



**T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# **SOLUCAN GÜBRESİ MALZEMESİ ÜRETİM ORTAMI OPTİMİZASYONU**

**Hüseyin UYGUR**

**BURDUR, 2019**



**T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SOLUCAN GÜBRESİ MALZEMESİ ÜRETİM  
ORTAMI OPTİMİZASYONU**

**Hüseyin UYGUR**

**Danışman: Doç. Dr. Ali Hakan IŞIK**

**BURDUR, 2019**

## YÜKSEK LİSANSJÜRİ ONAY FORMU

Hüseyin Uygur tarafından Doç. Dr. Ali Hakan Işık yönetiminde hazırlanan “Solucan Gübresi Malzemesi Üretim Ortamı Optimizasyonu” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 28/06/2019

**Dr. Öğr. Üyesi Gürcan ÇETİN**

(Başkan)

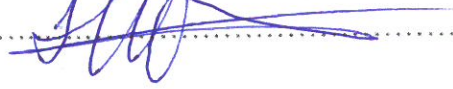
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi .....



**Doç. Dr. Ali Hakan IŞIK**

(Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi .....



**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih Demiral**

(Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi .....



### ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun \_\_\_\_\_ Tarih ve \_\_\_\_\_ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

**Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİS**

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Solucan Gübresi Malzemesi Üretim Ortamı Optimizasyonu”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

28 / 06 / 2019

Hüseyin UYGUR

## **TEŞEKKÜR**

Yapmış olduğum bu araőtırmada tecrube ve bilgisinden yararlandığım değerli Danışman Hocam Sayın Doç Dr. Ali Hakan IŞIK'a teőekkürlerimi sunarım. Bu alıőma boyunca desteğini esirgemeyen hocam Öğr. Gör. Mehmet BİLEN'e teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca beni destekleyen aileme, çalışmam süresince büyük fedakârlık gösteren eőime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

**Haziran,2019**

**Hüseyin UYGUR**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL DİZİNİ .....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET .....	ix
SUMMARY .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. Solucan Gübresi (Vermikompost) .....	4
2.1.1. Gübre Üretiminde Kullanılan Solucanlar .....	5
2.2. Türkiye’de Solucan Gübresi Üretimi .....	7
2.3. Solucan Gübresi Üretiminde Kullanılan Yöntemler .....	7
2.3.1. Düşük Maliyetli Zemin Yataklar Veya Sıralar (Low-Cost Floor Beds or Windrows) .....	7
2.3.2. Hareketli Besleme-Kapaklı Yataklar (Gantry-Fed Beds) .....	8
2.3.3. Konteynır Veya Kutular (Containers or Box Systems) .....	8
2.3.4. Yükseltilmiş Hareketli-Besleme Kapaklı Yataklar (Raised Gantry-Fed Beds) .....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	10
3.1. Materyal .....	10
3.1.1. Arduino .....	13
3.1.1.1. Arduino İle Neler Yapılabilir Ve Neler Yapılamaz .....	13
3.1.1.2. Arduino Mega .....	14
3.1.2. Sensörler .....	15
3.1.2.1. Sensörler Kullanılan Bir Sistemde Olması Gerekenler .....	15
3.1.2.2. Sensör Çeşitleri .....	16
3.1.2.3. Kablosuz Sensör Ağı Teknolojisi .....	16
3.1.2.4. Sıcaklık Ve Nem Sensörleri .....	17
3.1.3. Peltier .....	20
3.1.3.1. Kullanım Alanları .....	22
3.1.6. Havalandırma Sistemi .....	23
3.1.7. Nemlendirme Sistemi .....	24
3.2. Yöntem .....	25
3.2.1. Bulanık Mantık Teorisi .....	25
3.2.1.2. Bulanık mantığı kullanmanın avantajları .....	28
3.2.1.3. Bulanık Mantık Tasarımı Ve Uygulaması .....	28
3.2.1.4. Üyelik Fonksiyonu .....	29
3.2.1.5. Bulanık Mantıkla Sıcaklık Ve Nem Kontrolü .....	31
3.3. Sistemin Entegrasyonu ve Sistemin Üretim Kabı Üzerinde Uygulanması .....	36
3.3.1. Web Ara Yüzü Çalışma Yapısı .....	40
3.3.2. Sistemin Web Ara Yüzleri .....	41

3.3.2.1. Kurallar tablosu .....	54
3.3.3.Üretim Kabının İç Nem Ölçümü Ve Denetimi .....	57
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	59
4.1. Solucan Gübresi Malzemesi Üretim Kabı Gözlem Süreci .....	59
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	65
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	72





## ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Vermikompost.....	5
Şekil 2.2. Kırmızı Kaliforniya Solucanı.....	6
Şekil 2.3. Solucan gübresi üretiminde kullanılan zemin yataklar.....	8
Şekil 3.1. Üretim kabı sistemi.....	11
Şekil 3.2. Üretim kabının iç ve dış görünümü.....	12
Şekil 3.3. Üretim kabı yönetim paneli.....	12
Şekil 3.4. Arduino Mega.....	14
Şekil 3.5. Sıcaklık- Nem sensörü.....	18
Şekil 3.6. Toprak nem sensörü.....	19
Şekil 3.7. Toprak sıcaklık sensörü.....	20
Şekil 3.8. Peltier.....	21
Şekil 3.9. Peltier çalışma prensibi.....	22
Şekil 3.10. Sistemde kullanılan fanlar.....	24
Şekil 3.11. Sistemde kullanılan fiskiye ve su pompası.....	24
Şekil 3.12. Bulanık mantık teorisi.....	26
Şekil 3.13. Üyelik fonksiyonu.....	29
Şekil 3.14. Örnek bir üyelik fonksiyonu.....	32
Şekil 3.15. İç sıcaklık üyelik fonksiyonları.....	32
Şekil 3.16. Dış sıcaklık üyelik fonksiyonları.....	33
Şekil 3.17. Üyelik değeri hesaplama grafik gösterimi.....	34
Şekil 3.18. Örnek bir bulanık çıkış hesaplama grafik gösterimi.....	35
Şekil 3.19. Örnek bir kural toplamı hesaplaması sonucu çıkış elde edilmesi.....	36
Şekil 3.20. Sistemin akış diyagramı.....	39
Şekil 3.21. Sistemin bağlantı şeması.....	39
Şekil 3.22. Sistemin devre şeması.....	40
Şekil 3.23. Üretim kabı kontrol sistemi çalışma prensibi.....	41
Şekil 3.24. Web ara yüzü menüleri.....	42
Şekil 3.25. Web ara yüzü ayarlar menüsü.....	42
Şekil 3.26. Bulanık seçimli web ara yüzü.....	43

Şekil 3.27. Elle seçimli web ara yüzü .....	44
Şekil 3.28. Bulanık mantık menüsü seçenekleri .....	44
Şekil 3.29. Bulanık değişkenler.....	45
Şekil 3.30. Sıcaklık için yeni üyelik fonksiyonu.....	46
Şekil 3.31. Sıcaklık değişkeni üyelik fonksiyonları grafiği .....	46
Şekil 3.32. Sıcaklık değişkeni için üyelik fonksiyonları .....	47
Şekil 3.33. Dış sıcaklık değişkeni üyelik fonksiyonu grafiği.....	48
Şekil 3.34. Dış sıcaklık için üyelik fonksiyonları .....	48
Şekil 3.35. Isıtma çıkışı değişkeni üyelik fonksiyonları .....	49
Şekil 3.36. Isıtma çıkışı için üyelik fonksiyonları.....	50
Şekil 3.37. Kurallar sekmesi .....	50
Şekil 3.38. Bulanık kurallar.....	51
Şekil 3.39. Yeni bulanık kural ekleme .....	52
Şekil 3.40. Bulanık test sekmesi.....	52
Şekil 3.41. Bulanık kuralları test et butonu .....	53
Şekil 3.42. Kural test ekranı .....	54
Şekil 3.43. Bulanık mantık ana yüz ekranı nem butonu.....	57
Şekil 3.44. Elle ara yüz ekranı nem butonu.....	57
Şekil 3.45. Klasik nem/fan kuralı.....	58
Şekil 4.1. Tasarım yapılan solucan gübresi üretim kabı.....	60
Şekil 4.2. İç sıcaklık grafik değişimi .....	62
Şekil 4.3. Dış sıcaklık grafik değişimi .....	62
Şekil 4.4. Nem değeri grafik değişimi.....	63
Şekil 5.1. Solucan sayısı değişim grafiği .....	66
Şekil 5.2. Elde edilen solucan gübresi değişim grafiği .....	67

## ÇİZELGE DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 2.1.</b> Kırmızı Kaliforniya Solucanının biyolojik özellikleri .....	5
<b>Tablo 3.1.</b> Arduino 2560 teknik özellikleri.....	14
<b>Tablo 3.2.</b> DHT11 sıcaklık-nem sensorünün özellikleri.....	18
<b>Tablo 3.3.</b> Toprak nem sensörünün özellikleri .....	19
<b>Tablo 3.4.</b> Toprak sıcaklık sensörünün özellikleri.....	20
<b>Tablo 3.5.</b> Günlük sıcaklık değerleri.....	27
<b>Tablo 3.6.</b> Üretim kabı için bulanık sıcaklık değişkenleri .....	37
<b>Tablo 3.7.</b> Solucanlar için kompostun bulanık nem değişkenleri.....	37
<b>Tablo 3.8.</b> Olası oluşturulabilecek bulanık kurallar.....	55

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Asp. Net Mvc:</b>	Active Server Page Network Model-View-Controller
<b>CCD</b>	: Charge Coupled Device
<b>Cm</b>	: Santimetre
<b>DAC</b>	: Dijital Analog Dönüştürücü
<b>DC</b>	: Direct Current (Doğru akım)
<b>DNA</b>	: Deoksiribo Nükleik Asit
<b>Gr</b>	: Gram
<b>Http</b>	: Hyper Text Transfer Protocol (Üstün metin transfer protokolü)
<b>ICSP</b>	: In-Circuit Serial Programming
<b>IEEE</b>	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>KB</b>	: Kilobyte
<b>Kg</b>	: Kilogram
<b>KOSGEB</b>	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
<b>Lcd</b>	: Liquid Crystal Display
<b>M</b>	: Metre
<b>mA</b>	: Mili Amper
<b>Max</b>	: Maksimum
<b>MHz</b>	: Mega Hertz
<b>Min</b>	: Minimum
<b>MISO</b>	: Multiple Input, Single Output
<b>Mm</b>	: Milimetre
<b>Ms</b>	: Milisaniye
<b>MS SQL</b>	: Microsoft Structured Query Language
<b>PCR</b>	: Polimeraz Zincir Reaksiyonu (Polymerase Chain Reaction)
<b>PID</b>	: Proportional-İntegral-Derivative
<b>PWM</b>	: Pulse Width Modulation
<b>RH</b>	: Relative Humidity (Bağıl Nem)
<b>TOSGEB</b>	: Türkiye, Solucan Gübresi Üreticileri Derneği
<b>UART</b>	: Donanım Seri Port

<b>USB</b>	: Universal Serial Bus
<b>V</b>	: Volt
<b>Vb</b>	: Ve Benzeri
<b>Vd</b>	: Ve Diğerleri
<b>Wifi</b>	: Standard For Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlılığın Standardı)
<b>Windows CE</b>	: Widows Compact Edition
<b>WPAN</b>	: Kablosuz Kişisel Alan Ağı
<b>WWAN</b>	: Kablosuz Geniş Alan Ağı
<b>[T1,T2]</b>	: Sıcaklık Parametreleri
<b>μ</b>	: Aritmetik Ortalama
<b>&gt;</b>	: Büyüktür
<b>&lt;</b>	: Küçüktür
<b>°C</b>	: Santigrat Derece
<b>%</b>	: Yüzde

# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

**Solucan Gübresi Malzemesi Üretim Ortamı Optimizasyonu**

**Hüseyin UYGUR**

**Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Ali Hakan IŞIK**

**Haziran, 2019**

Tez çalışmasında, Arduino ile Solucan Gübresi Malzemesi Üretim Ortamı Optimizasyonu için bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistemde, üretim kabı içindeki nem ile sıcaklığın kontrol ve takibi sağlanmaktadır. Sunulan tez çalışmasının amacı, gübre verimini artırmak ve nem, hava, sıcaklığın solucanlar üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaktır. Tasarlanan sistem ile üretim kabının dış ve iç sıcaklığı anlık olarak ölçülerek yaz ve kış mevsimlerinde solucanlar için en ideal yaşama ortamı sağlanmıştır. Üretim kabı tasarımında, Arduino mega, sıcaklık ve nem sensörü, peltier, fan kullanılmış olup sistemin kontrol ve takibi için web sitesi geliştirilmiştir. Web sitesinin geliştirilmesi aşamasında Asp.Net MVC platformu ve MS SQL veri tabanı kullanılmıştır. Üretim kabındaki nem ve iç-dış sıcaklık değerleri sensörler aracılığı ile yirmi saniyede bir defa ölçülerek veri tabanına kaydedilmesi sağlanmıştır. Web sitesi aracılığı ile üretim kabının uzaktan kontrolü bulanık mantık ve elle olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır. Elle kontrol modunda sistem, belirli eşik değerlerine bağlı olarak kural tabanlı çalışmaktadır. Bulanık mantık modunda ise uzman görüşü doğrultusunda deneme yanılma sonucunda elde edilen bulanık mantık algoritması ile sistem kontrol edilmektedir. Bu iki farklı yöntem ile üretim kabının uzaktan ısıtılması ve soğutulması işlemi, nem kontrolü web sitesi üzerinden yapılabilmektedir. Bulanık mantık yöntemindeki çıkarım işlemi için altmış dört adet bulanık kural oluşturulmuştur. Oluşturulan bu bulanık kurallar ve üyelik fonksiyon parametreleri web sayfası üzerinden değiştirilebilmektedir. Bu sayede geliştirilen üretim kabı modüler bir yapıya sahip olmaktadır. Bulanık mantık kuralları ve fonksiyonlarının sabit olmaması ve değiştirilebilir biçimde olması, üretim kabının farklı iklim şartlarına sahip bölgelerde kullanılabilmesini sağlamaktadır. Bu tez çalışmasının literatüre en önemli katkıları, mobil ara yüz ve web üzerinden üretim kabının kontrol ve takibinin sağlanması, kontrol işleminin elle ve bulanık mantık ile gerçekleştirilebilmesi, tasarlanan sistemin uyarlanabilir bir yapıya sahip olmasıdır. Tasarlanan bu sisteme çeşitli sensörler eklenerek üretim kabının işlevselliğinin artırılacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** solucan, vermikompost, sensörler, Arduino, Bulanık Mantık

# **SUMMARY**

**M. Sc. Thesis**

**Vermicompost Material Production Environment Optimization  
Hüseyin UYGUR**

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
Institute of Science and Technology  
Department of Materials Technology Engineering**

**Supervisor: Doç. Dr. Ali Hakan IŞIK**

**June, 2019**

In the thesis, a system for Arduino Vermicompost Material Production Environment Optimization was designed. In this system, control and monitoring of humidity and temperature in the production vessel is provided. The aim of the thesis is to increase fertilizer yield and reduce the negative effects of humidity, air and temperature on worms. With the designed system, the external and internal temperature of the production container is measured instantaneously, providing the ideal living environment for worms in summer and winter seasons. Arduino mega, temperature and humidity sensor, peltier, fan were used in the design of the production container and the website was developed for the control and monitoring of the system. Asp.Net MVC platform and MS SQL database were used in the development of the website. Humidity and internal-external temperature values in the production vessel were measured once every twenty seconds via sensors and recorded in the database. Remote control of the production container via the website is carried out in two different ways: fuzzy logic and manual. In manual control mode, the system operates based on rules based on certain threshold values. In fuzzy logic mode, the system is controlled by fuzzy logic algorithm obtained by trial and error according to expert opinion. With these two different methods, remote heating and cooling of the production vessel can be carried out via the website of humidity control. Sixty-four fuzzy rules were created for inference in fuzzy logic method. These fuzzy rules and membership function parameters can be changed via web page. The production container developed in this way has a modular structure. The fact that fuzzy logic rules and functions are unstable and changeable enables the production vessel to be used in regions with different climatic conditions. The most important contributions of this thesis to the literature are to provide the control and follow-up of the production container over the mobile interface and the web, to perform the control operation by hand and fuzzy logic, and to have an adaptive structure of the designed system. It is thought that the functionality of the production container can be increased by adding various sensors to this designed system.

**Keywords:** worm, vermicompost, sensors, Arduino, Fuzzy Logic

# 1. GİRİŞ

Tarım alanındaki gübreleme ve ilaçlama geçmişe dönük olarak incelendiğinde İkinci dünya savaşından sonra kimyasal gübre ve tarım ilacının çok yüksek düzeylerde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Yazar, bilim adamı ve ekolog olan Rachel Carson, 1962 yılında yayınladığı “Sessiz Bahar” adlı kitabı ile aşırı ve bilinçsiz kimyasal kullanmanın doğal ortama ve doğal dengeye çok büyük boyutlarda zarar verdiğini insanlara duyurmuştur. Yapılan bilimsel çalışmalarla kimyasal kullanımının sağlığa verdiği zararlar ortaya konmuştur.

Kimyasal gübre kalıntılarının yer altı ve yer üstü su kaynaklarında tespit edilmesi ve insan ve hayvan besinlerinde tespit edilen pestisit kalıntılarının mutajen, teratojen ve kanserojen etkilerinin (Baier-Anderson and Anderson, 2000) ortaya çıkarılması endüstriyel/geleneksel tarım yöntemlerinin sorgulanması sürecini başlatmıştır (Chernyak et al., 1996). Doğanın kendini yenileyebilmesi, doğal dengenin korunması için yapılan araştırmalarda organik ve sürdürülebilir kavramları ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucunda vermikompost ürünü ortaya çıkmıştır. Solucan Gübresi(Vermikompost); solucanlı kompost yönteminin kentsel ve endüstriyel organik çöplerin geri kazanımında da önemli bir yere sahip görülmektedir. Ayrıca, vermikompost son ürününde insan sağlığını tehdit eden patojenler olmadığı için uygulayıcılar, ana materyal kanalizasyon atığı dahi olsa vermikomposta çıplak elle dahi dokunabilmektedir (Erşahin, Y. Ş., 2007).

Toprak solucanları tarafından tüketilen organik atıkların bu yassı canlıların sindirim sisteminden geçerek dışkı olarak dışarı çıkmasıyla elde edilen toprak rengindeki kokusuz bileşene organik solucan gübresi denir. Kırmızı Kaliforniya solucanları uygun koşullarda ortalama günde kendi ağırlıklarının yarısı kadar yiyecek tükettikleri görülmektedir.

Ülkemizde yapılan solucan gübresi faaliyetleri incelendiğinde solucan gübresine yeteri kadar önem verilmediği, üretim ortamlarının solucanların tam verimli şekilde çalışabilmesi için yeterli olmadığı görülmektedir. Solucan gübresi üretiminde profesyonelleşme sağlamak için gelişen teknolojiden faydalanmak gerekmektedir. Gelişen bu teknolojiyi solucan gübresi üretimine entegre ederek solucan gübresi malzemesinde verimliliğin artırılması hedeflenmektedir. Aynı zamanda solucanlar için ideal ortamı oluşturarak solucanların üreme faaliyetlerini artırmak, solucan ve kokon kayıplarının



önlenmesi amaçlanmaktadır. Üretici açısından maliyeti az olan bu sistem kullanımı kolay, uzun yıllar kullanılabilen bir yapıya sahiptir.

Yapılan bu tez çalışmasında solucan gübresi verimliliğini artırmak için web ve mobil ara yüzüne sahip Arduino tabanlı bir kontrol mekanizması kullanılmıştır. Literatür incelendiğinde Arduino tabanlı kontrol mekanizmalarının birçok alanda kullanıldığı görülmektedir. Prof. D.O.Shirsath, Punam Kamble, Rohini Mane, Ashwini Kolap ve Prof.R.S.More'nun yapmış olduğu çalışmada Arduino, akıllı sera otomasyonu amaçlı kullanılmıştır ve çalışma sonucunda tasarlanan sistem ile seranın nem ve sıcaklığı kontrol altında tutulmuştur (Shirsath, D. O. vd, 2017). Yine Jonathan A. Enokela ve Theophilus O. Othoigbe ise yapmış olduğu prototip sera kontrol çalışmasında Arduino ve kablosuz sensör ağını kullanmış ve mikro iklimlendirme yaparak ortamın kullanıcı müdahalesi gerekmeden tam otomatik yönetilebildiğini vurgulamıştır (Enokela, J. A. ve Othoigbe, T. O., 2015). Ayrıca Stelios Zachariadis ve Theodore H. Kaskalis akıllı bağ tarımında gömülü sistemler adlı araştırma çalışmasında Arduino kullanarak elde edilen sıcaklık ve nem bilgilerini GPRS ile çiftçilerin bilgilendirilebileceğini belirtmişlerdir (Zachariadis, S. ve Kaskalis, T. H., 2012). Yine tarımda görüntü işleme alanında Mrs. Latha, A Poojith, B V Amarnath Reddy, G Vittal Kumar yapmış oldukları çalışmada Arduino ile görüntü işleme yöntemini kullanarak mahsul ile yabancı otun ayrıştırılmasını sağlamışlardır (Latha, M. vd, 2014). Pavankumar Naik vd yapmış olduğu çalışmada da nesnelerin interneti ve Arduino kullanılarak otomatik sulama sistemi geliştirilmiş ve sistemin yönetimi Android uygulama üzerinden gerçekleştirilmiştir (Naik, P. vd, 2017).

Diğer taraftan bir sistemin kontrol edilmesi süreci yapay zeka yöntemleri kullanılarak gerçekleştirildiğinde sistemin daha kararlı çalışacağını Prakashgoud Patil, Umakant Kulkarni, B.L. Desai, V.I. Benagi ve V.B. Naragund yapmış olduğu kablosuz sensör ağı kullanarak bulanık mantık tabanlı sulama kontrol sistemi çalışmasında belirtmişlerdir (Patil, P. vd, 2012). Ayrıca Z. May, M. H. Amaran' da palmye meyvesinin olgunluk değerlendirilmesi çalışmasında bulanık mantık yöntemini kullanarak palmye meyvesinin sınıflandırılmasında yüksek oranda doğru sonuçlar elde etmiştir (May, Z. ve Amaran, M. H., 2011). Ayrıca C. Yang vd yapmış oldukları çalışmada yabancı otların görüntü işleme ile tanınmasında bulanık mantık yöntemini kullanmışlar yabancı ot kontrolünde bulanık mantığın uygulanabilirliğini göstermişlerdir (Yang, C. C. vd, 2000). Yine tarım alanında elde edilen tahılların kurutulması işleminde de bulanık mantığın kullanılabilirliğini H. Mansor vd yapmış oldukları çalışmada göstermişlerdir (Mansor, H., vd, 2010). Ayrıca İsmail Kavdır ve Daniel E. Guyer yapmış oldukları çalışmada elma sınıflandırmada bulanık

mantığı kullanmışlar bulanık mantık ve insan sınıflandırma sonucunda büyük oranda benzerlik elde etmişler ve bulanık mantığın elma sınıflandırma işleminde kullanılabileceğini kanıtlamışlardır (Kavdir, I. ve Guyer, D. E. 2004). Belirtilen çalışmalarda da görüldüğü gibi Bulanık mantık tarım alanında üretim aşamasından sınıflandırma aşamasına kadar kendisine yer bulmuştur. Bu noktadan yola çıkarak bu tez çalışmasında sistemin kararlılığını artırmak için Bulanık Mantık yöntemi seçilmiştir.

Solucan gübresi malzemesi üreticisine geliştirilecek bu sistemde elde edilecek sonuçlar ve kullanıcıların önerileri ile geliştirme çalışması yapılabilir. Tasarlanan bu sistem kişisel istekler doğrultusunda da yeniden tasarlanabilir. Kablosuz ağlar mantığı ile çalışan bir sistem oluşturulduğu için bu çalışma farklı alanlarda da kullanılabilir.

