

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SULAMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE SU OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

METİN ÇELİK

TEZ DANIŞMANI  
DR. ÖĞR. ÜYESİ NAZİM İMAL

BİLECİK, 2024  
10678304

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SULAMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE SU OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

METİN ÇELİK

TEZ DANIŞMANI  
DR. ÖĞR. ÜYESİ NAZİM İMAL

BİLECİK, 2024  
10678304

## BEYAN

“Sulama Sistemlerinde Enerji ve Su Optimizasyonu” adlı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel ahlak kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
<b>DESTEK ALINMIŞTIR</b>		<b>DESTEK ALINMAMIŞTIR</b>	X
<b>Destek alındı ise;</b>			
<b>Destekleyen kurum;</b>			
<b>Desteğin Türü</b>		<b>Proje Numarası</b>	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;..... ..... .....			
<b>ETİK KURUL onayı var ise;</b>			
<b>ETİK KURUL karar tarih/sayı:</b>		...../..... ..... .....	

METİN ÇELİK

..../...../2024

İmza

## ÖN SÖZ

Beni yüksek lisans sürecine yönlendiren ve teşvik eden, tez yazım sürecinde zamanından fedakârlıkta bulunan, emekleriyle bana rehber olan ve bu süreçlerde benden desteğini esirgemeyen, başta danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Nazım İMAL olmak üzere tüm hocalarıma teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans süreçlerinde her daim yanımda olan ve bugünlere gelmemde büyük emeği geçen, hakkını ödeyemeyeceğim anneme, babama ve eşime, moral ve motivasyon kaynağım olan canım kızlarım Havva Sare, Meryem Erva ve Zeynep Zehra'ya da çok çok teşekkür ederim.

**Metin Çelik**

**2024**

## ÖZET

### SULAMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE SU OPTİMİZASYONU

Su kontrol sistemleri için zaruri olan kısıtlı miktardaki kullanılabilir su kaynaklarının geçmişe oranla daha etkili, verimli ve tasarruflu kullanılma zorunluluğu, bu tezin ve tez içerisinde ortaya konulan donanımsal algoritmanın ortaya çıkarılmasında etkili olmuştur. Su kontrol sistemlerinin otomatik kontrolü geçmişte sadece valf ve şamandıradan ibaret bir şekilde tasarlanırken, günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte basınç şalterleri ve sensör teknolojileri de sistem tasarımlarında yer almaya başlamış olmakla birlikte bu sistemler sürekli gelişim arz etmektedir. Burada gerçekleştirilen çalışmada; toprak nem sensörü, hava sıcaklık sensörü ile kuyu, depo ve hidrofor tankına ait üçlü model üzerinde elektrot algılayıcılar kullanılarak, su kontrol sistemlerinde enerji ve su optimizasyonu ile değişken durumlara uyumlu olarak aktif modülasyonda gerçekleştirilmiştir. Elektrik enerjisinin üretiminde, değişken maliyetli farklı yöntemler kullanılmakla birlikte, enerji ekonomisinin sağlanması adına, bu enerjinin su kontrol sistemlerinde tasarruflu kullanılması da azımsanmayacak derecede önem arz etmektedir. Burada, sulama amaçlı kullanılan su tüketiminde, bitkinin su ihtiyacının yeterli miktarda karşılanma durumu simülatif olarak benzetilerek, su kaynaklarından çekilen suyun ve su kontrol sistemlerinin çalışmasında kullanılan elektrik enerjisinin minimuma indirgenmesini amaçlayan bir çalışma gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler açıklanmıştır. Sistemin çalışmasının temel şartları; hava sıcaklığı ve toprağın nem durumunun gerektirmesine bağlı olarak, kaynak depoda suyun, tesisatta ise elektrik enerjisinin mevcut olmasıdır. Çalışmada toprak, bitkisel su tercihleri ve atmosferik verilerin dışında; su kaynağı, depolama sistemleri ve su kontrol sistemlerinden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Sulama sistemlerinde su ve enerji tasarrufunun en etkili ve verimli yöntemleri algoritmalar kullanılarak modellenmiş ve açıklanmıştır. Verilerin değerlendirilmesi belirlediğimiz kriterlere göre, mikroişlemci mimarisini içeren "PIC" yapısı üzerinde otomatik olarak yapılmakta olup, sistem farklı mimari yapılara da entegre edilebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kontrol, Optimizasyon, Su kontrol sistemi, Enerji verimliliği.

## ABSTRACT

### ENERGY AND WATER OPTIMIZATION IN IRRIGATION SYSTEMS

The necessity for more effective, efficient, and economical use of the limited available water resources, which are also essential for irrigation systems, compared to the past, has been influential in the emergence of this thesis and the hardware algorithm presented within it. While irrigation system control in the past was only designed with valves and floats, nowadays, with advancing technology, pressure switches and sensor technologies have also begun to be included in system designs, and these systems are constantly evolving. In this study, using electrode sensors on a triple model consisting of soil moisture sensor, air temperature sensor, and well, tank, and hydrophore tank, active modulation compatible with variable conditions has been achieved through smart learning for energy and water optimization in irrigation systems. Although various methods with variable costs are used in the production of electric energy, it is also considerably important for energy economy that this energy be used efficiently in irrigation systems. Here, a study that is conducted aiming to minimize the electric energy used in the operation of irrigation systems and the water drawn from water sources, simulating the situation where the water needs of the plant are adequately met in agricultural water consumption, and the obtained data are explained. The basic requirements for the operation of the system are the availability of water in the source tank depending on the air temperature and soil moisture status, and the availability of electric energy in the installation. In the study, in addition to soil, plant water preferences, and atmospheric data, data obtained from water sources, storage systems, and irrigation systems are evaluated. The most effective and efficient methods of saving water and energy in irrigation systems are modeled and explained using algorithms. The evaluation of the data is carried out automatically on the "PIC" structure containing the microprocessor architecture, according to the criteria we have determined, and the system can also be integrated into different architectural structures.

**Keywords:** Control, Optimization, Irrigation system, Energy efficiency.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ .....	x
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Literatür Taraması .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Tezin İçeriği ve Amacı .....</b>	<b>2</b>
<b>2. ENERJİNİN ÖNEMİ VE ENERJİ ÜRETİMİ.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Tarımsal Faaliyetlerde Güç ve Enerji Kavramı.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Elektrik Enerjisi Üretim Yöntemleri Ve Avantajları / Dezavantajları.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1. Nükleer enerjiden elektrik enerjisi üretim yöntemleri.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2. Fosil yakıtlardan elektrik enerjisi üretim yöntemleri .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3. Yenilenebilir enerjiden elektrik enerjisi üretim yöntemleri .....</b>	<b>8</b>
<b>3. SULAMA ESASLI SU KONTROL SİSTEMLERİ VE AVANTAJLARI /</b>	
<b>DEZAVANTAJLARI.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Basıncsız Sulama Sistemleri .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.1. Salma sulama sistemleri.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.2. Tava sulama sistemleri.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.3. Karık sulama sistemleri .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Elektro-Mekanik Basıncılı Sulama Sistemleri.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2.1. Yağmurlama sulama sistemleri.....</b>	<b>13</b>

3.2.2. Damla sulama sistemleri .....	14
3.3. Otomatik Su Kontrol Sistemleri .....	15
<b>4. OPTİMİZASYON SİSTEMİ TASARIMINDA KULLANILAN ALGILAYICILAR VE KONTROL EKİPMANLARI.....</b>	<b>16</b>
4.1. Elektronik Algılayıcılar .....	16
4.1.1. Toprak nem sensörü .....	16
4.1.2. Hava sıcaklık sensörü .....	17
4.1.3. Su seviye ölçüm cihazı / şamandıra / seviye sensörü.....	17
4.1.4. Hidrofor basınç şalteri.....	17
4.2. Kontrol Ekipmanları .....	18
4.2.1. Pasif kontrol katı.....	19
4.2.2. Aktif kontrol katı. ....	19
4.2.3. Sürücü kat.....	19
4.2.4. Kontrol sistemleri.....	20
4.2.5. Mikroişlemci yapılar.....	20
4.2.6. Mikrodenetleyiciler ve programlayıcılar. ....	20
<b>5. SU KONTROL SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE SU OPTİMİZASYONU .....</b>	<b>23</b>
5.1. Su Kontrol Sistemlerinin Optimizasyonu .....	24
5.2. Kaynak, Depo ve Hidrofor Temelli Örnek Su Kontrol Optimizasyonu Uygulaması .....	24
5.3. Su Kontrol Optimizasyonunda Dikkat Edilmesi Gereken Esaslar .....	25
5.4. Kontrol Sistemlerinde Tercih Edilebilen Yazılımlar .....	26
5.5. Uygulamada Kullanılan Algoritma ve Akış Şeması.....	27
5.6. Uygulamada Karşılaşılan Özel Durumlar ve Açıklamalar .....	28
5.7. Kullanılan Yazılımdaki Sabitler ve Değişkenler .....	35
5.8. Sistemin Çalışmasında Elde Edilen Veriler .....	36
5.9. Tasarlanan Sistemin Avantajları.....	38

