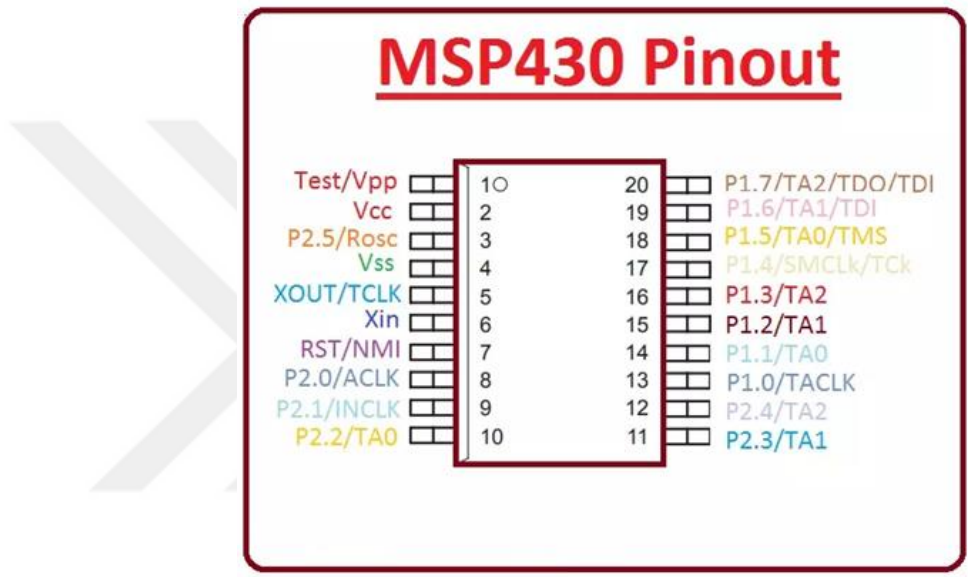
Hızla gelişen teknoloji sayesinde bilgisayarlarla kontrol edilebilen cihazlar her yerde görülebilmektedir. Mikrodenetleyici olarak adlandırılan elektronik elemanlar aracılığıyla bu cihazlar kontrol edilebilmektedir. 1990 yıllarından önce bu işlemler mikroişlemci CPU (Central Process Unit) kontrol elemanları tarafından yapılmaktaydı. CPU ile bir cihazı kontrol etmek için RAM(Random Access Memory) ve Giriş / Çıkış (I/O) gibi elemanları ile ek devrelere ihtiyaç duyulmaktaydı. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda programlama zorlaşmakla birlikte yapılan ürünün maliyeti de artmaktaydı. Bu sorunlar Microchip firmasının PIC(Peripheral Interface Controller) olarak adlandırdığı mikrodenetleyiciler sayesinde ortadan kaldırıldı (Yüklü, 2006) .

Mikrodenetleyici kedisine gelen bilgiyi ve programı saklayan, derleyen ve bunun sonucunda çıktı üreten bir bilgisayardır. Programlanan yazılım belleğe kaydedilmekte, işlenebileceği şekilde derlenmekte ve bir çıktı üretmektedir. Çıkış portuna bağlı bir motor olduğunu düşünürsek bu motor mikrodenetleyiciden alınan çıkış sinyalindeki bilgiye göre çalışacaktır. Bu anlamada, elektronik devrelerde beyin görevi gören mikrodenetleyiciler, elektronik sistemlerin kontrol edilebilmesini sağlamaktadır (Çalışır, 2021) .

Zamanla değişen ortam şartlarını sağlayabilmek amacıyla, kullanıcının isteği doğrultusunda değerleri değiştirebildiği sistemlere ihtiyaç duyulmuştur. Kullanıcının çalışma prensibini kendi amacına göre ayarlayabildiği sistemler uzun ömürlü ve kullanışlıdır. Kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanan sistemlerin ek parçaya gerek kalmadan çalışan donanımlara entegre edilmesi ile düşük maliyetli, kullanışlı ve yüksek performanslı sistemler üretilmektedir. Mikroişlemci yardımıyla tasarlanan sistemlerde işlemleri gerçekleştirmek için ek birimlere ihtiyaç vardır. Bu birimlerin birbiri ile veri alışverişi yapmasını sağlamak için bir veri bağlantı yoluna ihtiyaç duyulmaktadır. Mikrodenetleyici kullanıldığında gereken tüm birimler yongada bulunmaktadır ve dolayısıyla tasarımı yapılacak olan sistemde mikrodenetleyici kullanmak maliyetle birlikte de programlamaya da fayda sağlamaktadır(Çalışır, 2021).

3.1.1. MSB430 mikrodnetleyici

Texas Instrument firmasının ürettiği çok düşük güç tüketimiyle ön plana çıkan MSP430 mikrodnetleyicisi birçok alt ögesi olan 16-bit mikrodnetleyici ailesidir. Düşük güç tüketim modları, dahili analog karşılaştırıcı birimleri gibi özellikleriyle günümüzde birçok projede yerini almış ve almaya devam etmektedir. Texas Instruments tarafından mikrodnetleyicileri programlamak için LaunchPad isimli geliştirme kartları üretilmektedir. Aşağıdaki şekilde de gösterilen Msp430 LaunchPad başlangıç seviyesine uygun, kullanımı kolay geliştirme kartıdır.



Şekil 3.1. Msp430 pinleri

3.1.2. Atmega 328 mikrodnetleyici

İlk mikrodnetleyicisini 1993 yılında Intel 8051 tabanlı olarak üreten Atmel şirketi tarafından Atmega 328 üretilmiştir. Şirket tarafından 1996 yılında yapılan çalışmalarla ATmega'nında içinde bulunduğu AVR serisi mikrodnetleyiciler üretilmeye başlanmıştır. Atmel firmasının birden çok mikrodnetleyicisinden bir tanesi de 8 bitlik Atmega 328'dir. Bu mikrodnetleyiciler 8,16,32,...,256 gibi sayılarla ifade edilmektedir. Bu ifadelerin kullanılma amacı her birinin bellek büyüklüklerinin farklılıklarıdır, örneğin yüksek boyutta ROM, RAM yada flash belleğe sahip mikrodnetleyiciler daha yüksek sayısal değerlere sahip olmaktadır. Atmega mikrodnetleyicisi çeşitli şekilde programlanabilir. Özellikle elektronik alanında ATmega mikrodnetleyicileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun başlıca sebebi düşük maliyete sahip olmasıdır. Aynı

zamanda Atmel şirketi uzun süreli mülkiyeti sayesinde çok sayıda dokümantasyona ve ücretsiz hizmete sahiptir (Diyotnet, 2024) .

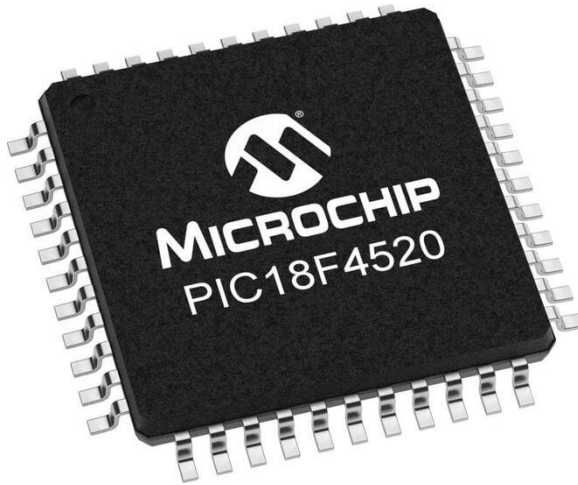
Harvard mimarisi tarafından üretilen RISC(Reduced Instruction Set Computer) tabanlı yapıya sahip mikrodnetleyici teknik açıdan bakıldığı zaman hızlı bir mimariye sahip olduğu görölmektedir. Veriler ile program farklı belleklerde saklandığı için iki farklı veri yolu bulunmakta ve bu sayede hem verilere hem de programa aynı anda erişim sağlanabilmektedir. Geleneksel mikrodnetleyicilerde verilere yazılan programa erişimi sağlayan tek bir veri yolu vardır. ATmega'nın işlem hızının diğer mikrodnetleyicilere oranla iki kat daha fazla olmasının sebebi Atmega'da iki ayrı veri yolu bulunmasından kaynaklanmaktadır. Aşağıdaki şekilde Atmega 328 mikrodnetleyicisi gösterilmektedir (Yıldırım, 2020) .



Şekil 3.2. Atmega 238

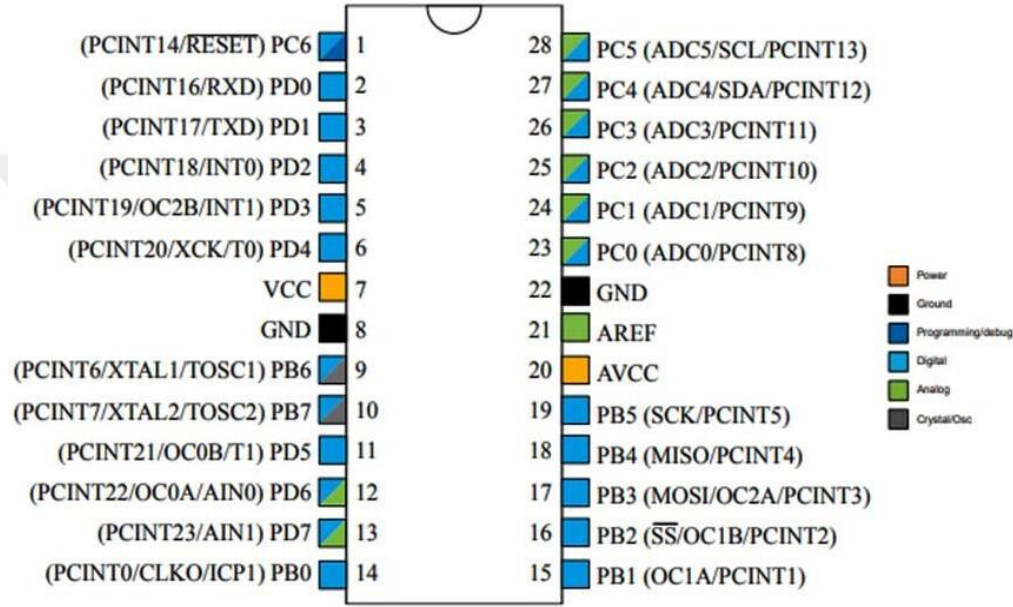
3.1.3. PIC mikrodnetleyici

PIC'in açılımı Peripheral Interface Controller, Çevre Arabirimlerini Kontrol edici şeklindedir. General Instruments tarafından geliştirilen PIC mikrodnetleyici, hızlı bir şekilde giriş ve çıkış işlemlerini gerçekleştirebilecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.3. PIC mikrodnetleyici

Yukarıdaki şekilde gösterilen PIC mikrodeneleyicisi Harvard mimarisine sahiptir. Harvard mimarisinde, bilgi saklama ve komut bellekleri birbirinden bağımsız yapıdadır. Bu özelliklerden dolayı diğer mimari türüne sahip mikrodeneleyicilere oranla maliyeti daha artmaktadır. Fakat teknolojinin gelişmesiyle birlikte oluşan fiyat farkı zamanla ortadan kalkmıştır. Veri belleği ve program belleğindeki statik RAM karşılaştırıldığında “flash” bellekle kıyasla çok daha hızlıdır bu sebeple hızı Harvard mimarisine sahip mikrodeneleyicilere oranla çok daha fazladır. Aşağıdaki şekilde PIC mikrodeneleyicisinin giriş ve çıkış pinleri gösterilmektedir (Çalışır 2021) .



Şekil 3.4. Input/output – giriş/çıkış pin örnekleri

16 bitlik ve 32 bitlik büyük işlemcileri ilk olarak 1994 yılında giriş ve çıkışlarındaki yükü kontrol etmek ve bu yükü düşürmek amacıyla daha hızlı bir çözüme ihtiyaç duyulduğundan dolayı geliştirilmiştir. Bu işlemcilerin tercih edilme nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

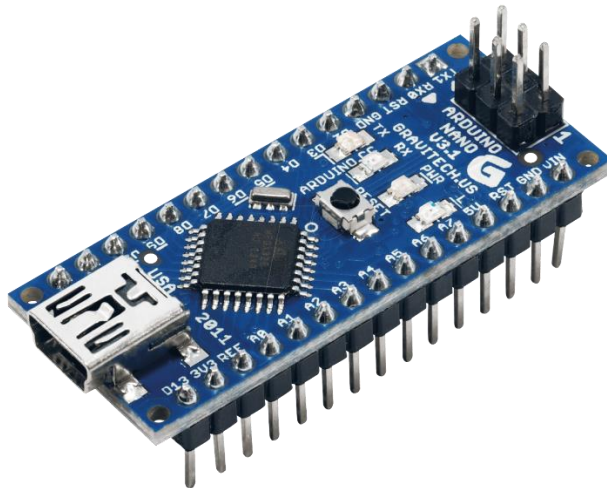
1. Lojik uygulamalarını hızlı yapması
2. Düşük maliyetli olması
3. Bellekte bulunan verilere hızlı erişimin sağlanması
4. PIC’lerde bellek ve veri için iki farklı veri yolunun bulunması sebebiyle hızının iki kat daha fazla olması
5. Başka bir ek bellek veya giriş - çıkış elemanı ihtiyacı olmadan yalnızca bir direnç ve iki kondansatör ile çalışabilmeleri
6. Yüksek frekanslarda çalışabiliyor olması

7. Bekleme zamanında çok düşük akım çekmesi
8. 14 bit komut işleme hafızası ile birlikte kesme kapasitesinin olması

Aynı anda birden çok işlem yapabilmesini sağlayan kod sıkıştırma özelliği bulunan, PIC mikrodenetleyicileri farklı özelliklerine göre 16C7X, PIC16C6X, 16C5X gibi gruplara ayrılmaktadırlar (Yüklü, 2006).

3.2. Arduino Mikrodenetleyici

Arduino; İtalyan elektronik mühendislerinin tasarladığı açık kaynak kodlu bir giriş çıkış kartı ile birlikte Processing/Wiring dilinin bir uygulamasını bulunduran geliştirme ortamına sahiptir. Kullanıcılar tarafından baskı devreleri indirilerek kendi devrelerini yapabilecekleri aynı zamanda güzel bir görüntüye sahip hazır basılmış ve kolay kullanımlı esnek yazılım ve donanım tabanlı bir fiziksel programlama platformudur. Kullanıcılar tarafından sadece Arduino ile çalışan interaktif nesneler geliştirilebilmekle birlikte ve bilgisayarda çalışan yazılımlara da bağlanabilmek mümkündür. Hazır üretilen kartlar satın alınabileceği gibi kendi üretimine sahip olmak isteyen kişiler için donanım tasarımı hakkında bilgilerde bulunmaktadır. Arduinonun geliştirme kartında bulunan mikroişlemci Arduinonun programlama dili ile programlanır bununla birlikte bu program Yazılım Geliştirme Ortamı IDE (Integrated Development Environment) sayesinde Arduinonun kartına yüklenir Arduino kartlarından biri olan Arduino Nano kartı Şekil 3.6'da gösterilmiştir (Teknomaker, 2024).

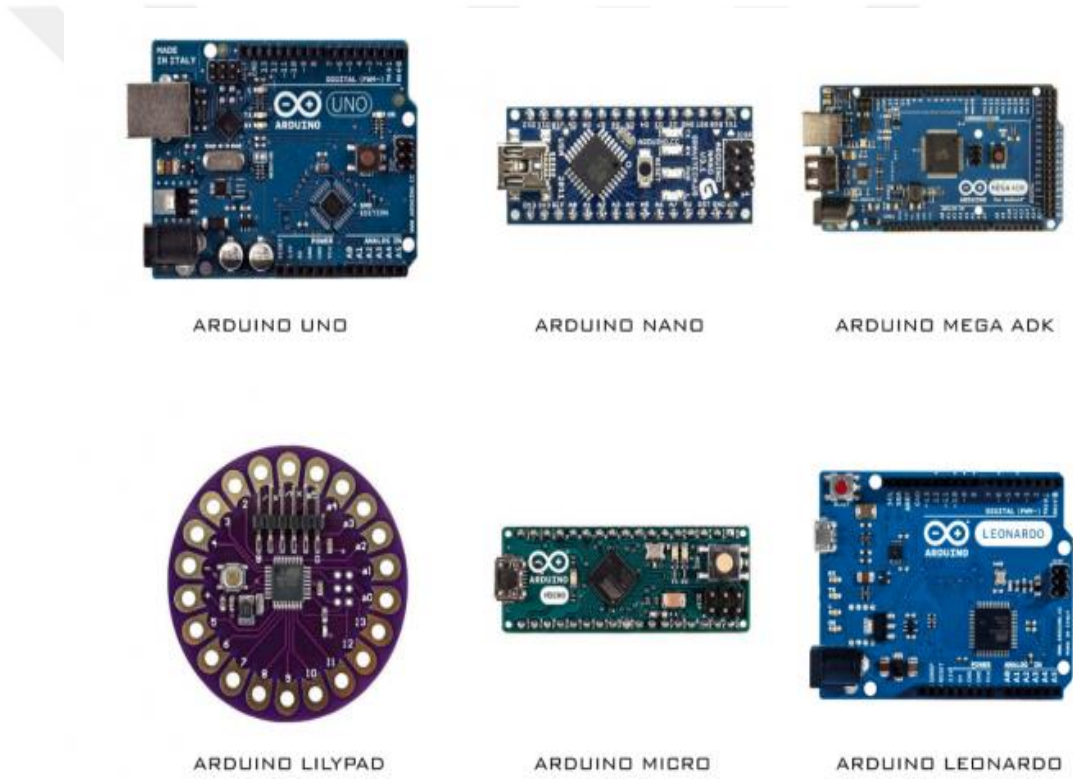


Şekil 3.5. Arduino Nano

3.2.1. Arduino mikrodnetleyicinin yapısı

Atmega328p mikrodnetleyici çipine sahip olan Arduino Uno, Arduino.cc tarafından geliştirilen açık kaynaklı bir mikrodnetleyici kartı olarak bilinmektedir.

Arduino Unoda normal bir adaptör portuna ve USB(Universal Serial Bus) portuna sahiptir. USB portunun bulunması sayesinde bilgisayara kolaylıkla bağlayıp kodu gönderebilir veya bilgisayarla haberleşme sağlanabilir. Adaptör girişinin bulunması adaptör ya da pil aracılığıyla Arduino'nun ihtiyaç duyduğu gücü sağlamaktadır. Ancak USB bağlantısı ile başka kaynaklardan gücü alırken veya bilgisayara bağlıyken bu girişi kullanma zorunluluğu yoktur. Arduino'nun birçok çeşidi bulunmaktadır bu çeşitler şekil 3.7'de gösterilmiştir (Arduonik, 2024).



şekil 3.6. Arduino eşitleri şeması

3.2.2. Arduino eşitleri

Arduino'nun birden fazla modeli bulunmakla birlikte bu modeller kullanım amacı, kullanım yeri, giriş-çıkış pin sayısı ve depolama alanı gibi özelliklere göre ayrılmaktadır. Aşağıda bu çeşitlerden bahsedilmiştir (Mühendistv, 2024).

3.2.2.1. Arduino Uno

Arduino Uno Arduino'nun en yaygın kart tiplerinden biridir. Bu kart ATmega 328 tabanına sahip bir mikrodenetleyicidir. Mikrodenetleyici iletişimde dönüştürme işlemlerini ATmega 8U2 sağlamaktadır. Bu mikro işlemciyi Windows işletim sistemine sahip bir bilgisayardan kontrol edebilmek için yazılımını kurmak gerekmektedir, Mac ile Linux işletim sistemleri için ekstra yazılıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Haberleşme için DC adaptör, güç içinde USB port girişleri mevcuttur. Arduino Uno, Pin header aracılığıyla kolaylıkla bütün çıkışları kullanabilme imkânı sunmaktadır (Mühendistv, 2024).