Yapılan çalışmalarla üretim kabı içindeki sıcaklık ve nemin solucanların yaşamı için en ideal seviyeye getirilmesi amaçlanmaktadır. Üretim kabının iç sıcaklığı ve nemi devamlı olarak ölçülerek anlık kontrol edilmesi sağlanmaktadır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Solucan Gübresi (Vermikompost)

Vermikompost terimi, solucanların kullanıldığı organik artık ve/veya atıkları kompostlaştırma işlemi sonucunda elde edilen ürün için kullanılmakla beraber, vermikompost ürünü genelde vermikest (solucan dışkısı; gübresi) veya kısaca kest olarak adlandırılmaktadır (Edwards and Bohlen, 1996). Vermikompost, birçok tarım bitkisinde verim artışı sağladığı için “mükemmel bir organik gübre” olarak tanımlanmaktadır.

Vermikompostun sıra dışı pozitif etkisinin ortaya çıkışında makro ve mikro besin içeriğinin yüksek seviyelerde olmasının yanı sıra, önemli miktardaki solucan salgılarının da bu etkinin ortaya çıkışında önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir (Anonim, 2019o). Tarımsal kimyasallar kullanılmadan kaliteli ve sağlıklı ürünler yetiştirmeyi hedefleyen sürdürülebilir tarım sisteminin geleceğini toprakların verimlilik durumları belirleyecektir. Toprakların verimliliklerini ise toprak organik maddesinin huminleşmesi ve ayrışmasından sorumlu olan başta mikroorganizmalar olmak üzere diğer toprak canlıları ve bitki kökleri belirlemektedir. Huminleşme, organik maddenin niteliksel ve niceliksel değişimi ve humin madde oluşumu olayıdır ve solucanların da bu olayda mikroorganizmalarla birlikte görev aldıkları bilinmektedir (Kadalli vd 2000, Manivannan vd 2004).

Huminleşme olayında görev alan solucanın bağırsağından organik atıkların geçmesi sırasındaki termofilik safhası olmayan mikrobiyal kompostlama işlemine vermikompostlama, elde edilen son ürüne ise vermikompost adı verilmektedir. Şekil 2.1’de ise elde edilen vermikomposta ait görsel verilmiştir.



**Şekil 2.1.** Vermikompost

Vermikompostun tek başına veya diğer gübrelerle (organik, inorganik) beraber uygulanması durumunda bitki verimi ile birlikte toprak özelliklerinin (fiziksel, kimyasal, biyolojik) iyileştiği ve dolayısıyla da toprak verimliliğinin arttığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur.

### **2.1.1. Gübre Üretiminde Kullanılan Solucanlar**

Vermikültür endüstrisi faaliyetlerinde kullanılan ve aerobik kompost veya sığır gübresi yığınlarında sıklıkla rastlanan kompost diğer adıyla gübre solucanı türleri şunlardır: *Eisenia fetida* (tiger worm), *Eisenia andrei* (red tiger worm), *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus* (red worm), *Perionyx excavatus* (Indian blue worm), *Eudrilus eugeniae* (African nightcrawler), *Fletcherodrilus* spp, *Heteropodrilus* spp, *Pheretima excavatus*. *E. fetida*, *E. andrei*, *D. veneta* türleri ılıman iklim kuşağındaki bölgelere iyi adapte olurken, *L. rubellus* and *P. excavatus* sıcak tropik iklim alanlarında daha fazla görülür. Bu beş tür, organik atık/artıkları indirgemek için yapılan vermicompost çalışmalarında en iyi sonuçları veren türlerdir (Edwards and Bohlen, 1996). Kırmızı Kaliforniya (*Eisenia Fetida*) Solucanının biyolojik özellikleri Tablo 2.1’de verilmiştir (Anonim, 2019a). Şekil 2.2’de ise Kırmızı Kaliforniya Solucanının fotoğrafı yer almaktadır.

**Tablo 2.1.** Kırmızı Kaliforniya Solucanının biyolojik özellikleri

<b>Özellik</b>	<b>Değer</b>
Tür	Esenia Fetida
Uzunluk	2,5-12 Cm
Kalınlık	0,5-0,75 Mm
Ağırlık	0,25-1,5 Gr
Renk	Koyu Kırmızı
Sıcaklık	20-25 C (sınır 0-35 C)
Nem	% 80-90 (sınır 60-90)
Beslenme	0.25 kg / 1000 solucan / gün
Gübre Üretimi	Yediği Mama'nın % 60 -%70 i
Üreme	Çift Cinsiyet
Üreme Boğumu	24-32 Boğumlar Arası (Kozaya Yatağı)
	9-12 Boğumlar Arası (Genital Bölge)
Kuluçka Süresi	21-35 Gün
Erişkinlik Süresi	45-60 Gün
Üreme Şekli	Kokun
Yumurtlama Periyodu	1-2 Kokun / Hafta
Kokondan Çıkan Yavru Sayısı	3 Yavru / Kokun
Vücut	Boğumlu Yarı Saydam
Segment Sayısı	95-100 (Yetişkin)
Kuyruk	Halkalı



**Şekil 2.2.** Kırmızı Kaliforniya Solucanı

Genel anlamda binlerce solucan türü olmasına rağmen, sadece birkaç türü solucan gübresi üretiminde kullanılabilir. Bu tür solucanlar hemen her türlü sebze atıkları üzerinde

gelişebilir ve günlük olarak kendi ağırlıkları kadar atık tüketebilirler. Eğer uygun koşulları sağlarsanız her 40 günde bir sayılarını ikiye katlayarak nüfusunu hızla arttırmaları. Olumlu koşullar altında, solucanlar çok çabuk çoğalırlar. Cinsel olgunluğa yaklaşık sekiz hafta içinde erişirler ve haftada bir çiftleşirler (kompost solucanlarının 4 yıl ve üzerinde yaşadıkları bilinmektedir). Optimum koşullarda sekiz solucan altı hafta içinde 1500 solucan yavrulayabilir.

## **2.2. Türkiye’de Solucan Gübresi Üretimi**

Türkiye’de yılda yaklaşık 5,5 milyon ton kimyasal gübre kullanıldığı öngörülmektedir. Kullanılan gübrelerinde yaklaşık %70’i ithal edilmektedir. Kullanılan bu kimyasal gübrelerin çevreye ve sağlığa zararları konusunda önemli tartışmalar gündeme gelmekte, bu konuda araştırmalar yapılmaktadır. Türkiye’de kullanımı yüksek olan kimyasal gübrelere alternatif gübre araştırmaları yapılmaktadır. Bu araştırmalar solucan gübresi üretimini ön plana çıkarmıştır.

Organik olan solucan gübresi ülkemizde daha çok organik ürünler üreten çiftçiler tarafından kullanıldığı görülmektedir. Düşük yatırım maliyeti ve atıkların yok edilerek verimli hale dönüştürülmesinde sağladığı avantajla günden güne üretimi artmaktadır. Türkiye Solucan Gübresi Üreticileri Derneği TOSGEB’in verilerine göre yarısı yasal olmak üzere 150 milyon civarında işçi solucan olduğu hesaplanmakta ve bu sayı günden güne artmaktadır. Bu solucanlar yılda yaklaşık 30 bin ton solucan gübresi malzemesi üretmektedir. Ülkemizde 4 bin kişinin solucan gübresi üretimi ile uğraştığı tahmin edilmektedir.

## **2.3. Solucan Gübresi Üretiminde Kullanılan Yöntemler**

### **2.3.1. Düşük Maliyetli Zemin Yataklar Veya Sıralar (Low-Cost Floor Beds or Windrows)**

Açık alan sıra yığınları (windrow) veya basit duvarlarla çevrili yataklar (floor beds) vermikompostlama alanında kullanılan en basit yöntemlerdir. Bu yatakların büyüklükleri konusunda kısıtlama yoktur, fakat enine uzunluğunun 2.4 m’yi geçmemesi yığının tamamının işlenmesini kolaylaştırır. Yığının uzunluğu çok daha az öneme sahiptir ve kullanım alanına bağlı olarak belirlenebilir.

Vermikompost karışımı doğrudan toprak üzerinde olabilir. Bu metodun uygulamasında yeterli su ilavesi ve fazla suyun serbest şekilde yığını terk etmesi

sağlanmalıdır. Bu zemin yataklar/sıralar organik maddeyi diğer yöntemlere göre daha yavaş (6-12 ay) işler. Bu süre zarfında buharlaşma ve sızıntı sebebiyle bitki besin kayıpları olabilir (Edwards, 1998). Solucan gübresi üretiminde kullanılan zemin yataklar Şekil 2.3'te gösterilmiştir (Tavalı İ.E., 2011).



**Şekil 2.3.** Solucan gübresi üretiminde kullanılan zemin yataklar

### **2.3.2. Hareketli Besleme-Kapaklı Yataklar (Gantry-Fed Beds)**

Vermikompostlama alanında işlem etkinliğini arttırmak için yatak derinliğinin en fazla 1 metre olması ve organik materyal katmanlarının 1-2 cm olarak sıkça ilave edilmesi önemlidir. Bu amaç yatak kenarları üzerinde yükselen hareketli bir kapak kullanımı ile gerçekleştirilebilir. Az ama sık besin ilavesi atık işleme etkinliğini en yüksek seviyeye çıkarmaktadır. Vermikompostlama sürecinde sıcaklığın en alt seviyede kalmasını ve solucanların devamlı olarak en taze besinle yüzeye yakın beslenmelerini temin etmektedir (Edwards, 1998).

### **2.3.3. Konteynır Veya Kutular (Containers or Box Systems)**

Büyük veya küçük kutu/kaplar içinde gerçekleştirilen yığın (batch) vermikompostlama metodu çok fazla iş gücü gerektiğinden dolayı kullanılan alet

ekipmanın geliştirilmesi gerekmektedir. Bu yöntem daha çok küçük çaplı ev ve yemekhane gibi mekânlar için uygun olduğu görülmektedir (Edwards 1988).

#### **2.3.4. Yükseltilmiş Hareketli-Besleme Kapaklı Yataklar (Raised Gantry-Fed Beds)**

Solucan faaliyeti genelde üst 10-15 cm'lik organik çöp tabakasında gerçekleştiği için zamanla ilave edilen besin tabakaları içeriği doldurmaktadır, ancak bunların boşaltılması gerekmektedir.

Çöplerin işleme etkinlik ve hızını arttırmak için yatak malzemesine ayak ekleyerek yükseltmek ve böylece ürünü alttan almak mümkün olur. Yatak, delikli bir alt kısma sahipse elde edilen vermikompost alttaki hareketli (çekmece) bölüme dökülerek toplanabilir. Çöpler, yaylı bir üst kapaktan günlük olarak ince tabakalar halinde ilave edilerek işlenen besin alttan toplanırsa yatak içindeki solucanlar rahatsız edilmeden sistem sürekli kullanılabilir. Ayrıca, bu sisteme besin ilave edecek ve elde edilen vermikompostu toplayacak mekanik parçalar takılması da mümkündür (Price ve Phillips 1990, Edwards 1995).



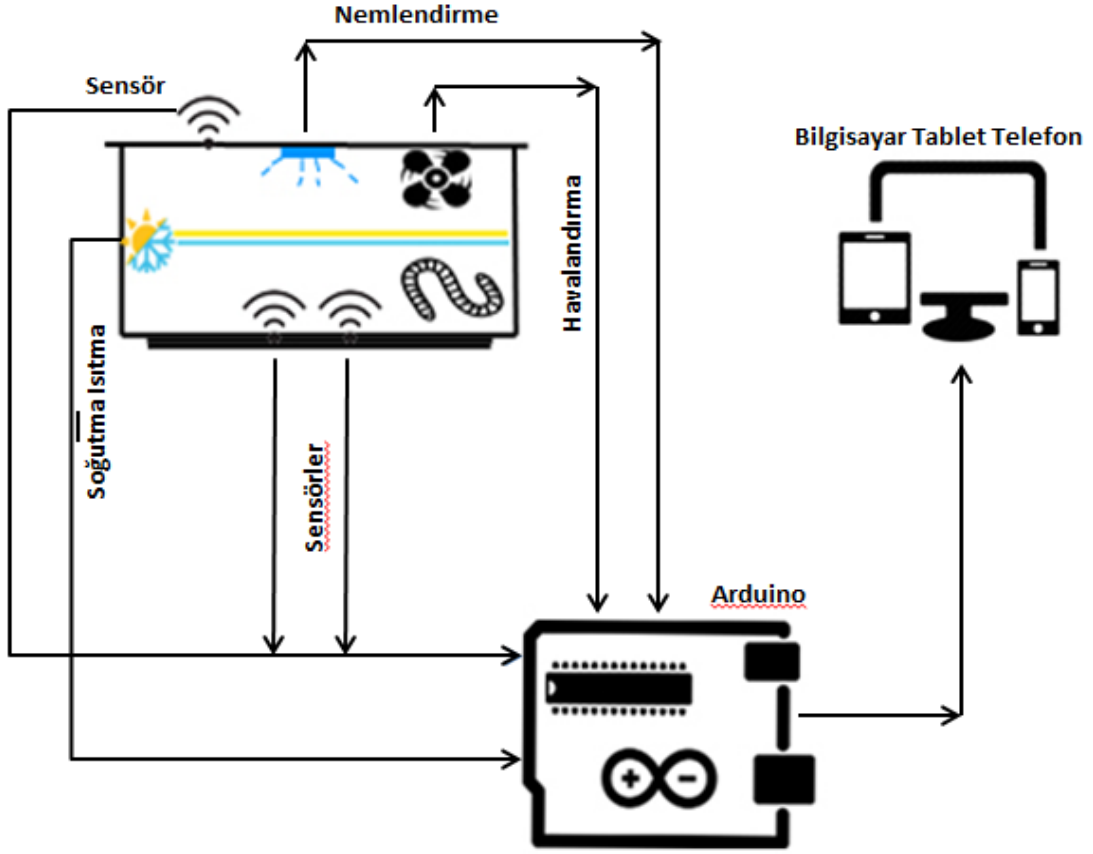
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, Arduino kullanılarak tasarlanan solucan gübresi malzemesi üretim kabında nem ve sıcaklık kontrolünün sağlanması için Arduino, sıcaklık ve nem sensörü, peltier, fan kullanılarak sistemin elektronik yapısı oluşturulmuş ve kontrolün sağlanması amacı ile de web ara yüzü tasarlanmıştır. Web ara yüzü Asp. Net Mvc kullanılarak geliştirilmiştir. Web ara yüzüne MS SQL veri tabanı entegre edilmiştir. Üretim ortamının sıcaklığını düzenlemek için bulanık mantık mekanizması yazılarak kurallar oluşturulmuştur. Sistemde veri iletimini sağlamak için Arduino ve wifi modülü kullanılarak veri aktarımı gerçekleştirilmektedir.

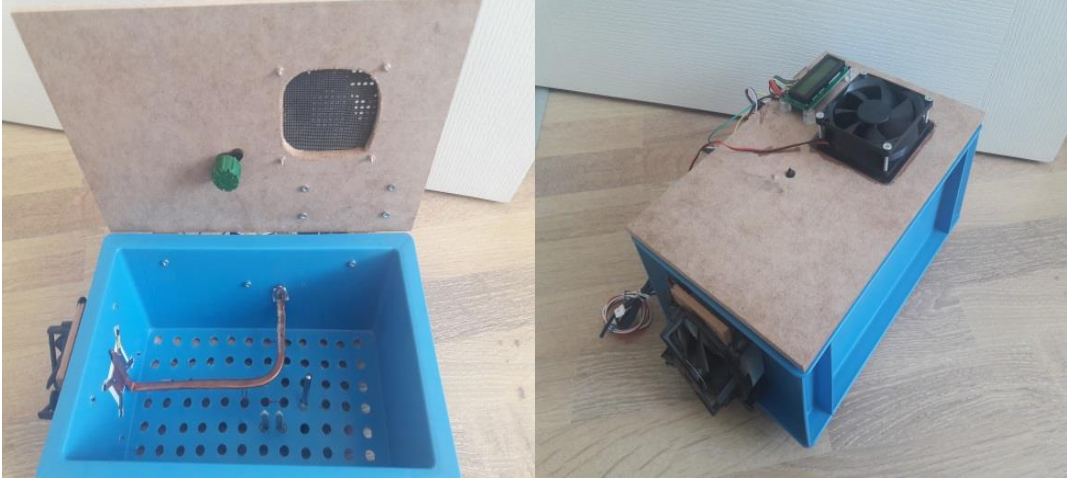
Üretim kabının yan yüzeyine peltier yerleştirilmiş ve ısı iletiminin kompost içinde kolay dağılmasını sağlamak için üretim kabının içine iletken bakır borular döşenmiştir. Peltier ile üretim kabının içinin ısıtılması sırasında oluşacak soğuk havayı ve soğutma sırasında oluşacak olan sıcak havayı üretim kabından uzaklaştırmak için peltier üzerine fan yerleştirilmiştir.

Kompost için gerekli nem düzeyini sağlamak için üretim kabı içerisinde oluşabilecek yüksek nemi azaltmak için üretim kabının kapağına fan yerleştirilmiş ve düşük nem düzeyini artırmak için kapağa su fiskeyesi yerleştirilmiştir. Üretim kabının tabanına kompostun nem ve sıcaklığını ölçmek için sıcaklık ve nem sensörü yerleştirilmiştir. Şekil 3.1’de tasarlanan üretim kabı şematik olarak gösterilmiştir.



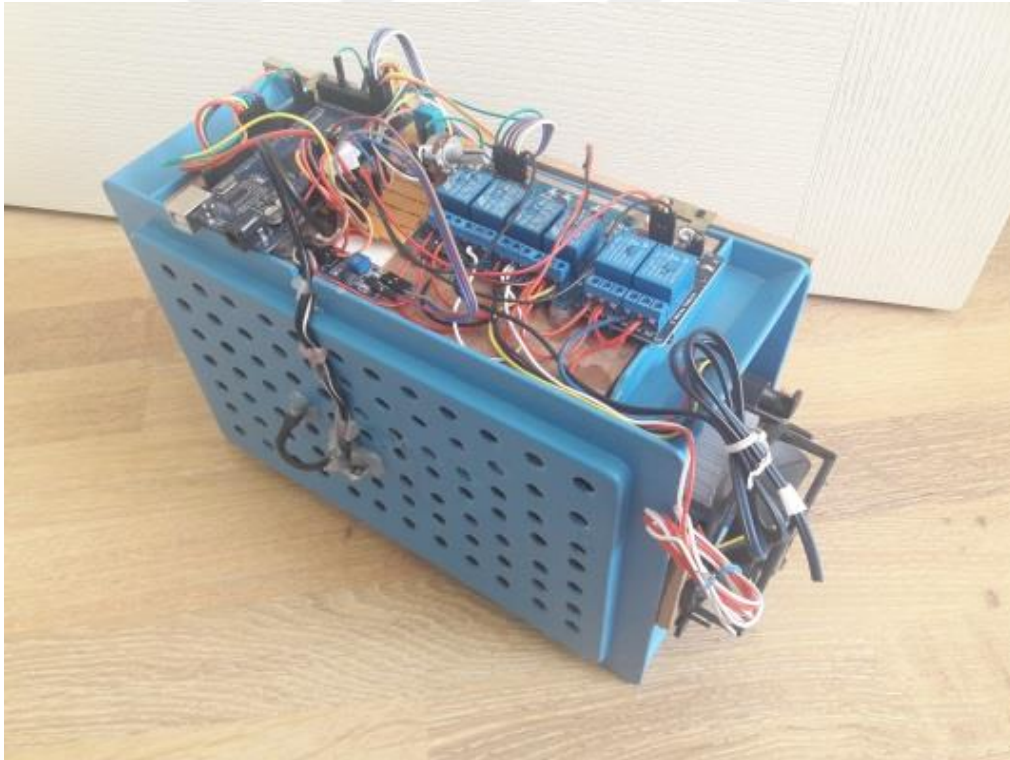
Şekil 3.1. Üretim kabı sistemi

Tasarlanan üretim kabında kullanım kolaylığı sağlamak için kapak üretim kabına menteşe aracılığı sabitlenmiştir. Fan, LCD ekran ve su fiskiyesi kapağa monte edilmiştir. Üretim kabının tabanında sıcaklık, nem sensörü bulunmaktadır. Üretim kabının yan yüzeyinde ise üretim kabının ısıtma ve soğutmasını sağlamak için peltierler bulunmaktadır. Isı dağıtımını sağlamak için kompost içinde kalacak şekilde kabin içerisinde bakır iletim boruları bulunmaktadır. Şekil 3.2’de Üretim kabının iç ve dış görünümü gösterilmektedir.



**Şekil 3.2.** Üretim kabının iç ve dış görünümü

Üretim kabının dış yan yüzeyine kabin yönetimi için gerekli olan Arduino ve diğer araç gereçler monte edilmiştir. Şekil 3.3’de Üretim kabının yönetim panelinin genel görünümü gösterilmiştir.



**Şekil 3.3.** Üretim kabı yönetim paneli

### 3.1.1. Ardunio

Ardunio, bir giriş çıkış kartı ve processing/wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirme ortamından, İtalyan elektronik mühendisleri tarafından açık kaynak kodlu geliştirilen ve isteyen herkesin baskı devrelerini indirerek kendi devrelerini basabilecekleri, dilerlerse şık bir görüntüye sahip hazır basılmış ve bileşenleri yerleştirilmiş halde alabilecekleri, esnek, kolay kullanımlı donanım ve yazılım tabanlı bir fiziksel programlama platformudur (Anonim,2019b) .

Ardunio, günlük hayattaki fiziksel parametrelerle etkileşim sağlayan bir araç olarak bilinmektedir. Ardunionun açık kaynak kodlu bir yapıya sahip olması en büyük avantajlarından biridir. Son derece basit bir kullanıma sahip olmakla birlikte devreyi programlamak için gerekli yazım paketine de sahiptir.

Ardunio çalışmalarında bilgisayara bağlantılı projeler yapılabildiği gibi kendi başlarına da projeler yapılabilmektedir. USB ara yüzü kullanılarak Ardunionun bilgisayar bağlantısı ile sağlanmaktadır. Ardunio üzerinde entegre bir şekilde gelen Atmega firmasının ürettiği 8 ve 32 bitlik mikro denetleyicilerini (Ardunio due) bulundurmaktadır. Her kartta 16 MHZ'lik kristal osilatör ve en az 5 voltluk regüle entegresi bulunmaktadır. Analog ve dijital pinler bulundurması nedeniyle analog ve dijital verileri alarak işleyip kullanılabilir (Anonim, 2019c).

#### 3.1.1.1.Ardunio İle Neler Yapılabilir Ve Neler Yapılamaz

Ardunio açık kaynak kodlu ve kullanımı kolay bir geliştirme platformu olduğu için kullanım alanı oldukça yaygındır.

Ardunio ile neler yapılabilir;

- ✓ Dijital ve Analog girişleri sayesinde iki tür veri işlenebilir,
- ✓ Sensörler alınan verileri kullanılabilir işlenebilir,
- ✓ Çevresiyle kolay bir şekilde etkileşime girebilen sistemler tasarlanabilir,
- ✓ Dış dünyaya ışık, ses ve hareket gibi çıktılar üretilebilir,
- ✓ Mikro denetleyiciler, Ardunio kütüphaneleri ile kolaylıkla programlanabilir.