5.10.Sistemin Çalışmasında Karşılaşılabilecek Olası Riskler ve Çözümler .....	39
5. SONUÇ .....	41
KAYNAKÇA .....	43
EKLER.....	46

## TABLULAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 2.1.</b> Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Birincil Kaynaklara Göre Üretim Miktarları Ve Oranları – 2021 .....	<b>9</b>
<b>Tablo 5.1.</b> Selenoid Valf Kontrol Verileri İçin Doğruluk Tablosu ve Olası Senaryolar .....	<b>36</b>
<b>Tablo 5.2.</b> Alt Motor (M1) Kontrol Verileri İçin Doğruluk Tablosu ve Olası Senaryolar .....	<b>37</b>
<b>Tablo 5.3.</b> Üst Motor (M2) Kontrol Verileri İçin Doğruluk Tablosu ve Olası Senaryolar .....	<b>38</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Hasat İşleminde Enerji ve Yakıt Kullanımı .....	4
Şekil 2.2. Türkiye'nin 2021 Yılı Net Elektrik Tüketiminin Sektörel Dağılımı – 2021 .....	5
Şekil 2.3. Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynakları .....	6
Şekil 2.4. Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretim Yöntemleri .....	8
Şekil 3.1. Salma Sulama .....	11
Şekil 3.2. Tava Sulama .....	12
Şekil 3.3. Karık Sulama .....	13
Şekil 3.4. Elektro-Mekanik Basınçlı Sulama .....	13
Şekil 3.5. Yağmurlama Sulama.....	14
Şekil 3.6. Damla Sulama.....	14
Şekil 4.1. Toprak Nem Sensörü .....	16
Şekil 4.2. Hava Sıcaklık Sensörü .....	17
Şekil 4.3. Şamandıra .....	17
Şekil 4.4. Hidrofor Basınç Şalteri .....	18
Şekil 4.5. Programlayıcı İçermeyen Su Kontrolü Amaçlı Pasif Kontrol Devresi.....	18
Şekil 4.6. Aktif Kontrol Devresi .....	19
Şekil 4.7. Sürücü Katı .....	20
Şekil 4.8. PIC16F874A/877A Mikrodenetleyici ve Pinleri .....	21
Şekil 4.9. Yazılan Programın Makine Diline Dönüştürülmesi .....	22
Şekil 5.1. Tasarlanan Su Kontrol Otomasyonu.....	23
Şekil 5.2. Tasarlanan Su Kontrol Otomasyonu Prensiş Şeması .....	27
Şekil 5.3. Kaynakta ve Tankta Suyun; Hidroforda Yeterli Basıncın Olmaması Durumu – 1 .	29
Şekil 5.4. Kaynakta ve Tankta Suyun; Hidroforda Yeterli Basıncın Olmaması Durumu – 2 .	30

<b>Şekil 5.5.</b> Kaynakta Suyun Olması; Tankta Suyun ve Hidroforda Yeterli Basıncın Olmaması Durumu .....	<b>31</b>
<b>Şekil 5.6.</b> Kaynakta ve Tankta Suyun Olması; Hidroforda Yeterli Basıncın Olmaması Durumu .....	<b>32</b>
<b>Şekil 5.7.</b> Kaynakta ve Tankta Suyun; Hidroforda Yeterli Basıncın Olma Durumu – 1 .....	<b>33</b>
<b>Şekil 5.8.</b> Kaynakta ve Tankta Suyun; Hidroforda Yeterli Basıncın Olma Durumu – 2 .....	<b>33</b>
<b>Şekil 5.9.</b> Kaynakta ve Tankta Suyun; Hidroforda Yeterli Basıncın Olma Durumu – 3 .....	<b>34</b>
<b>Şekil 5.10.</b> Kaynakta ve Tankta Suyun; Hidroforda Yeterli Basıncın Olma Durumu – 4 .....	<b>35</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

**B** : Voltaj kaynağı (Batarya)

**C** : Programlama dili / Kondansatör

**D** : Diyot

**DC** : Doğru akım

**EC** : Elektriksel iletkenlik

**GWh** : Gigawatt saat

**HDL** : Donanım açıklama dili

**IoT** : Nesnelerin interneti

**M** : Motor

**MW** : Megawatt

**MWh** : Megawatt saat

**NGS** : Nükleer güç santrali

**pH** : Potansiyel hidrojen

**PIC** : Çevresel ünite denetleme arabirimi (Mikrodenetleyici)

**PV** : Fotovoltaik

**R** : Direnç

**RL** : Röle

**TEDAŞ** : Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

**V** : Volt

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, artan insan nüfusunun gıda ihtiyacını karşılayabilmek için, bu ihtiyacı karşılamada en önemli unsurlarından biri su kaynaklarının verimli kullanılmasıdır. Enerji kullanımının yoğunluk arz edebildiği su kontrol sistemlerinde, algoritmik kontrol sistemlerini aktif kılan metodolojik yaklaşımların kullanımı, özellikle günümüz şartlarında büyük önem arz etmektedir. Kısıtlı enerji ve su kaynaklarının en uygun biçimde ve verimli kullanımının sağlanabilmesi her ne kadar son karar verici insanlara bağlı olsa da sistematik olarak iyi tasarlanmış bir sistemde, insanların müdahalesine minimum ihtiyaç duyularak olumlu sonuçlar alınabilir.

Bir su kontrol sisteminde sistemin temel girdileri olarak; kaynaktaki su miktarı, atmosferik sıcaklık, toprağın nemi vb. bilgilerin, kontrol ünitesi içerisinde yer alan mikroişlemci denetleyicisine tanımlanan kurallar ışığında mantıksal bir süzgeç içerisinde değerlendirilmeleri yer almaktadır. Mikroişlemciye tanımlanan kurallar Micro C programı kullanılarak C dilinde oluşturulmuş ve denetleyiciye yüklenmiştir. Normal şartlarda, klasik olarak kontrol ve karar mekanizmalarının manuel olarak gerçekleştirildiği benzer uygulamalardan daha iyi şartlarda çözüm oluşturulabileceği görüşü ile burada daha bilimsel bir metodolojik yaklaşım ele alınmaktadır.

Öne sürülen bilimsel ve teknolojik yaklaşımların ayrıntıları, çalışma içerisinde belirtilmekte olup, sağlanabilecek kazanımlara ait değerlendirmeler de ayrıca açıklanmaktadır.

### 1.1. Literatür Taraması

Van der Helm v.d. 2011 yılında gerçekleştirdikleri “Model-based operation in the water cycle” adlı çalışmalarında su döngüsünde model tabanlı işletim üzerinde durmuşlardır. Çakır ve Çalış 2007 yılında “Uzaktan Kontrollü Otomatik Sulama Sistemi Tasarımı ve Uygulaması” konulu çalışmalarında su kontrol sisteminin uzaktan kontrolü üzerinde durmuşlardır. Özkaya v.d. 2005 yılında gerçekleştirdikleri “İçme Suyu Şebekesi Kontrol Otomasyonu” konulu çalışmada benzer biçimde suyun temini üzerinde durmuşlardır.

Benyezza v.d. 2021 yılında gerçekleştirdikleri “Zoning irrigation smart system based on fuzzy control technology and IoT for water and energy saving” adlı çalışmalarında, Obaideen v.d. 2022 yılında gerçekleştirdikleri “An overview of smart irrigation systems using IoT” adlı çalışmalarında, Gamal v.d. 2023 yılında gerçekleştirdikleri “Smart Irrigation Systems: Overview” adlı çalışmalarında, Boursianis v.d. 2020 yılında gerçekleştirdikleri “Smart irrigation system for precision agriculture—The AREThOU5A IoT platform” adlı

çalışmalarında, Bülbül ve Öztürk 2022 yılında gerçekleştirdikleri “Optimization, modeling and implementation of plant water consumption control using genetic algorithm and artificial neural network in a hybrid structure” adlı çalışmalarında, genel olarak toprağın nemini ve havanın sıcaklığını kontrole dayalı olarak mevcut su kontrol sistemlerine katkı sağlayabilecek yaklaşımlar üzerinde durmuşlardır.

Cáceres v.d. 2021 yılında gerçekleştirdikleri “Smart farm irrigation: Model predictive control for economic optimal irrigation in agriculture” adlı çalışmalarında zirai su kontrol sistemlerinde ekonomik yaklaşımlı kontrol üzerinde durmuşlardır.

Yukarıda belirtilen literatür çalışmalarında, su otomasyonu, suyun verimli kullanımı, suyun temininde kararlılık sağlanması gibi faydalı yaklaşımların ortaya konuldukları anlaşılmaktadır. Bu çalışmada ise, tüm bu yaklaşımların yanı sıra yukarıdaki sistemlerin mantıksal ya da yazılımsal algoritmalarından farklı olarak ve literatüre yeni katkılar sağlayabilmek adına havanın sıcaklığını ve toprağın nemini de içeren farklı bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Rubini v.d. 2020 yılında gerçekleştirdikleri “An Efficient Energy and Water Management in Agricultural Land using Sensors and Machine Learning Algorithm” adlı çalışmalarında, makine öğrenmesi ile destekleyerek ortaya sürdükleri zirai alanlarda etkili enerji ve su yönetimi yaklaşımları ile Taştan’ın 2019 yılında gerçekleştirdiği “Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi” adlı çalışmasında, toprak nemi, hava nemi ve hava sıcaklığı parametrelerinden faydalanılarak, nesnelerin interneti (IoT) tabanlı bir akıllı su kontrol sistemini öneren yaklaşımı, kuyu, depo ve basınç sağlayıcı kombinasyonu içermeyen farklı bir çalışma olmuştur.