3.2.2.2. Arduino Pro

Arduino Uno gibi Arduino Pro da ATmega 328 tabanına sahip bir mikrodenetleyicidir. Üzerinde bulunan parçalar yüzey montajlı olduğundan dolayı devre tahtası ince bir görünüme sahiptir. Kartın üzerinde bir güç anahtarı ve JST konektörü bulunmaktadır. Maliyetlerin düşürülmesi amaçlandığı için seri bağlantı çıkarılmıştır (Mühendistv, 2024).

3.2.2.3. Arduino Mega

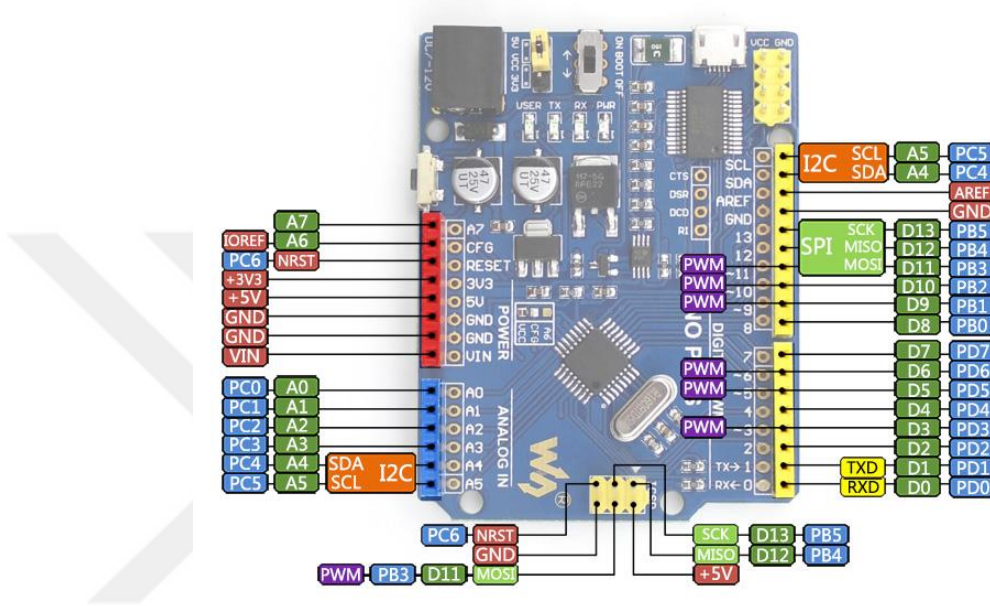
Daha çok kompleks sistemlerde kullanılan Arduino Mega, ATmega 2560 tabanlı mikrodenetleyiciye sahiptir. Birçok giriş çıkış pini bulunmaktadır. Arduino Mega 54 tane dijital giriş ve çıkış mili ile birlikte 16 adet analog girişi 4 adet donanımsal seri portu ve 16 Mhz(megahertz) hızında kristal osilatörü bulunmaktadır. Arduino'nun beslenmesi hem USB ile hem de DC adaptör ile sağlanabilmektedir. Arduino Uno ile benzer özelliklere sahiptir (Mühendistv, 2024).

3.2.2.4. Arduino Nano

Arduino'nun en küçük kartı olan Arduino Nano küçük devreler için tasarlanmıştır. Arduino Nano Atmega 168 ve Atmega 328 tabanlı 2 ayrı mikrodenetleyici ile beraber üretilmiştir. Arduino Nano'nun üzerinde seri ve USB çeviri çipleri, gerilim regülatörü, DC gerilim giriş portu ve bunlara ek olarak USB portlar bulunmaktadır (Mühendistv, 2024).

3.2.2.5. Arduino Leonardo

Arduino Leonardo, Arduino'nun diğer kartlarından farklı olarak USB bağlantısı yapılması durumunda ek bir çipe ihtiyaç duymamaktadır. Atmega 32u4 tabanlı mikrodenetleyiciye sahip Arduino Leonardo kartının üzerinde 12 adet analog girişi 20 adet dijital giriş ve çıkış pini bulunmaktadır. Bu pinler Şekil 3.8 'de gösterilmektedir (Mühendistv, 2024).



Şekil 3.7. Arduino pinleri

3.2.3 Arduino'nun özellikleri

Arduino'nun özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Çevresiyle kolaylıkla etkileşimde bulunabilen sistemler tasarlanabilir,
- Açık kaynak kodlu bir geliştirme platformudur,
- Atmega firmasının 8 ve 32 bit mikrodenetleyicileri Arduino kartlarında bulunur,
- Arduino mikrodenetleyicileri içerisindeki kütüphaneler sayesinde kolaylıkla programlanabilir,
- Dijital ve analog girişleri kullanılarak hem dijital hem de analog veriler işlenebilir,
- Sensörlerin aldığı verileri kullanılabilir,
- Dış dünyaya hareket, ışık, ses gibi çıktılar üretilebilir (Ersin vd., 2019).

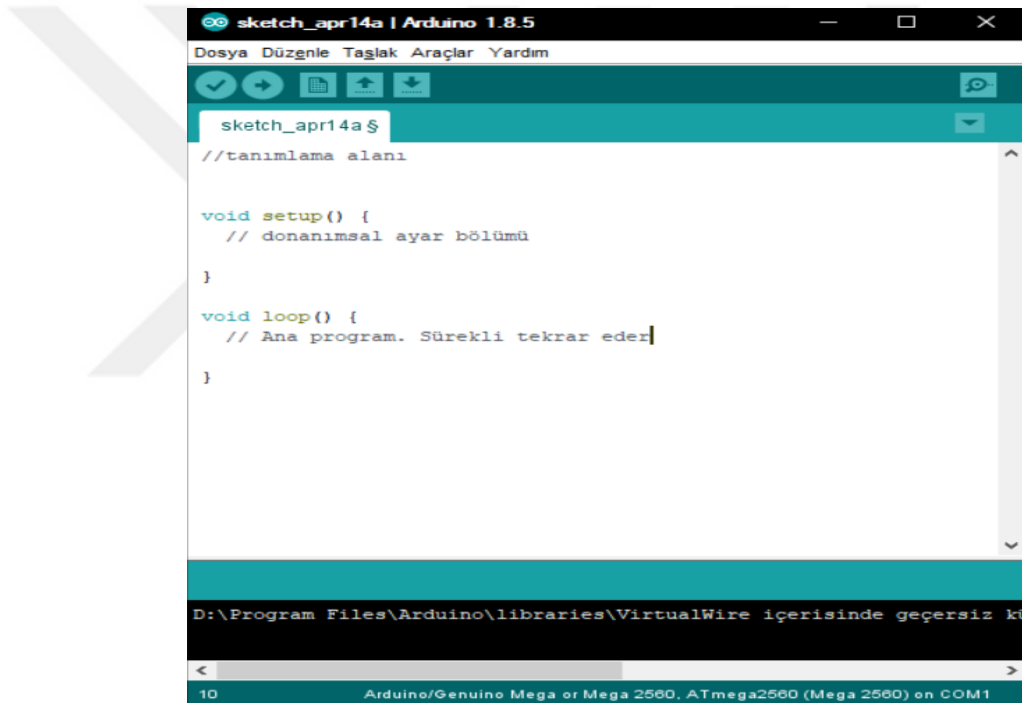
3.2.4 Arduino yazılım arayüzü

Bütün Arduino programları 3 ana kısımdan meydana gelir;

1. Değişkenlerin, fonksiyonların ve kütüphanelerin tanımlandığı alan
2. İhtiyaç duyulan donanımsal ayarların yapılmasının sağlandığı setup() fonksiyonu
3. Sürekli çalışmakta olan ve ana programın bulunduğu loop() fonksiyonu

3.2.4.1 Arduino IDE

Arduino kartlarını programlamak amacıyla geliştirilen Arduino IDE ortamı Şekil 3.9 'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Arduino IDE ortamı

Buradaki bazı simgelerin ne işe yaradığını incelersek;



Verify(Doğrula): Kodu doğruluğunu sınar bulduğu yazım hatalarını kullanıcıya bildirir.



Upload(Yükle): Kodu derledikten sonra hata tespit etmezse kodu Arduino'ya yükler.



New(Yeni): Yeni bir kod sayfası açar.



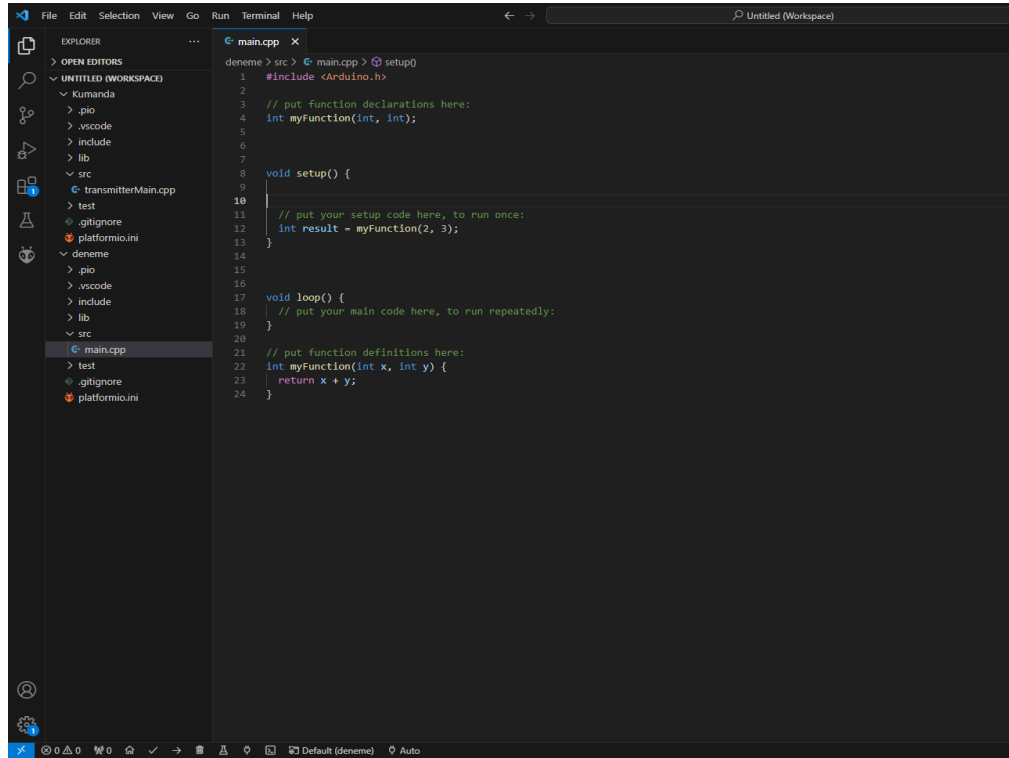
Open(Aç): Bütün kütüphanelerde bulunan örnek uygulama listesi gösterilir.



Save(Kaydet): Hazırlanan Programı kaydeder.

3.2.4.2 Visual Studio Code

Microsoftun geliştirdiği Visual Studio Code bir kaynak kodu düzenleme aracıdır. Windows, Linux ve MacOS gibi işletim sistemlerinde kullanılabilen bir programdır. Hata ayıklama, gömülü GIT(Global Information Tracker) kontrolü, sözdizimi vurgulama, akıllı kod tamamlama, yeniden kullanılabilir kodlar (snippet) ve kod yeniden yapılandırma gibi birçok özelliği içinde bulundurmaktadır. JavaScript, TypeScript ve Node.js gibi diller için yerleşik destek sunar ve diğer diller için eklenti desteği sağlamaktadır. Aynı zamanda, zengin bir kod tanıma (code intellisense) içeriği, kod yeniden yapılandırma desteği, hızlı çalışma ve platform bağımsız kod geliştirme imkânı gibi özellikleri de içinde barındırmaktadır. Türkçe dil desteği de bulunan Visual Studio Code, geliştiricilere kod yazarken pratiklik ve verimlilik sağlamaktadır (Hosting, 2024).



Şekil 3.9. Visual Studio Code ekranı

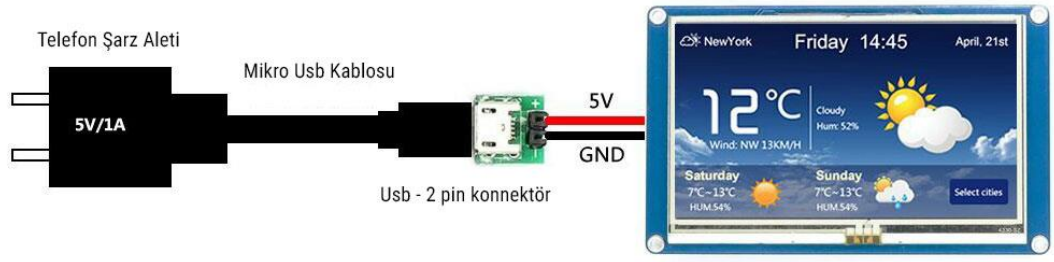
Şekil 3.10’da gösterilen Visual Studio Code’un özellikleri aşağıdaki maddeler halinde sıralanabilir:

- Birçok işletim sistemi için uyumlu ve yüzlerce programlama dilini destekler.
- Sözdizimi vurgulama, parantez eşleştirme ve diğer önemli kodlama özellikleri gibi desteklenen diller için özellikler sağlar.
- Hata ayıklama, gömülü GIT kontrolü yapar ve kod yeniden yapılandırma desteği sağlar.
- Yeniden kullanılabilir kodlar ve akıllı kod tamamlama özelliği bulunur.
- Web, bulut, mobil ve oyun geliştirme için üst düzey destek sağlar.

Visual Studio Code’un bu özellikleri sayesinde geliştiriciler, uygulama geliştirme süreçlerini hızlandırabildiği gibi daha verimli bir şekilde çalışabilirler (Hosting, 2024).

3.3. Dokunmatik Ekran

Nextion markasının ürettiği grafik LCD(liquid crystal display) modeli olan dokunmatik ekran Arduino ve farklı mikrodenetleyiciler ile görsel arayüzler oluşturmayı sağlamaktadır. Diğer LCD’lere göre daha farklı bir mantık ile çalışmaktadır. Bu fark LCD’nin programlanmasının ayrı olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Yani firmanın özel olarak ürettiği bir arayüz uygulaması bulunmakta ve bu uygulama sayesinde LCD’nin üzerinde istenilen arayüz rahatlıkla oluşturabilmektedir. Bu özelliğiyle birlikte kullanıcıya platformdan bağımsız olma olanağı sağlamaktadır. Yani Nextion Editör isimli uygulaması sayesinde Arduino, PIC gibi kartları geliştirilen arayüzler ile kolaylıkla kullanabilmektedir. Mikrodenetleyicide kullanılacak ekranlar, mikrodenetleyiciler veya mikroişlemciler UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter) üzerinden haberleşme sağladığından dolayı ihtiyaç duyulan tek şey UART arayüzüdür. Şekil 3.11’de gösterilen Nextion HMI kartında veri UART üzerinden gönderilerek LCD’nin üstündeki değerleri değiştirebilir ya da ekrana dokunulduğunda dokunmalar UART üzerinden algılanabilir.



Şekil 3.10. Nextion HMI kartı

Nextion ekranı sistemdeki bilgisayar bağımlılığını ortadan kaldırarak sistem çıktılarını gözlemleyebilmek amacıyla kullanılan küçük bir ekrandır. Nextion ekran modülü kontrolü sağlamak amacıyla kullanılan bir arayüzdür. Nextion dokunmatik olmasından kaynaklı kullanım kolaylığı sağladığından dolayı seçilmiştir. ITEAD firması tarafından üretilen Nextion'un kendi editörü bulunmaktadır, ITEAD Nextion ekran editörü, ekranları oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Cihazların kontrolüne olanak sağlayan, yazılım sayesinde programları geliştirilen, bütün nesnelerin özelliklerinin ve öğelerinin konfigürasyonuna izin veren bir arayüze sahiptir (Bento, 2018). Bu özellikleri açısından bakıldığında öbür LCD ekranlara oranla farklıdır. Dokunmatik ekranı aracılığıyla dışarıdan komut alınabilmektedir. Ekranın kendi kontrolcüsünün olmasından dolayı yalnız başına ekranı olan bir bilgisayar gibi işlev sağlayabilmektedir. Nextion ekran kartı bilgisayar aracılığıyla kurulan Nextion editörüyle ekran tasarımı yapılabilen ve .tft uzantılı dosyalar SD karta yüklenerek ekrana aktarılabilir. Ekranın üzerinde dosyaları yükleyebilmek için SD kart yuvası vardır. Bu sayede aynı tasarım ekranında yazılmış olan kodlarla birlikte oldukça kullanışlı bir insan makine arayüzü(HMI) meydana getirmektedir. Arduino ile haberleşmek amacıyla Nextion ekranlarının üzerinde bulunan seri porttan faydalanılmaktadır. Bu sayede uygulayıcılar kablolama zahmetinden kurtulmuş olur. Bu ekranlarda program arayüzü oluşturmak amacıyla içerisinde birçok metin kutusu, gösterge paneli, buton, resim kutusu, zamanlayıcı... gibi araçlar bulundurmaktadır. Sürükle-bırak yöntemi ekranların tasarımı kolaylaştırıp süreci önemli ölçüde azaltmaktadır (Yaşar, 2020).

3.4. Yapay Işık Kaynaklarının Bitkisel Üretime Etkisi

Güneş ışınlarının olmadığı yerlerde ya da az olduğu yerlerde, LED aydınlatma sistemlerinin avantajlarından dolayı kullanımı artmaktadır. LED'lerin uzun ömürlü olması aynı zamanda elektrik tüketimi anlamında az enerji harcamasından dolayı Türkiye'de ve dünyada kullanımı artmaktadır (Bayhan, 2019).

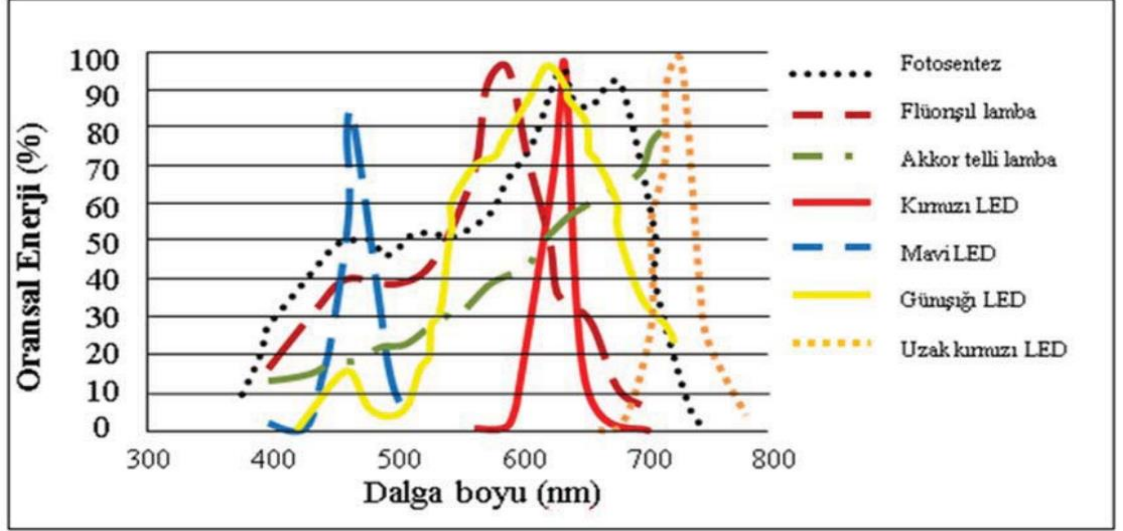
Daha çok gün ışığının düştüğü, güneşli gün sayısının azaldığı soğuk kış aylarında, güneş batarken veya güneşin olmadığı zamanlar için uygulanan alternatif aydınlatmanın ürünlerin gelişmesine etki ettiği bilinmektedir. Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde yıllık toplam ürünün artırılması amacıyla sertifikalı tohum kullanımı, temiz sulama, bitki besleme, mekanizasyondan yararlanma gibi etmenler olduğu kadar seracılıkta yapay ışık kullanımı da önemlidir Şekil 3.12'de seralarda yapay aydınlatma sistemine örnek bir sera gösterilmektedir (Bayhan, 2019).