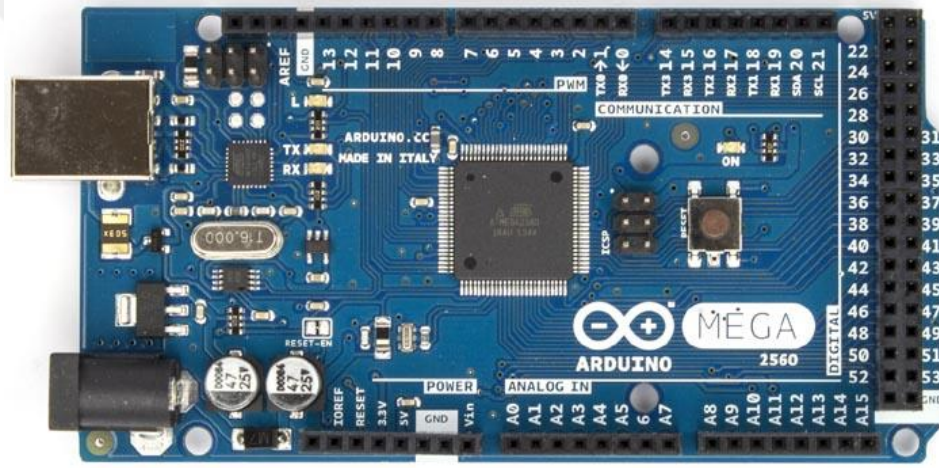
Ardunionun bazı sınırlılıkları;

- ✓ Gerçek zamanlı kamera görüntüsü aktarma, sinyal işleme gibi işleri yapamamaktadır,
- ✓ Programlama bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır fakat programlama öğrenmek için bir adım olabilir,

- ✓ Elektronik bilgisine ihtiyaç duymaktadır,
- ✓ Üzerinde Linux, Android, Windows CE gibi işletim sistemleri çalıştıramazsınız(Anonim, 2019d).

### 3.1.1.2. Arduino Mega

ATmega2560 mikrodenetleyici içeren bir Arduino çeşididir. Arduino Mega 2560 'ta 54 tane dijital giriş / çıkış pini bulunmaktadır. Bunlardan 15 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir. Ayrıca bir adet 16 MHz kristal osilatörü, 16 adet analog girişi, USB bağlantısı, 4 UART (donanım seri port), ICSP başlığı, power jakı (2.1mm) ve reset butonu bulunmaktadır. Bir bilgisayara bağlanarak, pil ya da bir adaptör ile çalıştırılabilir (Anonim, 2019e). Şekil 3.4'de Arduino meganın genel görünümü verilmiştir.



Şekil 3.4. Arduino Mega

Arduino Mega 2560 teknik özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir (Anonim, 2019f).

Tablo 3.1. Arduino 2560 teknik özellikleri

Mikro denetleyici	ATmega2560
Çalışma gerilimi	+5 V DC
Tavsiye edilen besleme gerilimi	7 - 12 V DC
Besleme gerilimi limitleri	6 - 20 V
Dijital giriş / çıkış pinleri	54 tane (15 tanesi PWM çıkışını destekler)
Analog giriş pinleri	16 tane
Giriş / çıkış pini başına düşen DC akım	40mA

Flash hafıza	256 KB (8 KB bootloader için kullanılır)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Saat frekansı	16 MHz

### 3.1.2. Sensörler

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile beraber fabrikalarda üretimi kolaylaştırmak için otomatik olarak çalışan makineler kullanılmaktadır. Bu makinelerin yönetiminde ise bilgisayar tabanlı akıllı sistemler kullanılmaktadır. Bu aşamada ise sensörler devreye girmektedir. Sensörler fiziksel ortam ile elektronik cihazların birbirine bağlanmasında bir köprü işlevi görmektedirler. Örneğin ortamdaki sıcaklığın, ışığın veya nemin belli bir değer aralığında tutulmasında, ürünlerin sayılmasında, kalite kontrolünün yapılmasında sensörler (algılayıcılar) kullanılmaktadır.

Sensörler sadece endüstri alanında kullanılmamakta ve gündelik yaşamımızda da değişik malzemelerle sürekli karşımıza çıkmaktadır. Bunlara örnek olarak; televizyonun kumanda algılayıcısı, sıcaklığı algılayarak çalışan oda ısıtıcıları, otomatik açılan kapılar ve uzaktan kontrollü kapılar lambalar sensörlerin kullanımına en iyi örneklerdir. Algılanacak değişkenler (ısı, sıcaklık, hareket, ışık) için farklı tiplerde sensörler kullanılmaktadır. Algılayıcılar fiziksel ortam ile elektrik/elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü olarak asıl amacı gerçekleştirmektedirler. Gelişen teknoloji ile yüzlerce tip algılayıcı üretilmiştir. Sensörler birçok malzeme türünü dokunmadan algılamak için kullanılırlar (Karadeniz vd., 2013).

#### 3.1.2.1. Sensörler Kullanılan Bir Sistemde Olması Gerekenler

- ✓ Algılanacak bir malzeme olması gerekmektedir,
- ✓ Sensörlerin görevlerini yerine getirebilmesi için elektrik, ışık, sıcaklık vb. işaretler bulunması gerekir,
- ✓ Algılanması beklenen işaretlerin, anlaşılabilir bilgilere dönüştürebilen gerilim, akım, direnç vb. bir çıkış işareti olması gerekmektedir,
- ✓ Ayrıca elde edilen sonuçları değerlendirmek için bir kaydedicinin de olması gerekmektedir.

### 3.1.2.2. Sensör Çeşitleri

Fiziksel ortamda ki değişiklikleri algılayan (sıcaklık, nem, ışık, basınç, ses) elemanlara sensör denmektedir. Kullanım alanına ve kullanılan özelliğine göre birçok çeşitte sensör bulunmaktadır.

Bunlardan bazıları;

- ✓ Manyetik Sensörler: Akım ve alan yoğunluğu, manyetik moment gibi manyetik değişiklikleri algılayan sensörlerdir.
- ✓ Mekanik Sensörler: hız, basınç, uzunluk, alan, ses dalga boyu, kuvvet, moment, ivme gibi mekaniksel değişiklikleri algılayan sensörlerdir.
- ✓ Termal Sensörler: Sıcaklık ve ısı akışı gibi termal değişkenleri algırlarlar.
- ✓ Işıma Sensörleri: Yoğunluk, faz, yansıtma, dalga boyu değişiklikleri algılayan sensör çeşididir.
- ✓ Elektriksel Sensörler: Akım, direnç, voltaj, kapasitansı, polarizasyon, elektrik alanı gibi elektriksel değişkenleri algılayan sensörlerdir.

Bunu yanında sensörler çıkış birimlerinin farklılıklarından dolayı da analog sinyal üreten sensörler ve dijital sinyal üreten sensörler olarak da sınıflandırılmaktadır (Anonim, 2019g).

### 3.1.2.3. Kablosuz Sensör Ağı Teknolojisi

Son zamanlarda dikkat çeken konulardan biride kablosuz sensör teknolojileridir. Kablosuz sensör ağları maliyeti düşürdüğü için sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca en önemli avantajlarından biriside sensör boyutlarının giderek küçülmesidir.

Kablosuz ağ teknolojilerinin uygulamalarını birçok alanda görebilmekteyiz. Bunlar;

- ✓ Akıllı binalar
- ✓ Taşıma ve lojistik
- ✓ Hassas tarım ve hayvan izleme
- ✓ Arazi ve bina izleme
- ✓ Sağlık
- ✓ Güvenlik ve gözlem
- ✓ Arazi ve bina izleme
- ✓ Endüstriyel uygulamalar
- ✓ Eğlence olarak çeşitlenmektedir.

Güç tüketiminin önemli olduğu uygulamalarda 802.15.1 (bluetooth), endüstriyel haberleşme uygulamalarında IEEE (elektrik ve elektronik mühendisleri enstitüsü) 802.11 ve 802.15 kodları ile WPAN (kablosuz kişisel alan ağı) ve WWAN (Kablosuz Geniş Alan ağı) ile yapılandırılmıştır. 802.11 (wifi) ve 802.15 tabanlı standartlar da yüksek veri iletim hızlarına imkân vermektedir (Anonim, 2019h).

#### **3.1.2.4. Sıcaklık Ve Nem Sensörleri**

Ardunio projelerinde sıklıkla kullanılan sensörler sıcaklık ve nem sensörleridir. Sıcaklık ve nemi beraber ölçebilen sensörlerle birlikte sıcaklığı ve nemi ayrı ayrı ölçebilen çok çeşitli sensörlerde piyasada bulunmaktadır. Sensörlerin farklı olma sebebi farklı kullanım olanaklarının olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yüksek hassasiyetli sensör kullanımı da çalışmalarda istenilen sonucu elde etmek için kolaylık sağlayacaktır.

Sensörler farklı çalışma gerilimlerine sahip olduğu için Ardunio ile yapılacak olan çalışmalarda çalışma gerilimi uygun olan bir sensör seçimi yapılmalıdır. Piyasada bulunan her sensör Ardunio ile kullanım için uyumlu değildir. Ardunio ile kullanım için uygun bazı sensörler:

LM 35; Çevre sıcaklığını algılayıp analog çıkış verebilme özelliğine sahiptir. -55 ve + 150 derece arasında ölçüm yapılabilmektedir. Maliyeti uygun temini kolaydır.

Toprak nem sensörü; toprağın içerisindeki nem miktarını veya ufak ölçekte bir sıvının seviyesini ölçmek için kullanabileceğiniz bir sensördür. Nemölçer problar ölçüm yapılacak ortama batırılarak kullanılır. Toprağın veya içine batırılan sıvının meydana getirdiği dirençten dolayı, prob uçları arasında bir gerilim farkı oluşur. Bu gerilim farkının büyüklüğüne göre de nem miktarı ölçülebilir. Topraktaki nem oranı arttıkça iletkenliği de artmaktadır. Kart üzerinde yer alan trimpot sayesinde hassasiyet ayarı yapılabilmektedir (Anonim, 2019m).

DS18B20; 1wire protokolünü kullanan, 12bit çözünürlüğe sahip sıcaklık sensörüdür. İletişim için sadece tek port gerektirmesi, düşük enerji gereksinimi ve yüksek çözünürlüğü ile pek çok uygulamada kullanılabilecek gelişmiş bir sıcaklık sensörüdür (Anonim, 2019n).

DHT22 sıcaklık ve nem sensörü; dijital çıkış veren bir sensördür. Uzun dönem çalışmalarda kullanılır. Yüksek güvenilirliğe sahiptir. 8 bit mikro işlemci ile hızlı ve kaliteli veri iletimi sağlamaktadır. -40°C ile 80°C arasında sıcaklık ölçümü yapabilmektedir. 1°C hata payı bulunmaktadır. Aynı zamanda 1-100 % RH arasında nem ölçümü yaparak %5 Rh arasında hata payına sahiptir. 2 saniyelik periyotlarla veri iletimi sağlamaktadır (Anonim, 2019ı).



DHT11 Sensörü; bir sıcaklık ve nem sensörüdür. Bu sensörün çıkışı dijital sinyal alım mekanizması ve sıcaklık ve nem algılama teknolojisi kullanılarak bir dijital sinyal çıkışında karıştırılır. Bu sensör, yüksek doğruluk ve mükemmel uzun vadeli kararlılığa sahiptir. İki üniteden oluşur: NTC sıcaklık ölçme elemanı ve dirençli tip nem ölçme elemanı üniteleridir. Aynı zamanda yüksek performanslı 8 bit mikro denetleyiciye mükemmel kalitede yüzde olarak bağlanır (Kosar,Bahir 2016).

0 ile 50°C arasında 2°C hata payı ile sıcaklık ölçen birim, 20-90% RH arasında 5% RH hata payı ile nemölçer.

Şekil 3.5’de DHT11 sıcaklık ve nem sensörü görülmektedir.



Şekil 3.5. Sıcaklık- Nem sensörü

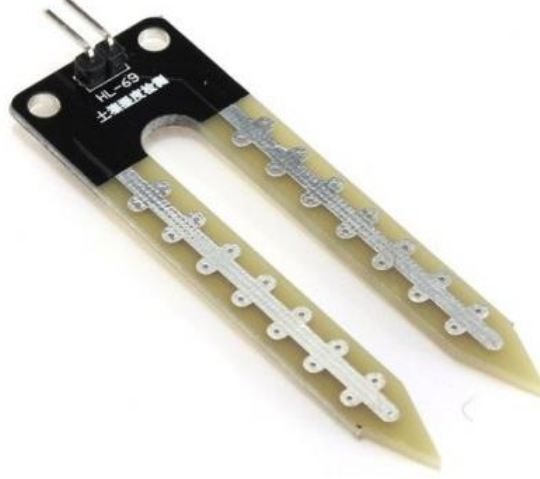
Sistemde kullanılan DHT11 sıcaklık ve nem sensorünün genel özellikleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir (Anonim, 2019i).

Tablo 3.2. DHT11 sıcaklık-nem sensorünün özellikleri

Çalışma voltajı	DC 3.3-5V
Ölçüm aralığı (sıcaklık)	0 ile +50 °C
Ölçüm aralığı (nem)	20-90 %RH
Hassasiyet Sıcaklık	<+/- 2 °C
Hassasiyet Nem	+/- %5 RH
Ölçüm periyodu	2 saniye

Boyutları	15.5mm X 12mm X 5.5mm
-----------	-----------------------

Şekil 3.6’da sistemde kullanılan toprak nem sensörü görülmektedir.



Şekil 3.6. Toprak nem sensörü

Sistemde kullanılan toprak nem sensörünün genel özellikleri Tablo 3.3’de gösterilmiştir (Anonim, 2019m).

Tablo 3.3. Toprak nem sensörünün özellikleri

Çalışma voltajı	DC 3.3V-5V
Çıkış Gerilimi	0-4.2V
Akım	35 mA
Ağırlık	10g
Boyut	30mm x 15mm

Şekil 3.7’da sistemde kullanılan toprak sıcaklık sensörü görülmektedir.



**Şekil 3.7.** Toprak sıcaklık sensörü

Sistemde kullanılan toprak sıcaklık sensörünün genel özellikleri Tablo 3.4'te gösterilmiştir (Anonim, 2019n).

**Tablo 3.4.** Toprak sıcaklık sensörünün özellikleri

Çalışma voltajı	DC 3.0V ile 5.5V
Hassasiyet	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Kullanıcı tanımlı hassasiyet	9-12 bit
Sıcaklık değerinin 12 bitlik koda dönüştürülmesi	Maksimum 750ms

Sistemde üretim kabı içerisinde sıcaklık ve nem sensörü bulunmakta kabın dışında ise sadece sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Üretim kabının içerisindeki sıcaklık ile dış ortam sıcaklığı karşılaştırılıp bulanık kurallarla işlenerek Arduino aracılığı ile üretim kabı sıcaklığı istenilen seviyede dengelenebilmektedir.

### 3.1.3. Peltier

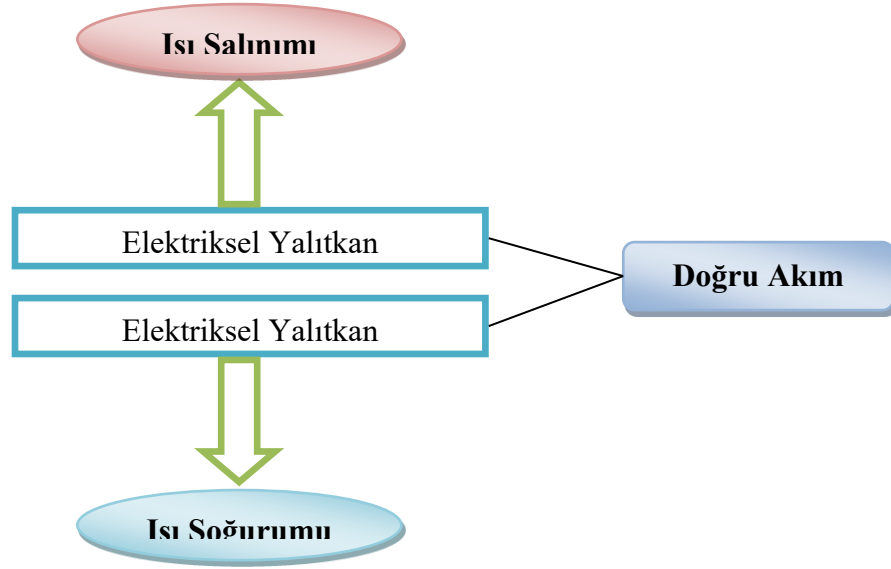
Isıtma-soğutma sistemi olarak kullanılan peltier Termoelektrik sistem prensibiyle çalışmaktadır. Peltier bir nesnenin sıcaklığını çevre sıcaklığını bağlı olarak düşürerek veya çıkartarak nesne sıcaklığını dengede tutmaktadırlar. Peltier iki metal arasından akım geçirildiğinde akımın bir yönde aktığında ısı açığa çıkması tersi yönde akım oluştuğunda ise

ısının soğrulduğu prensibine dayanmaktadır(Anonim, 2019j). Peltier genellikle 12 voltla çalışmaktadır. Şekil 3.8’de yaygın kullanılan peltier örneği görölmektedir.



**Şekil 3.8.** Peltier

Peltier de doğru akım yönü değiştirilerek ısınan taraf ve soğuyan tarafın da yönü değiştirilebilmektedir. Peltier içerisinde p ve n tipi yarı iletkenler bulunmaktadır. Doğru akımın bu iki yarı iletken arasında geçişi esnasında bir taraf ısınırken diğer taraf soğumaktadır (Anonim, 2019k). Şekil 3.9’da peltierin çalışma prensibi gösterilmiştir.



**Şekil 3.9.** Peltier çalışma prensibi

Üretim kabının yan yüzeyine yerleştirilen peltier Arduino ile iletişim halindedir. Yazılım ve sürücü kartları sayesinde çalışması kontrol edilmektedir. Peltierin çalışma prensibinden dolayı üretim kabının iç sıcaklığı artırılabileceği zaman peltierin bir yanı ısınmakta ve üretim kabının içini ısıtmaktadır diğer yanı soğumaktadır. Aynı yöntemle üretim kabının içini soğutma esnasında da peltierin bir yanı soğuyarak üretim kabının içini soğutmakta diğer yanı ise ısınmaktadır. Peltierin yüzeyine yerleştirilen fan sistemi ile soğutma işlemi sırasında oluşan sıcak hava ve ısıtma işlemi sırasında oluşan soğuk hava üretim kabından uzaklaştırılmaktadır.

### 3.1.3.1. Kullanım Alanları

Peltierler gaz sıkıştırılmalı soğutucular kadar verimli değildir fakat basit yapıları ve küçük boyutlarda olmaları bu cihazları bazı uygulamalar için ideal kılmaktadır. Özellikle bu tür cihazların ufak boyutlu üretilebilmeleri küçük boyutlu elektronik cihazların soğutmalarında kullanılmasını sağlamaktadır. Sensör ve mikro işlemci soğutmaları bunların önde gelenlerindedir. Bunların yansıra soğutma ve ısıtmanın gerekli olduğu seyyar uygulamalarda peltier soğutucular önemli bir yere sahiptir. Bu tip cihazların hareketli parçalarının olmayışı da seyyar uygulamalarda bu cihazları kullanılmasında kolaylık sağlamaktadır.

Peltierlerin kullanıldığı bazı uygulama alanlarını;

- ✓ Medikal aletler için seyyar ve kompakt soğutucu,

- ✓ Yarı iletken endüstrisi için su soğutucular,
  - ✓ Mikroişlemci soğutucusu,
  - ✓ Lazerler, kızılötesi detektörler ve CCD matrisler için soğutucu,
  - ✓ Nemli havanın kurutulmasında,
  - ✓ Elektronik cihaz parçalarının farklı sıcaklık testleri için soğutma odasında
  - ✓ DNA analizi (PCR) için ısıtıcı ve soğutucu olarak kullanımı,
- olarak görülmektedir (Anonim, 2019l).

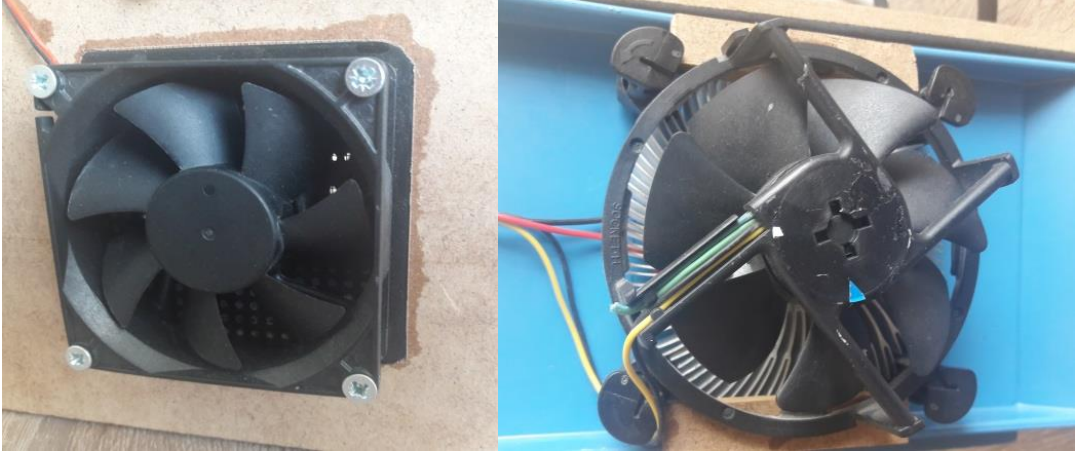
### **3.1.6. Havalandırma Sistemi**

Üretim kabının nem dengesini sağlamak amacıyla havalandırma sistemi oluşturulmuştur. Havalandırma fanlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Fanlar hava ve gazları basınçlandırarak belirli bir akış yolu oluşturur ve bu yol içinde hareket etmesini sağlayan basit turbo makine sistemleridir. Fanların kullanım alanlarına göre çeşitlenmektedir (Bulgurcu, 2005).

Bunlar;

- ✓ Aksiyal fanlar,
- ✓ Çatı türü fanlar,
- ✓ Radyal (santrifüj) fanlar,
- ✓ Karışık akışlı (aksiyal-radyal) fanlar,
- ✓ Vorteks ya da rejeneratif fanlar,
- ✓ Karşıt akımlı fanlar(blower),

Solucan gübresi malzemesi üretim kabı sisteminde aksiyal tipi fan kullanılmaktadır. Bu fanlar havanın fan çarkı ile aynı ekseninde yani yön değiştirmeden, hareket ettiği fanlardır. Bu tür fanlar kullanım alanlarına göre farklı gövde yapılarına sahip olabilirler. Fanların kanatları plastik, çelik sac veya alaşım alaşımı alüminyum döküm olarak çeşitleri bulunmaktadır. Bu fan tipi serbest yakın hava akımında verimlidir (Bulgurcu, 2005). Şekil 3.10'da üretim kabının nem dengesinin sağlamak için kullanılan fan görülmektedir.



**Şekil 3.10.** Sistemde kullanılan fanlar

Sistemde fan sistemin nem dengesini korumak için içerideki havayı dışarı aktaran sistem oluşturulmuştur. Sistemin elle çalışması durumunda fan düşük orta seçilebilirken sistem bulanık mantık modunda çalışırken nem sensöründen gelen veri eşik değerinden yüksek olduğu zaman nem için kullanılan fan gelen değere göre çalışmaktadır. Üretim kabı içi nem değeri anlık olarak kontrol edildiği için nem ideal değer aralığına sağlanana kadar fan çalışmaya devam etmektedir.

### **3.1.7. Nemlendirme Sistemi**

Üretim kabı içindeki komposttan ölçülen nem değeri ideal nem değerinden düşük olduğu anda su pompası devreye girerek belirli sürelerle kapak üzerine yerleştirilen fiskiyeye su göndererek kompostun nemlendirilmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.11’de üretim kabının nem dengesinin sağlamak için kullanılan fiskiye ve su pompası sistemi görülmektedir.