İmal’ın 2020 yılında gerçekleştirdiği “Su Şebeke Otomasyon Sistemi ve Uygulaması” adlı çalışması ise kuyu, depo ve basınç sağlayıcı kombinasyonu içermekle birlikte, toprağın nem ve havanın sıcaklık parametrelerini içermeyen farklı bir çalışma olmuştur.

## **1.2. Tezin İçeriği ve Amacı**

Çalışmamızda kaynak depo, dinlendirme deposu, hidrofor basıncı, hava sıcaklığı ve toprak nemi verilerinin tasarlanan sistem tarafından otomatik olarak algılanması ve bu verilerin mikroişlemci denetleyicisinde, denetleyiciye önceden tanımladığımız kurallar çerçevesinde değerlendirilmesi yapılmaktadır. Sistemde gerekli reaksiyonun otomatik olarak gerçekleşmesi ile gerekli devrelerden de yararlanılarak sistem çalışmaktadır. Kurulan sistem su kontrol sistemlerinde enerji ve su optimizasyonu için elektrik ve su kullanımında verim ve

tasarrufun sağlanabileceği biçimde uygulamalı olarak anlatılmaya çalışılmıştır. Oluşturulan optimizasyon yardımıyla su kontrol faaliyetlerinde kullanımının sağlanması ile yeterli miktarda sulama yapılarak elektrik enerjisi, zaman ve iş gücü açısından kayda değer miktar ve srelerde tasarruf elde edilecektir.

Çalışmanın temel amacı su kontrol sistemlerinde enerji ve su optimizasyonunun sağlanması, tasarlanan sistemle elektrik enerjisinin ve suyun yeterli miktarda kullanımının sağlanabilmesidir. Böylece direkt olarak ele alınmasa da, toprak nemi ve hava sıcaklığı esaslı olarak, otomasyon ile elektrik enerjisi ve su tüketimlerinden tasarruf sağlanabileceğini gösterme, çalışma içerinde açıklanmıştır.

## 2. ENERJİNİN ÖNEMİ VE ENERJİ ÜRETİMİ

Tüm fiziksel ve kimyasal faaliyetlerde olduğu gibi su otomasyon sistemlerinde de işlevlerin yerine getirilebilmesi için enerji kullanımı olmazsa olmaz bir ihtiyaçtır. Su kontrol sistemlerinde akışkanlığın sağlanması, tümüyle enerji kullanımı ile sağlanır.

Çalışmada, su kaynaklarının verimli kullanımı temel amaç olmakla birlikte, bu kazanımın sağlanmasına yönelik olarak enerji verimliliğide hedeflenmektedir.

### 2.1. Tarımsal Faaliyetlerde Güç ve Enerji Kavramı

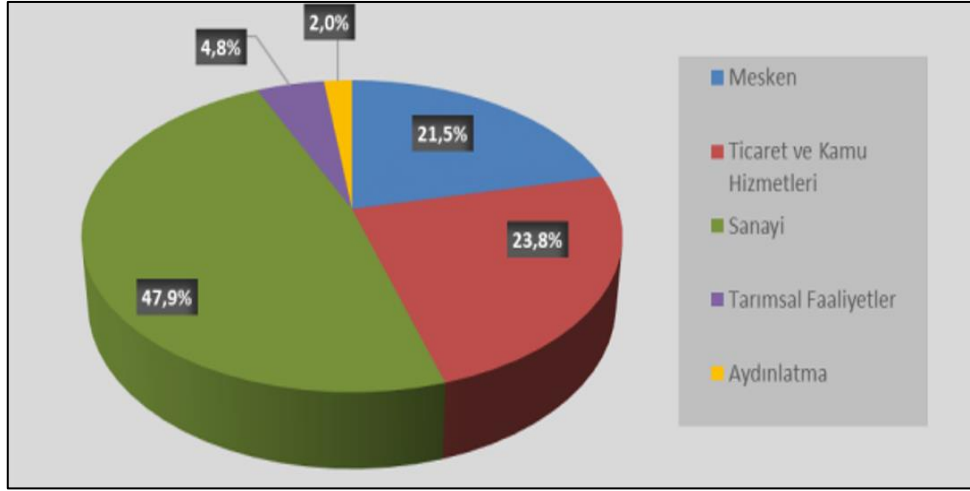
Tarımsal faaliyetlerde, su ve enerji esaslı tüketimin büyük çoğunluğu bir nimet olarak bedelsiz olarak temin edilse de ürünün dikimi, yetişmesi ve hasadında birçok aşamada ekstra enerji kullanımına zorunlu olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Aşağıda yer alan şekil 2.1’de bu kullanımın bir örneği yer almaktadır.



**Şekil 2.1.** Hasat işleminde enerji ve yakıt kullanımı

**Kaynak:** (Grapak, 2024)

Enerji, çağımızın en temel üretim kaynaklarından biri haline gelmiş ve tarım sektörü de bu kaynaktan payına düşeni almıştır. Ülkemizin, 2021 yılı net elektrik tüketiminin sektörlere göre dağılımını gösteren ve aşağıda yer alan Şekil 2.2 incelendiğinde, bu dağılımdan 47,9%’luk oranla en büyük payı sanayi sektörünün aldığı görülmekle birlikte, tarımsal faaliyetlerin de bu dağılımdan 4,8% gibi azımsanamayacak bir paya sahip olduğu görülmektedir.



**Şekil 2.2.** Türkiye'nin 2021 yılı net elektrik tüketiminin sektörel dağılımı - 2021

**Kaynak:** (Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş., 2024)

Türkiye'nin tarımsal faaliyetlerdeki yıllara sair elektrik enerjisi tüketimi incelendiğinde 1980 yılında 0,8%'lik payla, 160,30 MWh olarak gerçekleşen tüketim, 1990 yılında 1,2%'lik bir payla, 575,10 MWh olarak gerçekleşmiştir. 2000 yılına gelindiğinde ise tarımsal faaliyetlere düşen 3,1%'lik payın karşılığı 3.069,50 MWh olmuştur. Tarımsal faaliyetlerdeki elektrik tüketiminin toplam elektrik tüketimine oranı 2010 yılında 5.585,50 MWh tüketimle 3,2%'lik payı oluştururken, 2020 yılında 11.550,10 MWh tüketimle 4,4%'lük bir payı oluşturduğu görülmektedir. 2021 yılında da tarımsal faaliyetler 13.772,10 MWh'lik elektrik enerjisi tüketimi ile toplam elektrik enerjisi tüketiminden 4,8%'lik paya sahip olmuştur.

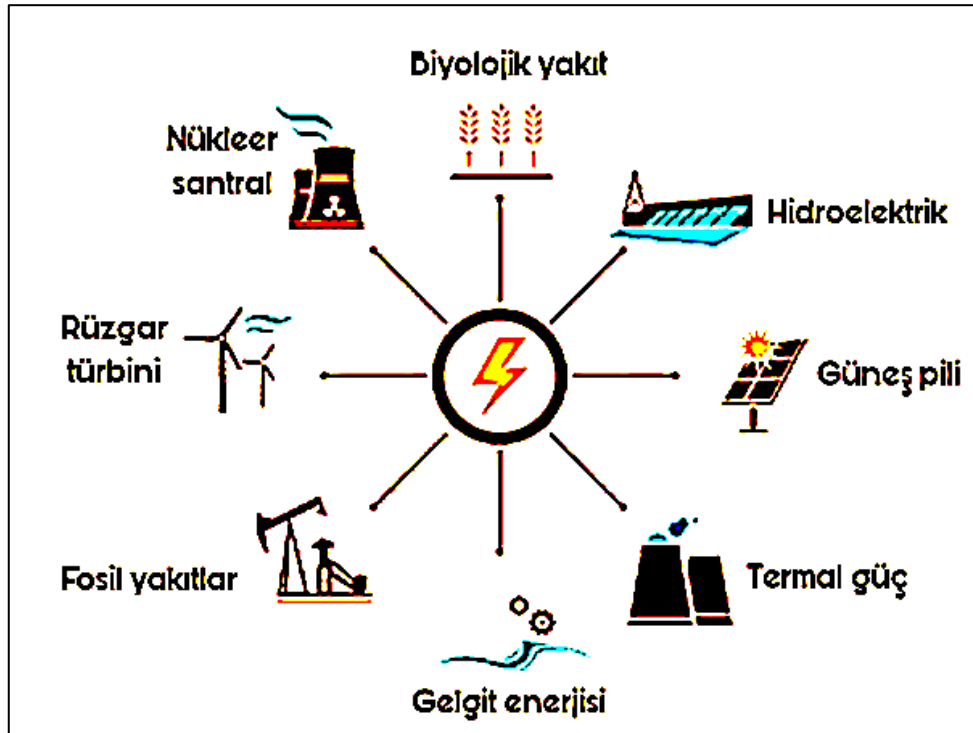
Bu incelemelerde toplam elektrik tüketiminden tarımsal faaliyetlere düşen payın oransal değerindeki artış düşük değerlerde olsa da, tüketim miktarları göz önüne alındığında tüketim miktarı artış oranının çok daha yüksek bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bu farklılık elektrik enerjisi üretiminin hızla artmasıyla açıklanabilecektir. İncelenen verilerden, tarımsal faaliyetlerin gelişimine paralel olarak bu alandaki elektrik enerjisi tüketiminin de artma eğilimini sürdürmekte olduğu değerlendirilmektedir.