Şekil 3.11. Seralarda yapay aydınlatma

Yapay aydınlatma kaynaklarını seçerken bitkilerin fotosentez karakteristiği bu kaynakların kullanımı konusunda bizlere önemli ipuçları vermektedir. Bu karakteristikler ışığında hangi dalga boyu aralığında ne tür bir ışık kaynağının kullanılacağı bilgisi çıkarılabilir. Fotosentezden faydalanma yönüyle bakıldığında, LED'lerin yaydığı fotonların geniş spektrumlu lambalara oranla daha düşük fotosentetik olmayan radyasyon yaydıkları gözlemlenmektedir. Kırmızı renkteki LED'ler 660 nm dalga boyunda ışık yayma potansiyeline sahiptir ve bu dalga boyu bitkilerin gelişimi için gerekli olan 640

nm dalga boyuna yakın olması yönüyle çok önemlidir. Dalga boyunun istenilen değere yakın olması bitkiler için önemli olan fiziksel aktivite oranı yani PAR(Photosynthetically Active Radiation) enerjisinden yararlanmasını arttırmaktadır Şekil 3.13’de fotosentez karakteristik eğrisi ve altı adet farklı yapay ışık kaynağına ait eğrileri göstermektedir (Çağlayan, 2013).



Şekil 3.12. Bitkilerin fotosentez karakteristiği ile bazı yapay kaynaklarının enerji tayflarının karşılaştırılması (Koç, 2009).

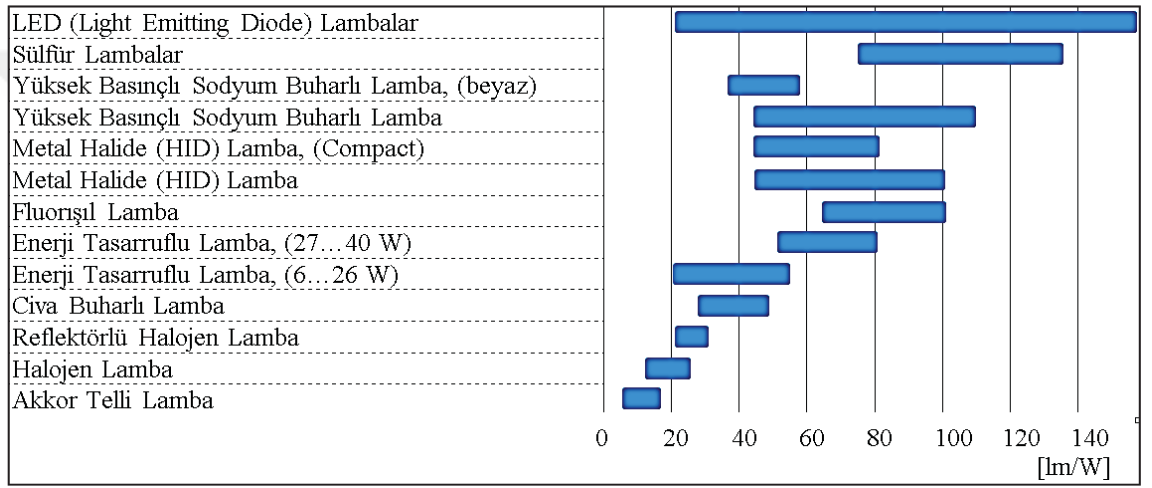
Şekilde kızılötesi, mavi ve kırmızı ışık sağlayan LED aydınlatmaların fotosentez karakteristiğinin ilgili dalga boylarındaki enerjiyi karşılayabileceği görülmektedir. Klorofil emisyonu 445 ve 650 nm dalga boylarında en yüksek seviyelere ulaşmakta, 500-575 nm aralığında ise azalarak %20’nin altındaki oranlara kadar düşmektedir. LED’ler tükettikleri elektrik enerjisinin neredeyse tümünü fotosentez tayfının içerisindeki dalga boylarında yaymaktadır (Koç, 2009).

3.4.1. LED ışık kaynaklarının avantaj ve dezavantajları

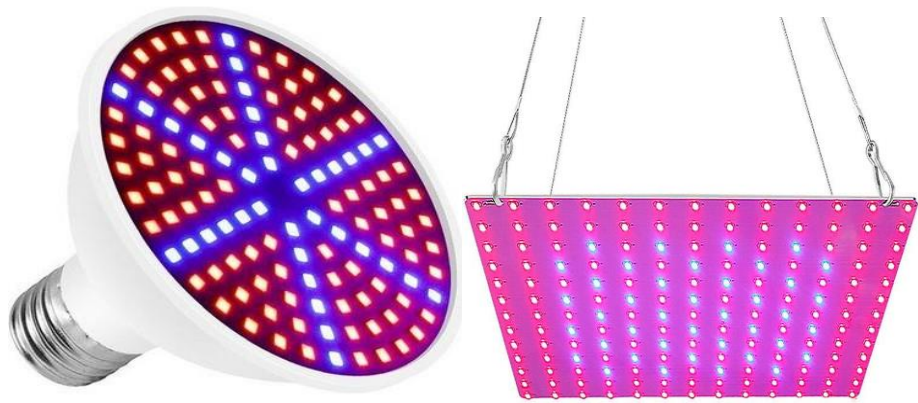
LED ışık kaynaklarından oluşturulan LED lambaların en büyük dezavantajı maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Ancak, diğer ışık kaynaklarına göre sahip oldukları avantajlarının fazla olması da dikkat çekmektedir. LED’lerin küçük hacme sahip ve uzun ömürlü (>50000 saat) olmaları, istenilen dalga boylarındaki ışığı verebilmeleri, çevreye çok düşük ısı yaymaları, daha çevreci olmaları ve ışık şiddetinin ayarlanabilir olması kullanım alanlarının artmasını sağlamıştır. LED lambalar diğer aydınlatma

teknolojileriyle kıyaslandığında %65'e varan oranda enerji tasarrufu sağlamaktadır (Efe, 2014). Öte yandan, LED lambaların ışık verimleri son yıllardaki gelişmelerle birlikte arttığı görülmektedir. Bazı LED üretici firmaları, 186 lm/W ışık değerine sahip yüksek güçlü LED'in laboratuvar ortamında geliştirildiğini bildirmişlerdir (Murray, 2009). Tüm bu bilgiler ışığında, LED aydınlatma maliyetlerinin uygun seviyelere düşmesiyle LED aydınlatmaların yakın gelecekte geleneksel ışık kaynaklarının yerini alacağını göstermektedir (Çağlayan 2011).

Tablo 3.1. Başlıca ışık kaynaklarına ait ışık verimlerinin karşılaştırması (Demirbükten, 2011).



Şekil 3.14'te gösterildiği gibi birçok LED'in bir araya getirilmesiyle oluşturulan LED aydınlatma sistemleri, ticari olarak dikdörtgen ya da yuvarlak şeklinde üretilmektedirler.



Şekil 3.13. Yuvarlak ve dikdörtgen LED lamba kiti (kırmızı yoğunluk)

3.4.2. LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki verim özellikleri

Tarımsal uygulamalarda kullanılan LED yetiştirme lambalarının güçleri içinde bulundurduğu LED miktarına göre 7W ile 300 W aralığında değişim göstermektedir. Bahsedilen bu LED'ler, şekil 3.15'deki gibi mavi ve kırmızı renklidirler ve bir plakanın üstünde belirli oranlarda karışık olarak yerleştirilmişlerdir. LED dağılımı genel olarak %10 mavi + %90 kırmızı veya %20 mavi + %80 kırmızı şeklindedir (Koç, 2009).

Bazı firmalar ise LED lamba tasarımı yaparken kırmızı ve mavi renkteki LED'lerin yanında gün ışığı ve yeşil renkteki LED'leri de kullanmaktadır. Bu sayede hedeflenen fotosentez hızını artırmak amacıyla ihtiyaç duyulan dalga boyu sağlanmaktadır.



Şekil 3.14. Seralarda mavi- kırmızı LED aydınlatma sistemleri

Efe, (2014) tarafından geliştirilen çalışmaya göre denemede parsellerde yetiştirilen bitkilerin tümü 69 gün tamamlanınca hasat edilebilecek iriliğe ulaştığından dolayı hasat edilmiştir. Araştırma yapılırken yetiştirilen bitkilerin hasat süresi yapılan araştırmalarla paralellik göstermesine rağmen bitkilerin ağırlıkları literatürdeki çalışmaların üstündedir(Efe 2014).

Yapılan araştırmalarda kıvırcık yapraklı salata yetiştiriciliği yapılırken gün ışığına ek olarak yapılacak LED aydınlatmalarla birlikte bitkilerin gelişimine olumlu etki oluşturduğu aşağıda elde edilen bulgular ışığında doğrulanmıştır. Bahsi geçen bulgular Tablo 3.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 3.2. Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki verim özellikleri üzerine etkisi(Efe, 2014).

LED Işık Kaynağı	Toplam Bitki Ağırlığı (g)	Paz. Baş Ağırlığı (g)	Pazarlanabilir Yaprak Sayısı (Adet)	Toplam Yaprak Sayısı (Adet)	Pazarlanabilir Verim (ton/ha)
KIRMIZI	940,04 cd	804,83 de	39,83 d	43,58 c	32,06 cd
KONTROL	1047,92 b	888,71 bc	43,92 bc	48,00 b	35,55 b
MAVİ	1054,67 b	891,25 bc	45,00 b	49,08 b	35,65 b
MAVİ+KIRMIZI	1050,33 b	916,58 b	45,50 ab	48,67 b	36,40 b

3.5. Sulama Sistemleri Ve Toprak Nem Ölçümü

Tarımsal alanlarda sulama sistemleri büyük önem arz etmektedir. Sulama sistemi arazinin büyüklüğü, arazinin yapısı, toprak yapısı, su kaynakları ve bitki türüne göre değişmektedir. Bitkilerin büyümesi ve yüksek oranda verim alınabilmesi için dengeli ve yeterli bir sulamanın yapılması gerekmektedir. Doğal sulama yağmur suyu ile olurken, yağmur suyunun yetmediği zamanlarda da şekil 3.16'daki gibi otomatik sulama yöntemleri kullanılarak da su ihtiyacı giderilebilmektedir. Ek sulama doğal sulamanın yetersiz olduğu zamanlarda, ihtiyaç duyulan su oranında bitkinin kökünü sulaması olarak tanımlanabilir (Demirbaş, 2021).



Şekil 3.15. Otomatik sulama sistemleri

3.5.1. Sulama yöntemleri

Sulama yöntemleri bitkinin köküne verilecek suyun ne şekilde verileceğinden, suyun su kaynağından bitkiye verilmesine kadar gerçekleşen sistemin tamamını kapsamaktadır. Bu yöntemler, basınçlı sulama ve yüzey sulama olarak ikiye ayrılır. Yüzey sulama yönteminde su toprağın yüzeyinden verilir. Su yerçekiminin de etkisiyle köke doğru emilir ve bitkinin kök bölgesinde toplanır. Basınçlı sulama yönteminde ise basınçlı yağmurlama tekniği ya da su damlacıklarının damlatılması şeklinde toprak ile buluşturulur ve bitkinin kökü sulanmış olur. Sulama yöntemlerinin bütünü kendine özgü sistemlerden oluşmaktadır. Bahsi geçen sulama sistemleri toprağın bulunduğu konum, suyun kaynağı, bölgenin iklimi, ekonomik ya da sosyal durum gibi birden çok etkene bağlıdır. Bu koşulları sağlayan en doğru sulama yöntemi seçilerek yapılan seçim doğrultusunda sistem kurularak işletilmelidir. Tablo 3.2’ de sulama yöntemleri gösterilmektedir (Yıldırım, 2008).

Tablo 3.3. Sulama yöntemlerinin sınıflandırılması (Yıldırım, 2008)

Sulama Yöntemleri	
A) Yüzey Sulama Yöntemleri	B) Basınçlı Sulama Yöntemleri
a) Salma Sulama Yöntemleri	a) Yağmurlama Sulama Yöntemi
b) Tava Sulama Yöntemleri	b) Ağaç Aktı Mikro Yağmurlama Sulama Yöntemi
c) Uzun Tava Sulama Yöntemleri	c) Sızdırma Sulama Yöntemi
d) Karık Sulama Yöntemleri	d) Damla Sulama Yöntemi

3.5.1.1. Damla sulama sistemi

Damla sulama sistemleri ile bitkinin kök bölgesindeki nem oranı ihtiyacı olan değerde tutulmaktadır. Bu sulama tekniği kullanılarak devamlı ama yeterli miktarda sulama yapılabilmektedir. Damla sulama sistemleri sebze ve meyve yetiştiriciliğinde, süs bitkileri ve dış mekânlarda bulunan saksı bitkilerinin sulanması gibi birçok alanda kullanılır. Ancak sık köklü bitkilerin sularken aynı verimi sağlayamamaktadır (Altunbaş, 2018) .

Damla sulama sisteminin avantajları;

- Damla sulama sistemi kullanılarak yapılan sulama sadece kök bölgesini hedef aldığından dolayı bitkinin yalnızca kök bölgesi sulanmaktadır. Bu nedenden dolayı su kullanımı en düşük seviyededir.
- Bitkinin kök bölgesi gövdesinin gölgesi sayesinde buharlaşmadan daha az etkilenmektedir.
- Damla sulama sisteminde su toprağa yavaş verildiğinden dolayı bitkinin oksijen dengesi sağlanabilmektedir.
- Damla sulama sisteminde yalnızca bitkinin kökü sulandığı için bitkinin çevresindeki yabani otlar susuz kalmaktadır. Bu durumda damla sulama yapılan alanda diğer sulama sistemlerine göre daha az yabani ot bulunmaktadır.



Şekil 3.16. Damla sulama sistemi örneği

Şekil 3.17’de bir örneği gösterilen damla sulama sistemi, esnek yani sulama alanlarının arttırılıp azaltılabildiği bir sistem olmasından dolayı peyzaj endüstrisinde öne çıkmaktadır. Nedeni ise bitkilerin olgunlaşmasıyla damla sulama sistemine ek damlaticıların eklenmesinin mümkün olmasıdır (Aşillioğlu, 2005).

Damla sulama sistemlerinin avantajları olduğu kadar dezavantajları da bulunmaktadır, bunlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

- Kemirgen hayvanların ve diğer haşerelerin sisteme zarar vermeleri
- Damlaticı borularında meydana gelen tıkanıklıklar
- Bitkinin etrafında tuz birikmesi
- Teknik ve ekonomik açıdan sınırlı olması
- Tıkanıklıkların olmasından kaynaklı sürekli bakım ihtiyacı olması

3.5.2. Toprak nem ölçümü

Yarıiletken teknolojisindeki son yenilikler ile tasarlanan sistemlerde nem sensörleri ile ortam nemini doğru ölçebilen aynı zamanda dayanıklı ve düşük maliyetli sistemler üretilmeye başlandı. Kullanımı oldukça yaygınlaşan nem sensörleri kapasitif, direnç ve ısıl iletkenliğe bağlı olarak ölçüm yapmaktadırlar (Wilson, 2005).

Nem sensörleri seçilirken bazı hususlar dikkate alınmalıdır. Bunlar; doğru sensörün seçilmesi, sensörlerin değiştirilebilir olması, tekrarlanabilir olması, kararlı olması, düşük maliyetli olması, kalibrasyonunun yapılabilmesi, sensörün değiştirilme maliyetinin düşük olması gibi etkenlerdir (Yüklü, 2006).

3.6. Seralarda İklimlendirme

Bitkinin büyürken ihtiyaç duyduğu büyüme şartlarının sağlanamadığı bölgelerde ya da mevsimlerde ağaçların, çiçeklerin, meyve ve sebzelerin yetiştirilmesi için uygun sıcaklığı sağlayabilmek amacıyla naylon, cam veya farklı ışığı geçirebilen malzemelerle kaplanan bitki yetiştirme ortamlarına sera olarak adlandırılır. Otomatik sera sistemleri ile bitkinin büyümesinde ihtiyaç duyulan ortam şartları duruma göre ısıtma, soğutma, havalandırma, sulama gibi işlemler yapılarak sağlanmaktadır. Örnek verecek olursak sera iç sıcaklığının kontrolünü sağlamak için havalandırma pencereleri kullanılarak doğal havalandırma veya şekil 3.18’de gösterilen vantilatörler kullanılarak mekanik havalandırma yapılabilir. Bu sistemlerde; soğutma için fanlarla birlikte yastık sistemi, ısıtma için sıcak havalı ve sıcak su kullanılan sistemler tasarlanabilmektedir (Kürklü ve Çağlayan, 2005).



Şekil 3.17. Seralarda havalandırma sistemi örneği

Sera iklimlendirmesinde amaç düşük enerji ile yüksek verimin elde edilmesidir. Bundan dolayı sera içindeki sıcaklık serada üretilcek olan ürün için ideal sıcaklıkta sabit tutularak enerjiden tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır.

Sera iklimlendirmesinin kontrolünü sağlamak amacıyla tasarlanacak en doğru kontrol sistemi öncelikle sera sıcaklığının yetiştirilen ürünün ihtiyaç duyduğu değerler arasında tutmasını hedeflemelidir. Seralardaki amaç, yüksek verimli ve kaliteli ürünü elde edebilecek optimum sıcaklığı sağlamaktır. Optimum sıcaklık değeri bitkinin çeşitlerine ve türlerine göre farklılıklar gösterir.

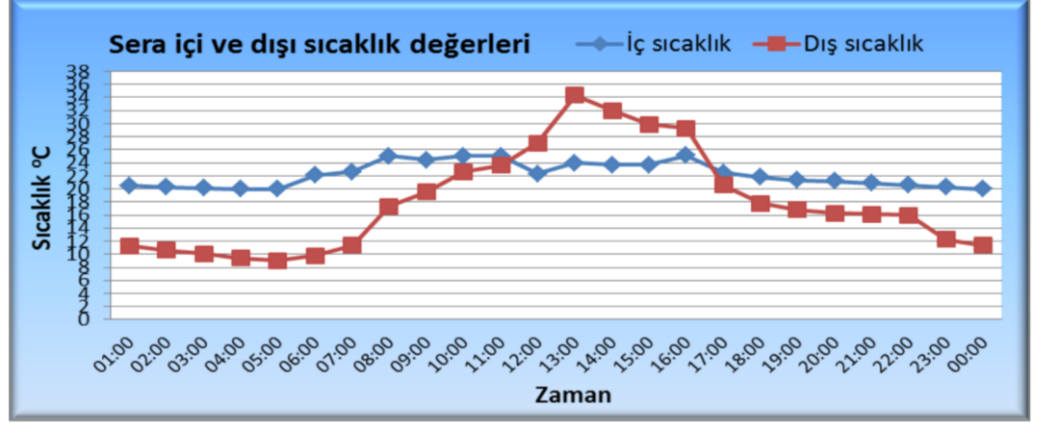
Sıcaklığın yüksek olması bitkilerde strese, gövde direncinin düşmesine, fotosentez yaparken solunum dengesinin bozulmasına, yaprak genişliğinin düşmesine, büyüme hızının yavaşlamasına meyvenin kalite ve veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Sıcaklığın düşmesi ise bitkinin donmasına, meyvenin renginin oluşmamasına, meyve kalitesinin ve veriminin azalmasına sebep olmaktadır (Öztürk vd., 2014).