**Şekil 3.11.** Sistemde kullanılan fiskiye ve su pompası

## 3.2.Yöntem

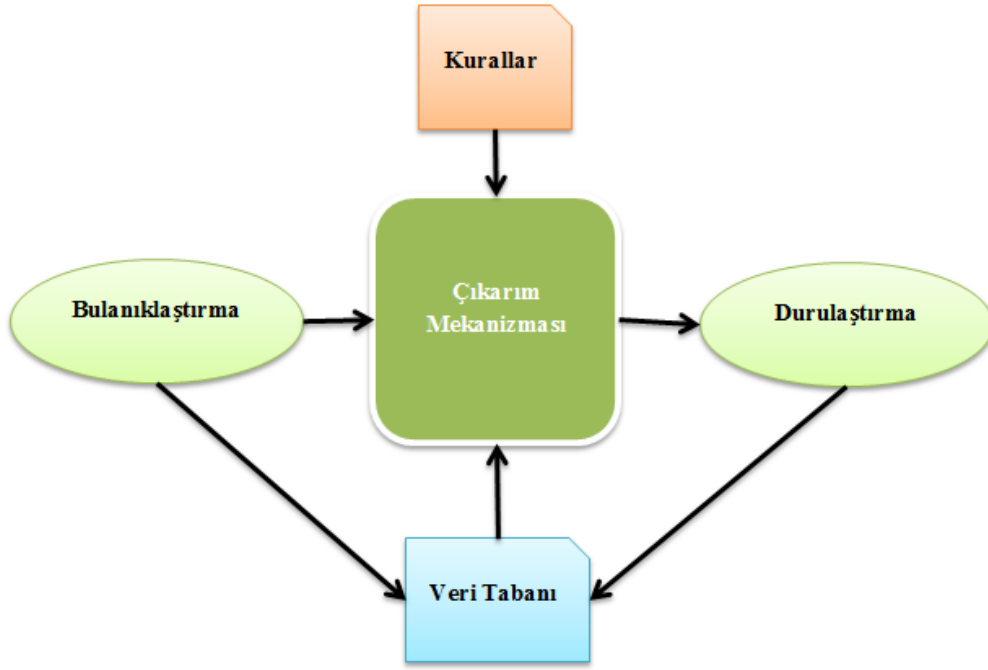
### 3.2.1. Bulanık Mantık Teorisi

İnsanlar belirsizlik içeren durumlarla karşılaştıkları problemleri sözel değişkenlerle ifade etmektedirler. Olasılık teorileri gibi istatistiksel yöntemler belirsizlik oluşturan durumların çözümü için yetersiz kalmaktadır (Karadavut ve Akkaptan, 2012). Bulanık mantık bu belirsiz durumlar için kullanılan sözel ifadeleri matematiksel bir temele dayandırarak bilgisayar ortamına aktarmaktadır. Bulanık mantık teorisi bu sayede insan düşünce yapısına uygun matematiksel olarak modellenmesi sağlanmaktadır (Akıllı ve Atıl, 2014).

Bulanık mantık teorisi, “FuzzySets” isimli makale ile 1965 yılında Azeri bilim adamı Lotfi A. Zadeh tarafından duyurulmuştur. Zadeh, ara değerlerin de göz önünde bulundurulması gerektiğine dikkat çekmiştir ki klasik bilgisayar mantığında “0” ve “1” gibi kesin ayrımlar söz konusu olmaktadır (Zadeh, 1965).

Bulanık mantık sistemi üç temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler; bulanıklaştırma, çıkarım mekanizması ve durulaştırma. Bulanık mantığın ilk basamağında bulanıklaştırma yapılmakta, bulanıklaştırma işleminden sonra gerekli çıkarımlar yapılarak belli kurallar çerçevesinde durulaştırma yapılmakta ve fayda sağlayacak gerekli bilgiler elde edilmektedir. Şekil 3.12’de bulanık mantık çalışma prensibi görülmektedir.





**Şekil 3.12.** Bulanık mantık teorisi

Bulanık sistemde girdi değişkenlerinin seçilmesi çok önemlidir. İlk aşama olarak problemin en iyi şekilde açıklanmasını sağlayacak girdi değişkenlerine ihtiyaç vardır. Doğru girdilerin doğru çıktılar vereceğinden dolayı girdi değişkenlerinin seçimine dikkat edilmesi gerekir. Sonra ki aşamada elde edilmiş olan verinin yapısındaki değişkenlikler ve doğrulukları incelenir. Her girdi için bulanık alt kümeleri oluşturulur. Bu işlemle bulanıklaşma aşamasına geçilmektedir. Bulanıklaştırma esnasında girdiler çıkarım aşamasında işlenmek için bulanık girdilere dönüştürülmektedir. Bu işlemler üyelik fonksiyonları tarafından gerçekleştirilmektedir. Bir sonraki aşama çıkarım aşamasıdır. Bu aşamada veriler belirli kural ile işlenerek yapısal bir öğrenmenin gerçekleşmesi sağlanmaktadır. Çıkarım aşamasında elde edilen verilerin modellenmesini sağlayan farklı yöntemler bulunmaktadır. Bulanık sistem tasarımının son aşaması durulaştırma aşamasıdır. Durulaştırma aşamasında elde edilen bulanık veri kümeleri kesin girdi değerlerine dönüştürülmektedir (Ross, 2009, Baykal ve Beyan, 2004).

Bulanık mantığı kullanırken dikkat edilmesi gereken bulanık mantığın insan düşüncesinin son noktası olmadığı ve geliştirilebilir bir algoritma yapısı olduğudur.

Bulanık mantıkta temel amaç bir bilgisayarın insan gibi düşünmesini sağlamaktır. Bulanık mantık insanın karmaşık düşünmesi ve doğal dildeki belirsizlik esasına uygun davranabilir. Bulanık mantık algoritması makinelere soğuk, sıcak, küçük, büyük, geniş, dar

vb. belirli insani kavramları anlama ve bunlara yanıt verme imkânı sağlamaktadır. Hatta az belirgin ya da belirsiz bilgilerden belirli sonuçlara erişim sağlayabilmektedir. Bundan dolayı geleneksel kısıtlamalarda bulanıklaştırılmış kısıtlamalara göre daha kısıtlı olması durumu söz konusudur.

İnsanlar yeni karşılaşılan durumlarla geçmiş yaşantılardan elde edilen bilgileri karşılaştırarak sonuca gidebiliyorsa, bulanık mantık sisteminde de kendisine öğretilen bilgileri kullanarak yeni karşılaşılan bir problem hakkında bir sonuca varılmasını sağlamaktadır. Bu durumda insan makine etkileşimine yeni bir boyut kazandırmıştır.

Yaklaşık düşünme kavramı bulanık mantık teorisi ile desteklendiğinde bulanık düşünme ortaya çıkarmıştır. Yaklaşık düşünme kavramını genellikle günlük hayatta kullandığımız bazı sözlerle görebilmekteyiz. Örneğin biraz, daha fazla, az, çok sıcak gibi kullanımlarda bulanık düşünce yapısı kullanıldığı görülmektedir. Fazla sıcak, ılık, soğuk sözleri birer bulanık ifadeler olduğu için bulanık kümeler olarak temsil edilip bulanık mantık işlemleri uygulanabilir (Altaş,1999).

Tablo 3.5.'de günlük sıcaklık değerleri bulunmaktadır. Oluşturulan bulanık veri kümesi çok sıcak, biraz sıcak, sıcak, ılık, serin, soğuk, biraz soğuk, çok soğuk olarak tanımlanmaktadır. Tablo 3.5.'de olduğu gibi her bir girdi tek bir kümeye ait olsa da bulanık mantık da tablodaki gibi kesin sınırlamalar bulunmamaktadır. Hava sıcaklığının 30<sup>0</sup>C olduğunu varsayarsak bu değer hem biraz sıcak hem sıcak aralığında bulunmaktadır. Yani havanın %80 oranında da sıcak %20 oranında biraz sıcak olduğu söz konusu olduğu için bu iki veri kümesinde de yer alma durumu söz konusudur. Bu şekilde belirli aralıklar tanımlanarak kümeler oluşturulup basit kurallar çerçevesinde uygulamalar geliştirilmektedir ve elde edilen üyelik bilgilerine göre de farklı eylemler gerçekleştirilebilir. Günlük sıcaklık değerleri bulanık mantıkla değerlendirilecek olursa Tablo 3.5.'de ki veriler elde edilmektedir.

**Tablo 3.5.** Günlük sıcaklık değerleri

<b>Bulanık Küme</b>	<b>Sıcaklık Aralıkları</b>
Çok Sıcak	35 <sup>0</sup> C Üstü
Biraz Sıcak	30-35 <sup>0</sup> C Aralığı
Sıcak	22- 30 <sup>0</sup> C Aralığı
Ilık	18-22 <sup>0</sup> C Aralığı
Serin	15-18 <sup>0</sup> C Aralığı
Soğuk	10-15 <sup>0</sup> C Aralığı
Biraz Soğuk	0-10 <sup>0</sup> C Aralığı

Çok Soğuk	0°C'den Düşük
-----------	---------------

### 3.2.1.2. Bulanık mantığı kullanmanın avantajları

Bulanık mantık günümüzde kullanım alanları oldukça yaygındır. Sözel ifadeleri matematiksel bir temelle bilgisayar ortamına aktarmak olarak bilinen bulanık mantık insan düşünce yapısının modellenmesini sağlamaktadır (Akıllı ve Atıl, 2014). Günümüzde akıllı robotlar olarak bilinen çamaşır makinesi, buzdolabı gibi cihazların çalışmasında, otomasyon sistemlerinde, iş yerlerinde, tarım ve hayvancılık geliştirme faaliyetlerinde bulanık mantığın yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Mamdani, 1977).

Bulanık mantık kullanmanın avantajları şu şekilde sıralanabilmektedir;

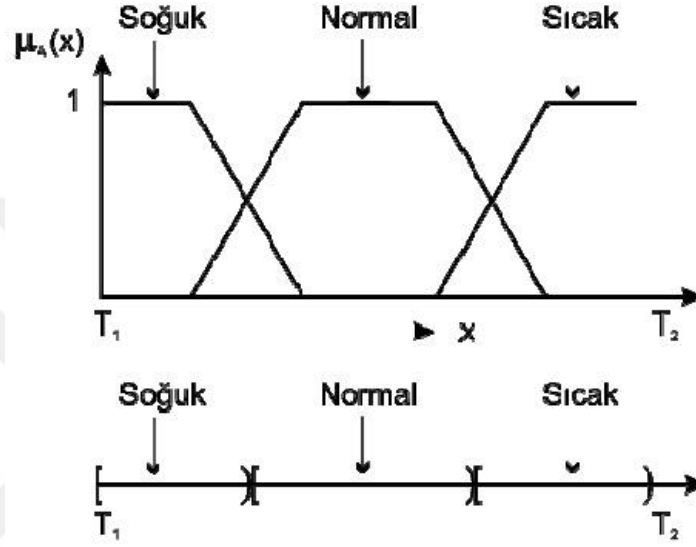
- ✓ Esnek bir yapıya sahiptir.
- ✓ Kolay hızlı ve ucuzdur.
- ✓ Karmaşıklığa sebebiyet vermemektedir.
- ✓ Kullanılan matematiksel kavramlar kolay ve anlaşılırdır.
- ✓ Sezgisel bir yaklaşımdır.
- ✓ Kullanılan veri setleri belirgin ya da az belirgin olsa da çıktı olarak belirgin anlamlı bilgilendirme sunar.
- ✓ Geleneksel kontrol tekniklerinden farklıdır.
- ✓ Doğal dil kullanılır. Sıradan bir dille yazıldığı için herkes rahatlıkla kullanabilir (Pichan vd., 2012).

### 3.2.1.3. Bulanık Mantık Tasarımı Ve Uygulaması

Bulanık mantık kullanılarak oluşturulan kontrol mekanizmaları bulanık mantığın en çok kullanıldığı alanlardandır. Bulanık mantık kontrol sistemleri bilinen geleneksel PID kontrol tasarımlarında olduğu gibi sistem içinde tam bir model bilgisi gerektirmemektedir. Model bilgisi yerine uzman olarak adlandırılan bulanık mantığın insan gibi davranarak çıkarımlar üretebildiği insanın deneyimini ve ustalığını sergilendiği yapılar oluşturulmuştur. Uzman tecrübesinden, bilgisinden ve insanın keskin olmayan duyuşal düşüncelerinden yararlanarak bulanık sistemler çalışmaktadır. Bunun için birçok tasarım metodu geliştirilmiş ve geliştirilmektedir (Sarıtış, 2008).

### 3.2.1.4. Üyelik Fonksiyonu

[T1,T2] aralığında sıcaklığın sunumu bulanık ve klasik kümeler kullanılarak Şekil 3.13’de gösterilmiştir. İlk durumda [T1, T2]→[0,1] üyelik fonksiyonları “soğuk”, “normal” ve “sıcak” dilsel değerler olarak tanımlanmaktadır. İkinci durumda ise aralıklar klasik küme tarafından değişkenleri tanımlamada kullanılmaktadır (Saritaş, 2008). Şekil 3.13’de üyelik fonksiyonu örneklendirilmiştir.



Şekil 3.13. Üyelik fonksiyonu

Genelde, bulanık sistemler kurala dayalı sistemlerdir. Yani bir bulanık sistemin temelinde "Eğer- O halde" kuralları vardır (Saritaş,2008). Burada çok yüksek, yüksek, normal, düşük, çok düşük gibi dilsel değerler kullanılır ve bu dilsel değerlerin uygun üyelik dereceleri mevcuttur. Bir bulanık sistem tasarlanmasına karar verildikten sonra ilk yapılacak işlem “eğer o-halde” kurallar tablosunu elde etmektir. Bu kurallar, genelde uzmandan yararlanılarak oluşturulmaktadır (Saritaş, 2008).

#### 3.2.1.4.1. Bulanıklaştırıcı

Bulanıklaştırma, matematiksel girdileri dilsel çıktılara dönüştürmek için bulanık mantık bilgilerine dönüştürme olarak ifade edilmektedir. Mutlak ve kesin olmayan bilgilerdir. Bulanıklaştırma işleminde kesin olmayan bilgilerde bulunmaktadır. Bulanıklaştırma sonucunda giriş değişkenlerinin değerleri, üyelik derecesi olarak hesaplanmaktadır. Bulanıklaştırma yapabilmek için matematiksel verilerin kullanılması söz konusudur. Bulanıklaşma sürecinde ise matematiksel veriler tamamen kullanılmamakta

kesin olmayan veriler ortaya çıkmaktadır. Böylece uygulamanın çabuk gerçekleşir ve yüksek derecede verim alınabilmektedir (Koçak, 2010).

#### **3.2.1.4.2. Bulanık kurallar tabanı**

Bir bulanık kural, bulanık bir “Eğer- O halde” kuralıdır.

Örneğin;

“Eğer oda sıcaklığı  $T \geq 20$  °C ise, O halde oda sıcaklığı büyüktür” kuralı kesin kural;

“Eğer oda sıcaklığı  $T < 200$  °C ise, O halde kazan kalorifer sıcaklığını artır” kuralı bulanık bir kuraldır.

Görüldüğü gibi büyük ve artır değerleri bulanıktır ve uygun üyelik dereceleri ile belirlenmektedir. Aynı süreci temsil eden bulanık kurallar topluluğu bulanık kurallar tabanını (Fuzzy rules base) oluşturmaktadır. Bir bulanık kurallar tabanında birbirine bağlı olan kurallar mevcuttur ve böyle bağlılık sistemin girişine verilen gerçeklerden yola çıkarak bir sonuca varmaya olanak vermektedir (Sarıtış, 2008).

#### **3.2.1.4.3. Bulanık Çıkarım Mekanizması**

Çıkarım mekanizması yani kural yorumlayıcısı veri tabanındaki verileri ve bilgi tabanında bulunan kuralları kontrol ederek, işçi belleğe yeni verilerin eklenmesi görevini yerine getirip bunların bir dizi içerisinde sunulması ve bu kurallar içerisinde hangisinin olacağına karar verilmesini sağlayan sistemdir. Yani bir nevi yönetim görevini de üstlenmiştir. Çıkarım mekanizması, yukarıdaki olaylara bağlı olarak kendine göre yeni çıkarımlar yapabilmektedir. Aynı zamanda bu çıkarımları yönetebilme özelliğinin de var olması ayrı bir avantajdır (Sarıtış, 2008).

Çıkarım mekanizmasındaki yönetim fonksiyonunu; karşılaştırma, seçim, yürüme ve eylem şeklinde yerine getirir. Geleneksel mantıkta olduğu gibi bulanık mantıkta da bazı mantıksal ifadeler kullanılmaktadır. Bu işlemler için Ve, Veya, Eğer, Değil, Öyleyse (AND, OR, NOT, THEN, IF) gibi basit komutlar kullanılmaktadır. Bu kurallar bütününe bulanık mantık üzerinde kural tabanı denmektedir (Koçak, 2010).

#### **3.2.1.4.4. Durulaştırma**

Bulanıklaştırma sonu oluşan bulanık küme çıkarımlarının sistem üzerinde uygulanabilmesi için yeniden fiziksel ve kesin sayılara dönüşmesi gerekmektedir. Bu işleme ise durulaştırma denmektedir. Çeşitli durumlar için durulama yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu durulama yöntemleri;

- Üyelik fonksiyonunun en düşük noktası
- Üyelik fonksiyonunun en yüksek noktası
- Ağırlık ortalama yöntemi
- Merkez yönetimi
- Toplamların ortası
- İlk (veya son) yükselti
- Üyelik işlevinin en yüksek noktalarının ortalaması
- Geniş alan merkezi olarak literatür de görülmektedir (Koçak, 2010).

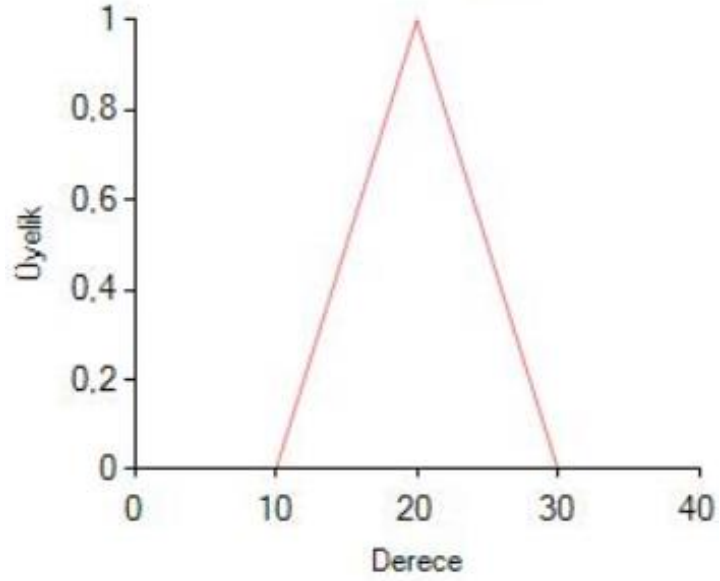
### 3.2.1.5. Bulanık Mantıkla Sıcaklık Ve Nem Kontrolü

Nem ve sıcaklık kontrolünün yapıldığı birçok sistem tasarımı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; tavukçulukta kuluçka makinelerinin iç sıcaklığını ayarlayarak yumurtaların uygun kuluçka sıcaklığında bulundurulmasında, seracılıkta bitkilerin yaşayabilmesi için en uygun ortamın hazırlanmasında, gıda sanayisinde gıdaları istenilen sıcaklık ve nem değerlerinde tutarak en kaliteli ürünün elde edilmesinde ve saklanmasında, iklimlendirme cihazlarında vb. çalışma alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Nem ve sıcaklığı denetlemek içinse birçok yöntem de bulunmaktadır. Bulanık mantık tabanlı yöntemde bunlardan biridir (Fidan ve Bay, 2002).

Mikro denetleyicilerle elde edilen nem ve sıcaklık değeri bulanık mantık denetleyicisi kullanılarak istenilen nem ve sıcaklık değerine en kısa sürede ulaştırarak istenilen sıcaklık değerinde sabit tutulmasını sağlamakta ortamın nem düzeyinin kontrol altında tutulmasını sağlamaktadır.

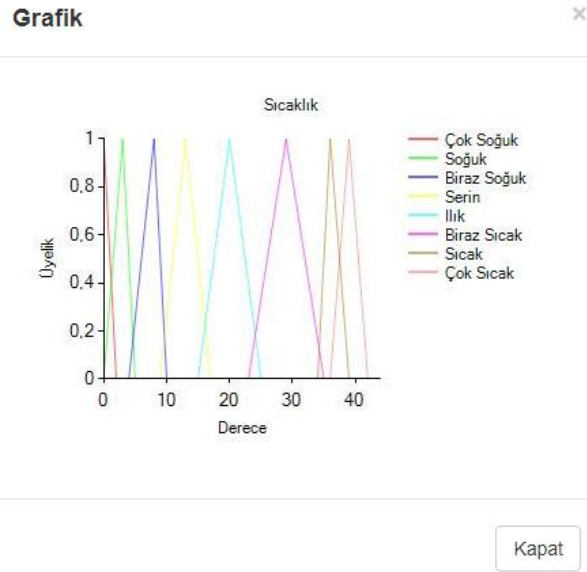
#### Üyelik Fonksiyonları

Yapılan çalışmada üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasında sadece üçgen tipindeki bulanık üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Her bir değişken oluşturulmuş olan birden fazla sayıdaki üyelik fonksiyonları a, b, c değişkenleri ile tanımlanmıştır. Denklemden belirtilen a değeri üyelik fonksiyonunun başlangıç değerini, c değeri ise bitiş değerini temsil etmektedir. B değeri ise üçgen fonksiyonunun tepe noktasını işaret etmektedir. Denklem sonucunda örnek bir üyelik fonksiyonu elde edilmiş olup Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

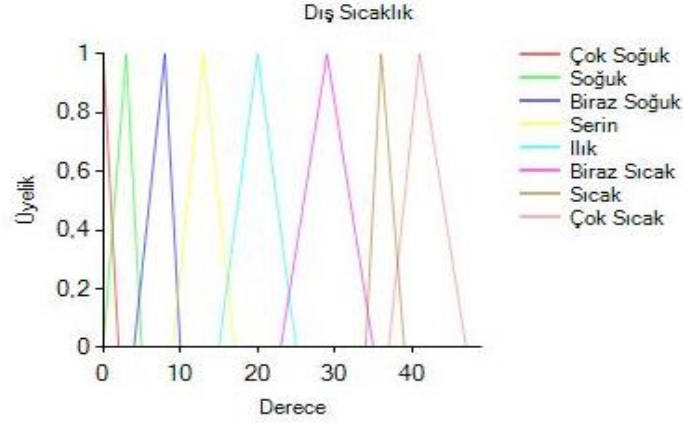


**Şekil 3.14.** Örnek bir üyelik fonksiyonu

Bu tanımlamayı kullanılarak iç ve sıcaklığın alabileceği bulanık değerler için bulanık kurallar oluşturulmuştur. Sistem kullanıcısı kural oluşturma işlemini ara yüz üzerinden yapabilmektedir. Böylelikle solucan çeşidi, üretim kabının bulunduğu ortam koşulları veya farklı parametreler sebebi ile gerektiğinde istenilen kural değişiklikleri yapılarak sistem güncellenebilmektedir. Şekil 3.15’de iç sıcaklık, Şekil 3.16’da dış sıcaklık için oluşturulan fonksiyonlar gösterilmiştir.