Tarımsal üretimde elektrik enerjisi kullanımı yukarıda açıklanmaya çalışılan hususlardan da anlaşılacağı üzere zorunlu bir girdi olmakla birlikte, bu kapsamda suyun tasarruflu kullanımı ve verimlilik çalışmaları ile genel olarak elektrik enerjisinin daha etkin ve verimli kullanımının da sağlanabileceği öngörülmektedir.

Enerjinin kullanıldığı su kontrol sistemlerinde dağıtım şirketlerinden abonelik sistemi ile alınan elektrik enerjisinin yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarından, jeneratörlerden ve

su motorlarından elde edilen enerjinin kullanımı da önemli bir yere sahip olmaktadır. Şebekeden bağımsız olan elektrik enerjisi kaynakları, elektrik tüketiminin sektörel dağılımında yer almamakla birlikte, gerçekleştirilen çalışma bu kapsamda enerji kullanan sistemler için de fayda sağlayacaktır. Bu tür tüketimlere de, sektörel enerji dağılımı tablosunda yer verilmesi halinde enerji tüketim miktarının tarım sektöründe çok daha fazla miktarlara ulaşacağı aşikârdır. Ayrıca böyle öneme haiz bir tüketim kaleminin gerekli optimizasyonların planlanmasında ele alınması, tasarruf ve verimlilik bakımlarından fayda sağlayacaktır.

Elektrik enerjisinin tasarruflu kullanımının sağlayabileceği bir diğer avantaj olarak da tarımsal sulamadaki maliyetlerin daha karşılanabilir olması ile elektrik enerjisinde sıklıkla karşılaşılabilen kaçak kullanım oranlarında azaltıcı etkiye sahip olabileceği öngörülmektedir.



Şekil 2.3. Elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynakları

Kaynak: (Fiorsan Bilişim ve Ticaret A.Ş, 2024)

## 2.2. Elektrik Enerjisi Üretim Yöntemleri Ve Avantajları / Dezavantajları

Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar temelde üçe ayrılmış ve bu kaynaklara göre de üretim yöntemleri geliştirilmiştir. Enerji üretim kaynakları nükleer enerji, fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırılmakta olup bu kaynaklar yukarıda yer alan Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

### 2.2.1. Nükleer enerjiden elektrik enerji üretim yöntemleri

Nükleer enerjiden elektrik enerjisi üretimi, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmasada, genel enerji üretim miktarı içerisinde %10 civarında önemli bir paya sahiptir. Günümüzde uranyum, plütonyum ve toryum bilinen nükleer yakıt kaynaklarıdır. Bu yakıtların nükleer santrallerde yakılması ile nükleer enerji elde edilmektedir. Nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan atom çekirdeklerinin parçalanması (filyon) ya da iki birleşmesi (füsyon) sonucunda ortaya çıkan enerji ile su buharı elde edilir. Oluşan buharın mekanik türbinleri döndürmesi ile de elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir.

Nükleer santrallerde aktif olarak kullanılan yakıt kaynağı uranyumdur. Güvenlik nedenleri ile uranyumdan çok daha büyük enerjiye sahip plütonyum ve toryum aktif olarak kullanılamamaktadır. Güvenlik, tüm enerji üretim yöntemlerinde ön planda olsa da en güçlü enerji türü olarak nitelenen nükleer enerjinin üretiminde apayrı bir öneme sahiptir. Bu nedenle güvenlik önlemleri en üst seviyede olmalıdır. Aksi halde yaşanabilecek olumsuzluklara verilebilecek acı örnekler mevcuttur. Bunlardan birincisi olan ve en büyük nükleer santral kazası olarak nitelendirilen “Çernobil Nükleer Santral Kazası” 26 Nisan 1986'da meydana gelmiştir. Planlanan bir test deneyinin icrası esnasında vuku bulan olumsuzluklar nedeniyle bu kazanın meydana geldiği bildirilmiştir.

En büyük nükleer santral kazaları sıralamasında ikinci olarak nitelendirilen “Fukushima Daiichi Nükleer Santral Kazası” ise 11 Mart 2011 tarihinde Japonya'da meydana gelmiştir. Bu tarihte, santrale 180 km uzaklıkta ve deniz içerisinde meydana gelen 9.0 büyüklüğündeki depremin ardından dev tsunami dalgaları oluşmuş ve santralin 15 m yüksekliğindeki tsunami dalgalarının altında kalması nedeniyle elim kaza meydana gelmiştir.

Sonuç olarak her iki kaza ile birlikte Kyshtym Kazası (SSCB, 1957) ve Three Mile Island Kazası (ABD, 1979) da göstermektedir ki, nükleer santral kazalarının çok büyük ve yıllarca geçmeyen olumsuz ve ölümcül etkileri söz konusudur. Bu kazalar öngörülemeyen ya da öngörülse bile önlenemeyen sonuçları sebebiyle olumsuz etkileri günümüzde de devam etmekte olan en büyük nükleer santral kazalarıdır. Bu nedenlerle ülkemizde yapım süreci devam eden Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS) ve Sinop NGS için çevresel etkiler, güvenlik kaygıları ve atık yönetimi gibi nedenlerle bu santrallerin gerekliliği üzerine önemle düşünülmesi gerekmektedir. Nihayetinde Akkuyu NGS yapımı tamamlanma aşamasında olduğundan gerekli güvenlik önlemlerinin en üst seviyede uygulanıyor olması beklenmektedir.

### 2.2.2. Fosil yakıtlardan elektrik enerji üretim yöntemleri

Fosil yakıtlardan enerji üretimi, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Fosil yakıtlar, kömür, petrol ve doğalgaz gibi organik materyallerin milyonlarca yıl süren süreçlerle oluşmasıyla elde edilen enerji kaynaklarıdır. Bu yakıtlar, genellikle karbon ve hidrojen içerir ve yanma reaksiyonları sonucunda enerji üretirler. Termik santrallerde kömür, doğalgaz, petrol vb. kullanılarak enerji dönüşümleri gerçekleştirilir. Termik santrallerde yanma ve buhar çevrimleri sonucu enerji dönüşümleri ile başta elektrik enerjisi olmak üzere ihtiyaç duyulan üretimler gerçekleştirilir. Petrol ürünleri ise genellikle dizel jeneratörler ve taşınabilir enerji üretim ekipmanları gibi küçük ölçekli enerji üretim sistemlerinde kullanılır.

Fosil yakıtlardan elde edilen enerji, küresel enerji talebinin büyük bir kısmını karşılamaktadır. Ancak, fosil yakıtlardan enerji üretim yöntemleri çeşitli çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Özellikle sera gazlarının emisyonları ve iklim değişikliği gibi olumsuzluklar nedeniyle fosil yakıtlarından enerji üretimi olumsuz yönde değerlendirilmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir ve çevre dostu olarak görülen yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş çabaları, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimini azaltmayı hedeflemektedir.



Şekil 2.4. Yenilenebilir enerjiden elektrik enerjisi üretim yöntemleri

Kaynak: (Enerji ve Tesisat, 2024)

### 2.2.3. Yenilenebilir enerjiden elektrik enerjisi üretim yöntemleri

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğadan elde edilen ve tükenmeyen kaynaklardır. Bu enerji kaynakları genellikle çevre dostu ve sürdürülebilir olarak kabul edilir. Aşağıda yer alan Şekil 2.4'te yenilenebilir enerjiden elektrik enerjisi üretim yöntemlerine yer verilmekte iken, ülkemizin 2021 yılı itibari ile yenilenebilir enerjinin birincil kaynaklara göre üretim miktarları

ve oranlarına ise aşağıda Tablo 2.1’de yer verilmiştir.

Yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerjiden elektrik enerjisi üretim yöntemleri:

- Hidroelektrik Enerji:

- Su enerjisi, barajlarda veya nehirlerdeki akışkan suların önlerine yerleştirilen türbinleri çevirmesi ile mekanik enerji elde edilmekte ve bu mekanik enerjiden de elektrik enerjisi üretilmektedir.

- Rüzgar Enerjisi:

- Rüzgarın rüzgar türbinlerini çevirmesi ile mekanik enerjiden elektrik enerjisi üretilmektedir.