3.6.1. Otomatik ısıtma ve soğutma sistemlerinin avantajları

Seraların iç hava şartlarının ihtiyaç duyulan seviyelere getirilmesi; serada yetiştirilen ürünün kalitesini, büyüme süresini aynı zamanda daha fazla hasat vermesi gibi önemli özellikleri arttırmayı hedeflemektedir. Seranın iklim özelliklerini iç ortam sıcaklığı, bağıl nem oranı ve karbondioksit miktarı gibi değerlerin yükselmesi ya da düşmesi kaliteli ürün almayı büyük ölçüde etkilemektedir (Yılmaz ve Doğan, 2016).

Yılmaz ve Doğan (2016) tarafından yapılan araştırmada otomasyon sistemi kurulmayan sera ve otomasyon sistemi kurulan seraya aynı zamanda salatalık ekimi yapılmıştır. Otomasyon kullanılan ortamda üretilen ürünün, otomasyonsuz serada üretilen ürüne oranla daha düzenli geliştiği gözlemlenmiştir. Otomasyonsuz seradaki salatalık fidelerinin gelişimleri yavaş ilerlerken otomasyonlu seradaki ürünlerin gelişimi ve veriminin daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir. Otomasyonsuz seradaki çiçeklenme süresi uzunken, otomasyonun olduğu serada çiçeklenme süresi kısa olup ortalama 10-15 gün erken açarak dalların ve yaprakların daha belirgin bir şekilde büyüdüğü gözlemlenmiştir. Otomasyonlu sistemin ana amacı seranın iç ortamındaki sıcaklık ve nem gibi değerlerinin otomasyon ile ihtiyaç duyulan değerler arasında sabit tutulması ve dış etmenlerin gelişmeyi etkilememesidir. Yapılan deneylerde otomasyon sistemi sayesinde sıcaklıkla nem değerleri ihtiyaç duyulan değer aralığında sabit tutulmuştur. Şekil 3.19'da

gösterildiği gibi sıcaklık değeri dış ortam sıcaklığından etkilenmeyerek sabit tutulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda ise otomasyon yapılan serada üretilen ürünler otomasyonsuz serada üretilen ürünlere oranla tohum ekiminden çiçeklenmeye, fidelerin gelişmesinden ürünün oluşmasına kadar ortalama 10 ile 15 gün gibi bir süre daha hızlı geliştiği gözlemlenmiştir (Yılmaz ve Doğan, 2016).



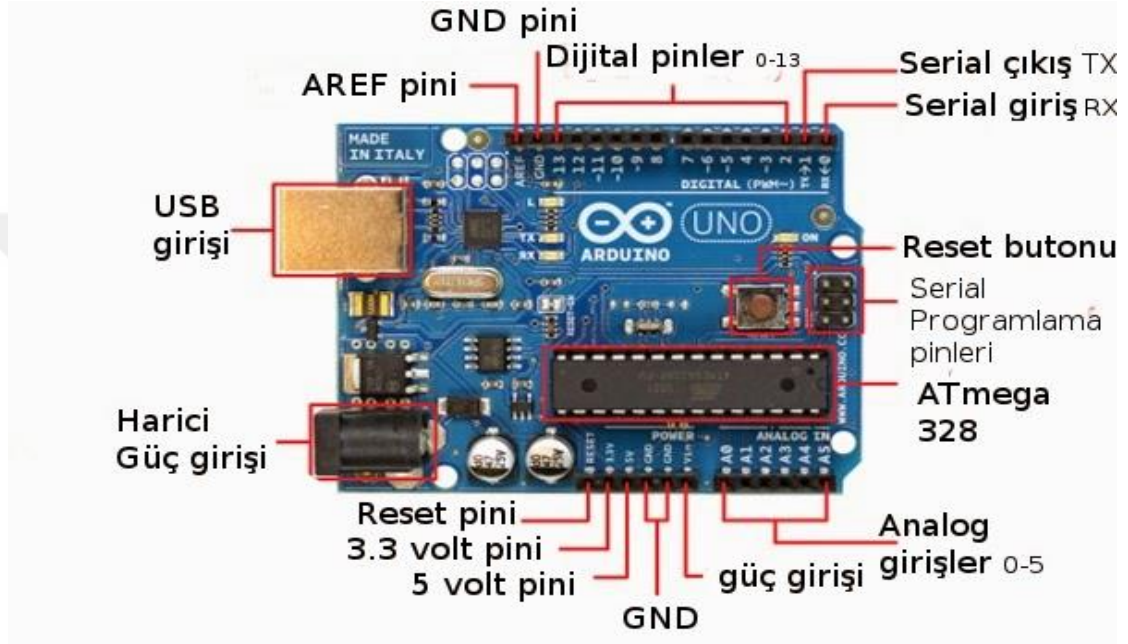
Şekil 3.18. Sera iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının zamana göre değişimi (Yılmaz ve Doğan, 2016).

4. MATERYAL YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. Arduino Uno

Şekil 4.1’de gösterilen Arduino, ATmega328 tabanlı bir mikrodenetleyici geliştirme kartıdır.



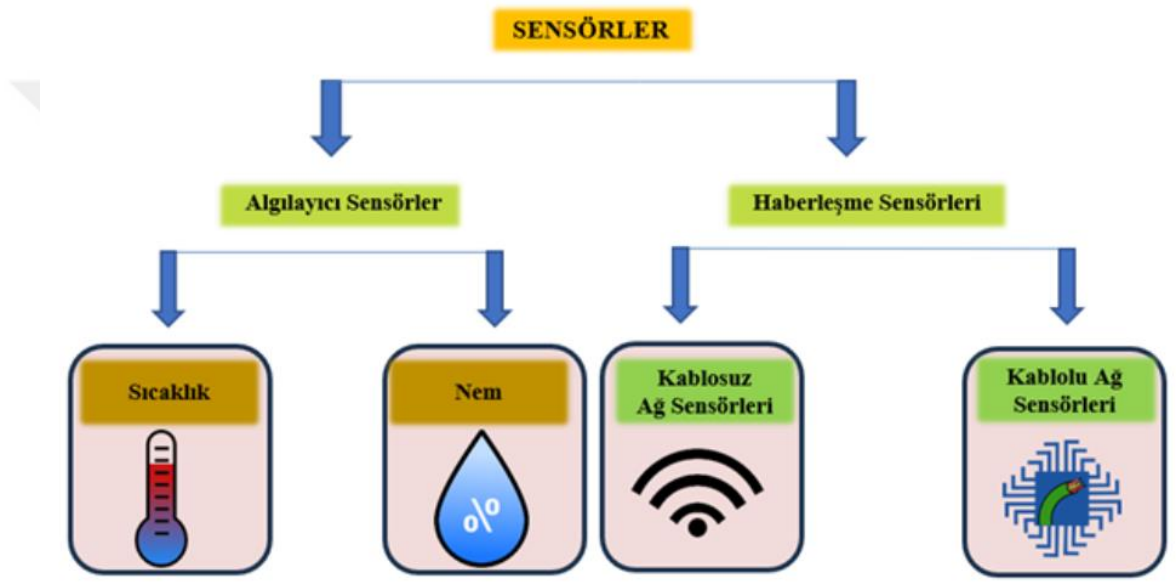
Şekil 4.1. Arduino Uno (Arduonik, 2024)

Arduino kartının üzerinde 14 adet dijital giriş/çıkış bağlantısı, 6 analog girişi, 16 Megahertz kristal osilatörü, USB bağlantısı, güç bağlantısı, ICSP bağlantısı ve reset tuşu bulunmaktadır. USB portu ile bilgisayar üzerinden bağlamak kartın çalışması için yeterlidir. Arduino Uno’nun enerji bağlantısı, USB, pil veya güç kaynağıyla sağlanabilir. Enerji alımı besleme soketi aracılığıyla yapılabileceği gibi Gnd ve Vin soketleriyle de sağlanabilir (Ersin vd., 2019).

4.1.2. Sensörler

Sürdürülebilir tarımının olması ve yüksek kaliteli ürünlerin yetiştirilebilmesi bitkinin uygun ortam koşullarına sahip olmasıyla mümkündür. Bitkinin ihtiyaç duyduğu sıcaklık, nem, PH, ışık şiddeti gibi birçok etmenin kontrol edilebilmesi ve bitkinin yetişmesi için optimum koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu durumda toprakta veya havada

bulunan bu değerlerin ölçülmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaç doğrultusunda çözüm olarak da sensörlerin kullanılması uygun olmaktadır. Günümüzde sensörler aracılığıyla topraktaki organik ve inorganik maddelerin değeri, toprağın sıcaklık değeri, toprak nem değeri, ortam sıcaklığı ve ışık şiddeti ölçülebilmektedir. Ortam verileri algılayıcı sensörlerle ölçülürken mikrodenetleyici arabirimi ile anlamlı verilere dönüştürülmekle birlikte kablolu, kablosuz ağ sensörleriyle de ara birimlere ve genel merkezlere veri akışı sağlanmaktadır. Akıllı tarımda kullanılan bazı sensörlerin şematik gösterimi aşağıdaki gibidir (Çelik ve Duran, 2022).

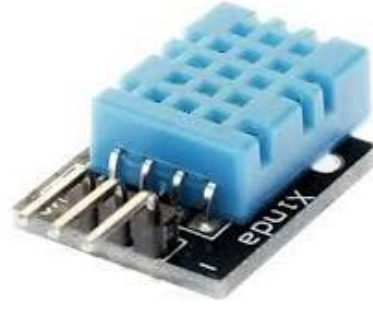


Şekil 4.2. Akıllı tarımda kullanılan sensörlerin şematik gösterimi (Çelik ve Duran, 2022).

4.1.2.1. Dht11 sıcaklık sensörü

Kapalı alan bitkilerinde bulunulan ortamın sıcaklık ve nemi bitki gelişimi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu sebepten ötürü sera otomasyonu gibi sistemlerde sıcaklık ve nem kontrolü için bu sensörlerden faydalanılmaktadır (Çelik ve Duran, 2022).

DHT-11, dijital bir sensördür aynı zamanda hem sıcaklık hem de nem değerlerini ölçmektedir. Çevresindeki havanın nem ve sıcaklık değerlerini ölçmek için içerisindeki kapasitif nem sensörü ile termistörü kullanmaktadır. Sensör verilerini dijital çıkış pinine aktararak 2 saniyede bir çıkış vermesini sağlamaktadır(Ersin vd., 2019).



Şekil 4.3. DHT11 hava nemi sensörü

Tasarlanan sistemde kullanılan sensör ise DHT11 ‘dir. Şekil 4.3’de gösterilen DHT 11 sensörü ortam nemi ve havada bulunan nemin sensör içerisinde bulunan tuzlar ile tepkimeye girip iletkenlik farkı oluşturması ile üretilen analog sinyal ile ölçülebilen toprakta bulunan nem toprak içerisindeki su yoğunluğunun sensör üzerinde direnç farkı veya kapasitif etkisinden yararlanılarak ölçülür (Novelan and Amin, 2020).

4.1.2.2. Toprak nem sensörü

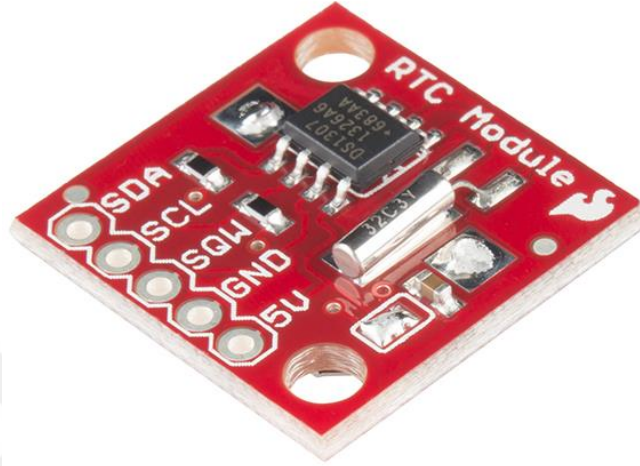
Toprak nem sensörü, topraktaki nem miktarını ya da düşük miktardaki bir sıvının seviyesini ölçmek amacıyla kullanılan bir sensördür. Nemölçer cihazı ölçümün yapılacağı ortama batırılarak kullanılır. Toprağın ya da içerisine batırılan sıvının oluşturduğu dirençten dolayı, prob uçları arasında bir gerilim farkı meydana gelir. Bu gerilim farkından alınan bilgiye göre de nem değeri ölçülebilir. Şekil 4.4’deki gibi toprağa daldırılan sensörün topraktaki nem oranı yükseldikçe iletkenliği de artmaktadır. Kart üzerindeki trimpot ile hassasiyet ayarı da yapılması mümkündür (Altunbaş, 2018).



Şekil 4.4. Toprak nem sensörü

4.1.2.3. Rtc zaman modülü

RTC (Real Time Clock); gerçek zamanlı saat modülü olarak adlandırılır. RTC modüllerinin üstünde frekansı 32.768 kHz bir kristal osilatör bulunmaktadır. Bu modül kullanılarak Arduino uygulamalarında saniye, dakika, saat, gün, ay ve yıl bilgilerine sahip olmak mümkündür. Şekil 4.5'te RTC modülü örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.5. DS1307 RTC modülü

DS1307 RTC Modülü, I2C arayüzüne sahiptir ve Arduino kartları ile kolaylıkla kullanılmaktadır. DS1307 RTC Modülü üzerinde CR2032 pil yuvası bulunmakta ve bu pil sayesinde elektrik kesintisi durumunda bile elektrik kaynağına ihtiyaç duymadan çalışabilmektedir. Enerji kesintisinden sonra sistem açıldığında RTC modülü güncel zaman bilgilerini Arduino'ya aktarabilir. Bahsi geçen özelliğiyle saat/tarih bilgilerine ihtiyaç duyulan projelere uygun bir modüldür. Veri kaydı ve zamana duyarlı diğer uygulamalar için de çok kullanışlı olan bu modül I2C üzerinden Arduino ile iletişim sağlayabilmektedir.

4.1.3. Motorlar

4.1.3.1. Sulama motorları

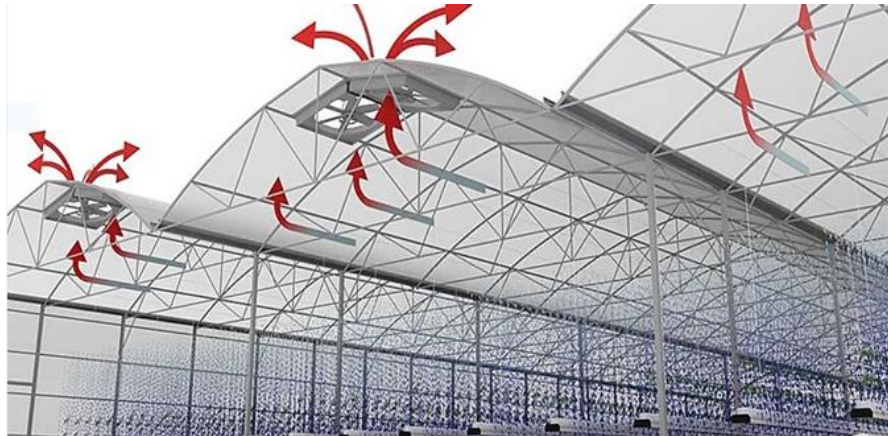
Su motorları, sıvıları taşımaya sağlayan mekanik aletlerdir. Bu motorlar sıvının alçak basınçtan yüksek basınca doğru hareket etmesini sağlamaktadır. Pompaların çalışmasındaki prensip, mekanik kuvvetlerin fiziksel kaldırma ya da sıkıştırma kuvveti ile maddeyi itmesidir. Tarımsal alanların sulamasını yapmak için aşağıdaki şekilde gösterilen sistemlerde olduğu gibi su motorlarından faydalanılır.



Şekil 4.6. Sera sulama sistemi

4.1.3.2. Isıtma ve soğutma motorları

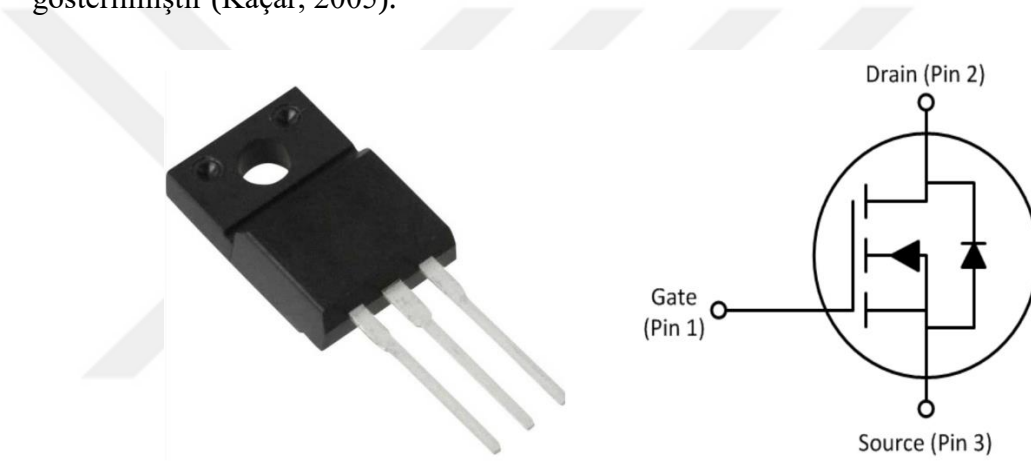
Fanlar, hava akışını oluşturmak için kullanılan en temel teknolojik gereçlerden bir tanesidir. Havada dönen bir pervane ortasında bir çark bulunur ve bu çark pervanenin dönmesini sağlayarak hava akışının hızlanmasını sağlamaktadır. Fanlar hidrolik motorlar gibi farklı enerjiler ile çalışabiliyor olsalar da temel olarak elektrik motorları vasıtasıyla çalışır. Klimalarda kullanılan kompresörlerin tersine yüksek hacim alanı kaplayarak ve oransal olarak düşük hacimli hava akımı meydana getirirler. Fan türlerinin temel kullanım nedenleri iklimlendirmeyi sağlayarak ortamda bulunan sıcak veya havanın oluşan rüzgâr vasıtasıyla sirküle edilerek nispeten soğuması veya ısınmasına destek olmaktır. Sera ısıtma ve soğutma sistemine Şekil 4.7’de örnek gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Sera ısıtma ve soğutma sistemi örneği

4.1.4. MOSFET'ler

MOS(Metal-Oxide-Semiconductor) transistorleri, günümüzde en çok kullanılan akımı kontrol eden elemanlardır. Metal-Oksit-Yarıiletken yapısına sahip olan ve bu sebeple MOS transistor olarak adlandırılan bu elemanlar, elektronların aktıkları yarıiletken yolun bir elektriksel alan ile kontrol edilmesi sebebi ile bir alan etkili transistor FET (Field Effect Transistor) türüdür ve MOSFET olarak adlandırılır. MOS transistorlar, bipolar transistorlara oranla daha küçük boyutlu olarak tasarlanabilmeleri, işlem yapılacak yarıiletken yüzeylerine çok sayıda sığdırılabilmeleri ve daha düşük güç ihtiyaçlarının olması gibi sebeplerle özellikle çok sayıda elemandan oluşan karmaşık dijital sistemlerin tasarlanmasına daha elverişlidirler. MOSFET ve devre şeması aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Kaçar, 2005).