**Şekil 3.15.** İç sıcaklık üyelik fonksiyonları



Kapat

Şekil 3.16. Dış sıcaklık üyelik fonksiyonları

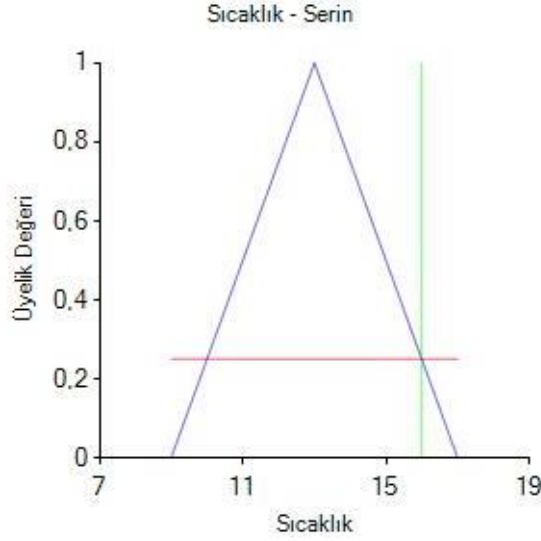
### Üyelik Değeri Hesaplama

Sensörlerden alınan verilere göre her bir değişkenin (iç ve dış sıcaklık) bulanık kurallarla işleme girmeden önce bir üyelik değeri hesaplanması gerekmektedir. Üçgen tipinde üyelik fonksiyonu kullanıldığı için öncelikle her bir fonksiyon için bir üyelik değeri bulunması gerekmektedir. Bu hesaplama her bir fonksiyon için Denklem 3.1’de verilen hesaplama ile gerçekleştirilmektedir.

$$\mu_n(x) = \begin{cases} x \ll a, x \gg c \text{ ise } 0 \\ a < x \ll b \text{ ise } \frac{x-a}{b-a} \\ b < x < c \text{ ise } \frac{c-x}{c-b} \end{cases} \quad (3.1.)$$

$\mu_n$  Her bir n üyelik fonksiyonu için hesaplanan üyelik değeridir. X ise giriş değerini temsil etmektedir. Sonuç olarak denklem giriş değerinin üyelik fonksiyonunu kestiği noktanın üyelik değerini hesaplamaktadır. Bu hesaplanan üyelik değerleri bulanık kurallarda kullanılmaktadır. Şekil 3.17’de bu hesaplama ile elde edilen örnek bir hesaplamanın grafik görüntüsü verilmiştir.





**Şekil 3.17.** Üyelik değeri hesaplama grafik gösterimi

Grafik üzerinde gösterilen mor çizgi üyelik fonksiyonunu, Yeşil çizgi ise X giriş değerini, kırmızı çizgi ise X değerinin üyelik fonksiyonunu kestiği noktanın üyelik değerini ifade etmektedir.

### **Bulanık Kurallar**

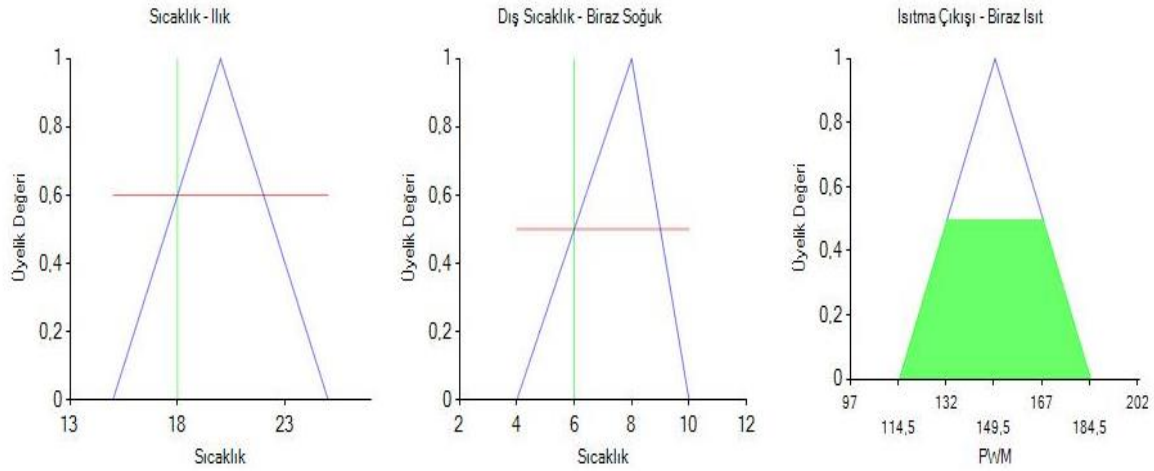
Tasarlanan gübre üretim sisteminde kaynak kodlarda bir değişiklik yapmadan ara yüz üzerinden kural ekleme ve çıkarma işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Kurallar Denklem 3.2’de gösterilen MISO (çok giriş, tek çıkış; Multiple Input, Single Output) yöntemi ile oluşturulmaktadır.

$$\text{Eğer } x_1 = A \text{ ve } x_2 = B \text{ ise } Y = C \quad (3.2.)$$

X değişkenleri girişleri temsil etmektedir. A, B ve C durumları temsil etmektedir. Y ise elde edilen çıkışı göstermektedir. Bu hesaplamanın kullanılması için A ve B durumlarının hesaplanması gerekmektedir. Her bir giriş bu durumlara hangi düzeylerde üye olduğunun bulunması gerekmektedir. Denklem 3.2’de elde edilen iç ve dış sıcaklık üyelik değerlerinden yararlanılarak ilgili kurala ait çıkış ise Denklem 3.3’te verilen yöntemle hesaplanmaktadır. Bu kuralı uygularken bulanık mantık Min-Max yöntemi uygulanarak kural çıkışındaki bulanık kümenin üyelik derecesinin üstü kesilir ve çıkış sayısal değeri ağırlık ortalaması metoduyla belirlenir.

$$Y_i = \text{MIN}[\mu_{x_1}(x_1), \mu_{x_2}(x_2)] \quad (3.3.)$$

Y değeri her bir kural için i. çıkış değerini temsil etmektedir. Sisteme girilen tüm kurallar için bu hesaplama yapılmaktadır. Yapılan örnek bir hesaplamanın grafik üzerinde gösterimi Şekil 3.18’de verilmiştir.

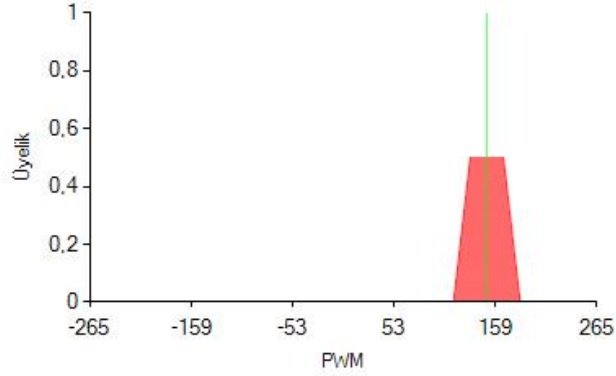


**Şekil 3.18.** Örnek bir bulanık çıkış hesaplama grafik gösterimi

Şekil 3.19’ da görüldüğü gibi giriş değerleri sonucunda minimum üyelik değeri ile çıkış fonksiyonunda bir sonuç üretilmiştir. Elde edilen çıkış sadece bir kural için geçerlidir. Tüm kurallardan elde edilen çıkışlar sonucunda nihai bir çıkış elde edilmesi için ağırlıklı ortalama yönteminden yararlanılmıştır. Yapılan hesaplamalar için Denklem 3.4’ten yararlanılmıştır.

$$Y = \frac{\sum_n \mu_n(x) * x}{\sum_n \mu_n(x)} \quad (3.4.)$$

Kurallar Toplamı = 150 PWM



**Şekil 3.19.** Örnek bir kural toplamı hesaplaması sonucu çıkış elde edilmesi

### 3.3. Sistemin Entegrasyonu ve Sistemin Üretim Kabı Üzerinde Uygulanması

Yapılan gözlemler sonucunda nem ve sıcaklık değerlerinin solucanlar için uygun olan aralıklarda olması amacıyla üretim kabına gerekli sistem kurulmuştur. Sistem ile kokonların gelişip büyüyerek sağlıklı solucanlar halini almaları ve yaşamlarını en verimli oldukları şartlarda devam edebilmeleri amaçlanmaktadır. Üretim kabı için gereklilikler;

- ✓ Soğuk hava koşullarında solucan hareketleri yavaşlayıp solucan ve kokon ölümleri meydana geleceği için kap içerisi ısıtılmalıdır.
- ✓ Sıcak hava şartlarında solucanlar yüksek verim gösteremeyeceği için üretim kabının iç sıcaklığının düşürülmesi gerekmektedir.
- ✓ Yüksek nem bulunan ortamlarda solucanlar üst düzey performans göstermedikleri için kap içi nem düşürülmelidir.
- ✓ Solucanların tam verimli çalışmaları, sağlıklı üremeleri ve bu sayede oluşan kokonların yok olmasının önlenmesi için üretim kabı içerisinde iklimlendirme çalışması yapılmalıdır.
- ✓ Solucanların tam verimli çalışmaları için üretim kabı içerisindeki nemin kontrol altına alınması gerekmektedir.

Bulanık mantık için kesin, tek bir kural yoktur kullanıcı amacına göre kurallar belirlenmektedir. İşlevsel bir fonksiyonun tanımlanması kullanıcının bilgisine, tecrübesine ve yapılacak uygulama için neye gereksinim duyulacağına iyi karar verilmiş olmasına

bağlıdır (Chen ve Pham, 2000). Üretim kabının sıcaklık değerinin solucanlar için en uygun seviyede olması için araştırmalar sonucu solucanlar için en uygun sıcaklık ve nem değerleri bulanık mantığa uygun olarak bulanıklaştırılmıştır ve Tablo 3.6.'da görülmektedir.

**Tablo 3.6.** Üretim kabı için bulanık sıcaklık değişkenleri

Bulanık Küme	Sıcaklık Aralıkları	Sonuç
Çok Sıcak	40 <sup>0</sup> C Üstü	Solucanlar ölür
Sıcak	34-39 <sup>0</sup> C Aralığı	Verimlilik azalır
Biraz Sıcak	23- 35 <sup>0</sup> C Aralığı	
Ilık	15-25 <sup>0</sup> C Aralığı	En uygun sıcaklık
Serin	9-17 <sup>0</sup> C Aralığı	Verimlilik azalır
Biraz Soğuk	4-10 <sup>0</sup> C Aralığı	
Soğuk	0-5 <sup>0</sup> C Aralığı	Hareket edemez
Çok Soğuk	0 <sup>0</sup> C Altı	Donarak ölür

Tablo 3.6.'de görüldüğü gibi solucanların yaşam koşulları incelendiğinde 40 <sup>0</sup>C üstü sıcaklıklarda solucanların yaşamını devam ettiremediği için çok sıcak bir ortamın olduğu, 23-39 <sup>0</sup>C arası sıcak ve biraz sıcak olduğundan dolayı faaliyet gösterdiklerini ancak yeteri kadar verimli çalışmadıkları 15-25 <sup>0</sup>C aralarında ılık ortamlarda en uygun ve en verimli şekilde faaliyet gösterdikleri görülmektedir. 4-17 <sup>0</sup>C serin ve biraz soğuk ortamlarda verimliliğin ve diğer faaliyetlerin azaldığı görülmektedir. 0-5 <sup>0</sup>C arasında hava solucanlar açısından soğuk olmakta ve hareket edemedikleri, 0 <sup>0</sup>C altında ise çok soğuk olduğundan dolayı donarak öldükleri görülmüştür.

Tablo 3.6'da solucanlar için en uygun nem değerleri görülmektedir. Solucanların vücutlarının yaklaşık %75 ile %90'ı sudan oluşmaktadır. Bunun için kompost içi nem değeri de oldukça önemlidir ve en uygun nem değeri olarak %70 ile %85 aralığında nem oranına sahip olması gerekmektedir.

**Tablo 3.7.** Solucanlar için kompostun bulanık nem değişkenleri

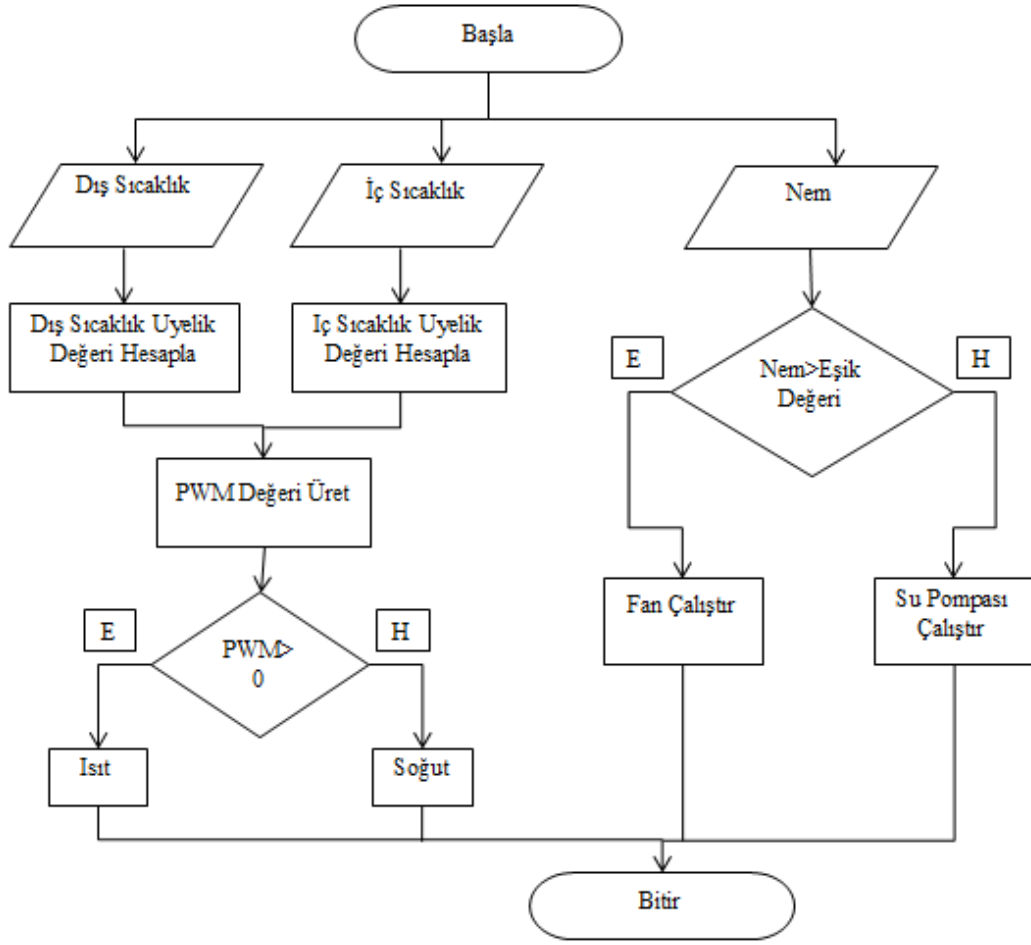
<b>Bulanık küme</b>	<b>Nem Oranı</b>	<b>Sonuç</b>
Çok Nemli	%85 üzeri	Uygun olmayan nem değeri
Normal nemli	%70- %85	En uygun nem değeri
Nemsiz	%70 altı	Uygun olmayan nem değeri

Kompost içerisindeki nem oranını korumak için yüksek nem değerinde kap içi havalandırılmalı, düşük nem değerinde ise kompost nemlendirilmelidir. Nem değeri %85 üzeri çok nemli olduğunda ve %70 altı nemsiz olduğu durumlarda verimlilik düşmektedir.

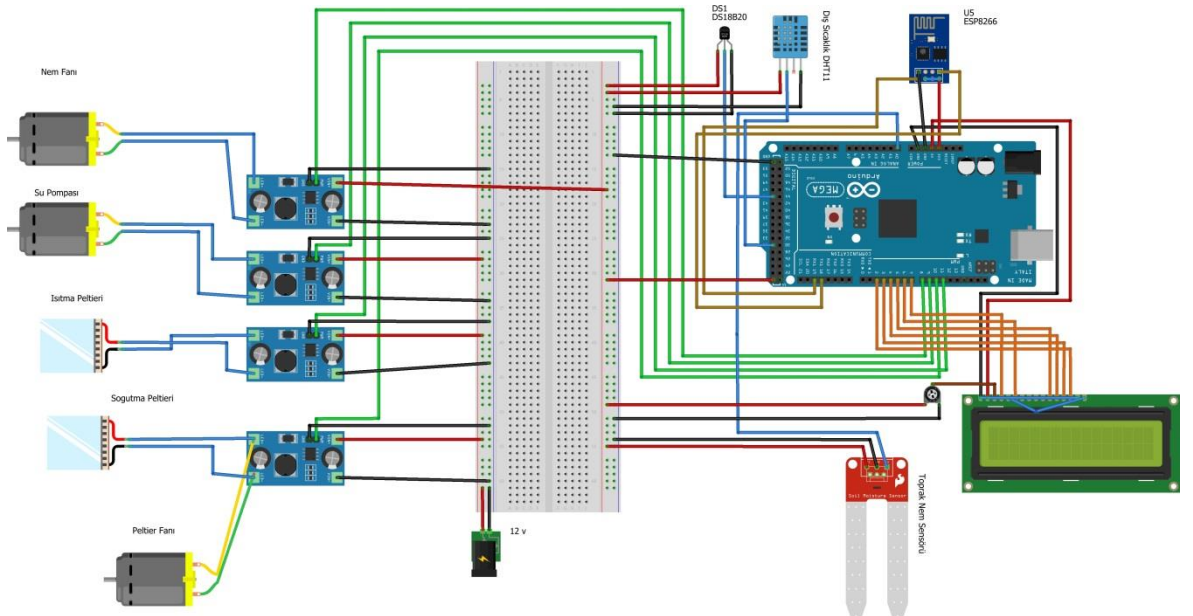
Nem değerlerinin en ideal olan %80 değerlerinde sabit tutulması sağlanarak solucanların en verimli şekilde çalışmaları hedeflenmektedir.

Şekil 3.20’de verilen sistemin akış diyagramında da görüleceği gibi sensörlerden elde edilen iç sıcaklık, dış sıcaklık ve nem bilgileri alınmaktadır. Elde edilen iç ve dış sıcaklık verileri daha önceden hazırlanmış bulanık üyelik fonksiyonlarından geçirilerek üyelik değerleri elde edilmektedir. Elde edilen üyelik değerleri bulanık kurallardan geçirilerek bir bulanık mantık sonucuna bağlı olarak PWM (Pulse with modulation) çıktısı elde edilmektedir. Eğer çıkan değer 0’dan büyükse ısıtma işlemi gerçekleşmesi gerekmektedir ve PWM değerinin şiddeti ile doğru orantılı olarak hesaplanan bir süre değeri ile çalıştırılmaktadır. Eğer PWM 0’dan küçükse yani negatif bir değer elde edildiyse, değer mutlak değeri alınarak aynı ısıtma işleminde olduğu gibi bir süre değeri elde edilerek soğutucu peltierler çalıştırılmaktadır.

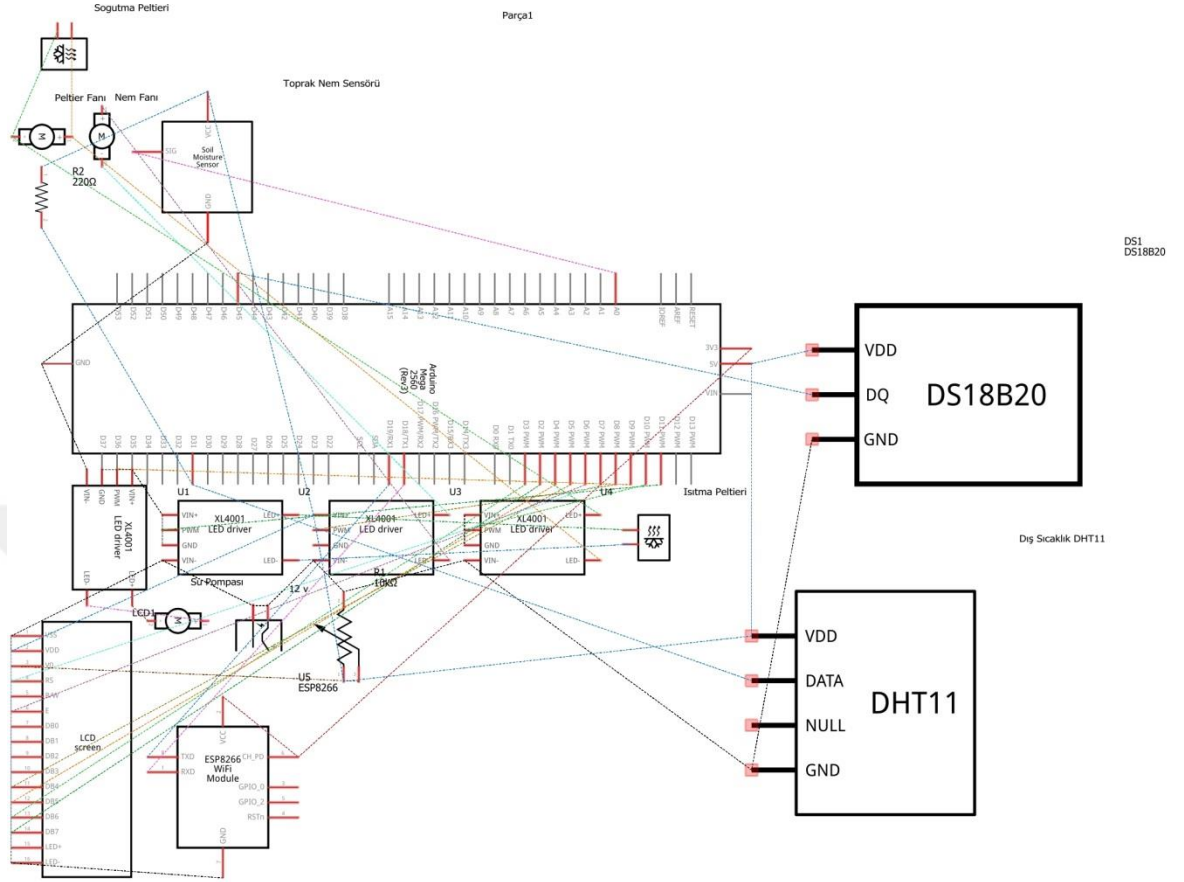
Nem kısmında ise sisteme kullanıcı tarafından girilen eşik değere göre bir karşılaştırma yapılmaktadır. Eğer sensörlerden elde edilen nem değeri eşik değerden büyükse içerideki nemi almaya yarayan ters yönde bir fan çalışmakta, eğer okunan nem değeri girilen değerden düşük ise nemlendirme için kullanılan su pompası devreye girerek kompostun nemlendirilmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.21’de sistemin bağlantı şeması ve Şekil 3.22’de sistemin devre şeması görülmektedir.