**Tablo 2.1.** Türkiye’de yenilenebilir enerjinin birincil kaynaklara göre üretim miktarları ve oranları – 2021

<b>Kaynak</b>	<b>Üretim (GWh)</b>	<b>Pay (%)</b>
Hidrolik	55.926,83	47,169
Rüzgar	31.436,71	26,514
Jeotermal	10.793,24	9,103
Biyoenjerji ve Atıklar	6.467,80	5,455
Güneş	13.942,92	11,759
Toplam	118.567,50	100,000

**Kaynak:** (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024)

- Biyokütle Enerjisi:

- Organik madde ve atıklardan elde edilen biyokütle, biyogaz, biyodizel, biyometan gibi biyoyakıtlar kullanılarak mekanik enerji elde edilmekte ve elde edilen bu enerjiden de elektrik enerjisi üretilmektedir.

- Deniz Akıntısı ve Gelgit Enerjisi:

- Deniz akıntıları ve gelgitlerden mekanik enerji elde edilmekte ve bu mekanik enerji ile de elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir.

- Jeotermal Enerji:

- Yer altındaki sıcak kayaların veya magma kaynaklı jeotermal enerjinin kullanılmasıyla, elektrik üretimi yapılabilmektedir.

- Hidrojen Enerjisi:

- Hidrojen, genellikle elektroliz yöntemi ile suyun ayrıştırılmasıyla elde edilir ve temiz bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

- Güneş Enerjisi:

- Fotovoltaik (PV) Güneş Enerjisi: Bu yöntemde güneş pilleri kullanılarak güneş ışığının elektrik enerjisine dönüşümü sağlanır.

- Termal Güneş Enerjisi: Bu yöntemde ise güneş kolektörleri kullanılarak güneş enerjisinin suyu veya termal akışkanları ısıtması ile buhar üretilmekte ve bu buharın türbinleri çevirmesi ile mekanik enerji açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan mekanik enerjiden de elektrik enerjisinin üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, çevresel etkileri azaltmak ve enerji üretimini sürdürülebilir hale getirmek amacıyla yaygın olarak benimsenmektedir. Bu kaynaklar, fosil yakıtlara oranla daha düşük sera gazı emisyonlarına ve daha düşük çevresel etkilere sahiptir. Yenilenebilir enerji, enerji güvenliğini artırmak, ekonomik avantajlar sağlamak ve iklim değişikliği ile mücadele etmek için önemli bir rol oynamaktadır.

### **3. SULAMA ESASLI SU KONTROL SİSTEMLERİ VE AVANTAJLARI / DEZAVANTAJLARI**

Su kontrol sistemlerini çeşitli kategorilere ayırarak incelemek mümkündür. Su kontrol sistemleri öncelikle basınçsız, basınçlı ve otomasyona dayalı su kontrol sistemleri şeklinde kategorize ederek ele alınabilir.

#### **3.1. Basınçsız Sulama Sistemleri**

Sulama esnasında suyun çeşitli mekanizmalarla herhangi bir basınca maruz bırakılmadan doğrudan sulanacak araziye bırakılarak sulamanın gerçekleştirildiği yöntemler, basınçsız sulama sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Basınçsız sulama sistemleri, herhangi bir enerji maliyeti gerektirmeyen sistemler olmasına karşılık, bu sistemlerin kurulması ancak gerekli rakım ve eğimin bulunması şartı ile gerçekleştirilebilir.



**Şekil 3.1.** Salma sulama

##### **3.1.1. Salma sulama sistemleri**

Şekil 3.1’de görseli yer alan salma sulama sisteminde, çeşitli şekillerde sulanacak arazinin bulunduğu alana kadar getirilen su, sulama alanına bırakılır. Sulanacak arazinin eğimsiz olması suyun bitki köklerine ulaşabilmesi için önemlidir. Bu sistem sulama için suyunun yeterli olduğu ve sulama tekniklerinin geliştirilmediği arazilerde kullanılabilir. Bu tür sulama sistemlerinde;

- Su kaybı yüksektir.
- Sulanan arazide su arazinin her yerine eşit şekilde dağılmayabilir.
- Arazinin tuzlanmasına neden olur.
- Erozyona neden olabilir.

Eğimi %3'ü geçen arazilerde bu yöntem tercih edilmemekle birlikte, arazinin tamamı su ile buluşabilmesi için meyil bulunan arazilerde sulamaya eğimin en st kısımdan başlanmalıdır.

### **3.1.2. Tava sulama sistemi**

şekil 3.2'de görseli yer alan tava sulama sisteminde, sulanacak arazi sulama öncesinde tava adı verilen küçük parçalara ayrılır. Her bir parça eğimsiz hale getirilerek etrafı su tutacak şekilde çevrilir. Sulanacak arazinin bulunduğu alana kadar getirilen su, sulama alanındaki tavalara bırakılır. Bu sulama şekli genellikle ürün aralıkları sık olan eltik ve glevez gibi suyu çok seven ürünlerin sulanmasında kullanılır. Bu sistemin en olumsuz tarafı, su tkretim miktarının ve sulama sresinin fazla olmasıdır.



**şekil 3.2.** Tava sulama

### **3.1.3. Karık sulama sistemi**

şekil 3.3'te görseli yer alan karık sulama sisteminde, sulanacak ürünler sıra sıra ekilmiş olmalıdır. rn sıraları arasına karık olarak adlandırılan küçük kanallar açılır ve su bu kanallara verilerek sulama gerçekleştirilir. Bu sulama özellikle mısır, yer fıstığı, patates, domates, salatalık, biber, patlıcan, ilek, kavun, karpuz vb. rnlerin sulanmasında kullanılan bir sistemdir. Bitkilerin bu sulama sisteminde karık sırtlarına ekimi yapılmasından dolayı bitkilerin kök boğazı ıslanmayacaktır. Bu nedenle tava ve salma sulamaya oranla su tasarrufu, sulama randımanı ve bitki gelişimi yönünden karık sulama sistemi en uygun sulama metodu olmakla birlikte, tuzlu topraklarda bitkinin kök kısımlarında tuzun birikmesine sebebiyet vererek bitkilerin gelişiminde oluşuz durumlar meydana getirebilir.



**Şekil 3.3.** Karık sulama

### **3.2. Elektro-Mekanik Basınçlı Su kontrol Sistemleri**

Şekil 3.4'te görselleri yer alan elektro-mekanik basınçlı su kontrol sistemleri, yüzey akışı ve derine sızma nedenleri ile oluşan su kayıplarını engellemesi nedeni ile günümüzde yoğun olarak kullanılan sulama yöntemlerinden biridir. Bu sistemde adından da anlaşılacağı üzere su, sulanacak olan araziye belli bir basınç altında bırakılarak sulama faaliyeti gerçekleştirilmektedir.



**Şekil 3.4.** Elektro-mekanik basınçlı su kontrol sistemi

#### **3.2.1. Yağmurlama sulama sistemleri**

Şekil 3.5'te görseli yer alan yağmurlama sulama sisteminde, sulanacak arazi üzerine belirli aralıklarla yerleştirilen fışkiyelerden basınçla çıkan sulama suyu, basınca bağlı olarak havada belli bir mesafe aldıktan sonra toprakla ve dolayısıyla bitki kökleri ile buluşmaktadır. Sulama suyunun fışkiyelerden basınçlı olarak çıkabilmesi için fışkiyelerin bağlı olduğu boruların basınca dayanıklı olması gerekmektedir. Sistemin çalışması için gerekli basınç ise pompa veya hidroforun kullanıldığı bir sistemle ya da su kaynağının sulama sistemine yeterli basıncı sağlayacak kadar yüksekte tesis edilmesi ile sağlanmaktadır. Su miktarından ve sulama zamanından tasarruf ile suyun araziye dengeli şekilde aktarılması bitkilerin hemen hemen aynı oranda suya kavuşmasını sağlaması, sistemin avantajlarından biridir. Fışkiyelerin, boru hatlarının ve basınç ünitesinin maliyetleri ise sistemin dezavantajları arasında sayılabilir.



**Şekil 3.5.** Yağmurlama sulama

### **3.2.2. Damla sulama sistemleri**

Şekil 3.6’da görseli yer alan damla sulama sisteminde, bitkinin bulunduğu arazi tamamen sulanmaz. Sadece bitki köklerinin bulunduğu alana suyun damla damla aktarılmasıyla sulama işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu sulama şekli sıra sıra ekilmiş domates, salatalık, biber, patlıcan vb. sebzeler ile muz, çilek, karpuz, portakal ve limon gibi meyvelerin sulanmasında kullanılan bir sistemdir. Bu sistemde de yağmurlama sulama sisteminde olduğu gibi sistemin çalışması için gerekli basınç, pompa veya hidroforun kullanıldığı bir sistemle ya da su kaynağının sulama sistemine yeterli basıncı sağlayacak kadar yüksekte tesis edilmesi ile sağlanmaktadır.