Şekil 4.8. Mosfet ve devre şeması

4.1.5. Proteus simülasyon programı

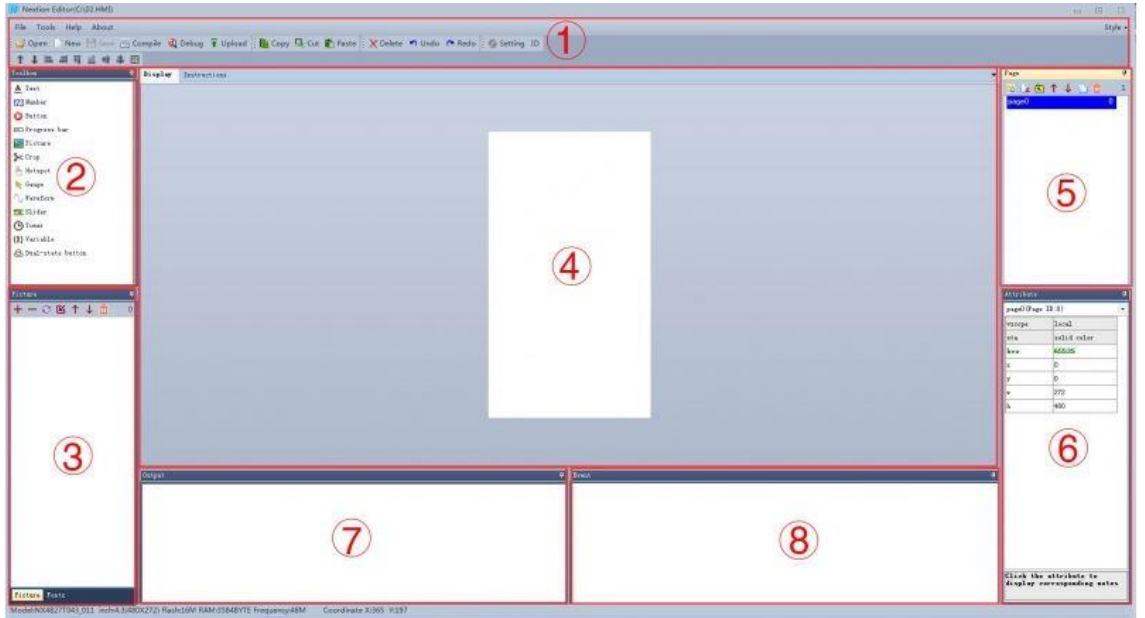
PVSM (Proteus Virtual System Modeling), mikrodnetleyici ile yapılacak olan modellemelerin bütününün simülasyonunu kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Karışık mod “SPICE” devre simülasyonunu, animasyonlu bileşenleri ve mikrodnetleyici modellerini birleştirmektedir. Bu güne kadar ilk defa, fiziksel bir model yapılmadan önce tasarlanan sistemi geliştirmeyi ve test etmeyi mümkün kılmıştır. Bu durum LED ve LCD ekranlar gibi ekranlar aracılığıyla, anahtar ve düğme gibi elemanlar kullanarak tasarımı ile iletişim kurabilmesiyle mümkün olmuştur. Proteus, aynı zamanda montaj kodu ve yüksek seviyeli dil kaynağı için kesme noktaları, tek adımlama ve değişken ekran olmak üzere geniş çaplı hata ayıklama imkânları sağlamaktadır. Proteus, tasarım girdisi ve geliştirme ortamı sağlamak için kanıtlanmış ISIS Şema Yakalama yazılımını kullanmaktadır. ISIS,

köklü bir ürün olmakla birlikte güçlü düzenleme araçları sayesinde kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Aynı zamanda hem simülasyon hem de baskılı devre kartı olan PCB(printed circuit board) tasarımı için şematik yakalamayı desteklemektedir (Çalışır, 2021).

4.1.6. Nextion Editör

Nextion Editor, farklı çeşitlerdeki TFT(thin film transistor) ekranlara ve dokunmatik panellere sahip gömülü GUI(Graphical User Interface) cihazların grafik arabiriminin görsel olarak oluşturulması amacıyla kullanılan bir geliştirme yazılımı olarak tanımlanabilir. Nextion editör aracı kullanılarak, TFT tabanlı cihazları daha kolay ve daha hızlı bir biçimde oluşturmaya başlanabilir. Nextion editörü; metin ekleme özelliği, ilerleme çubuğu, kaydırma çubuğu ve butonlar gibi çok kullanılan öğelere sahip olmasıyla birlikte, kapsamlı arabirim tasarımlarının oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Nextion TFT kartı iletişim kurmak amacıyla tek bir seri port kullandığı için, modelleme yapılırken com0com aracılığıyla sanal port oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Aydalka, 2018).

Nextion editör başlangıç ekranı aşağıda incelenmiştir;



Şekil 4.9. Nextion Editor Başlangıç Ekranı (Şahinoğlu, 2018)

1. Ana menü
2. Bileşenler
3. Görüntü Kütüphanesi: İhtiyaç duyulan görüntü kaynakları buradan alınır.
4. Sayfa Alanı: Bu alandaki sayfa düzenlenmektedir.
5. Nitelikler Düzenleme Alanı: Bir metin bileşeninin değeri ve bunun gibi bileşenlerin ve sayfaların niteliklerini düzenlenmektedir.
6. Derleyici Çıktı Penceresi: Eğer hata tespit edilirse bu alanda görüntülenmektedir.
7. Etkinlik Alanı: Bu bölüme kodlar yazılarak etkinlik derlendiğinde yazılan kodlar çalıştırılır. Kaizen (2024)

4.1.7. Com0com sanal port oluşturma

Boş modem emülatörü (com0com), Windows işletim sistemi için bir çekirdek modu sanal seri port sürücüsüdür. Çok sayıda sanal COM port çifti oluşturulabilir ve bir COM port tabanlı uygulamayı diğerine bağlamak için herhangi bir çift kullanılabilir.

4.1.8. Visual Studio Code programı

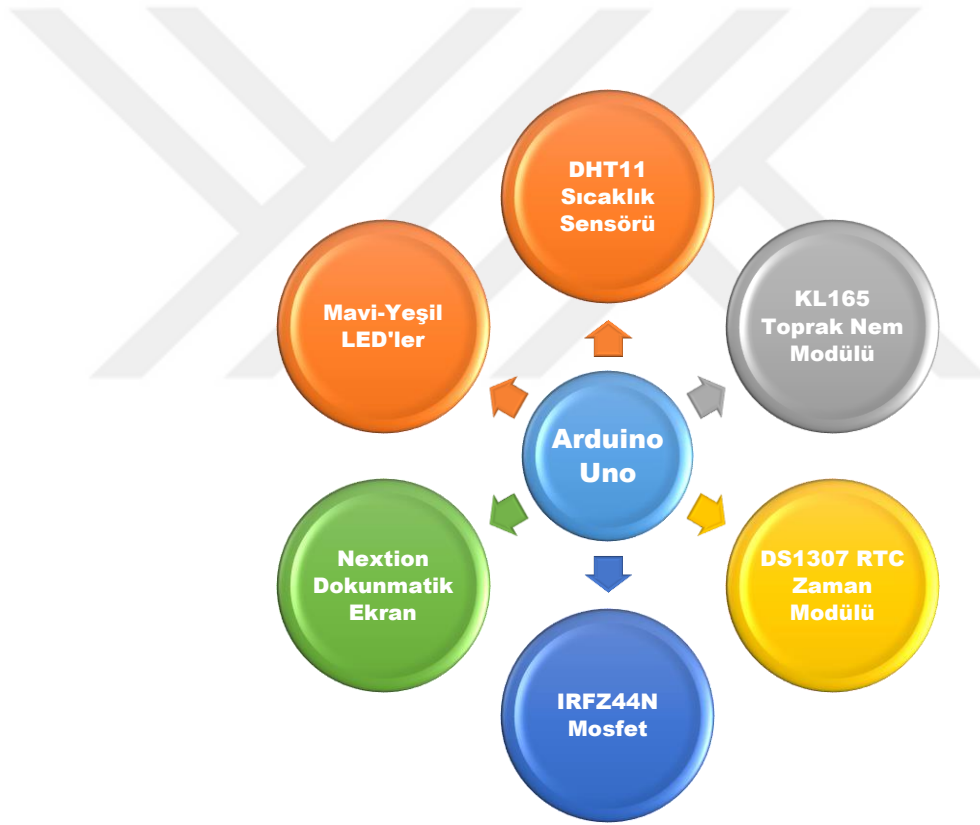
Bir kaynak kodu düzenleyicisi olan Visual Studio Code, sahip olduğu özellikler ile geliştiricilerin zamandan ve emekten tasarruf etmesine imkân sağlamaktadır. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Hafif bir yapıya sahiptir ve son derece hızlı başlar.
- IntelliSense kod tamamlama özelliği bulunur. Bu özelliğin kullanımı değişkenler, iç içe aktarılan modüller ve yöntemler için uygundur.
- Grafiksel hata ayıklama yapmaktadır.
- Şık kod gezintisi ve yeniden düzenleme sağlamaktadır.
- Parametre ipuçları vermektedir.
- Çoklu imleç düzenleme yapılabilir (Northsoft, 2023).

4.2. Yöntem

Bu çalışmanın öncelikli amacı, yetiştirilecek olan sebze ve meyvelerin ihtiyaç duydukları ortam ışık rengi, optimum sıcaklık ve nem değerleri için sistemin tasarlanması ve simülasyon ortamında gerçekleştirilmesinden sonra prototipinin oluşturulup sistemin sorunsuz çalışmasının sağlanmasıdır.

Bu çalışmada; Arduino Uno, KL165 toprak nemi algılama sensör modülü, DHT11 sıcaklık sensörü, DS1307 Rtc zaman modülü, IRFZ44N Mosfet, ısıtma-soğutma ve sulama motorları, mavi-kırmızı LED'ler, Nextion dokunmatik Ekran, Com0com Sanal Port programı, Proteus simülasyon programı ve Visual Studio Code programı kullanılmıştır.



Şekil 4.10. Tasarlanan sistemde Arduino Uno'ya bağlanan elemanlar

Bu kapsamda ilk olarak Proteus simülasyon programında Arduino uno ile sensörler, mosfetler, motorlar ve LED'lerin bağlantıları yapılarak devre tasarımı yapılmıştır. Daha sonra serada yetiştirilecek sebze ve meyvelerin ihtiyaç duyduğu optimum değerler belirlenmiştir. Belirlenen değerlere ve sensörlerden gelen verilere göre Arduino Uno platformunun yazılımı, sonuçlar dokunmatik ekrana gönderilecek şekilde hazırlanmıştır.

Yazılım işlemi tamamlandıktan sonra Nextion Editör programı kullanılarak dokunmatik ekran için kullanıcı arayüzü oluşturulmuş ve kodlaması yapılmıştır.

Bu çalışma bir bütün olarak düşünüldüğünde sistem şu şekilde çalışmaktadır; seradaki herhangi bir sebze veya meyvenin karakteristiğine göre çimlenme, büyüme, meyve dönemlerinde ve gece-gündüz saatlerinde ihtiyaç duydukları farklı sıcaklık, nem ve ışık renklerine göre ortam sağlanacaktır. 3 sebze ve 3 meyvenin referans bilgileri ve sistem yazılımı Visual Studio Code programı aracılığıyla Arduino hafızasına kaydedilmiştir. Nextion dokunmatik ekran ile seradaki ürün seçilip daha önce Arduino hafızasına kaydedilen ortam referans değerleri otomatik seçilmiş olur.

DS1307 Rtc zaman modülü ile güncel saat ve tarih bilgileri Arduino'ya aktararak seçilen sebze veya meyve için içinde bulunduğu dönem ve gece gündüz saatleri belirlenmiştir. Söz konusu dönem ve saatlerdeki ihtiyaç duydukları iklim değerlerine yakın ortam bilgileri dikkate alınarak sistemin çalışması sağlanmıştır. İklim değerleri yapılan literatür çalışmaları sonucunda belirlenmiştir.

Sistem çalışmaya başladıktan sonra bitki için sıcaklık ve nem değerleri DHT11 sıcaklık sensörü ve KL165 toprak nemi algılama sensör modülü tarafından alınır. KL165 toprak nemi algılama sensöründen gelen veriler Aruino Uno kartında işlenir ve bu değerler sulama yapılacak ve daha önce seçilmiş olan bitki referans nem değeri ile karşılaştırılır. Karşılaştırılma sonucunda sensör verilerine göre bitki nem değeri seçilen bitkinin referans nem değerinden düşük ise ilgili motorun anahtarlama görevi gören mosfeti aktif edilerek sulama motoru açılır, yüksek ise mosfet kapalı konuma getirilerek sulama motoru kapatılır. Benzer işleyiş DHT11 sıcaklık sensöründen gelen veriler için de uygulanarak ısıtma ve soğutma motorları çalıştırılır veya kapatılır.

Sistemin kullanıcı tarafından kontrolünün sağlanması ve sistemin çıktılarının gözlemlenmesi amacıyla Arduino Uno'ya Nextion dokunmatik ekran bağlanmıştır. Bu sayede bitki seçilir ve seçilen bitki için ortamın sıcaklık-nem değeri ile motorların çalışma durumu, güncel tarih ve saat bilgilerine bağlı olarak bitkinin bulunduğu dönem ve ortamın ışık rengi bilgileri görselleştirilerek dokunmatik ekranda gösterilmiştir.

5. BULGULAR, ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan çalışmada sera ortamında 3 adet sebze ve 3 adet meyve üretimi yapılabilmesi için optimum değerleri sağlayabilecek bir sistem tasarlanmıştır. Seçilen sebze ve meyveler; kivi muz, ananas, salatalık, domates ve biberdir.

Seçilen sebze ve meyvelerin optimum sıcaklık ve nem değerleri yapılan literatür çalışmaları doğrultusunda sisteme yüklenmiştir.

Salatalık için: fide yetiştirme döneminde en uygun sıcaklık gündüzleri 20-24 °C geceleri ise 18-20 °C arasında olmalıdır. Seradaki nem miktarı %60 ile %80 arasında olmalıdır (Samsun İl Tarım Ve Orman Müdürlüğü, 2018). Nem miktarı %60'ın altına düşünce sulama yapılacaktır.

Biber için: gündüz sıcaklığı 21-26 °C, gece sıcaklığı 15-17 °C olduğunda gelişme iyi olur. Biber, %60-70 oranında nem isteği olan bir sebzedir (Aybak H.Ç., 2002). Nem miktarı %60'ın altına düşünce sulama yapılacaktır.

Domates için: büyümesi için en uygun sıcaklık 22-26°C'dir. Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkının 8-12°C derece olması istenir. Bu sebeple gece sıcaklığı 14-18°C olmalıdır. Bitkinin %65-70 oranında nem isteği vardır (Ata, 2015). Nem miktarı %65'in altına düşünce sulama yapılacaktır.

Muz için: en uygun sıcaklık 27 °C'dir. Muz bitkisinin gelişimi için serada nem değeri % 60'ın altına düşmemeli, % 90'ın üzerine çıkmamalıdır (Türkay, 2012). Uygun sıcaklığın sağlanabilmesi için değerler sistemde gündüz sıcaklığı 25-28°C gece ise 23-25°C arasında gösterilmiştir. Nem miktarı %60'ın altına düşünce sulama yapılacaktır.

Kivi için: ideal büyüme sıcaklıkları 20-25°C arasındaki değerlerdir. Kivi yetiştiriciliği için neminin % 50-70 dolayında olması gerekmektedir (Özcan, 2020). Kivi için gece sıcaklığı 20-23 °C ve gündüz sıcaklığı 23-25 °C olacak şekilde sistem tasarlanmıştır. Nem miktarı %50'nin altına düşünce sulama yapılacaktır.

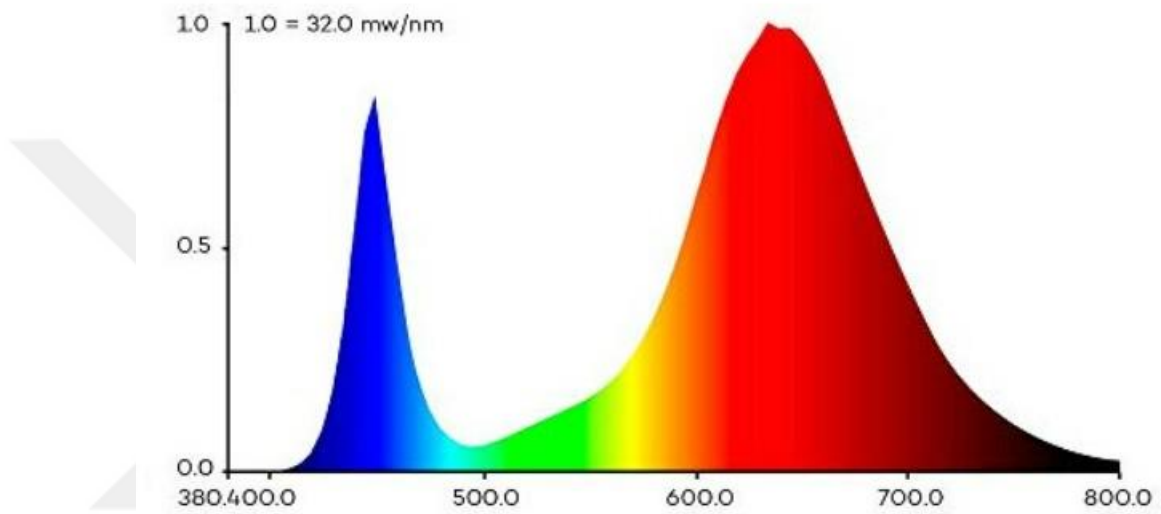
Ananas için: Ananas yetiştirmek için en uygun sıcaklık gündüz 25-32°C arasında, gece ise 15-20°C arasında olup % 70-80 nem oranına sahip olması gerekir (Erçik, 2022). Nem miktarı %70'in altına düşünce sulama yapılacaktır.

Işık renk seçimi ve yoğunluğu ise;

440 nm – 460 nm aralığına denk gelen mavi ışık, kök büyümesini ve yeşil yaprak büyümesini destekler.

660 nm – 670 nm aralığına denk gelen kırmızı ışık, bitkinin fotosentezini ve fotoperiyodunu destekler.

730 nm – 840 nm aralığına denk gelen koyu kırmızı ışık ise, bitkinin büyüme ve çiçeklenme performansını dolayısıyla verimi artırır (Yücel, 2021).



Şekil 5.1. Işığın rengi ve dalga boyu

Yukarıdaki bilgiler ışığında tasarlanan sistemde çimlenme dönemi için mavi, büyüme dönemi için az yoğun mavi çok yoğun kırmızı ve meyve dönemi için kırmızı led aydınlatmadan yararlanılmıştır.

Tasarlanan sistemde sera ortamında üretilecek olan ürünlerin optimum koşulları göz önüne alınarak ortam değerleri aşağıdaki tablolara göre ayarlanmıştır. Yapılan literatür taramalarının sonucunda bitki ihtiyacına göre sistem tasarımları yapılmıştır.