Şekil 3.20. Sistemin akış diyagramı



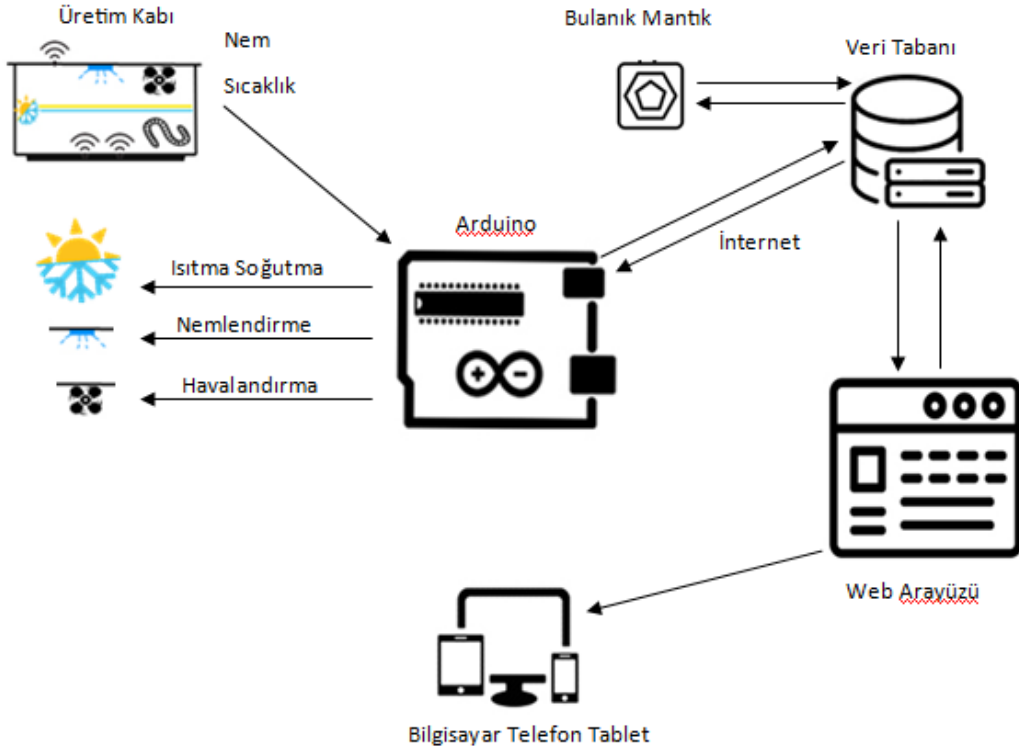
Şekil 3.21. Sistemin bağlantı şeması



Şekil 3.22. Sistemin devre şeması

### 3.3.1. Web Ara Yüzü Çalışma Yapısı

Üretim kabı yönetimi için yapılan yazılımda üretim kabının iç sıcaklık ve neminin, dış sıcaklığının Arduino aracılığı ile alarak mikro denetleyicide bulunan wifi sensörü ile internet üzerinden http post yöntemi ile veri aktarımını gerçekleştirilerek veri tabanına kaydedilmektedir. Yazılımda bulanık mantık yöntemi ile web ara yüzünden kullanıcı kontrolü gerçekleştirilmektedir. Kullanıcı kontrolü ile üretim kabı sıcaklığı ve nemi istenilen değerlerle gelmesi için ısıtma-soğutma ve havalandırma kontrolü sağlanmaktadır. Şekil 3.23’de üretim kabı kontrol sisteminin çalışma prensibi görülmektedir.



**Şekil 3.23.** Üretim kabı kontrol sistemi çalışma prensibi

### 3.3.2.Sistemin Web Ara Yüzleri

Sistemin web ara yüzü kontrol bakımından iki farklı yönetim imkânı sunacak şekilde tasarlanmıştır. Ayarlar menüsünde sunulan elle ve bulanık mantık ile kontrol seçenekleri ile sistemin ara yüz üzerinden kontrolünü sağlayabilmektedir. Kullanıcı Şekil 3.24'te gösterilen menü çubuğundaki ayarlar menüsüne tıkladığında Şekil 3.25'de gösterilmiş olan ayarlar sayfası açılmaktadır. Açılan bu sayfadan kullanıcı elle seçeneğini seçtiğinde ilk giriş sayfasında Şekil 3.26'da ki görüntü ile karşılaşmaktadır. Kullanıcı kontrol yönetimi olarak bulanık seçeneğini seçtiğinde ilk girişte Şekil 3.27'de ki web ara yüzü ile karşılaşmaktadırlar.



### Solucan Gübresi Malzemesi Üretim Ortamı Kontrol ve Takip Ara Yüzü



Şekil 3.24. Web ara yüzü menüleri

Tasarlanmış olan ara yüz sistemde kayıtlı olan tüm verileri silme imkânı sağlamaktadır. Şekil 3.25’de gösterilen ayarlar sayfasındaki temizle butonu ile bu işlem gerçekleştirilebilmektedir.

### Ayarlar

Sistem Kontrol Yöntemi

Manuel Yönetim

Bulanık Yönetim

Geçmiş Üretim Kabı Verileri

Verileri Temizle

Bulanık Yönetim seçeneğini seçmeden önce bulanık değişkenleri ve kuralları dikkatlice kontrol ediniz.

Şekil 3.25. Web ara yüzü ayarlar menüsü

Her iki kontrol yönteminde de ara yüzde bulunan iç sıcaklık, dış sıcaklık, nem ve son veri okuma zamanı ortak olarak gösterilmektedir. İç sıcaklık bölümünde gösterilen değer sistemden alınan üretim kabının son iç sıcaklık değerini, dış sıcaklık bölümünde gösterilen değer üretim kabının son dış sıcaklık değerini, nem bölümünde gösterilen değer üretim kabının son iç nem değerini kullanıcıya vermektedir. Son veri okuma zamanında da

sistemlerdeki sensörler denen son verinin okunduğu zamanı gün ay, yıl ve saat olarak göstermektedir. İç sıcaklık, dış sıcaklık ve nem değerlerinin gösterildiği butonlara tıkladığında okunan değerlerin son bir saatinin, son beş saatinin ve son yirmi dört saatinin grafiğini kullanıcıya sunmaktadır.

Şekil 3.26’da elle seçeneği seçildiğindeki giriş ara yüzü gösterilmektedir. Bu sayfada yönetim paneli ısıtma, soğutma ve havalandırma şeklinde üç bölüme ayrılarak her bölümde kapalı, düşük, orta ve yüksek olarak butonlar yerleştirilerek kullanıcının elle olarak sistemi yönetmesi sağlanmıştır. Ara yüz kullanıcıya üretim kabının iç sıcaklığını, dış sıcaklığını ve kompostun nemini ekranda gözlemleyebilme imkânı sağladığı için kullanıcı ısıtma, soğutma ve havalandırma düzenini kendisi ayarlayabilmektedir.



Şekil 3.26. Bulanık seçimli web ara yüzü

Ayarlar sayfasından bulanık seçeneği seçildiği zaman girişte Şekil 3.27’de ki web ara yüzü kullanıcıyı karşılamaktadır. Bu bölümde bulanık mantık fonksiyonları girilerek ısıtma, soğutma ve fanın yönetimi üretilen değerlere web ara yüzden Arduino’ya gönderilen değerlere göre sistemin kontrolü sağlanmaktadır.

### Solucan Gübresi Malzemesi Üretim Ortamı Kontrol ve Takip Ara Yüzü



© 2019 - SicnSistem

Şekil 3.27. Elle seçimli web ara yüzü

Web ara yüzdeki menü çubuğunda bulunan bulanık mantık menüsünde üç alt menü yer almaktadır. Bunlar Şekil 3.28’de görüldüğü gibi değişkenler, kurallar ve bulanık test menüleridir.



Şekil 3.28. Bulanık mantık menüsü seçenekleri

Sistem kullanıcısı değişkenler alt menüsüne tıkladığında bulanık değişkenlerin bulunduğu Şekil 3.29’da görülen sayfa açılmaktadır. Bu sayfada bulanık mantığın oluşmasını sağlayan üç değişken türü bulunmaktadır. Değişken türleri giriş ve çıkış olarak iki şekilde tanımlanmıştır. Giriş değişkeni olarak belirtilen değişkenler üretim kabının iç

sıcaklık ve dış sıcaklık değerlerinden oluşmakta ve sekiz tane üyelik fonksiyonu bulunmaktadır. Çıkış fonksiyonunda ise ısıtma çıkışı bulunmakta ve altı tane üyelik fonksiyonuna sahiptir. Ara yüzde bulunan Ekle butonu kullanıcının her değişken için yeni bir üyelik fonksiyonu ekleyebilmesini, grafik butonu kullanıcının üyelik fonksiyonlarının oluşturduğu grafiği görebilmesini ve düzenle butonu ise kullanıcının bu değişkenler için değişikliğe ihtiyaç duyduğunda düzenleme yapabilmesini sağlamaktadır.

Değişken Türü	Değişken Adı	Üyelik Fonksiyon Sayısı	Ekle	Grafik	Düzenle
Giriş	Sıcaklık	8	Ekle	Grafik	Düzenle
Giriş	Dış Sıcaklık	8	Ekle	Grafik	Düzenle
Çıkış	Isıtma Çıkışı	6	Ekle	Grafik	Düzenle

Şekil 3.29. Bulanık değişkenler

Şekil 3.29’da gösterilen sayfada sıcaklık, dış sıcaklık ve ısıtma çıkışı değişkenlerinden her birinden de ekle butonuna tıklandığında yeni üyelik fonksiyonu eklemek için Şekil 3.30’da ki ekran kullanıcıya sunulmaktadır. Bu sayfada fonksiyonun adını, başlangıç değerini( A değeri ), orta değeri( B değeri ), ve bitiş değerini( C değeri ), girerek yeni fonksiyonlar oluşturulabilmektedir.

### Sıcaklık için Yeni Üyelik Fonksiyonu

Fonksiyon Adı

A değeri (Başlangıç)

B değeri (Orta Nokta)

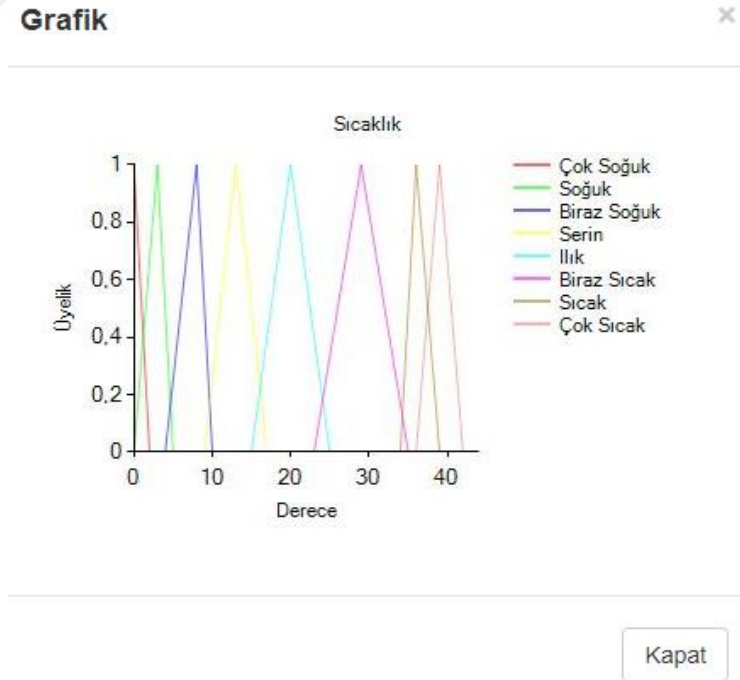
C değeri (Bitiş)

[Değişken Listesine Geri Dön](#)

© 2019 - SİcnSistem

**Şekil 3.30.** Sıcaklık için yeni üyelik fonksiyonu

Şekil 3.29’da bulunan ekranda sıcaklık değişkeninde grafik butonuna tıklandığında Şekil 3.31’de ki üretim kabı içi sıcaklık fonksiyonlarının grafiği kullanıcıya gösterilmektedir. Bu ekranda sekiz üyelik fonksiyonu için sıcaklık değerlerinin grafiği kullanıcıya sunulmuştur.



**Şekil 3.31.** Sıcaklık değişkeni üyelik fonksiyonları grafiği

Kullanıcı Şekil 3.29’da gösterilen sayfada sıcaklık değişkeninde düzenle butonuna tıkladığında Şekil 3.32’de ki üretim kabı içi sıcaklık fonksiyonları sunulmaktadır. Kullanıcıya bu sayfada sekiz üyelik fonksiyonu için sıcaklık değerleri sunulmuştur. Kullanıcı bu fonksiyonları değiştirmek istediği zaman değişiklik yapabilmekte veya mevcut üyelik fonksiyonunu silebilmektedir.

Fonksiyon Adı	A Değeri	B Değeri	C Değeri	Fonksiyon Türü	
Çok Sıcak	36	39	42	triangle	Sil
Sıcak	34	36	39	triangle	Sil
Biraz Sıcak	23	29	35	triangle	Sil
Ilık	15	20	25	triangle	Sil
Serin	9	13	17	triangle	Sil
Biraz Soğuk	4	8	10	triangle	Sil
Soğuk	0	3	5	triangle	Sil
Çok Soğuk	-3	0	2	triangle	Sil

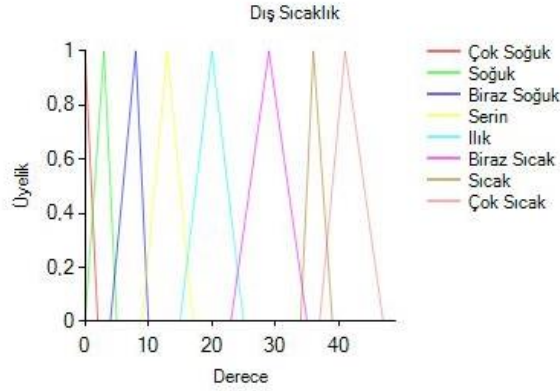
Dikkat: Silmek istediğiniz üyelik fonksiyonuna ait atanmış kurallar varsa onlarda silinecektir.

[Gözetim Üyelik Fonksiyonları](#)

**Şekil 3.32.** Sıcaklık değişkeni için üyelik fonksiyonları

Kullanıcı Şekil 3.29’da gösterilen sayfada dış sıcaklık değişkeninde grafik butonuna tıkladığında Şekil 3.33’de ki üretim kabı dış sıcaklık fonksiyonlarının grafiğini görebilmektedir. Kullanıcıya bu ekranda sekiz üyelik fonksiyonu için dış sıcaklık değerlerinin grafiği sunulmuştur.

## Grafik



Kapat

Şekil 3.33. Dış sıcaklık değişkeni üyelik fonksiyonu grafiği

Kullanıcı Şekil 3.29’da gösterilen sayfada dış sıcaklık değişkeninde düzenle butonuna tıkladığında Şekil 3.34’de ki Üretim kabının dış sıcaklık fonksiyonlarını görebilmektedir. Kullanıcıya bu sayfada sekiz üyelik fonksiyonu için dış sıcaklık değerleri sunulmuştur. Kullanıcı bu fonksiyonları değiştirmek istediği zaman değişiklik yapabilmekte veya mevcut üyelik fonksiyonunu silebilmektedir.

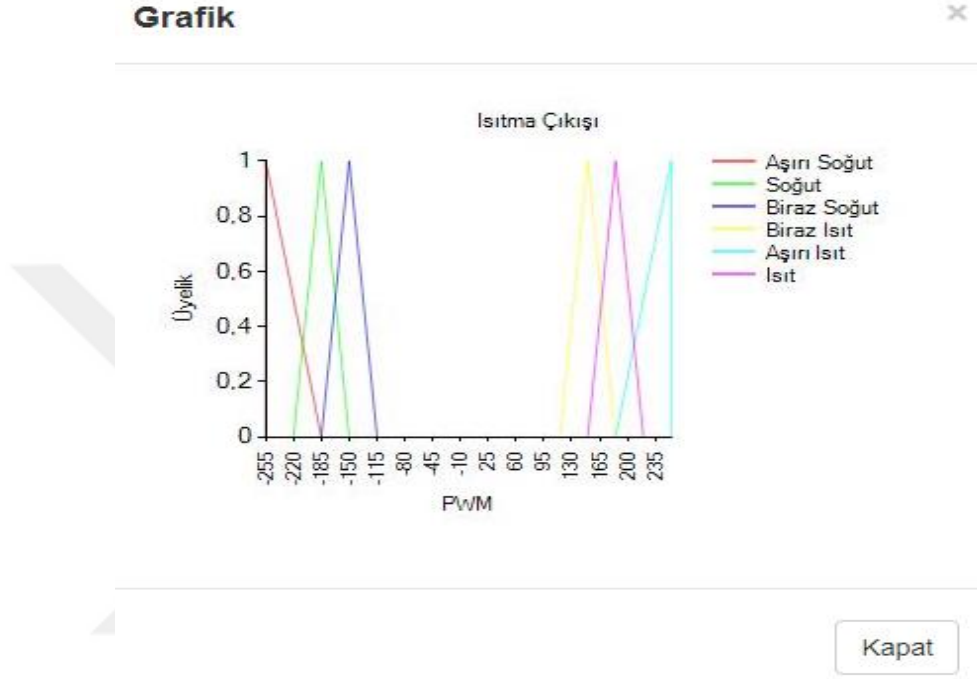
### Dış Sıcaklık için üyelik fonksiyonları

Fonksiyon Adı	A Değeri	B Değeri	C Değeri	Fonksiyon Türü	
Çok Sıcak	37	41	47	triangle	Sil
Sıcak	34	36	39	triangle	Sil
Biraz Sıcak	23	29	35	triangle	Sil
Ilık	15	20	25	triangle	Sil
Serin	9	13	17	triangle	Sil
Biraz Soğuk	4	8	10	triangle	Sil
Soğuk	0	3	5	triangle	Sil
Çok Soğuk	-3	0	2	triangle	Sil

Dikkat: Silmek istediğiniz üyelik fonksiyonuna ait atanmış kurallar varsa onlarda silinecektir.

Şekil 3.34. Dış sıcaklık için üyelik fonksiyonları

Kullanıcı Şekil 3.29’da gösterilen sayfada ısıtma çıkışı değişkeninde grafik butonuna tıkladığında Şekil 3.35’de ki üretim kabı ısıtma çıkışı fonksiyonlarının grafiği görülebilmektedir. Bu sayfada altı üyelik fonksiyonu için ısıtma çıkışı değerlerinin grafiği kullanıcıya sunulmuştur.



Şekil 3.35. Isıtma çıkışı değişkeni üyelik fonksiyonları

Kullanıcı Şekil 3.29’da gösterilen sayfada ısıtma çıkışı değişkeninde düzenle butonuna tıkladığında Şekil 3.36’daki üretim kabı ısıtma çıkışı fonksiyonları görülebilmektedir. Bu sayfada altı üyelik fonksiyonu için ısıtma çıkışı değerleri kullanıcıya gösterilmektedir. Kullanıcı bu fonksiyonları değiştirmek istediğinde değişiklik yapabilmekte veya mevcut üyelik fonksiyonunu silebilmektedir.



### Isıtma Çıkışı için üyelik fonksiyonları

Fonksiyon Adı	A Değeri	B Değeri	C Değeri	Fonksiyon Türü	
Soğut	-220	-185	-150	triangle	Sil
Biraz Soğut	-185	-150	-115	triangle	Sil
Isıt	220	185	150	triangle	Sil
Biraz Isıt	185	150	115	triangle	Sil
Aşırı Isıt	185	255	255	triangle	Sil
Aşırı Soğut	-255	-255	-185	triangle	Sil

Dikkat: Silmek istediğiniz üyelik fonksiyonuna ait atanmış kurallar varsa onlarda silinecektir.

[Değişken Listesine Geri Dön](#)

© 2019 - SİcnSistem

### Şekil 3.36. Isıtma çıkışı için üyelik fonksiyonları

Kullanıcı Şekil 3.37’de gösterilen bulanık mantık menüsü alt menülerinden olan kurallar menüsüne tıklayarak kendi kurallarını oluşturmakta, oluşturduğu kuralları görebilmekte ve yeni kural oluşturabilmektedir.

SİcnSistem Takip ve Kontrol Ünitesi Bulanık Mantık Ünitesi Ayarlar

Değişkenler  
Kurallar  
Bulanık Test

### esi Malzemesi Üretim Ortamı Kontrol ve Takip Ara Yüzü

Üretim Kabı İç Sıcaklık 25.44 °C	Üretim Kabı Dış Sıcaklık 22.00 °C	Üretim Kabı İç Nemi 3.00%	Verilerin Son Okunma Zamanı 06.05.2019 12:53:17
-------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	--

### Şekil 3.37. Kurallar sekmesi

Kurallar menüsüne tıklandığında görüntülenen sayfada kullanıcının sisteme ekleyip çıkartabildiği bulanık kurallar bulunmaktadır. Kullanıcı bu sayfada yeni kural ekleme ve eklenen kuralları test etme işlemlerini yapabilmektedir. Eklenen yeni kurallar ekranda ekleme sırasına göre gösterilmektedir. Eklenen kurallar kalıcı değildir ve istenildiği zaman değiştirilebilmektedir. Bulanık kurallar ekranı Şekil 3.38’de görülmektedir.

## Bulanık Kurallar

Yeni Kural Ekle

Kuralları Test Et

Kural Adı	İç Sıcaklık	Dış Sıcaklık	Çıkış	
1.Kural	Çok Sıcak	Çok Sıcak	Aşırı Soğut	Sil
2.Kural	Çok Sıcak	Sıcak	Aşırı Soğut	Sil
3.Kural	Çok Sıcak	Biraz Sıcak	Aşırı Soğut	Sil
4.Kural	Çok Sıcak	Ilık	Soğut	Sil
5.Kural	Çok Sıcak	Serin	Soğut	Sil
6.Kural	Çok Sıcak	Biraz Soğuk	Soğut	Sil
7.Kural	Çok Sıcak	Soğuk	Biraz Soğut	Sil
8.Kural	Çok Sıcak	Çok Soğuk	Biraz Soğut	Sil

Şekil 3.38. Bulanık kurallar

Kullanıcı bulanık kurallar sayfasında yeni kural ekle butonuna tıkladığında yeni kural oluşturma ekranı kullanıcıya sunulmaktadır. Kullanıcı yeni kuralı oluşturmak için Şekil 3.39’da gösterilen yeni kural ekleme ekranında yer alan kural adını, iç sıcaklık ve dış sıcaklık fonksiyonlarını ve çıkış kuralını belirleyip ekle butonuna tıklayarak yeni kuralı oluşturup sisteme ekleyebilmektedir.

### Yeni Bulanık Kural

Kural Adı

İç Sıcaklık Çok Sıcak ▼

Dış Sıcaklık Çok Sıcak ▼

Çıkış Soğut ▼

Ekle

[Kural Listesine Geri Dön](#)

© 2019 - SlcnSistem

**Şekil 3.39.** Yeni bulanık kural ekleme

Kullanıcının yeni eklediği bulanık kuralları menü çubuğunda bulunan bulanık mantık menüsündeki bulanık test alt menüsünden ya da kurallar alt menüsüne tıklanarak açılan sayfadaki kuralları test et butonu ile test etmesine imkân sağlanmıştır. Şekil 3.40'da ve Şekil 3.41'de görülmektedir.