**Şekil 3.6.** Damla sulama

Damla sulama sisteminde, basınçlı su ana boru hattı, ara boru hattı ve lateral boru hattından geçerek bitki köklerinin bulunduğu alana ulaşmaktadır. Bitkinin gübrenmesini ve zirai ilaçlamaların homojen olarak yapılabilmesini mümkün kılan bir sistem olup, sistem tesis edilirken damlatıcı özenle seçilmelidir. Bitki köklerinin zarar görmemesi için damlatıcılar

basınçlı çıkış vermemelidir. Su tasarrufunda yağmurlama sulamadan daha tasarrufludurlar. Damlatıcıların, boru hatlarının ve basınç ünitesinin maliyetleri ise sistemin dezavantajlarındandır.

### **3.3. Otomatik Su Kontrol Sistemleri**

Mikro-su kontrol sistemleri, bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarını minimize etmek amacıyla geliştirilmiştir. Damla sulama ve sprink sistemleri gibi mikro-su kontrol yöntemleri, suyun daha etkili ve ekonomik bir şekilde kullanılmasını sağlar. Bu doğrultuda geliştirilen yağmurlama sistemlerinde, suyun bitkilere yağmur damlaları şeklinde püskürtülmesi otomatik bir sistem içerisinde kontrollü olarak sağlanır.

Otomatik su kontrol sistemleri içerisinde değerlendirilebilen yağmurlama sistemleri genellikle çim alanları sulamak için kullanılır. Damla sulama sistemleri ise suyun doğrudan bitki kök bölgesine damla damla verilmesini sağlayan bir yöntem olarak değerlendirilir. Damla sulamada, su kaynağından alınan su basınçlı bir boru hattı boyunca damla sulama hortumlarına taşınır ve buradan damlalar şeklinde bitkilere dağıtılır. Yüzey sulama sistemlerinde, suyun yüzeyde belirli bir alan boyunca hareket ettirilmesi ile sulama gerçekleştirilir. Taşınabilir su kontrol hatları veya basınçlı su kontrol sistemleri bu amaçlarla kullanılabilir.

Otomatik su kontrol sistemleri, su tüketimini optimize etmek, iş gücünü azaltmak ve elektrik enerjisi tüketimini azaltmak amacıyla kullanılır. Bu sistemler genellikle zaman kontrollü, sensör tabanlı veya otomatik programlamaya sahip olabilirler. Böylece sulama miktarı ve süresi, bitkilerin ihtiyaçlarına uygun olarak ayarlanabilir. Su kontrol sistemlerinde ise sensörler ve otomatik kontrol üniteleri kullanılarak çevresel koşulları ölçen ve su tüketimini buna göre ayarlayan su kontrol sistemleri, suyun daha verimli kullanılmasını sağlar. Bu sistemler, su kaynaklarının yeterliliği kadar hava durumu verilerini ve toprak nemini de takip ederek su kontrol programlarını optimize eder.

Otomatik su kontrol sistemleri, bitkilerin düzenli ve etkili bir şekilde sulanmasını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler genellikle bahçe, sera, peyzaj ve tarım alanlarında kullanılır. Otomatik su kontrol sistemleri, su tasarrufu yaparak bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarını ve sistemin çalışmasında kullanılan elektrik enerjisi tüketimini optimize etmektedir.

#### 4. OPTİMİZASYON SİSTEMİ TASARIMINDA KULLANILAN ALGILAYICILAR VE KONTROL EKİPMANLARI

Sistem tasarımına uygun olarak; öncelikle suyun sağlandığı kaynak ve depo su seviyelerinin, basınçlandırma aşamasında sistemdeki su basıncının, toprak neminin ve hava sıcaklığının ölçülmesi için gerekli algılayıcıların kullanılması gerekmektedir. Sonraki aşamalar ise, elde edilen verilerin değerlendirilerek sisteme işlevsellik kazandırılmasıdır.

Burada tasarlanan sistemin verimli ve sağlıklı çalışması için önemli verileri sağlayan ekipmanlardan olan sensörlerden ve algılayıcılardan elde edilen verilerin kontrol katında değerlendirilmesi sonucunda sistemde yer alan pompaların gereksiz çalışması önlenecek, sadece gerekli şartlarda çalışması sağlanacak ve sistem verimliliği elde edilecektir.

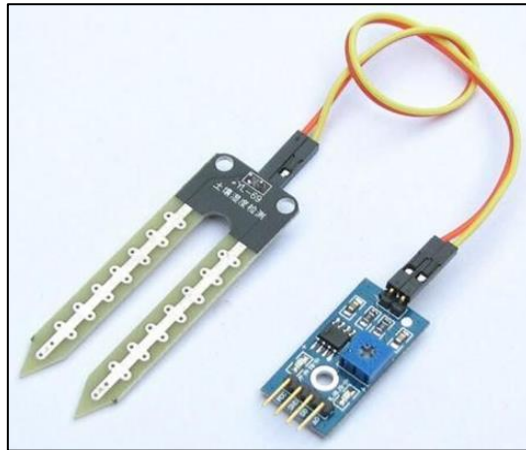
Çalışma içerisinde sistemin işlevsellik kazanmasına yönelik olarak “PIC” esaslı mikroişlemci yapılar, toprak nem sensörü, hava sıcaklık sensörü, programlama kartı, yazılım, basınç sensörü ve diğer yardımcı elamanlar kullanılarak sistemin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

##### 4.1. Elektronik Algılayıcılar

Ele alınan çalışmada toprak nemi, hava sıcaklığı, su seviyesi ve hidrofor basıncı ile ilgili verilerin tespit edilebilmesi için gerekli sensörler, tasarlanan sistemde yer almaktadır.

##### 4.1.1. Toprak nem sensörü

Şekil 4.1’de görseli yer alan toprak nem sensörü, toprak nem bilgisinin teminini sağlayan algılayıcıdır. Temin ettiği toprak nemi bilgisi ile ilgili sayısal veriyi kontrol katına aktarır. Bu bilginin kontrol katında diğer şartlarla birlikte değerlendirilmesi sonucunda sistem, selenoid valfin açılmasına veya kapanmasına karar verir.



Şekil 4.1. Toprak nem sensörü

#### 4.1.2. Hava sıcaklık sensörü

Şekil 4.2’de görseli yer alan hava sıcaklık sensörü, hava sıcaklık bilgisinin teminini sağlayan algılayıcıdır. Temin ettiği hava sıcaklığı ile ilgili bilgiyi kontrol katına aktarır. Bu bilginin de toprak nem bilgisinde olduğu gibi, kontrol katında diğer şartlarla birlikte değerlendirilmesi sonucunda sistem, selenoid valfin açılmasına veya kapanmasına karar verir.



Şekil 4.2. Hava sıcaklık sensörü

#### 4.1.3. Su seviye ölçüm cihazı / şamandıra / seviye sensörü

Şekil 4.3’te görseli yer alan şamandıra, su seviye bilgisinin teminini sağlayan algılayıcıdır. Su seviyesine bağlı olarak önceden belirlenen farklı kademelerden elde edilen verileri kontrol katına iletir. Bu bilginin de kontrol katında diğer şartlarla birlikte değerlendirilmesi sonucunda sistem, M1 ve M2 motorlarının çalışmasına ya da durmasına karar verir.



Şekil 4.3. Şamandıra

#### 4.1.4. Hidrofor basınç şalteri

Şekil 4.4’te görseli yer alan hidrofor basınç şalteri, hidrofor tankındaki basıncın belirlenen basınç aralığında kalmasını sağlayan algılayıcıdır. Hidrofor basıncının önceden

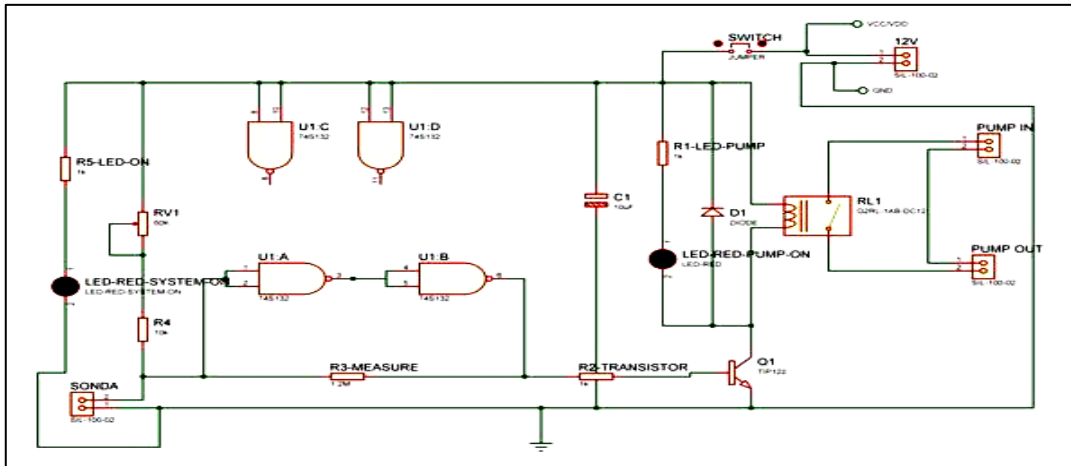
belirlenen aralıkta kalmasını sağlam için, elde ettiği basınç bilgisine göre üzerindeki kontakları değiştirerek kontrol katına gerekli bilgiyi aktarır. Kontrol katında diğer şartlarla birlikte değerlendirilmesi sonucunda sistem, selenoid valfin açılmasına veya kapanmasına ve M2 motorunun çalışmasına ya da durmasına karar verir.