Tablo 5.1. Salatalık sebzesinin büyümesi için gerekli optimum değerler

Dönem	Nem	Sıcaklık	Işık rengi	Işık yoğunluğu
Çimlenme	60%	Gündüz 20–24°C, Gece ise 18–20°C	Mavi	%20-%40
Büyüme	60%	Gündüz 20–24°C, Gece ise 18–20°C	Az Yoğun Mavi- Daha Yoğun Kırmızı	%40-%60
Meyve	60%	Gündüz 20–24°C, Gece ise 18–20°C	Kırmızı	%60-%90

Tablo 5.2. Biber sebzesinin büyümesi için gerekli optimum değerler

Dönem	Nem	Sıcaklık	Işık rengi	Işık yoğunluğu
Çimlenme	60%	Gündüz 21-26°C, Gece ise 15-17°C	Mavi	%20-%40
Büyüme	60%	Gündüz 21-26°C, Gece ise 15-17°C	Az Yoğun Mavi- Daha Yoğun Kırmızı	%40-%60
Meyve	60%	Gündüz 21-26°C, Gece ise 15-17°C	Kırmızı	%60-%90

Tablo 5.3. Domates sebzesinin büyümesi için gerekli optimum değerler

Dönem	Nem	Sıcaklık	Işık rengi	Işık yoğunluğu
Çimlenme	65%	Gündüz 22–26°C, Gece ise 14–18°C	Mavi	%20-%40
Büyüme	65%	Gündüz 22–26°C, Gece ise 14–18°C	Az Yoğun Mavi- Daha Yoğun Kırmızı	%40-%60
Meyve	65%	Gündüz 22–26°C, Gece ise 14–18°C	Kırmızı	%60-%90

Tablo 5.4. Muz meyvesinin büyümesi için gerekli optimum değerler

Dönem	Nem	Sıcaklık	Işık rengi	Işık yoğunluğu
Çimlenme	60%	Gündüz 25-28°C, Gece ise 23-25°C	Mavi	%20-%40
Büyüme	60%	Gündüz 25-28°C, Gece ise 23-25°C	Az Yoğun Mavi- Daha Yoğun Kırmızı	%40-%60
Meyve	60%	Gündüz 25-28°C, Gece ise 23-25°C	Kırmızı	%60-%90

Tablo 5.5. Kivi meyvesinin büyümesi için gerekli optimum değerler

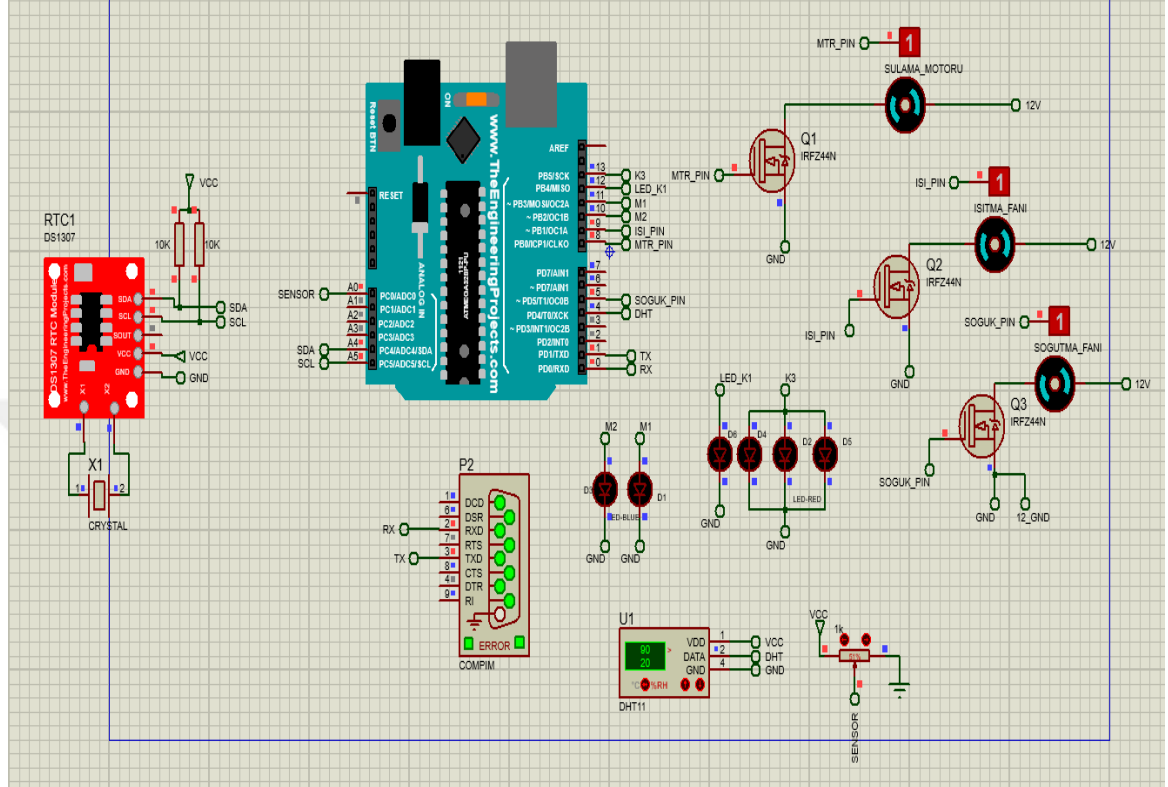
Dönem	Nem	Sıcaklık	Işık rengi	Işık yoğunluğu
Çimlenme	50%	Gündüz 23-25°C, Gece ise 20-23°C	Mavi	%20-%40
Büyüme	50%	Gündüz 23-25°C, Gece ise 20-23°C	Az Yoğun Mavi- Daha Yoğun Kırmızı	%40-%60
Meyve	50%	Gündüz 23-25°C, Gece ise 20-23°C	Kırmızı	%60-%90

Tablo 5.6. Ananas meyvesinin büyümesi için gerekli optimum değerler

Dönem	Nem	Sıcaklık	Işık rengi	Işık yoğunluğu
Çimlenme	70%	Gündüz 25-32°C, Gece ise 15-20°C	Mavi	%20-%40
Büyüme	70%	Gündüz 25-32°C, Gece ise 15-20°C	Az Yoğun Mavi- Daha Yoğun Kırmızı	%40-%60
Meyve	70%	Gündüz 25-32°C, Gece ise 15-20°C	Kırmızı	%60-%90

5.1. LED Lambalı Otomasyon Sisteminin Tasarımı Ve Simülasyonu

Isıtma ve soğutma fanları, mavi ve kırmızı LED'ler, sulama motorları ve sensörlerden oluşan sistem aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Proteus simülasyon programı ortamında tasarlanan sistem

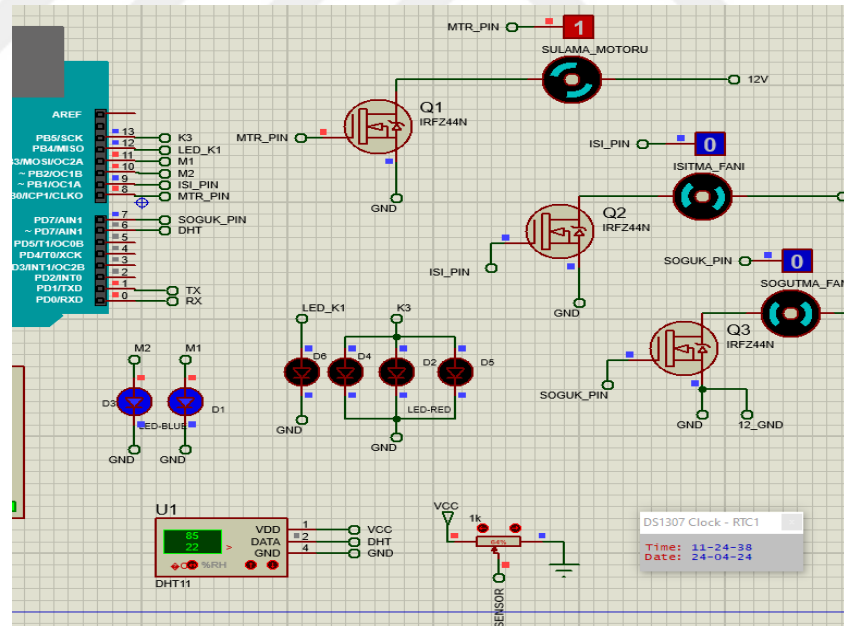
Yukarıdaki şekilde gösterilen sistem proteus simülasyon programında tasarlanmıştır. Proteus programındaki Dht11 sıcaklık sensörü modelinde bulunan oklar aracılığıyla sensördeki sıcaklık artırılıp azaltılmak suretiyle ortamın sıcaklığının değişmesi simülasyon ortamında sağlanabilmektedir. Değişen ortam sıcaklık değeri dijital olarak Arduino Uno'ya aktarılmaktadır.

Toprağın kuruluk oranı toprak nem sensörü kullanılarak ölçülmüştür ve toprak nem sensörü veri çıkışını analog olarak vermektedir. Analog değeri 0-5V arası değişmektedir. 0-5V aralığında değişen değer için potansiyometre ile direnç değerleri değiştirilebilen ve buna bağlı olarak sistemin tepkisi ölçülebilen bir simülasyon gerçekleştirilmektedir. Toprak nem sensörünün çıkış pini Arduino Uno'nun analog girişi olan A0 pinine bağlanılarak analog okuma yapılabilir. ADC (analog digital converter) sonucu 0-1024 arası dijital veri olarak elde edilebilmektedir. Toprak nemi oranını %75'in altına düşünce sulama motor çalışmaya başlamaktadır. Hem Proteus programı hem de Nextion

dokunmatik ekranı üzerinden verilerin gösterildiği Şekil 5.2 ve şekil 5.3.'de nem değeri %5 olan sistemin ortamın nem değerini arttırmak için sulama motorunun çalıştığı gözlenebilmektedir.



Şekil 5.2. Nextion editör programı ile gözlenen sulama motoru



Şekil 5.3. Proteus programı ile gözlenen sulama motoru

Rtc zaman modülü meyvelerin gelişme dönemlerini belirlemek için kullanılmıştır. Rtc zaman modülü ile saat, dakika gün verileri TWI(Two Wire Interface) iletişim protkolü üzerinden Arduino Uno'ya aktarılmaktadır. Arduino Uno board üzerinde bulunan SDA ve SCL pinlerine bağlanmıştır.

Rtc zaman modülü üzerinden saat verileri alınarak gece gündüz periyotları belirlenmiştir. Bu periyotlardaki ortamın sıcaklık ve nem değerleri sensörler aracılığıyla algılanmıştır. Meyve ve sebzelerin tabloda belirtilen aynı zamanda ihtiyaç duyduğu sıcaklık ve nem değerlerine göre sulama, soğutma ve ısıtma motorlarının anahtarlamasını sağlayan mosfetlerin sürülmesi veya devre dışı kalması sağlanmıştır. Örneğin tabloda salatalık için büyüme döneminde nem değerinin %60 oranında, sıcaklığın gündüz 20-24°C aralığında ve gece ise 18-20°C aralığında olması gerektiği görülmektedir. Rtc zaman modülü sayesinde yetiştirilen bitkinin gece-gündüz saatlerine göre ihtiyaç duyduğu ortam değerleri optimum değerde tutulabilmektedir.

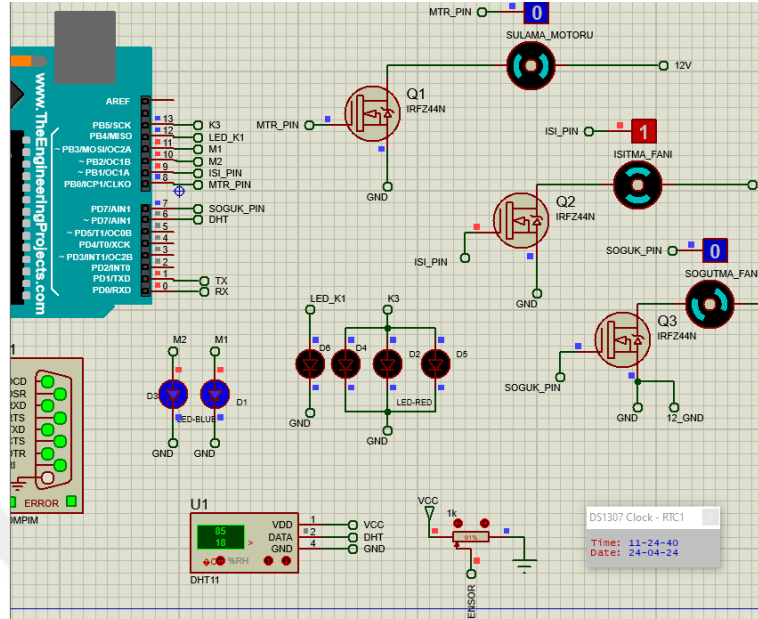
Örneğin salatalık yetiştirilirken; tasarlanan sistemde Rtc modülünden Arduino Uno'ya gelen saat değeri için gündüz periyodunda iken sensörden Arduino Uno'ya gelen sıcaklık değeri 20°C'den küçük ise Arduino Uno'dan gelen komutla ısıtma motorunun bağlı olduğu mosfet sürülür ve ortamı ısıtmak için ısıtma fanları çalışır hale gelir. Isıtma fanı çalıştığı için ortamın sıcaklık değeri yükselir ve ortam sıcaklığı 20°C'nin üzerine çıktığı zaman ısıtma fanını süren mosfet kapalı konuma getirilerek ısıtma fanının çalışması durdurulur. Isıtma fanları çalışır haldeyken Nextion dokunmatik ekran ve Proteus programındaki fan durumları Şekil 5.4 ve 5.5'de gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Nextion ekranı ile gözlenen ısıtma fanı

Şekil 5.5'de ortam ısısının 13°C'ye düşmesiyle DHT11 sensörüne gelen veriler doğrultusunda ısıtma fanının çalıştığı sistemin kullanıcı tarafından takibinin yapılabildiği

Nextion dokunmatik ekranından da gözlenebilmektedir. Aynı zamanda şekil 5.4’de Proteus programında motorun sorunsuz çalıştığı görülmektedir.



Şekil 5.5. Proteus programı ile gözlenen ısıtma fanı

Tasarlanan sistem gece periyodunda çalışırken Dht11 sıcaklık sensöründen gelen sıcaklık verisi 24°C’den büyükse ise Arduino Uno tarafından soğutma fanını çalıştıran mosfet sürülerek soğutma fanı devreye alınır. Soğutma fanı ortamı soğutmaya başlar. Bununla eş zamanlı olarak ortamın sıcaklığı sürekli Dht11 ile algılanıp Arduino Uno’ya gönderilir. Ortamın sıcaklığı 24°C’nin altına düştüğü zaman soğutma fanını çalıştıran mosfet devre dışı bırakılır.



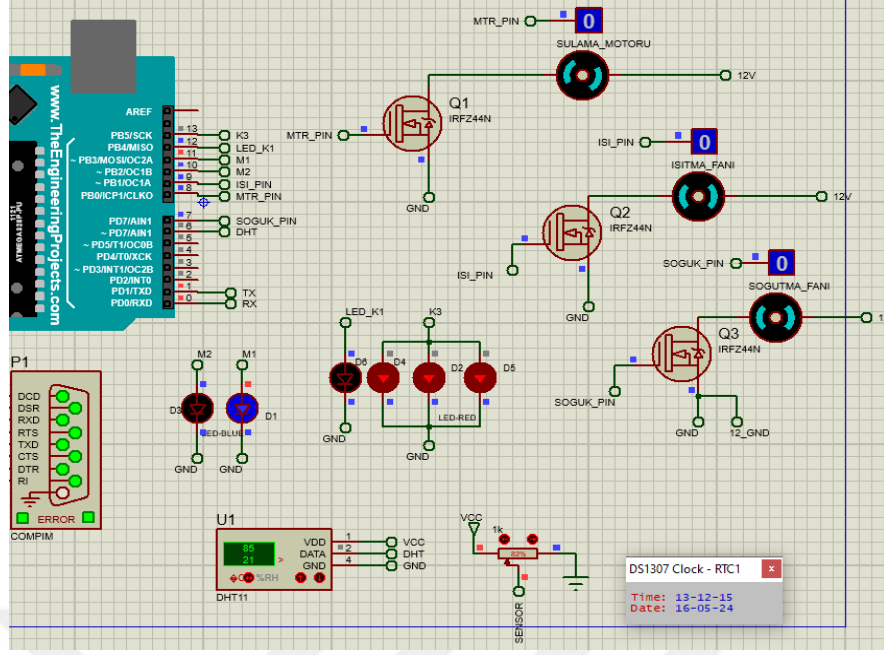
Şekil 5.6. Nextion programı ile gözlenen soğutma fanı

Yukarıdaki şekilde nem değeri yüzde 87 olduğundan dolayı sulama motoru çalışmamaktadır. Isıtma soğutma ve sulama motorlarından herhangi biri veya ikisi çalışırken ortamdaki sıcaklık ve nem değerleri sensörler aracılığıyla sürekli algılanıp 1 saniyeden daha küçük zaman aralığıyla Arduino Uno'ya gönderilmektedir.

Sebze veya meyvelerin büyüme dönemine göre ışık rengi farklılık göstermektedir. Işık renk durumları mavi, az yoğun mavi daha yoğun kırmızı ve kırmızı olacak şekilde 3 gruba ayrılmıştır. Proteus Simülasyonunda 2 mavi ve 4 kırmızı LED ile gösterilmiştir ve bu LED'lerin kombinasyonu ile belirtilen renk durum grubu ayarlanmaktadır. Bitkinin bulunduğu döneme göre ışık rengi mavi veya kırmızı yanacak şekilde simülasyonda gösterilmiştir. Döneme göre Arduino Uno ile yanan LED'lerin durumu Nextion dokunmatik ekranda da ayrıca gösterilmektedir. Örneğin Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de büyüme dönemine denk gelen ışık durumu az yoğun mavi daha yoğun kırmızı olacak şekilde tasarlanan sistemin durumu Nextion dokunmatik ekran ve Proteus simülasyonunda gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Bitkinin büyüme dönemindeki LED'lerin durumunu gösteren Nextion ekranı



Şekil 5.8. Bitkinin büyüme dönemindeki LED’lerin durumunu gösteren Proteus ekranı

Tüm sistemin beynini Arduino Uno oluşturmaktadır. Sistemin çalışması, denetimi ve karar mekanizmasını Arduino Uno tarafından sağlanmaktadır. Fakat ortamdaki değerlerin kullanıcı tarafından görülebilmesi sistemin problemsiz çalıştığının takibinin yapılabilmesi için Nextion dokunmatik ekran kullanılmıştır. Nextion dokunmatik ekranın programlanması ve simülasyonu için Nextion Editör kullanılmıştır. Nextion Editör ve Proteus simülasyonu üzerinde sistemin kodlarını çalıştıran Arduino Uno’nun aynı bilgisayar ortamında aynı portu kullanabilmeleri fiziki olarak mümkün olmayacağından sanal port oluşturma işlemi yapılarak sanal seri iletişim pinleri üzerinden bağlantı kurularak haberleşme sağlanmış olur. Bunun için com0com sanal portu kullanılarak eşleştirilmiş sanal port çifti oluşturulmuştur. Nextion dokunmatik ekranında sistemin ana menüsü Şekil 5.9’da gösterilmiştir



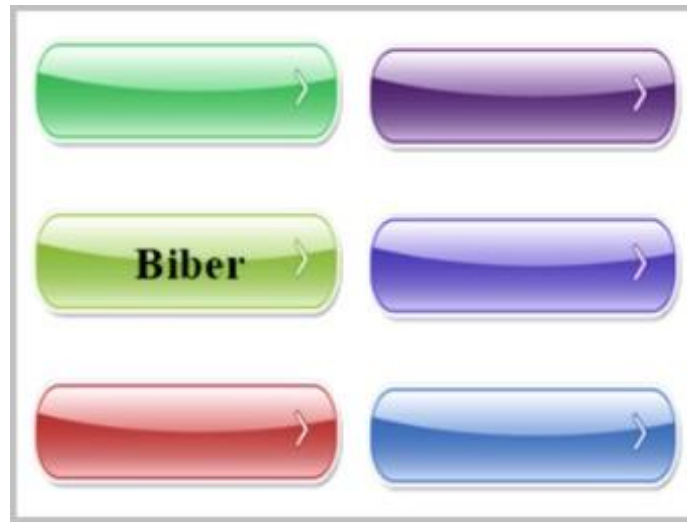
Şekil 5.9. Nextion aracılığıyla tasarlanan sistemin ana menüsü

Sistem bitkinin bulunduğu meyve döneminin seçilebileceği şekilde tasarlanmıştır. Şekil 5.10'da gösterilen menüde çimlenme, büyüme ve meyve dönemi seçimi yapılabilmektedir.