### Yeni Bulanık Kural

Değişkenler

Kurallar

Bulanık Test

Kural Adı

İç Sıcaklık Çok Sıcak ▼

Dış Sıcaklık Çok Sıcak ▼

Çıkış Soğut ▼

Ekle

[Kural Listesine Geri Dön](#)

© 2019 - SlcnSistem

**Şekil 3.40.** Bulanık test sekmesi

## Bulanık Kurallar

[Yeni Kural Ekle](#)[Kuralları Test Et](#)

Kural Adı	İç Sıcaklık	Dış Sıcaklık	Çıkış	
1.Kural	Çok Sıcak	Çok Sıcak	Aşırı Soğut	<a href="#">Sil</a>
2.Kural	Çok Sıcak	Sıcak	Aşırı Soğut	<a href="#">Sil</a>
3.Kural	Çok Sıcak	Biraz Sıcak	Aşırı Soğut	<a href="#">Sil</a>
4.Kural	Çok Sıcak	Ilık	Soğut	<a href="#">Sil</a>

**Şekil 3.41.** Bulanık kuralları test et butonu

Kullanıcı bulanık kuralları oluşturulduktan sonra bulanık kuralları test ederek oluşabilecek durumları görebilmektedir. Bulanık kuralları test etme sayfasında iç sıcaklığının girildiği sıcaklık ve dış sıcaklığın girildiği dış sıcaklık bölümleri bulunmaktadır. Bu aşamada oluşturulmuş olan kurallara göre değerler girilir ve hangi bulanık kurala göre çalıştığı test edilir. Kuralları test etmek için Şekil 3.42’de görüldüğü gibi iç sıcaklık değeri 38, dış sıcaklık değeri 43 olarak girilmiştir. Girilen değerlerde iç sıcaklık için çok sıcak dış sıcaklık için çok sıcak sonucunu üretilmiştir ve üretim kabının içinin aşırı soğutulması gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Sonuç olarak Ardunionun Pwm yöntemi ile ne kadar çalışacağı sonucu üretilmiştir

## Bulanık Kural Testi

Sıcaklık

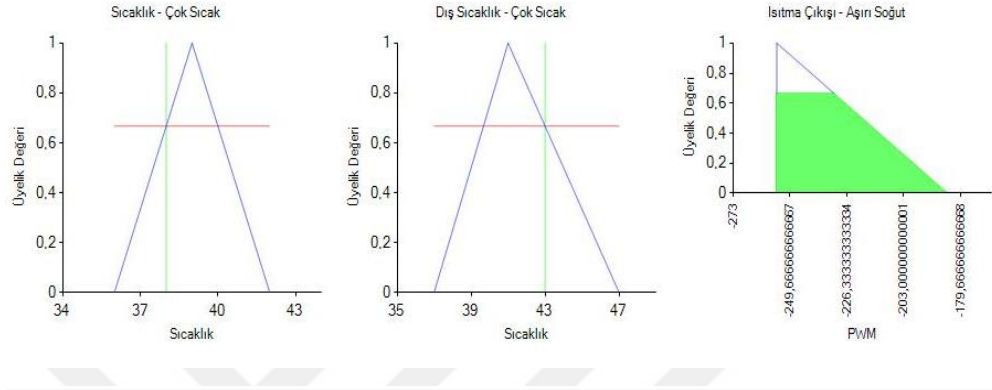
Dış Sıcaklık

38

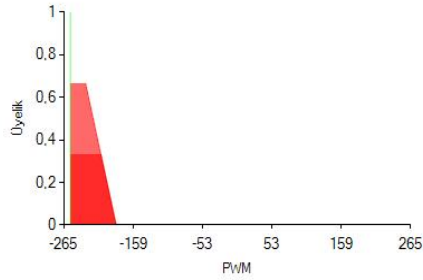
43

Test Et

## Kural 1



Kurallar Toplamı = -255 PWM



© 2019 - SicnSistem

Şekil 3.42. Kural test ekranı

## 3.3.2.1. Kurallar tablosu

Bulanık mantıkta bulanıklaştırma işlemi yapıldıktan sonra bulanık kurallar tablosu oluşturulmaktadır. İç sıcaklık, dış sıcaklık ve çıkış üyelik fonksiyonları kullanılarak olası oluşturulabilecek bulanık kurallar Tablo 3.8’de gösterilmiştir. Bu kurallar [iç sıcaklık fonksiyonları (8) X Dış Sıcaklık Fonksiyonları (8)] işlemi yapılarak 64 tane kural oluşturulabilmekte fakat bunların 3 tanesinin çıkış değişkeni kurallara gereksinim duymamaktadır.

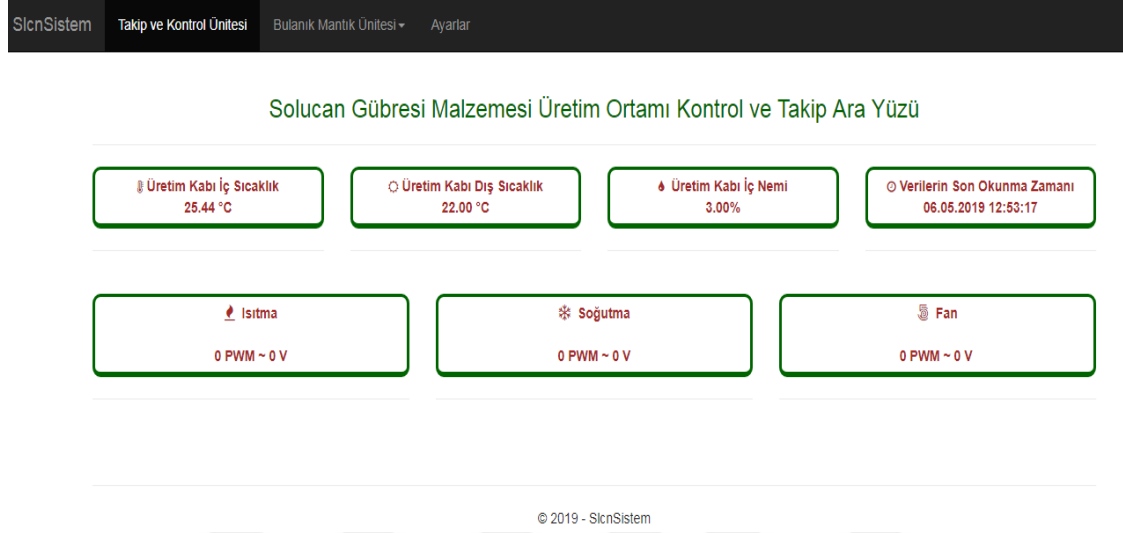
**Tablo 3.8.** Olası oluşturulabilecek bulanık kurallar

<b>Kural Adı</b>	<b>İç Sıcaklık</b>	<b>Dış sıcaklık</b>	<b>Çıkış</b>
1. Kural	Çok Sıcak	Çok Sıcak	Aşırı Soğut
2. Kural	Çok Sıcak	Sıcak	Aşırı Soğut
3. Kural	Çok Sıcak	Biraz Sıcak	Aşırı Soğut
4. Kural	Çok Sıcak	Ilık	Soğut
5. Kural	Çok Sıcak	Serin	Soğut
6. Kural	Çok Sıcak	Biraz Soğuk	Soğut
7. Kural	Çok Sıcak	Soğuk	Biraz Soğut
8. Kural	Çok Sıcak	Çok Soğuk	Biraz Soğut
9. Kural	Sıcak	Çok Sıcak	Aşırı Soğut
10. Kural	Sıcak	Sıcak	Aşırı Soğut
11. Kural	Sıcak	Biraz Sıcak	Aşırı Soğut
12. Kural	Sıcak	Ilık	Soğut
13. Kural	Sıcak	Serin	Soğut
14. Kural	Sıcak	Biraz Soğuk	Soğut
15. Kural	Sıcak	Soğuk	Biraz Soğut
16. Kural	Sıcak	Çok Soğuk	Biraz Soğut
17. Kural	Biraz Sıcak	Çok Sıcak	Soğut
18. Kural	Biraz Sıcak	Sıcak	Soğut
19. Kural	Biraz Sıcak	Biraz Sıcak	Soğut
20. Kural	Biraz Sıcak	Ilık	Biraz Soğut
21. Kural	Biraz Sıcak	Serin	Biraz Soğut
22. Kural	Biraz Sıcak	Biraz Soğuk	Biraz Soğut
23. Kural	Biraz Sıcak	Soğuk	Biraz Soğut
24. Kural	Biraz Sıcak	Çok Soğuk	Biraz Soğut
25. Kural	Ilık	Çok Sıcak	Biraz Soğut
26. Kural	Ilık	Sıcak	Biraz Soğut
27. Kural	Ilık	Biraz Sıcak	
28. Kural	Ilık	Ilık	
29. Kural	Ilık	Serin	
30. Kural	Ilık	Biraz Soğuk	Biraz Isıt
31. Kural	Ilık	Soğuk	Isıt
32. Kural	Ilık	Çok Soğuk	Isıt

33. Kural	Serin	Çok Sıcak	Biraz Isıt
34. Kural	Serin	Sıcak	Biraz Isıt
35. Kural	Serin	Biraz Sıcak	Biraz Isıt
36. Kural	Serin	Ilık	Biraz Isıt
37. Kural	Serin	Serin	Isıt
38. Kural	Serin	Biraz Soğuk	Isıt
39. Kural	Serin	Soğuk	Aşırı Isıt
40. Kural	Serin	Çok Soğuk	Aşırı Isıt
41. Kural	Biraz Soğuk	Çok Sıcak	Biraz Isıt
42. Kural	Biraz Soğuk	Sıcak	Biraz Isıt
43. Kural	Biraz Soğuk	Biraz Sıcak	Isıt
44. Kural	Biraz Soğuk	Ilık	Isıt
45. Kural	Biraz Soğuk	Serin	Isıt
46. Kural	Biraz Soğuk	Biraz Soğuk	Aşırı Isıt
47. Kural	Biraz Soğuk	Soğuk	Aşırı Isıt
48. Kural	Biraz Soğuk	Çok Soğuk	Aşırı Isıt
49. Kural	Soğuk	Çok Sıcak	Biraz Isıt
50. Kural	Soğuk	Sıcak	Isıt
51. Kural	Soğuk	Biraz Sıcak	Isıt
52. Kural	Soğuk	Ilık	Isıt
53. Kural	Soğuk	Serin	Aşırı Isıt
54. Kural	Soğuk	Biraz Soğuk	Aşırı Isıt
55. Kural	Soğuk	Soğuk	Aşırı Isıt
56. Kural	Soğuk	Çok Soğuk	Aşırı Isıt
57. Kural	Çok Soğuk	Çok Sıcak	Biraz Isıt
58. Kural	Çok Soğuk	Sıcak	Isıt
59. Kural	Çok Soğuk	Biraz Sıcak	Isıt
60. Kural	Çok Soğuk	Ilık	Aşırı Isıt
61. Kural	Çok Soğuk	Serin	Aşırı Isıt
62. Kural	Çok Soğuk	Biraz Soğuk	Aşırı Isıt
63. Kural	Çok Soğuk	Soğuk	Aşırı Isıt
64. Kural	Çok Soğuk	Çok Soğuk	Aşırı Isıt

### 3.3.3. Üretim Kabının İç Nem Ölçümü Ve Denetimi

Üretim kabı içindeki kompostun nem ölçümünü her iki kontrol yöntemindeki ara yüz ekranında da görülebilmektedir. Kullanıcı takip ve kontrol sayfasındaki nem butonuna tıkladığında son bir saat, son beş saat ve son yirmi dört saatte ki nem grafiğine ulaşabilmektedir. Şekil 3.43’de ve Şekil 3.44’te nem butonu görülmektedir.



Şekil 3.43. Bulanık mantık ana yüz ekranı nem butonu



Şekil 3.44. Elle ara yüz ekranı nem butonu

Kompostun nem dengesini sağlamak için fan ve su pompası kullanılmaktadır. Elle çalışma yönteminde fan belirli sürelerle çalışması ve ya kapatılması sağlanabilir. Belirtilen



havalandırma bölümü Şekil 3.43’de görülmektedir. Bulanık çalışma yönteminde ise sensörlerden alınan veriler eşik değerden yüksekse fan devreye girerek çalışmaktadır. Eğer nem istenen değerden düşük ise su pompası devreye girerek kompostun nemlendirme işlemini gerçekleştirmektedir. Nem/fan kuralı ekranı Şekil 3.45’de görülmektedir.

Klasik Nem / Fan Kuralı

Fan için Nem Eşik Değeri (%)

Güncelle

© 2019 - SİcnSistem

Şekil 3.45. Klasik nem/fan kuralı

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

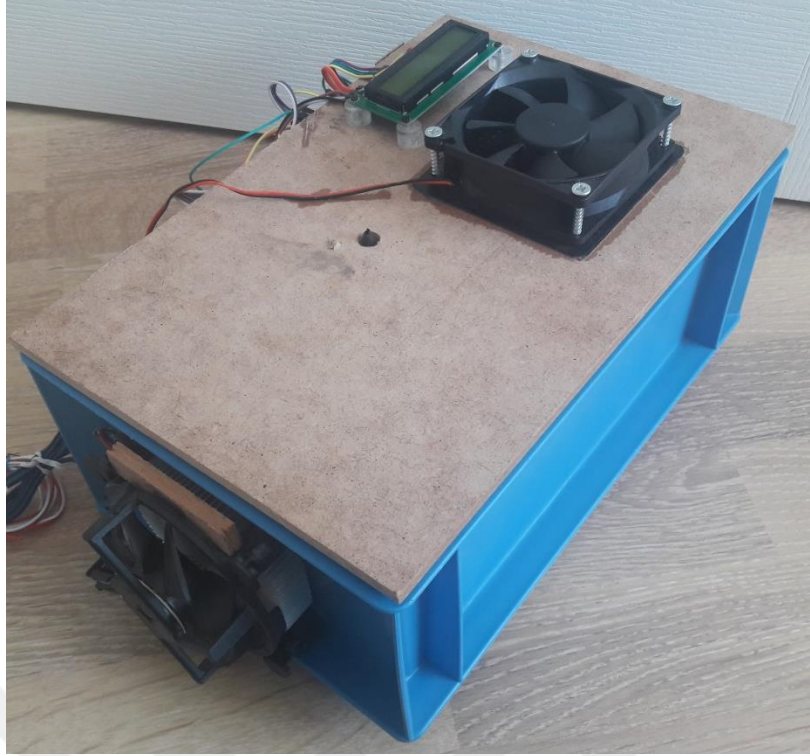
En az maliyet ile en iyi verimi elde etmek için tasarlanan solucan gübresi malzemesi üretim kabında Arduino ve bulanık mantık temelli sıcaklık ve nem kontrolü sağlanarak en az maliyet ile en iyi verim alımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemde kullanılan nem ve sıcaklık sensörlerinin uzun ömürlü olması ve kaliteli veri gönderimi sağlaması sistemin kararlılığı açısından büyük önem arz etmektedir. Vermikompost üretim faaliyetlerinde sensörlerin uzun ömürlü kullanımını sağlamak amacıyla bulunduğu şartlara uygun tasarım yapılmıştır. Solucan gübresi üretim faaliyetlerinde kullanılacak sensörler ile üretim kaplarındaki nem, sıcaklık, oksijen, Ph, karbondioksit, kimyasal zararlı maddelerin ölçümü yapılabilmektedir. Bu ölçümlerin yapılmasındaki amaç ölçülen değişkenlerin solucanların yaşamlarındaki etkilerini incelemektir. Solucan gübresi üretimindeki verimliliğin artmasını sağlamak için hastalık oluşmaması, solucan hareketliliğinin artırılması, kokon ölümlerinin azaltılması için tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Nem, sıcaklık değerleri solucanlar ve kokonlar açısından önemli sağlık verileridir. Arduino ve bulanık mantık kullanılarak tasarlanan sistem ile bu değerler gerçek zamanlı ve doğru bir şekilde üreticilere sunulmuştur. Sensörlerden elde edilen nem ve sıcaklık değerleri bulanık mantıkta işlenerek solucan ve kokonlar için en uygun sıcaklık değeri çıktıları oluşturularak solucan ve kokonların daha sağlıklı olmalarını sağlanacağı düşünülmektedir.

### 4.1. Solucan Gübresi Malzemesi Üretim Kabı Gözlem Süreci

Solucanlar toprak, kompost gibi ortamlarda yaşadıkları için bu ortamların ısıtılması ve soğutulması uzun sürmektedir. Aşırı soğuk ve aşırı sıcak ortamlarda solucanlar ortamı ısıtma ve soğutma işlemi yapamamaktadır. Bu aşamada solucan ve kokonlar donarak veya yanarak ölümler meydana gelir. Bu ölümleri engellemek solucanlara ve kokonlara daha iyi yaşam alanı sağlamak için üretim kabı sistemi tasarlanarak Şekil 4.1'de gösterildiği gibi gözlem sürecine başlanmıştır.

Tasarlanan üretim kabına yaklaşık 100 (+-3) adet solucan konulmuş olup hava şartlarının soğuk olduğu dönem olan Ocak ayında ısıtma ve soğutma sistemi olmayan ortama yerleştirilmiştir.



**Şekil 4.1.** Tasarım yapılan solucan gübresi üretim kabı

Üretim kabının sağladığı yararı gözlemleyebilmek için doğal bir üretim kabına da aynı şartlarda bulunan yine yaklaşık 100 (+-3) adet solucan yerleştirilmiştir. İçerisine solucan yerleştirilen iki üretim kabına eşit miktarda ham kompost dökülmüştür. Tasarlanan üretim kabı ile diğer doğal bir üretim kabı aynı ortama yerleştirilmiştir. Tasarlanan sistemin sadece veri okuma kısmı aktif hale getirilerek gözlem süreci başlatılmıştır. Sistem aktif hale geldiği andan itibaren sistemden ortam sıcaklığı, üretim kabı iç sıcaklığı, nem verileri alınmaya başlanmıştır.

Sadece veri okumanın aktif olduğu iki haftalık gözlem sürecinde ortam sıcaklığının yer yer 0 °C'nin altına düştüğü ve yaklaşık 10 °C olduğu zamanlar görülmüştür. Bu süreçte solucanlar günün belirli zaman dilimlerinde kontrol edilerek hareketleri gözlemlenmiştir. Solucan hareketlerinin 0 °C düzeyine düştüğü durumlarda hareketlerinin çok yavaş, 10 °C düzeylerinde solucanların biraz daha hareketli olduğu görülmüştür. Veri okumanın aktif olduğu iki haftalık gözlem süreci sonunda solucan ölümlerinin meydana geldiği de yapılan gözlemlerde görülmüştür. İki haftalık izleme sürecinden sonra üretim kabı sisteminde ısıtma, soğutma ve nemlendirme sistemi de aktif hale getirilerek gözlem yapılmaya devam edilmiştir.

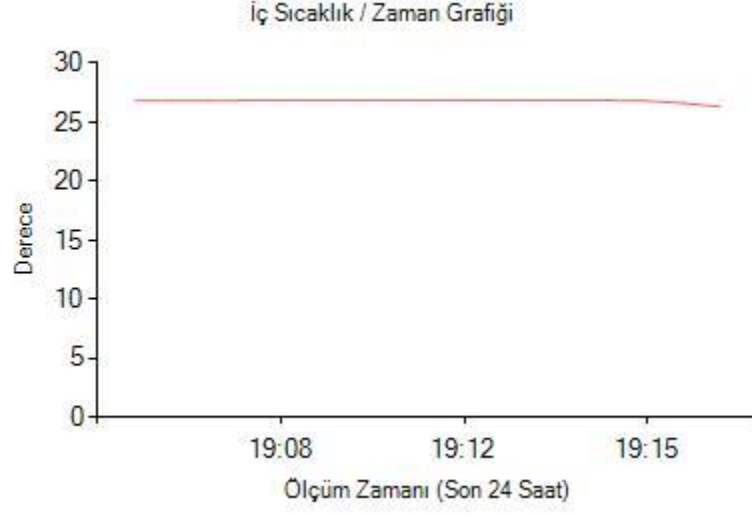
Tasarlanan üretim kabının ve diğer karşılaştırma amaçlı yerleştirilen kabın belirli periyotlar ile kontrolü yapılmıştır. Tasarım yapılan üretim kabında hareketliliğim daha fazla olduğu görülmüştür. Hava sıcaklıklarının artması ile her iki üretim kabında da hareketlilik, solucan yoğunluğunda ve solucan gübresinde artış görülse de tasarım yapılan üretim kabı içinde bu değerlerin diğer kaba göre yüksek olduğu görülmektedir.

Mevsim geçişi olan mayıs ayının ilk yarısının sonuna kadar ısıtma ve nemlendirme sisteminin aktif çalıştığı gözlemlenmiştir. Mayıs ayının ikinci yarısı ve haziran ayının ilk yarı olan yaklaşık bir aylık dönemde ısıtma ve soğutma sisteminin devreye girmediği gözlemlenmiştir. Bu dönemde sıcaklık ve nem değerlerinin istenilen aralıklarda olduğu sensörlerden gelen verilerde gözlemlenmiştir.

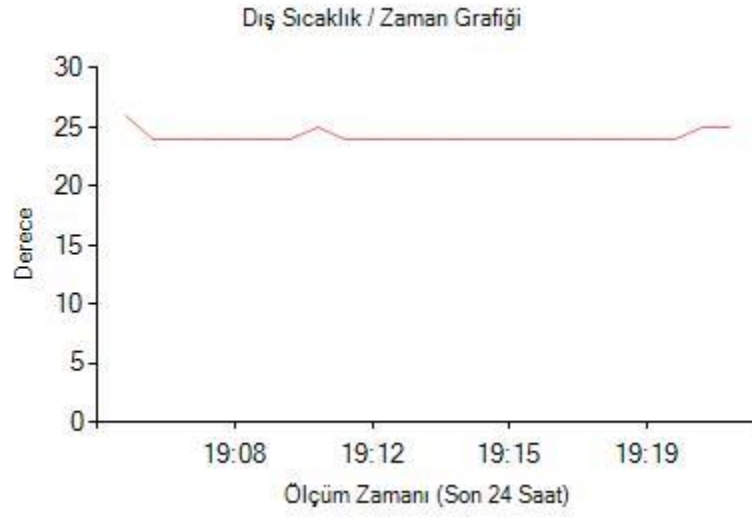
Haziran ayı ikinci yarısı ile birlikte soğutma isteminin ve nem oranı belirlenen değer altına düştüğü zamanlarda nemlendirme sisteminin devreye girdiği gözlemlenmiş ve yaz dönemi boyunca soğutma sisteminin aktif olarak çalışmaya devam etmiştir. Bu süreçte üretim kabı içindeki solucanların hareketleri gözlemlenerek her hafta gübre ve kompost seviyeleri kontrol edilmiştir.

Sonbahar döneminde gece sıcaklıkların istenilenden az derece olmasından dolayı geceleri ısıtma sistemi devreye girmiştir. Eylül ayı ile ekim ayının ilk yarısında bazı geceler hariç sıcaklık ve nem değerleri istenilen seviye aralığında olduğu için sistem devreye girmemiştir. Bu süreçte üretim kaplarının gübre biriktirme bölümlerinden elde edilen gübrelerde ayrı ayrı biriktirilerek gözlemlenmiştir. Ekim ayı sonları, kasım ve aralık aylarında hava şartlarının soğuk olmasından dolayı gündüz ve geceleri ısıtma sisteminin aktif olarak çalıştığı görülmüştür.

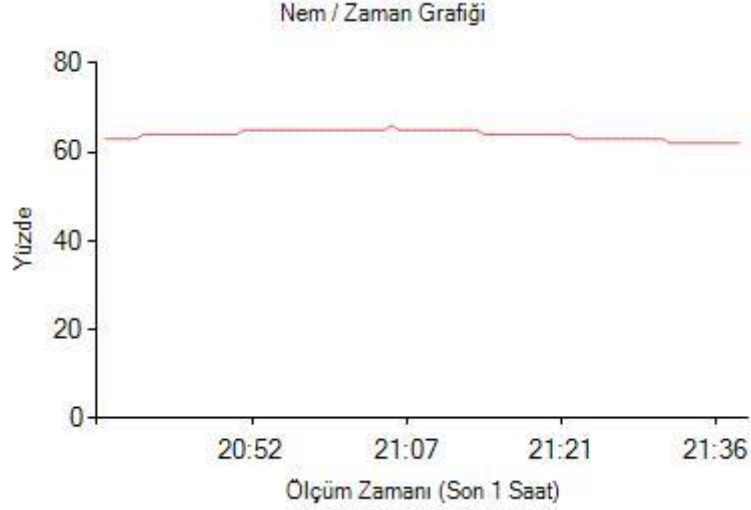
Üretim kabı sistemine yerleştirilen sensörlerden yaklaşık olarak yirmi saniyede bir ölçüm yapılmaktadır. Ölçüm sayıları saat, gün, ay ve yıl bazında hesaplandığında; saatte 300, günde 5700, aylık ortalama 216.000, yıllık 78.840.000 ölçüm yapılarak geniş kapsamlı bir veri tabanı elde edilmektedir. Dış sıcaklık, iç sıcaklık ve üretim kabı iç neminin ölçülerek üç farklı kayıt sistemi oluşturulmuştur. Yapılan ölçümlerde saatlik, beş saatlik ve yirmi dört saatlik ölçüm grafikleri elde edilebilmektedir. Elde edilen grafikler Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. İç sıcaklık grafik değişimi



Şekil 4.3. Dış sıcaklık grafik değişimi



**Şekil 4.4.** Nem değeri grafik değışimi

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre ise Burdur ilinin 85 yıllık süreçte en yüksek sıcaklık değeri 41 °C olduğu en düşük sıcaklık değeri ise -16,7 °C olduğu görülmektedir. Üretim kabı iç sıcaklık değeri dış sıcaklıkla paralel olarak değışmekte olup kovan dış sıcaklığının en yüksek ölçüm değeri 42 °C olduğu görülmüş en düşük sıcaklığın ise -14 °C olduğu görülmüştür.