Şekil 4.4. Hidrofor basınç şalteri

#### 4.2. Kontrol Ekipmanları

Algılayıcı sensör ya da yapılardan gelen verilerin, değerlendirilerek anlamlı hale getirilebilmeleri, pasif veya aktif olarak tanımlanabilecek kontrol katlarında gerçekleştirilebilir. Donanımsal yapısı itibarı ile, algılayıcı sensör ya da yapılardan gelen verileri, değişkensiz sabit bir algoritma içerisinde değerlendirebilen kontrol katları pasif olarak tanımlanırken, bu çalışmada olduğu gibi parametreleri değiştirilerek farklı durumlara uyum sağlayabilen kontrol katları ise aktif olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 4.5. Programlayıcı içermeyen su kontrolü amaçlı pasif kontrol devresi

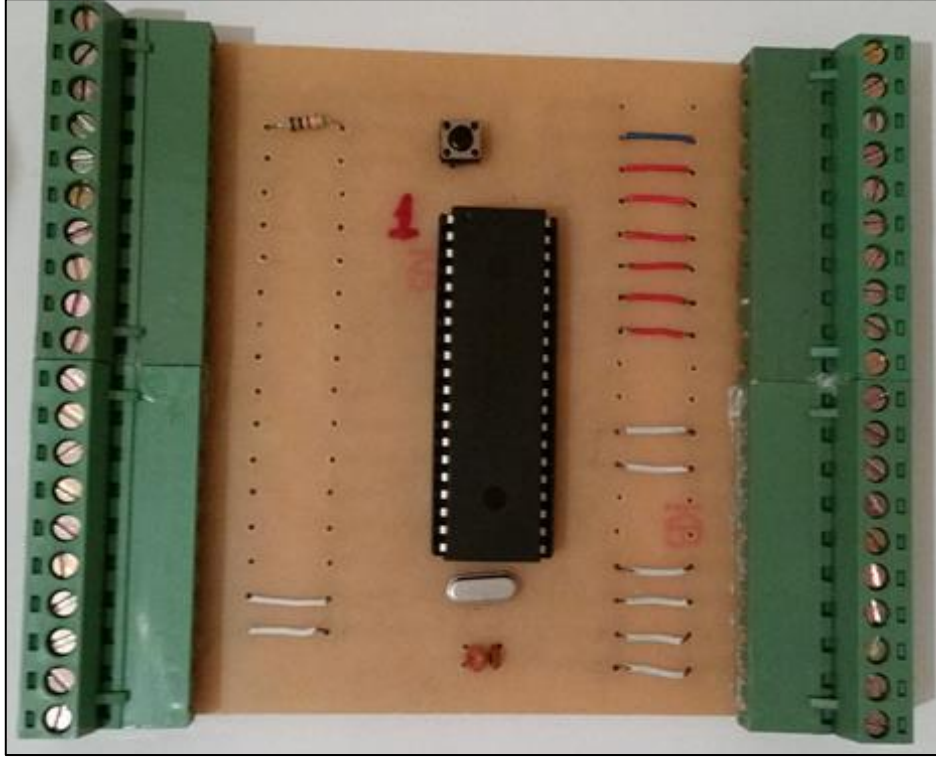
Kaynak: (Elektronik Hobi, 2024)

#### 4.2.1. Pasif kontrol katı

Yukarıdaki Şekil 4.5'te programlayıcı içermeyen sulama amaçlı pasif kontrol devresi görülmektedir. Bu devredeki algoritma, seçilen lojik devre elemanlarının karakteristik özellikleri ile sabit (pasif) yapıya sahip olup, devre elemanlarının kurulumu ve özellikleri dışında çalışma karakteristiklerinin oluşumuna izin vermezler.

#### 4.2.2. Aktif kontrol katı

Şekil 4.6'da görseli yer alan aktif kontrol katı, algılayıcılardan elde edilen bilgilerin aktarıldığı, değerlendirildiği ve değerlendirme sonucunun sürücü katına aktarıldığı kısımdır. Üzerinde mikroişlemcinin de yer aldığı bu kat DC 5 V ile çalışan elektronik karttır. M1 ve M2 motorları ile selenoid valfin bağlı bulunduğu röleler bu değerlendirme sonucuna göre çalışmaktadır.



Şekil 4.6. Aktif kontrol devresi

#### 4.2.3. Sürücü Katı

Aşağıda Şekil 4.7'de görseli yer alan sürücü katı, kontrol katından gelen bilgilere göre, M1 ve M2 motorları ile selenoid valfin çalışmasını sağlayan rölelerin bulunduğu karttır. Kart, DC 5 V gerilimle çalışmaktadır. DC 12 V'luk motorların ve selenoid valfin açma/kapama anahtarı gibi işlev gören rölelerin çıkış kontaklarının konumu ise sensör ve algılayıcılardan elde edilen verilerin sürücü katında değerlendirilmesi sonucuna göre belirlenmektedir.



Şekil 4.7. Sürücü kartı

#### 4.2.4. Kontrol Sistemleri

Etkileşim içerisinde olan cihaz veya cihaz gruplarının çalışmasını doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkileyen, sistem davranışlarının etkisini önceden belirlenen kriterlere uygun olarak yöneten, kontrol eden bir cihaz veya cihaz grubu kontrol sistemi olarak adlandırılmakta ve kontrol yöntemine göre farklı adlandırılabilmektedir.

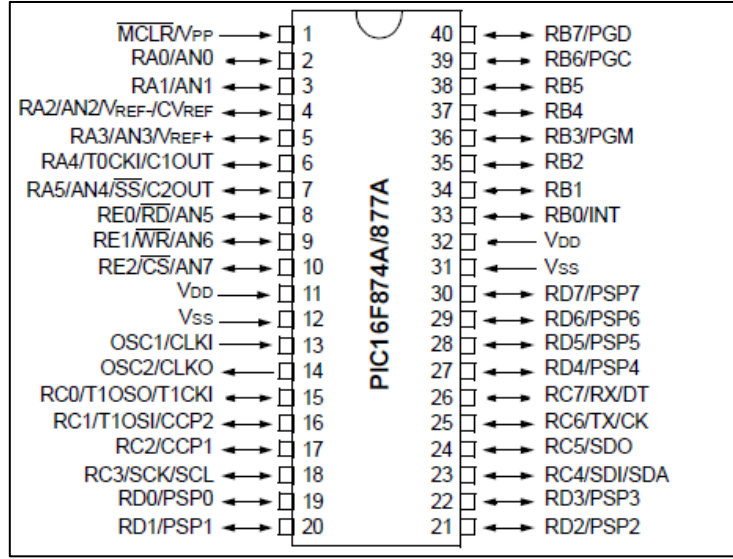
#### 4.2.5. Mikroişlemci Yapılar

Mikroişlemciler, programlanabilen, aritmetik ve mantıksal işlem gerçekleştirebilen ve bu mantıksal işlem sonucuna göre çalışmasını gerçekleştiren elektronik devre elemanlarıdır. Kullanıldıkları kartların yönetim merkezi olan mikroişlemciler, entegre edildikleri sistemin kontrolünü sağlarlar ve temel işlem birimi olarak çalışabilirler.

#### 4.2.6. Mikrodenetleyiciler ve programlayıcılar

Mikrodenetleyici, kurulan entegre devresi içerisinde küçük bir bilgisayar gibidir. İçerisinde mikro işlemci ve ona bağlı birimlerin bulunduğu, bilgisayar sistemi içerisindeki tüm birimleri barındıran ve bu özelliklerinden dolayı kontrol ve otomasyon sistemlerinde çok kullanılan, giriş ve çıkış sinyal özelliği bulunan programlanabilen bir devre elemanıdır. Mikrodenetleyici için MCU,  $\mu$ C, UC veya MC şeklinde kısaltılmış ifadeler de kullanılmaktadır. Birçok çeşidi mevcuttur. Ucuz olması tercih edilme nedenlerinden bir tanesini oluşturmaktadır.

Burada yapmış olduğumuz çalışmada mikrodenetleyici olarak Şekil 4.8’de görseli yer alan PIC kullanılmıştır. PIC’i programlamak için C programlama dili kullanılmış ve bu dilde yazılan ve ek 1’de yer alan C kodu, mikroC ile makine diline dönüştürülerek ‘.hex’ dosyası üretilmiş ve üretilen ‘.hex’ dosyası özel donanımlar (programlayıcı/derleyici) yardımıyla mikrodenetleyiciye (PIC) yüklenerek mikro denetleyicinin programlanması sağlanmıştır.