Şekil 5.10. Seçim ekranı

Ana menüden serada yetiştirilen meyve veya sebzeden biri seçilince sistem yalnızca seçilen ürünün optimum değerlerini sağlamakla birlikte şekil 5.11'de görüldüğü gibi ana menüye döndüğünde başka ürün seçimi yapılamamaktadır. Ancak kullanıcı tarafından reset tuşuna basıldığında sistem yeniden başlatılır ve tekrar yeni bir meyve veya sebze seçimi yapılabilmektedir.



Şekil 5.11. Nextion sisteminin ürün seçildikten sonraki ana menüsü

Herhangi bir ürün seçildikten sonra ilgili ürün için ortam değerleri hakkında bilgi almak için alt menüye geçildiğinde karşımıza çıkan ekran şekil 5.12'de gösterildiği gibidir. Bu ekranda ortamın sıcaklığı, nemi, ışık durumu, bitkinin bulunduğu dönemle birlikte

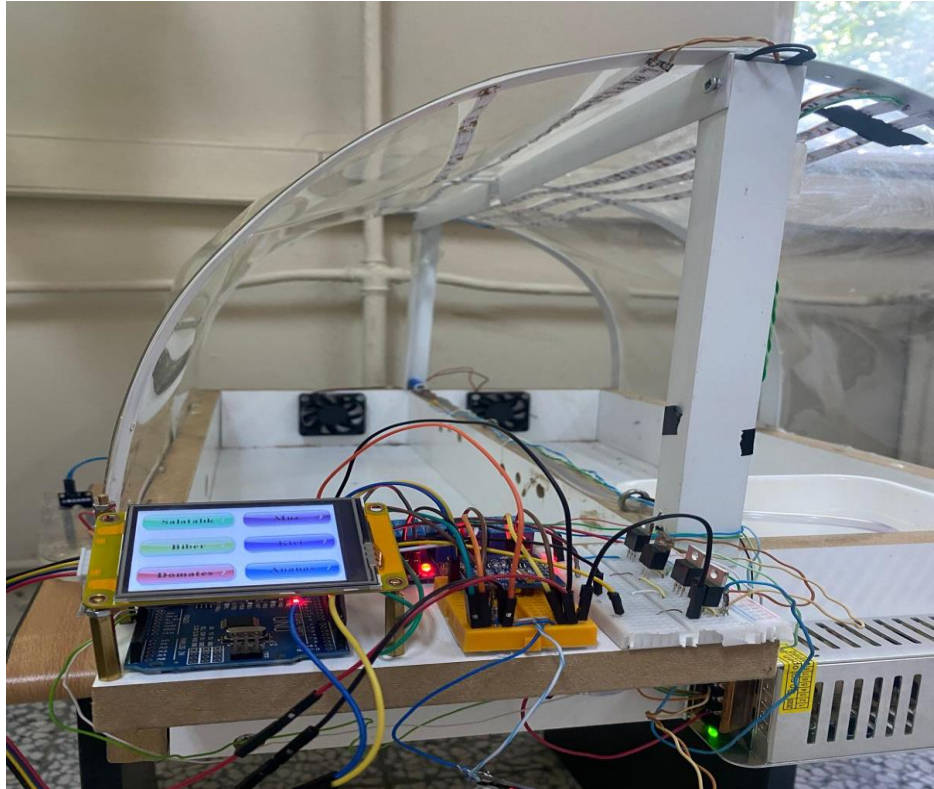
istenilen sıcaklık ve nem değerleri, ısıtma soğutma ve sulama motorlarının durumu dokunmatik ekrana uygun görsellerle gösterilmektedir.



Şekil 5.12. Ortam bilgisinin takibinin yapıldığı ekran

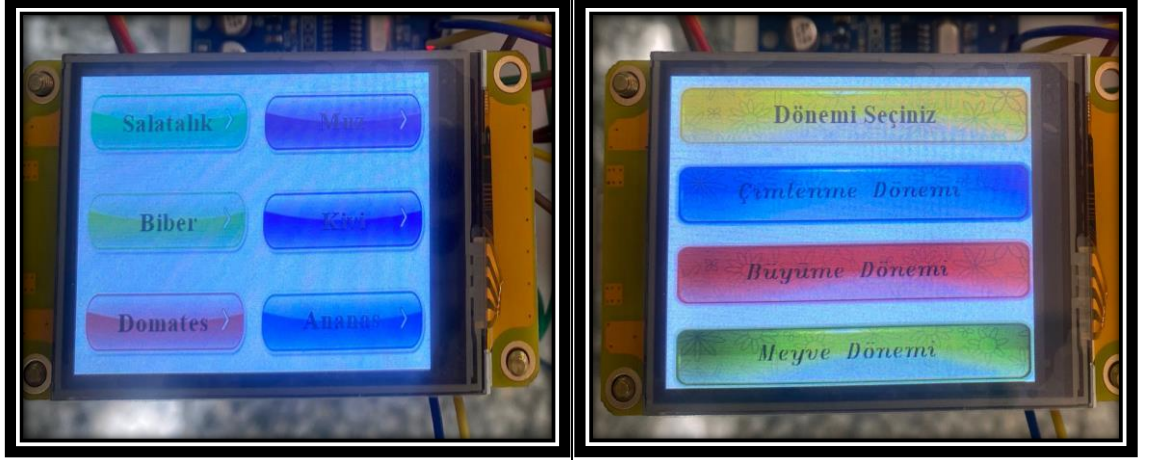
5.2. LED Lambalı Otomasyon Sisteminin Uygulaması

Nextion ekranı ile kontrolü sağlanan ısıtma ve soğutma fanları, mavi ve kırmızı LED'ler, sulama motorları ve sensörlerden oluşan sistem aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



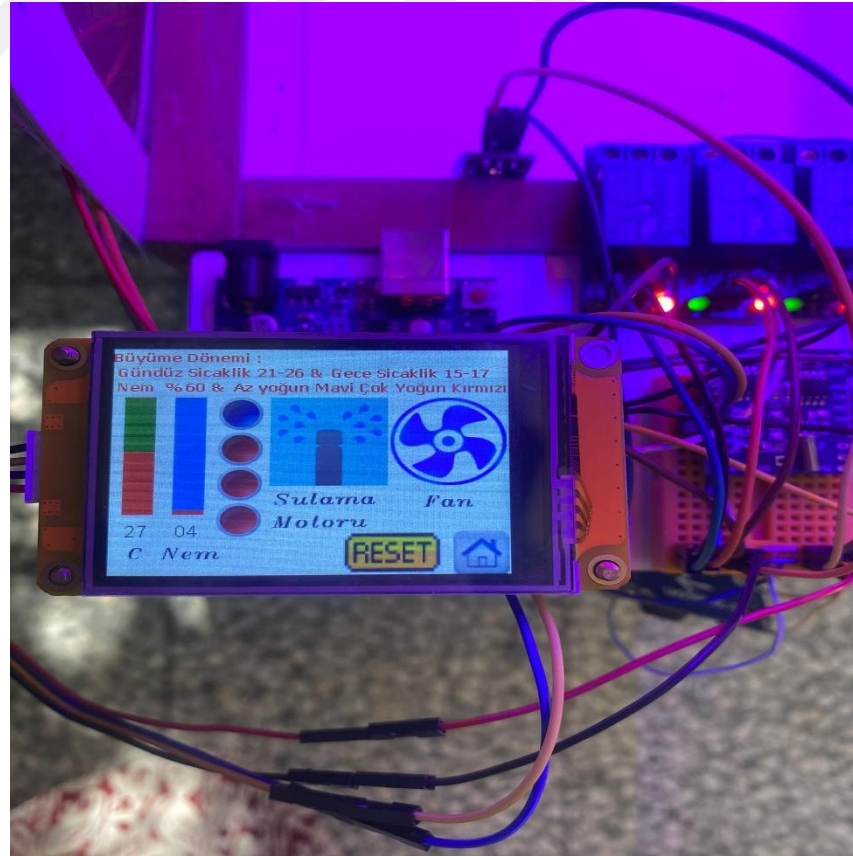
Şekil 5.13. Tasarlanan sistemin prototipi

Yukarıdaki şekilde protopi yapılan sistem proteus simülasyon programında tasarlanarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.14. Nextion ana menü ekranı ve dönem seçim ekranı

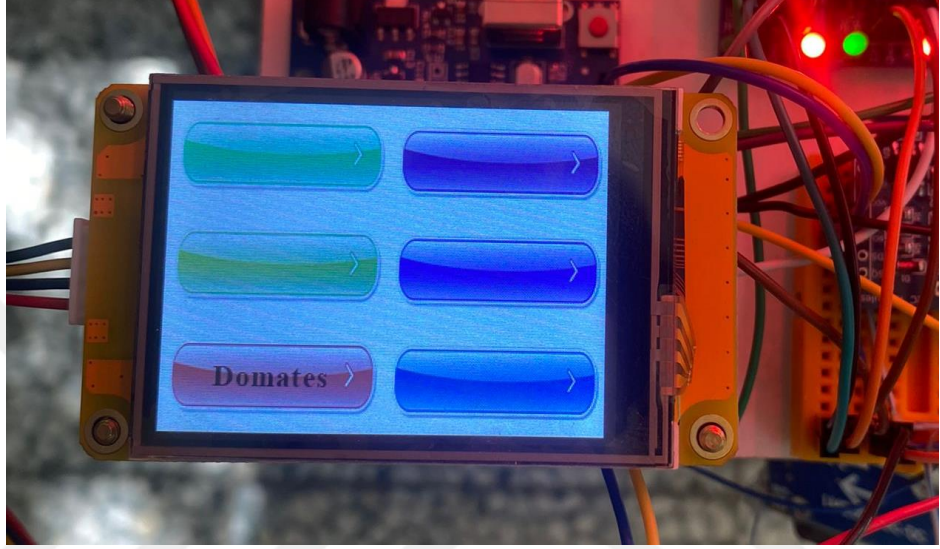
Nextion ekranı ile bitki seçimi dönem seçimi yapılabilmektedir. Şekil 5.14’de Nextion ekranının bitki seçimi yapılabilen ana menüsü ve dönem seçimi yapılabilen seçim ekranı gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Sistem takibinin yapıldığı ekran

Nextion ekranı aracılığıyla LED aydınlatmaların durumu, motorların durumu, bitkinin içinde bulunduğu dönem, ortam sıcaklığı ve toprak nemi bilgileri alınarak sistem takibi ve kontrolü yapılmaktadır.

Sistemde seçimi yapılan ürün yetiştirilmeye başlandığında Reset tuşuna basılmadıkça ana menüye gidildiği taktirde tekrar yeni ürün seçimi yapılamamaktadır bu durum Şekil 5.16’de gözlenebilmektedir.



Şekil 5.16. Ürün seçimi yapıldıktan sonra ana menü

5.2.1. Sistem çalışması

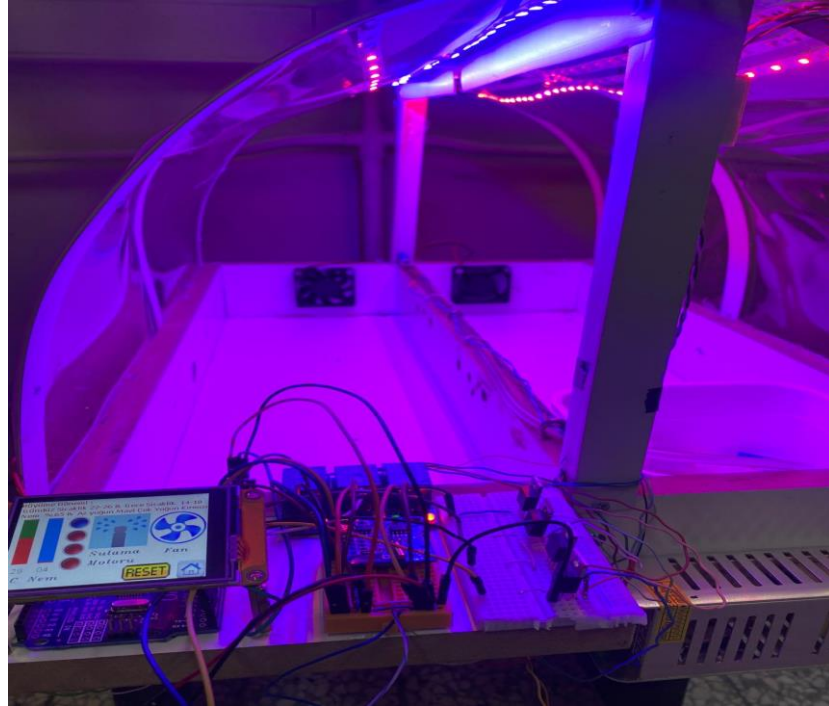
Sistemde Dht11 sıcaklık sensörü aracılığıyla alınan veriler Arduino’ya aktarılarak ortam sıcaklığının tespiti yapılabilmektedir. Optimum değerler doğrultusunda sistemdeki ısıtma veya soğutma fanları devreye girerek ihtiyaç duyulan ortam şartları sağlanabilmektedir.

Toprağın kuruluk oranı toprak nem sensörü kullanılarak ölçülmüştür. Toprak nemi oranı optimum değer altına düşünce sulama motoru çalışmaya başlamaktadır. Sistem takibi sulama motorlar Nextion dokunmatik ekranı üzerinden verilerin gösterildiği Şekil 5.17’de nem değeri %5 olan sistemin ortamın nem değerini arttırmak için sulama motorunun çalıştığı gözlenebilmektedir. Seçimi yapılan dönemde ortam sıcaklığının değerinin 22-26 C aralığında olması gerektiği bilgisi görülmekle birlikte ortam sıcaklığının 27 derece olmasından dolayı ortam sıcaklığını düşürmek amacıyla soğutma motorunun çalıştığı gözlemlenmektedir. Sistemin meyve döneminde olduğundan dolayı ortamın yoğun kırmızı renkte olduğu bilgisi alınabilmektedir.



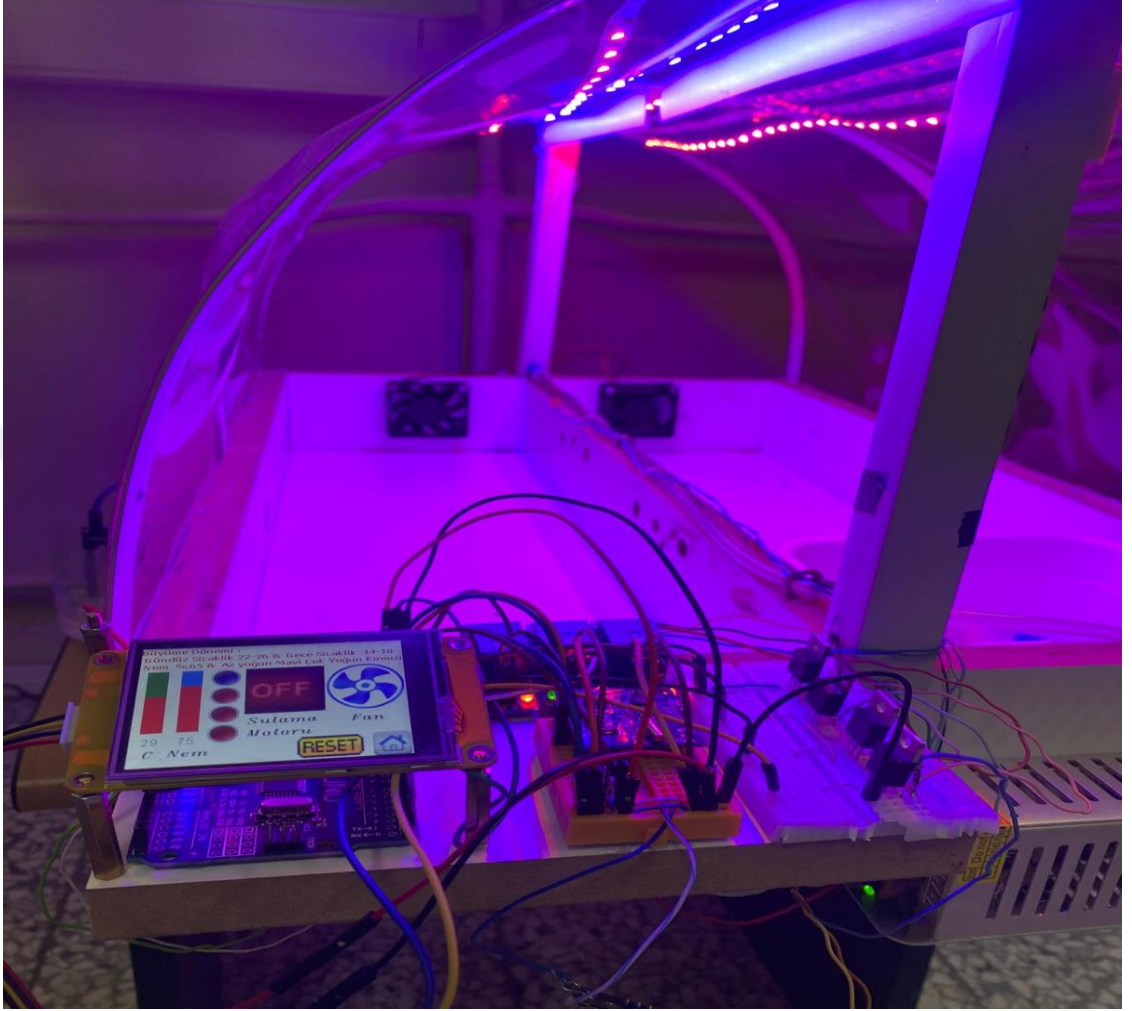
Şekil 5.17. Nextion ekranı ile sistem değişkenleri bilgisinin alınması

Aşağıdaki şekilde sistemde büyüme döneminde olan domates bitkisinin optimum şartlarını sağlayabilmek için sistemin yoğun kırmızı az yoğun mavi LED'lerinin çalışır durumları, ortam nemini arttırmak için sulamanın yapıldığı ve sıcaklık değerini arttırmak için soğutma fanının çalıştığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5.18. Domates bitkisin büyüme döneminde çalışan sistem

Şekil 5.18’de görüldüğü gibi sulama yapıldıktan sonra nem değeri %75 olduktan sonra sistem sulama işlemini durdurmuştur. Dokunmatik ekran üzerinde de Şekil 5.19’da motorun kapalı konumda olduğu görülmektedir.