Solucanların vücutlarının büyük bölümünü su oluşturmaktadır. Bu nedenle nem solucanlar için büyük bir önem arz etmektedir. Bu doğrultuda üretim kabı içinde nem dengesini istenilen seviyede tutabilmek için üretim kabına nemi azaltmak için fan ve nemlendirme sağlamak için su pompası ve fiske yerleştirilmiştir. Tasarlanan nemlendirme sistemi nem seviyesi azaldığında devreye girerek nemi artırmakta, fan sistemi ise nem seviyesi arttığında devreye girerek üretim kabı içindeki nemin azalmasını sağlamaktadır. Solucanların yaşaması ve verimli bir şekilde çalışması için ideal nem oranı %70 ile %85 arası değerlerde tutulması sağlanmıştır.

Tarım alanlarının daha verimli hale getirilmesi için toprakların çeşitli elementler, vitamin, mineral açısından zenginleştirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada gübreler devreye girmektedir. Gübrelemenin büyük önem arz ettiği bu durumda büyük oranda kimyasal gübre kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasal gübre büyük oranda ithal edildiği için maliyeti oldukça yüksektir. Bu bağlamda doğal gübre üretimini ve kullanımını artırmak gerekmektedir. Çiftçilerin organik atıklarını geri kazanmaları ve gübre giderlerini en az seviyeye düşürmek için çiftçilerin solucan gübresi üretimine teşvik edilmesi gerekmektedir. Hem kendi gübre ihtiyaçlarını karşılamak hem de ek gelir imkânı sağlamak için solucan

gübresi üretimi yapabilirler. Ayrıca solucan gübresi üreticilerine de çeşitli desteklemeler de bulunmaktadır.

Tarım bakanlığı tarafından organik gübre üreticileri her ne kadar kayıt altına alınsa da kayıtsız olarak evlerinde küçük çaplı solucan gübresi üreticileri bir hayli fazladır. Bakanlık tarafından sağlanacak desteklerle bu üreticilerde işlerini daha da büyüterek denetimli bir şekilde üretimini gerçekleştirmeleri sağlanmalıdır.

Üreticiler ve üretimde kullanılan solucanlar kayıt altına alınarak solucan kayıplarının nedenleri, elde edilen solucan gübresinin kalitesi, verimliliği izlenip denetlenebilir.

KOSGEB gibi kuruluşlar solucan gübresi üreticilerine hibe ve kredi gibi destekler sağlayarak solucan gübresi üretimine ve üreticilere destek olmaktadır.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Solucan gübresi üretiminde üreticilerin önemli problemlerinden biri olan solucan ve kokon kayıpları sonucunda üreticilerin yeni solucan alımları yapmasını gerektirmektedir. Yeni alınan solucanların küçük, hastalıklı vb sıkıntıları olması üreticilerin ellerinde bulunan solucanlarında hastalanmasına ve üretimlerinin azalmasına sebep olmaktadır. Tasarlanan sistem ile birlikte solucan ve kokon kayıpları en aza indirilerek solucanların daha fazla üremesi sağlanmış olup hastalık gibi diğer zararlarında etkisini engellemiştir.

Tasarlanan sistem ile birlikte üretim kabının sıcaklık ve neminin kontrolü sağlanarak solucan ve kokonların sağlıklı bir şekilde gelişmeleri ve verimli bir şekilde gübre üretimi yapmaları üreticiler açısından kullanışlı uzun ömürlü ve maliyeti düşük bir sistemdir.

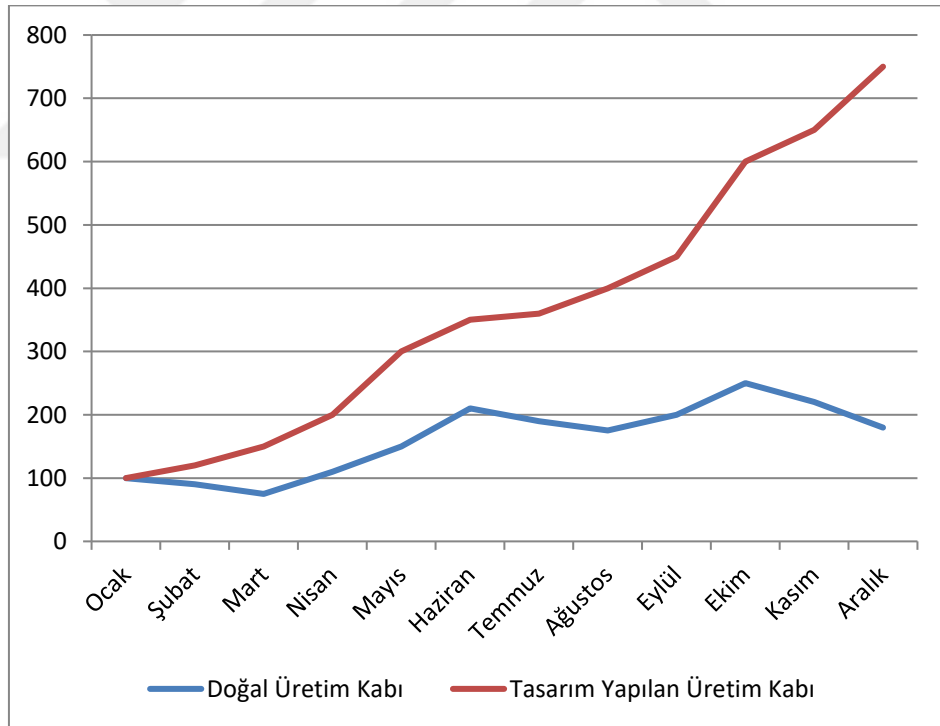
Tasarlanan üretim kabının fabrikasyon olarak üretimi maliyeti daha da düşürecektir. Sistemin maliyetinin azaltılması doğrultusunda hızlı bir şekilde yaygınlaşması sağlanacaktır. Bu doğrultuda Türkiye’de solucan gübresi üretim miktarında artış olacağı görülecektir. Solucan gübresi üretiminin artması ile kimyasal gübre kullanımında azalma, vermikompost üreticilerinin gelirinde artma, çiftçilerin maliyetlerinde azalma sağlanacaktır. Üretim kabının iç sıcaklığı ve nemi ölçülürken aynı zamanda dış sıcaklığı da ölçüldüğünden dolayı veri tabanı oluşturularak sıcaklık değerlerine göre gerekli tedbirler alınması ön görülebilecektir.

Solucan gübresi malzemesi üretim alanında çalışma yapacaklar için tasarlanan sistemin farklı solucan türleri ile de çalışmalar yaparak verimlilik oranı belirlenip solucanlar arası verimlilik karşılaştırmaları da yapılabilir. Ayrıca üretim kabına sıvı gübre bölümü ve bu bölüme sıvı seviye sensörü bağlanarak sıvı gübre bölümündeki doluluk oranı kontrol altına alınarak elde edilen sıvı gübrenin üretim kabının sıvı gübre bölümünden dışarı taşması engellenerek gübre kayıplarının önüne geçilebilir. Aynı zamanda sisteme güneş enerjisi panelleri ve aküler yerleştirilerek enerji maliyeti de düşürülebilir.

Üretim kabı içindeki ısıl dengeyi düzenlemek için çalışmalar yapılmakta olup yapılan çalışmalarda dış ortam tümüyle ısıtılıp soğutularak ısıl denge düzenlemeye çalışılmıştır. Ancak yapılan bu çalışmalarda kompost içerisinde ısı yayılımı geç olduğu için ısıtma ve soğutma da enerji sarfiyatı artmakta ve üretim kapları kapalı ortamlara bağımlı kalmaktadır. Tasarlanan üretim kabı sisteminde bulanık mantık ile üretim kabının iç sıcaklığı kontrol altında tutulmakta, üretim kabının nem dengesini düzenlemek için nemlendirme sistemi ve fan kullanılmaktadır.

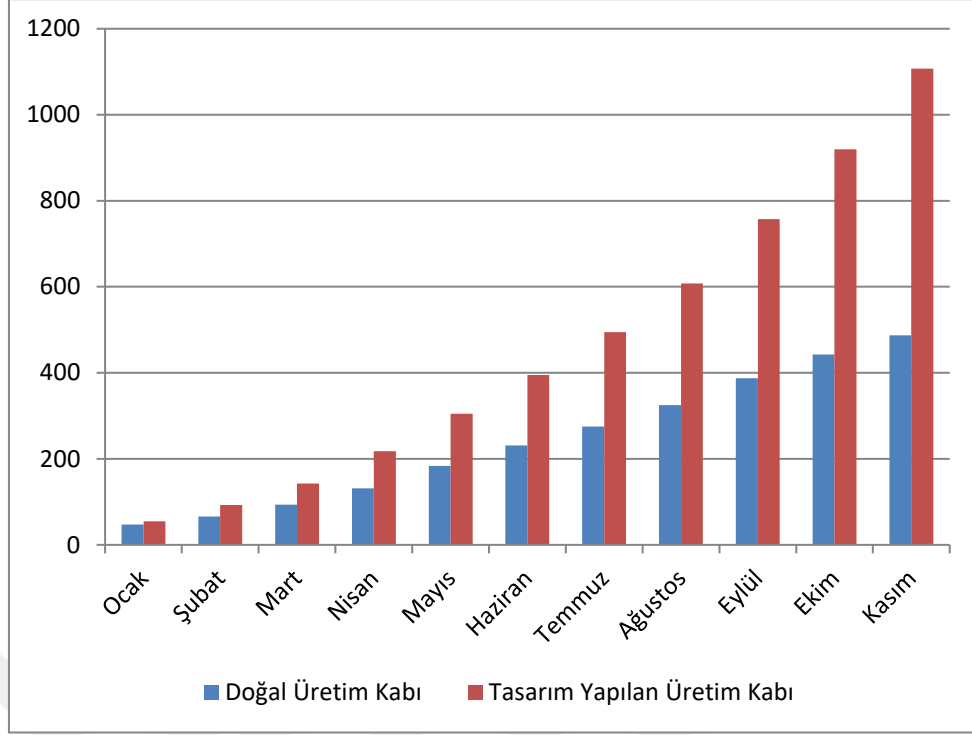


Gözlem süreci aşamasında doğal üretim kabı ve tasarlanan sistemin yerleştirildiği üretim kabında yapılan gözlemlerde soğuk hava şartlarında solucanların hareketlerinin doğal üretim kabında azaldığı, kokon oluşumunda ve kokondan çıkan yavru solucan sayısında azalma ve bunlara bağlı olarak gübre üretiminde büyük oranda azalma meydana geldiği görülmüştür. Fakat sistem yerleştirilen üretim kabındaki gözlemlerde bu değerlerde bir azalma olmadığı görülmüştür. Solucanların bu soğuk havaları sağlıklı şekilde geçirebilmeleri için üretim kabının içine ısıtma sistemi uygulanmıştır. İstenilen sıcaklığa bulanık mantık kullanılarak daha kolay ulaşıldığı yapılan araştırmalarda görüldüğü için tasarlanan sistemde de bulanık mantık kullanılarak üretim kabının sıcaklığı istenilen seviyede tutulmuştur. Bu sayede solucanların ve kokonların gelişmesi ve gübre üretiminin artması sağlanmaktadır. Sıcak havalarda ise tasarlanan üretim kabında soğutma gerçekleştirilerek solucanların aşırı sıcaktan ölmeleri, üretim kabını terk etmelerinin ve gübre üretiminin azalmasının önüne geçilmiştir. Şekil 5.1’de solucan sayısının aylara göre değişim grafiği verilmiştir.



**Şekil 5.1.** Solucan sayısı değişim grafiği

Şekil 5.2’de elde edilen solucan gübresinin aylara göre değişim grafiği verilmiştir.



**Şekil 5.2.** Elde edilen solucan gübresi değişim grafiği

Yapılan bu çalışmada dış sıcaklık, üretim kabı iç sıcaklık ve üretim kabı içi nem değerleri veri tabanına kayıt edilerek kapsamlı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Üretim kabının kontrolünü sağlamak için web ara yüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen web ara yüzüne cep telefonu, tablet ve bilgisayar kullanılarak üretim kabının kontrolü uzaktan basit bir şekilde yapılabilmektedir.

Yapılmış bu tez çalışmasının literatüre en önemli katkıları, web üzerinden çeşitli bilgisayar, cep telefonu, tablet gibi cihazlarla üretim kabının kontrolünü ve takibinin yapılmasının sağlanması, elle ve bulanık mantık kullanarak kontrolün gerçekleştirilebilmesi ve tasarlanan sistemin uyarlanabilir bir yapıya sahip olmasıdır. Tasarlanan üretim kabı sistemine farklı sensörler eklenerek üretim kabının daha da kullanılabilir hale geleceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akıllı, A., Atıl, H., 2014. Süt sığırcılığında yapay zekâ teknolojisi, bulanık mantık ve yapay sinir ağları. *Hayvansal Üretim*, 55(1), 39-45.
- Altaş, İ. H., 1999. Bulanık mantık: bulanıklılık kavramı, *3e (Enerji, Elektrik, Elektromekanik) Dergisi*, (62), 80-85.
- Anonim,2019a. Kırmızı Kaliforniya Solucanı, <http://argesol.com/solucan-gubresi-ve-kirmizi-kaliforniya-solucani-uretimi-hakkinda-bilgiler.php#undefined4> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019b. Arduino, <https://www.nedir.com/arduino>(Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019c. Arduino, <https://www.nedir.com/arduino> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019d. Arduino nedir?, <http://arduinoturkiye.com/arduino-nedir-ve-ne-degildir/> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019e. Arduino Mega, <https://www.robotistan.com/orjinal-arduino-mega-2560-r3-yeni-versiyon-1> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019f. Arduino Mega, <http://arduinoturkiye.com/arduino-mega-2560-nedir/> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019g. Sensör Nedir?, <https://maker.robotistan.com/robot-kontrolculeri-sensorler/> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019h. <https://www.ilkerunal.com/wp-content/uploads/2013/11/hafta8.ppt> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019ı. DHT22, <https://www.robotistan.com/dht22-sicaklik-ve-nem-sensoru-am2302> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019i. DHT11, <http://www.roboweb.net/dht-11-sicaklik-ve-nem-sensoru-rw-ml-1584.html> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019j. Termoelektronik Soğutucu Nasıl Çalışır?, <http://320volt.com/peltier-termoelektrik-sogutucu-nedir-nasil-calisir/> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019k. Peltier Nedir? Nasıl Çalışır?, <http://elektronikhobi.net/peltier-nedir-nasil-calisir/> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- Anonim,2019l. Peltier kullanım alanları, <http://maycalistaylari.comu.edu.tr/maycalistaylari/index.php/2012-02-04-12-33-34/lise-3/katilimci-projeleri-dosyalari?download=191:katilimci-projeleri-dosyalari&start=20> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)

Anonim,2019m. Toprak Nem Ölçer,  
http://www.elektrohobim.com/index.php/arduino/sensorler/toprak-nem-olcer (Erişim Tarihi: 15.05.2019)

Anonim,2019n. DS18B20, https://320volt.com/ds18b20-hakkinda-turkce-bilgiler-ve-hitech-c-uygulama-ornegi/ (Erişim Tarihi: 15.05.2019)

Anonim,2019n. Vermikompostun Kullanım Alanları,  
http://www.dunyagida.com.tr/haber/solucan-gubresi-vermikompost-iiivermikompostun-kullanim-alanlari/4341

Baier-Anderson, C., Anderson, R.S., 2000. The effects of Chlorothalonil on oyster hemocyte activation, Phagocytosis, reduced pyridine nucleotides, and reactive oxygen species production. *Environmental Research*, 83(1), 72-78

Baykal, N., Beyan, T., 2004. Bulanık Mantık İlke Ve Temelleri, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 406s.

Bulgurcu, H., 2005. İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Otomatik Kontrol, 308s, Doğa Teknik Yayın no:02 İstanbul 2005

Chen, G., Pham, T., 2000. Introduction To Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, And Fuzzy Control Systems 1st Edition, Boca Raton

Chernyak, S. M., Rice, C.P., McConnell, L.L., 1996. Evidence of currently-used pesticides in air, ice, fog, seawater and surface micro layer in the Bering and Chukchi seas. *Marine Pollution Bulletin*, 32(5), 410-419.

Edwards, C.A., Bohlen, P.J., 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd., Ed. Chapman and Hall, New York.

Edwards, C.A., 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 24, 21-31.

Edwards, C.A., 1995. Commercial and environmental potential of vermicomposting, A historical overview. *BioCycle*, June, 62-63.

Edwards, C.A., 1998. The use of earthworm in the breakdown and management of organic waste. In, *Earthworm Ecology*. ACA Press LLC, Boca Raton, FL., 327-354.

Enokela, J. A., Othoigbe, T. O., 2015. An automated greenhouse control system using Arduino prototyping platform. *Australian Journal of Engineering Research*, 1(1), 64-73.

Fidan, U., Bay, Ö. F., 2002. Bulanık Mantık Tabanlı Mikro Denetleyicili Sıcaklık Denetim Sistemi. *Politeknik Dergisi*, 5(2), 111-119.

Kadallı, G.G., Devı, L.S., Siddaramappa, R., JOHN, E. 2000. Characterization of humic fractions extracted from coir dust-based.

- Karadavut, U., Akkaptan, A., 2012. Bitkisel üretimde bulanık mantık uygulamaları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (2), 77-82.
- Karadeniz, E., Yılmaz, E., Altan, Ö., 2013. Kızılötesi mesafe ölçümü ile motorda hız kontrolü, Lisans Bitirme Projesi.
- Koçak, E., 2010. Alternatörlerde Hata Teşhisinin Gerçek Zamanlı Olarak Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye.
- Kosar, Bahir, 2016. Arduino based smart home automation system KOSAR SALIH BAHIR BAHIR 2016.
- Kavdir, I., Guyer, D. E., 2004. Apple grading using fuzzy logic. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(6), 375-382.
- Latha, M., Poojith, A., Reddy, B. A., Kumar, G. V., 2014. Image processing in agriculture. *International journal of innovative research in electrical, electronics, instrumentation and control engineering*, 2(6).
- Mamdani, E., 1977. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. *computers, IEEE Transactions On*, 100(12), 1182-1191.
- Manivannan, S., Ramamoorthy, P., Parthasarathi K., Ranganathan, L.S. 2004. Effect of sugar industrial waster on the growth and reproduction of earthworms. *Ind. J. Exp. Zool.*, 7, 29-37
- Mansor, H., Noor, S. M., Ahmad, R. R., Taip, F. S., Lutfy, O. F., 2010. Intelligent control of grain drying process using fuzzy logic controller. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2), 145-149.
- May, Z., Amaran, M. H., 2011. Automated ripeness assessment of oil palm fruit using RGB and fuzzy logic technique. In *Proc. the 13th WSEAS International Conference on Mathematical and Computational Methods in Science and Engineering (MACMESE 2011)*, Wisconsin, USA (52-59).
- Naik, P., Kumbi, A., Vishwanath Hiregoudar, C. N., Pavitra HK, S. B., Sushmita JH, P. K. 2017. Arduino Based Automatic Irrigation System Using IoT. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, IJSRCSEIT*, 2(3).
- Patil, P., Kulkarni, U., Desai, B. L., Benagi, V. I., Naragund, V. B., 2012. Fuzzy logic based irrigation control system using wireless sensor network for precision agriculture. *Agro-Informatics and Precision Agriculture (AIPA)*.
- Pichan, M., Rastegar, H., Monfared, M., 2012. Fuzzy-based Direct Power Control of Doubly Fed Induction generator-based wind energy conversion systems. In *2012 2nd International eConference on Computer and Knowledge Engineering (ICCCKE)* (66-70), IEEE.

- Price, J.S., Phillips, V.R., 1990. An improved mechanical separator for removing live worms from worm-worked organic wastes. *Biological wastes*, 33,25-37.
- Ross, T. J., 2009. *Fuzzy Logic With Engineering Applications*. John Wiley&Sons.
- Sarıtaş, İ., 2008. Elektromanyetik Filtre Tasarımı ve Yapay Zeka Yöntemleriyle Adaptif Kontrolü, Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye
- Shirsath, D. O.,2017. Shirsath, D. O., Kamble, P., Mane, R., Kolap, A., More, R. S. 2017. IoT based smart greenhouse automation using Arduino. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 5(2), 234-8.
- Tavalı İ.E.,2011. Farklı dozlarda uygulanan vermikompostun toprağın enzim aktivitesi ve bakteriyel varlığı üzerine etkisi.
- Yang, C. C., Prasher, S. O., Landry, J. A., Perret, J., Ramaswamy, H. S.,2000. Recognition of weeds with image processing and their use with fuzzy logic for precision farming. *Canadian Agricultural Engineering*, 42(4), 195-200.
- Zachariadis, S., Kaskalis, T. H., 2012. An Embedded System for Smart Vineyard Agriculture. In 2nd Pan-Hellenic Conference on Electronics and Telecommunications-PACET (Vol. 12).
- Zadeh, L. A., 1965. *Fuzzy Sets*. *Information And Control*, 8(3), 338-353.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : Hüseyin UYGUR  
**Doğum Yeri ve Yılı** : Burdur/ Ağlasun - 1989  
**E mail** : huseyin.uygur@hotmail.com



<u>Eğitim Durumu</u>		<u>Yıl</u>
<b>Yüksek Lisans</b>	<b>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi(BURDUR)</b> Malzeme Teknolojileri Mühendisliği	2015- .....
<b>Lisans</b>	<b>Süleyman Demirel Üniversitesi(İSPARTA)</b> Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği	2008 – 2013
<b>Lise</b>	<b>Bucak Endüstri Meslek Lisesi(BURDUR)</b> Bilgisayar(Yazılım)	2001 – 2005
<b>İlköğrenim</b>	<b>Yazır İlkokulu (BURDUR)</b> İlköğretim	1995 – 2000
	<b>Şehit Bayram Yeşil İlköğretim Okulu (BURDUR)</b> İlköğretim	2000 – 2003

<u>Deneyim - Staj</u>	<u>Yıl</u>
<b>Milli Eğitim Bakanlığı</b> (Bilişim Teknolojileri Öğretmeni)	2016 - .....
<b>Ağlasun Yeşilbaşköy Orta Okulu</b> (Bilişim Teknolojileri ve Yazılım Öğretmeni)	2015 - 2016
<b>Ağlasun Fatih Sultan Mehmet Orta Okulu</b> (Bilişim Teknolojileri ve Yazılım Öğretmeni)	2014 - 2016
<b>Ağlasun Yunus Emre Orta Okulu</b> (Bilişim Teknolojileri ve Yazılım Öğretmeni)	2014 - 2015
<b>Ağlasun Mamak Orta Okulu</b> (Bilişim Teknolojileri ve Yazılım Öğretmeni)	2014 - 2015
<b>Kadıoğlu Ağaç Sanayi Ve Pvc Sistemleri</b> Staj(Otomasyon)	2013
<b>BİLSER Bilgi İşlem Tic.Ltd.Şti.</b> Staj(Yazılım)	2012
<b>Dilara Bilgisayar Elektronik Reklamcılık Sigorta Aracılık Hizm.</b> <b>Turizm Sanayi ve Tic.Ltd. ŞTİ</b> Staj(Donanım-Ağ)	2011
<b>Bucak Bilgisayar Merkezi</b> Staj(Donanım-Yazılım)	2005

## **Akademik Çalışmalar:**

2016 Uygur H.,Işık A.H., Yeşil Bilişim Hakkında Farkındalık Çalışması;  
Uluslararası Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Konferansı,  
Tekirdağ.