Şekil 5.19. Sulama motoru kapalı konumdayken sistemin görünüşü

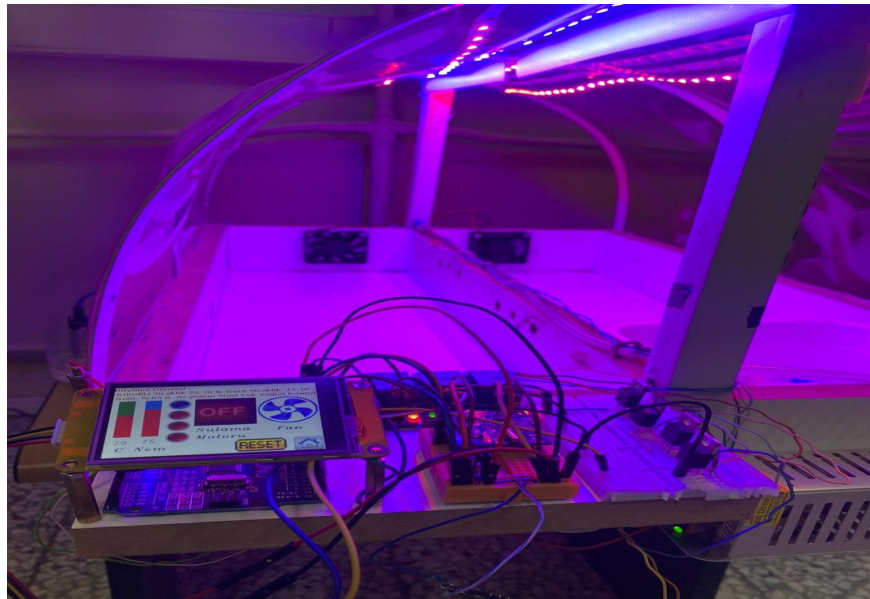
5.2.2. Dönem seçimlerinin yapılması ve optimum değerlerin sağlanması

Aşağıdaki şekilde salatalık bitkisinin çimlenme döneminde optimum şartlarını sağlamak amacıyla yoğun mavi LED'lerin yandığını ve sıcaklık-nem değerlerini optimum değerde tutmak amacıyla motorların çalıştığı görülmektedir.



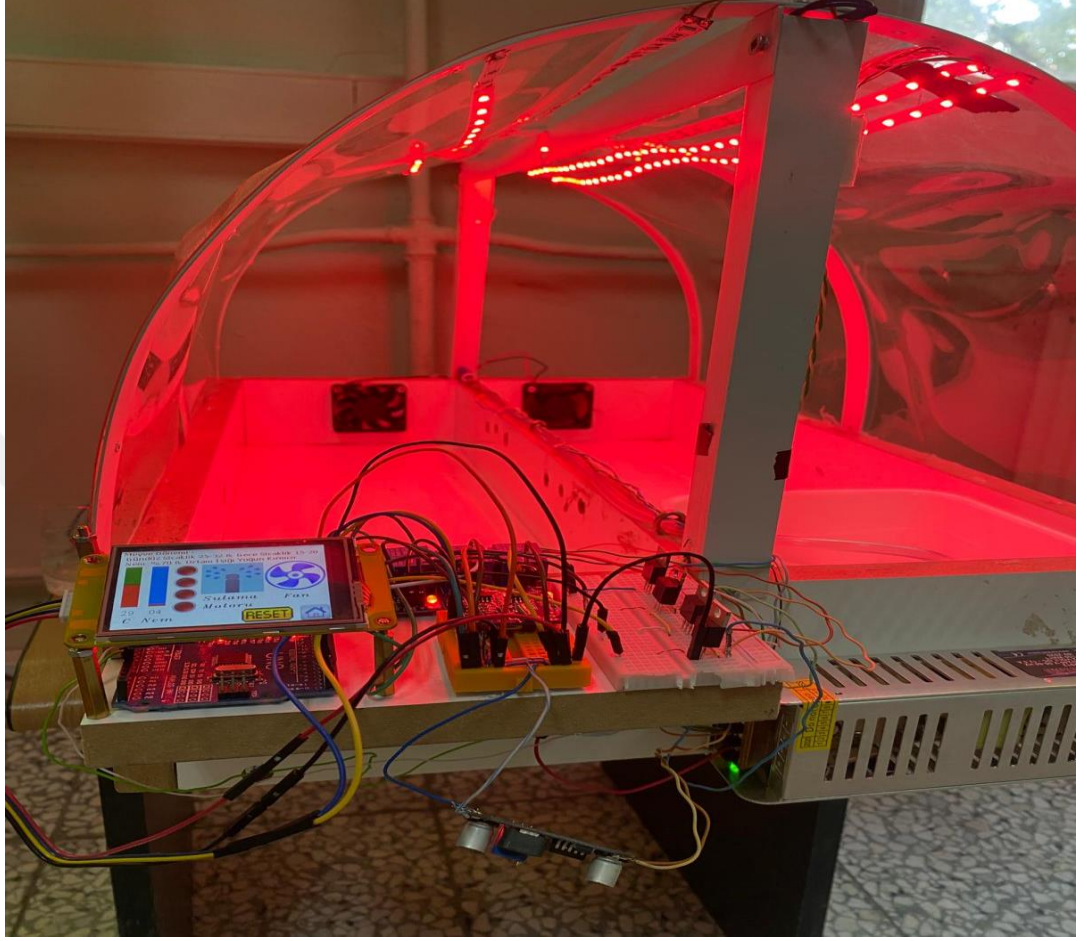
Şekil 5.20. Salatalık bitkisinin çimlenme döneminde çalışan sistem

Aşağıdaki şekilde domates bitkisinin büyüme döneminde optimum şartlarını sağlamak amacıyla yoğun kırmızı az yoğun mavi LED'lerin yandığını ve sıcaklık-nem değerlerini optimum değerde tutmak amacıyla motorların çalıştığı görülmektedir.



Şekil 5.21. Domates bitkisinin büyüme döneminde çalışan sistem

Şekil 5.22’de ananas bitkisinin meyve döneminde optimum şartlarını sağlamak amacıyla yoğun kırmızı LED’lerin yandığını ve sıcaklık-nem değerlerini optimum değerde tutmak amacıyla motorların çalıştığı görülmektedir.



Şekil 5.22. Ananas bitkisinin meyve döneminde çalışan sistem

6. SONUÇLAR, SONUÇ ve TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Teknolojik gelişmelerle birlikte modern tarımın günlük hayata etkileri önemli ölçüde artmış, otomasyonla birlikte kullanılan sistemler her geçen gün artmasıyla birlikte kullanıcılara zaman, maliyet ve konfor açısından olumlu etki yaparak vazgeçilmez hale gelmiştir. Otomasyon sistemi bitki yetiştiriciliğinde de yerini almış olup, özellikle sera gibi yapay üretim ortamlarında bu ihtiyaç ön plana çıkmıştır. Seralarda bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için ihtiyaç duyulan ortam şartlarını sağlamak amacıyla otomasyon sistemleri tasarlanmış ve bitkilerin ihtiyaçları doğrultusunda yapay aydınlatma, iklimlendirme ve sulama alanlarında literatürde yoğun çalışmalar yapılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında aydınlatma, iklimlendirme ve sulama çalışmalarının bir arada olduğu çalışmaların az olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yapılan otomasyon sistemleri sera ortamını yalnızca bir adet bitkinin ihtiyaç duyduğu ortam şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanan ve esnek olmayan sistemlerdir. Kullanıcının isteklerini şahsi olarak yapması yerine isteklerinin tespiti ve sistemin otomatik olarak bu taleplere cevap vermesi insan yükünü hafifletecek ve üretim kalitesini arttıracaktır.

Tasarımı yapılarak prototipi üretilen otomatik sera sisteminde; sera ortamında 3 adet sebze ve 3 adet meyve üretimi yapılabilmesi için optimum değerleri sağlayabilecek bir sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Seçilen sebze ve meyveler; kivi muz, ananas, salatalık, domates ve biberdir. Yetiştirilecek olan sebze veya meyvelerin ihtiyaç duydukları ortamın ışık rengi, sıcaklık değeri ve nem değeri belirlenerek gerekli ortamı sağlayabilecek bir sistem tasarlanmış ve simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda ilk olarak Proteus simülasyon programında Arduino Uno ile sensörler, mosfetler, motorlar ve LED'lerin bağlantıları yapılarak devre tasarımı yapılmıştır. Daha sonra serada yetiştirilecek sebze ve meyvelerin ihtiyaç duyduğu optimum değerler belirlenmiştir. Arduino Uno'nun yazılımı, belirlenen değerlere ve sensörlerden gelen verilere göre sonuçları dokunmatik ekrana gönderecek şekilde hazırlanmıştır. Yazılım işlemi tamamlandıktan sonra Nextion Editör programı kullanılarak dokunmatik ekran için kullanıcı ara yüzü oluşturulmuş ve kodlaması yapılmıştır.

Tasarlanan program ile gerçekleştirilen sera sistemi kullanıcı tarafından üretimi yapılacak olan ürünün seçimi yapıldıktan sonra ortam şartlarını bitkinin ihtiyacı olan optimum değerleri sorunsuz bir şekilde almakta ve gerekli çıktıları üretmektedir. Sulama motorları, LED'ler, ısıtma fanları ve soğutma fanları gerektiğinde devreye girerek ortam koşullarını

istenilen değere getirmektedir. Ve bu işlemler yapılırken dokunmatik ekran aracılığıyla sistemin takibi yapılabilmektedir.

Dünya nüfusunun hızla artması, dengesiz iklim koşullarının her geçen gün verimi etkilemesi, sebze ve meyveye ulaşımın gün geçtikçe zor hale gelmesi, zirai faaliyetlerin önemini gittikçe artırmıştır. Ayrıca nüfusun yanında tüketimin de hızla artması tarım ürünlerine ihtiyacı artırmış ve bu alanda dünyanın önde gelen ülkeleri büyük bütçeler ayırarak farklı üretim teknolojilerini araştırmaya yoğunlaşmıştır. Özellikle otomasyon sistemlerinin zirai faaliyetlerde kullanılması mevcut problemleri aşmada büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde de bu tür teknolojilerin gelişmesi, uzmanların yetişmesi ve bilgi birikiminin oluşması için bu tür sistemlerin araştırılması/geliştirilmesi hayati önem taşımaktadır. Bundan dolayı bu çalışmanın ileriki yıllarda daha fazla olması beklenen bu tür çalışmalara temel olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, B., Ahmed, R., Masroor, S., Mahmood, B., Hasan, S. Z. U. and Jamil, M. (2023) "Evaluation of Smart Greenhouse Monitoring System using Raspberry-Pi Microprocessor for Tomato Production" *Journal Of Applied Resarch İn Plant Sciences*, 2708-3004, 452-458.
- Altunbaş, Y. (2018) "Bitki Su İhtiyacına Göre Uzaktan Kontrollü Bahçe Sulama Sistemi" Yüksek lisans tezi, *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzincan.
- Arduino nedir ve çeşitleri nelerdir. (2019,02,11). MühendisTv. <https://www.muhenhis.tv/arduino-nedir-cesitleri-nelerdir>
- Arduino nedir? Yeni başlayanlar için. (2019.03.15). Teknomaker. <https://teknomaker.com.tr/arduino-nedir/>
- Arduino Türleri - 3 Arduino Uno. (2014). Arduonik. <https://arduonik.blogspot.com/2014/12/arduino-turleri-3-arduino-uno-bolum-1.html>
- Aşılıoğlu, F. (2005) "Peyzaj Mimarlığı Açısından Rekreatif ve Sportif Amaçlı Yeşil Alanlarda Sulamanın Önemi ve Sulama Sistemleri", Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Ata A., (2015) "Örtü Altı Domates Yetiştiriciliği" *Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Dergisi*.
- Atmega 328- Atmega 328P. (2020) DiyoNet. <https://diyot.net/atmega328/>
- Aybak H.Ç. (2002). *Biber yetiştiriciliği*. Tarım orman müdürlüğü. https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/sebze_yetistirciligi_ve_mucadelesi/Biber.
- Aydalka, S. C. (2018) "Bluetooth beacon teknolojisi kullanarak lokasyon ve müze eser tanıtım uygulaması gerçekleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.

- Bayhan, Y. ve Avcı, Z. (2019) “Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde LED aydınlatma sistemlerinin bitki gelişimine ve verimine etkisinin belirlenmesi” **Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 17, 86-95.
- Baysal, K., Özcan, M. O., Özdüven, F.F. ve Beynek, B. (2018) “Nesnelerin interneti tabanlı bir sera takip sistemi” **Electronic Journal of Vocational Colleges**, 8(2), 49-56.
- Bento, A.C. (2018) "An experiment with arduino uno and tft nextion for internet of things", **International Conference on Recent Innovations in Electrical, Electronics & Communication Engineering (ICRIEECE)**, 10.1109, 2138-2142.
- Benyezza, H., Bouhedda, M., Kara, R. and Rebouh, S. (2023) “Smart platform based on IoT and WSN for monitoring and control of a greenhouse in the context of precision agriculture” **Internet Of Things**, 23, 100830.
- Bright P., (2018.11.18) *Visual Studio now supports debugging Linux apps; Code editor now open source.* Arstechnica. <https://arstechnica.com/information-technology/2015/11/visual-studio-now-supports-debugging-linux-apps-code-editor-now-open-source/>
- Çağlayan, N. (2013) “Seralar için LED lambalı aydınlatma otomasyon sisteminin tasarlanmasına ve uygulanmasına yönelik bir çalışma” Doktora Tezi, **Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Antalya, 1.
- Çakır, A. ve Çalış, H. (2007) “Uzaktan kontrollü otomatik sulama sistemi tasarımı ve uygulaması” **Fen Bilimleri Enstitü Dergisi**, 11-3, 258-261.
- Çakırer, G., Akan, G., Demir, K. ve Yanmaz, R. (2017) “Bahçe bitkilerinde kullanılan ışık kaynakları” **Akademik Ziraat Dergisi**, 6, 63-70.
- Çalışır, R. (2021) “P1c mikrodenetleyici ile çalışan otomatik bahçe sulama sistemi” Yüksek Lisans Tezi, **Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Edirne, 4.
- Çelik, K. ve Duran, A. (2022) ”Akıllı tarımda nem ve sıcaklık sensörleri kullanılarak tarımsal verilerin algılanması işlenmesi ve transferi”, **ISPEC Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 17, 26.
- Demirbaş, H. (2021) “Güneş enerjili otomatik bitki sulama sistemi” Yüksek lisans tezi, **Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Denizli.

- Demirbükten, Ş., (2011.01.10) *Lambaların karşılaştırılması*. demirbükten.net.
<http://www.sdemirbukten.net/web/?modul=sayfa&ID=25>
- Efe, H. (2014) “Katı ortam kültüründe kıvrıkcık yapraklı salata yetiştiriciliğinde ilave LED aydınlatma uygulamalarının verim, kalite ve bitki gelişimine etkileri” Yüksek Lisans Tezi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat.
- Erçik K. (2022) “Ananas Yetiştiriciliği” *Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü*, Mersin.
- Ersin, Ç., Demiröz, A., Teke, M. ve Gencay, S. (2019) “İnternet tabanlı akıllı tarımsal sulama sistemi” *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 2602 4236, 131-143.
- Hıyar yetiştiriciliği* (2023.07.19) Samsun İl Tarım Ve Orman Müdürlüğü, 05.05.2024 tarihinde <https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Lifletlerimiz/s-10.pdf> ‘den erişim.
- Kaçar, F. (2005) “MOSFET’lerdeki sıcak taşıyıcı etkisinin modellenmesi için yeni yaklaşımlar”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Koç, C., Vatandaş, M. ve Koç, A.B. (2009) ”LED aydınlatma teknolojisi ve tarımda kullanımı” *25. Tarımsal mekanizasyon ulusal kongresi*. 153-158.
- Köksal, N., İncesu, M. ve Teke, A. (2013) “LED Aydınlatma sisteminin domates bitkisinin gelişimi üzerine etkileri” *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 6, 72-75.
- Kurt, C., Yılmaztürk, İ., Okur, F., Menemen, A., Bahtiyar, B. ve İplikçi S. (2022) “Nesnelerin interneti tabanlı tarımsal sulama otomasyon sistemi geliştirilmesi” *Fırat Üniversitesi Uzay ve Savunma Teknolojileri Dergisi*, 1-1, 149-153.
- Kürklü, A. ve Çağlayan, N. (2005) “Sera otomasyon sistemlerinin geliştirilmesine yönelik bir çalışma”, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 2534.
- McFate, K.L. (1989) “Electrical energy in agriculture”. *Elsevier Science Publishers*, Netherlands.
- Murray, M. *Achieves 186 lumens per watt from a high-power LED* (2010) Cree.
11.11.2010 tarihinde
http://www.cree.com/press/press_detail.asp?i=1259701233981 ‘den erişim.

- Novelan, M. S. and Amin, M. (2020) “Monitoring system for temperature and humidity measurement with dht11 sensor using nodemcu”, *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5, 10.
- Özcan M. (2020) “Bahçe Bitkileri Bölümü” Subtropik Meyveler Ders Notu, *19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, Samsun.
- Öztürk, E., Çelik, Y. ve Kırıcı, P. (2021) ” Akıllı tarımda sensör uygulaması” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 28, 1279-1282.
- Öztürk, N., Ökdem, S. ve Öztürk, S. (2014) “Sera iklimlendirme kontrolü için etkin bir gömülü sistem tasarımı”, *Akademik Bilişim’14 - XVI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, 395-401.
- Şahinoğlu R. *Nextion Editör* (2018.12.24). Kaizen4.0. 10.01.2024 tarihinde <https://www.kaizen40.com/nextion-editor-kurulumu-nasil-yuklenir/> ‘den erişim
- Türkay C. (2012) “Örtü altı Muz Yetiştiriciliği Ve Sera Kurulmasında Dikkat Edilecek Hususlar” *Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Dergisi*.
- Visual Studio Code özellikleri.* (2022,12,07) Northsoft, 01.11.2023 tarihinde <https://northsoft.co>>>/blog/genel/visual-studio-code-nedir/> ‘den erişim
- Wilson, J. (2005) “Sensor Applications” *Sensor Technology Handbook*, UK, 531, 561.
- Yaşar, E. (2020) “Bir tartım otomasyonunda, platform tipi yük hücrelerinin, s-tipi olarak kullanılması” *European Journal of Science and Technology*, Özel sayı, 221-227.
- Yıldırım, F. (2020) “Uzaktan kumandalı savaş robotu” Bitirme Çalışması Raporu. *Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği*, Sakarya.
- Yıldırım, O. (2008) “Sulama Yöntemleri” Sulama Sistemlerinin Tasarımı Ders Kitabı, *Ankara Üniversitesi*, Ankara, 1565, 518, 132s.
- Yılmaz, A. ve Doğan, H. (2016) “Sera içi hava şartlarının otomasyon sistemi ile üretim kalitesinin artırılması ile ilgili bir çalışma”, *Yaşam Bilimleri Dergisi*, 147-159.
- Yücel E. (2021) “Bitki Ekolojisi” *Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü*, Eskişehir.
- Yüklü, N. (2006) “P1c mikrodenetleyici ile kapalı ortamda sıcaklık ve nem kontrolü” Yüksek Lisans Tezi. *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.