**Şekil 4.8.** PIC16F874A/877A Mikrodenetleyici ve pinleri

**Kaynak:** (Microchip Technology, 2012)

Mikrodenetleyicilere ait geniş kapsamlı bilgiler Data Sheet’lerinden temin edilebilmektedir. Biz tez çalışmasında Microchip firmasına ait PIC16F87XA Data Sheet’ten faydalanılmıştır.

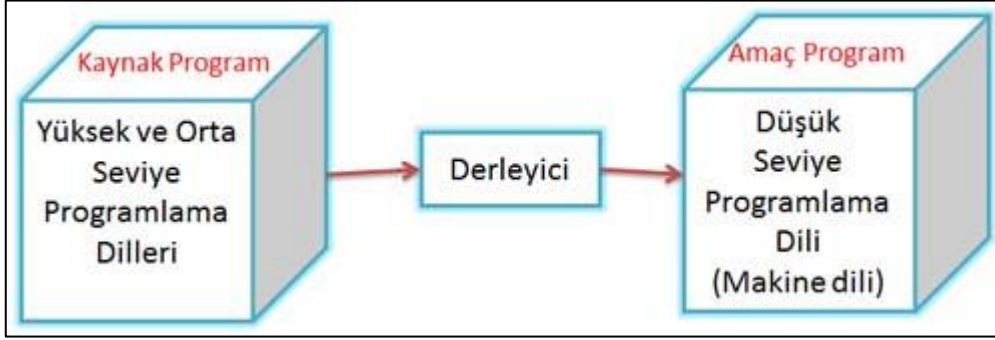
Mikrodenetleyicilerin programlanabilmesi için çeşitli yazım dilleri geliştirilmiştir. Programlama dili, programlamayı gerçekleştiren programcının belli bir algoritmayı ifade etmek için kullandığı standartlaşmış bir notasyondur. Programlama dilleri, verinin nasıl depolanıp iletileceğinin, programcının hangi veri üzerinde işlem yapacağını, hangi durumlarda ne gibi işlemlerin yapılacağını anlaşılmasını sağlar. Günümüze kadar 2500’den fazla programlama dili geliştirilmiştir.

Bizlerin algılama kolaylığına göre, programlama dilleri 3 gruba ayrılmıştır. Bu dil grupları alt, orta ve üst seviye diller olarak sınıflandırılmıştır.

➤ Alt seviye diller: Bu grupta yer alan diller makine koduna en yakın programlama dilleridir. Makina kontrolü oldukça gelişmiştir. Bu seviyedeki programlama dillerini kullananların mikro işlemciler konusunda da yeterli bilgiye sahibi olması gerekmektedir.

➤ Orta seviye programlama dilleri: Bu grupta yer alan ve esnek bir yapıya sahip olan bu dillerle üst seviye ve alt seviye programlama yapılabilir. Alt seviye dillerle kıyaslandığında daha anlaşılır halledirler.

➤ Üst seviye programlama dilleri: Bu grupta yer alan dillere olay tabanlı programlama dilleride denilmektedir. Bu diller yalnız belirli fonksiyonlar etrafında çalışırlar ve programlama hâkimiyetini azaltmaktadırlar. Alt ve orta seviye programlama dillerine kıyasla en kolay öğrenilip uygulanabilen diller bu grupta yer almaktadır. Bu nedenle yeni başlayanlar için en uygun programlama dilleri üst seviye programlama dilleri olacaktır.



**Şekil 4.9.** Yazılan programın makine diline dönüştürülmesi

**Kaynak:** (Robotik Sistem, 2024)

Şekil 4.9’da görsel olarak ifade edildiği üzere üst seviye programlama dilleri ile yazılan kodların program olarak çalışabilmesi, makine diline çevrilmesi ile mümkün olacaktır. Bu nedenle programda hangi üst seviye dil kullanılmışsa, makine diline çevrilmesinde o dilin derleyicisi kullanılacaktır. Bu çevirme işlemi ile üst seviye programlama dili ile oluşturulan kaynak yazılım, makine dilindeki amaç programa yani en alt düzeye kadar çevrilir. Kaynak yazılımın içeriği değiştirilebilir iken dönüştürülmüş olan programa müdahale edilemediğinden, değişiklik gerektiğinde kaynak programdan tekrar yeni bir derlenme yapılması gerekir.

Örnek programlama dili seviyeleri;

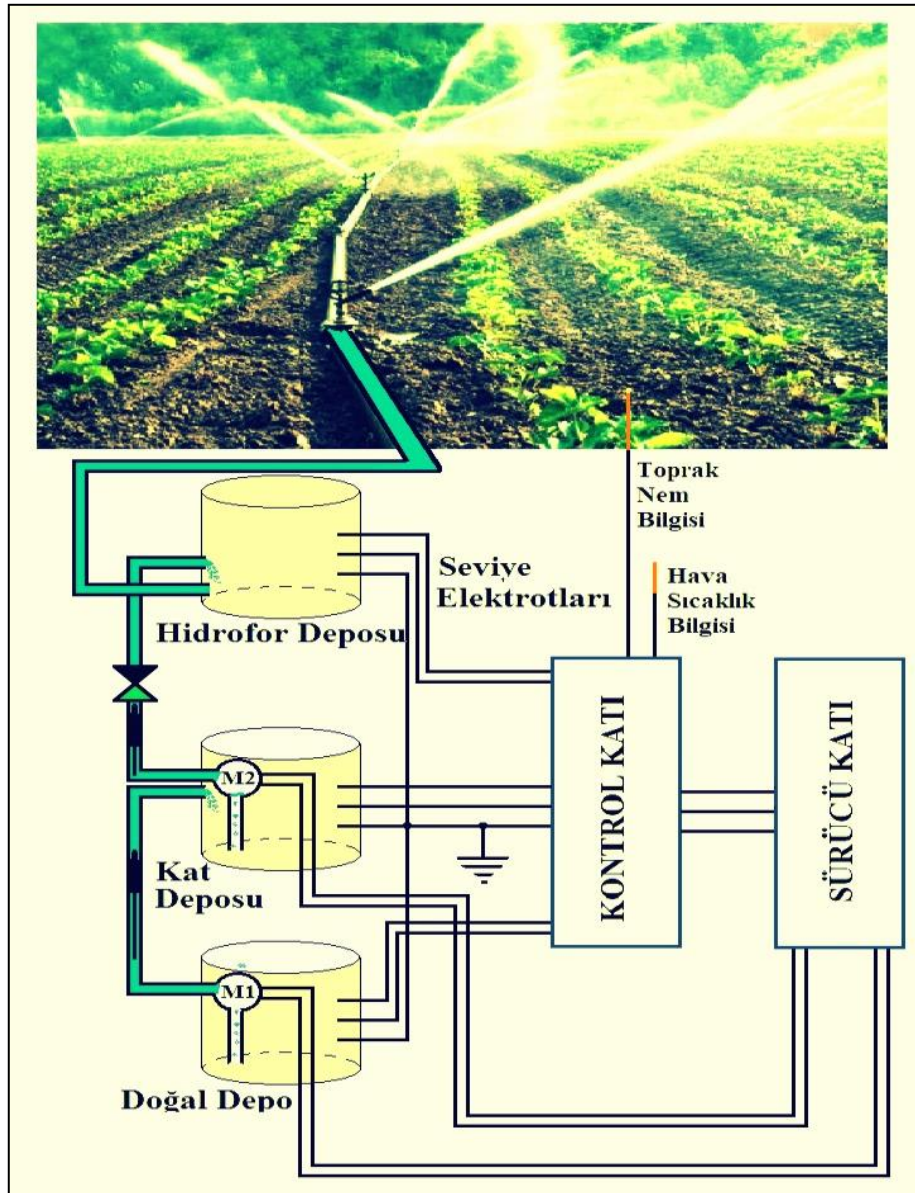
- Alt seviye diller: Assembly programlama dili
- Orta seviye diller: C programlama dili
- Üst seviye diller: visual basic ve pic basic pro programlama dili

Bu çalışmada PIC16F874A/877A mikro denetleyicisi orta seviye bir programlama dili olan C programlama dili kullanılarak programlanmıştır.

## 5. SU KONTROL SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE SU OPTİMİZASYONU

Su kontrolü klasik yöntemlerle yapılabileceği gibi, günümüzün gelişmiş teknolojik alt yapıları kullanılarak çok daha sistematik ve verimli bir biçimde tasarlanabilir. Burada gerçekleştirilen sistemde, temel özellik su olarak ne derece verimlilik kazandırabileceğinden çok, enerji ve su verimliliği esaslı incelemelerin gerçekleştirilmesidir. Su kontrol sistemlerinde verimlilik amaçlı incelemeler uzun ya da çok uzun periyotlu analizler ile tespit edilebilecek değerlendirmeleri içermelidir.

Burada su ve enerji verimliliğinin sağlanabilirliği ise literatürde yer alan temel yeterliliklerin sağlanmasına yönelik olmaktadır.



Şekil 5.1. Tasarlanan su kontrol otomasyonu

## 5.1. Su Kontrol Sistemlerinin Optimizasyonu

Tasarlanan su kontrol otomasyonunda, kontrolünün sağlanmasına yönelik olarak, yukarıdaki Şekil 5.1’de ana hatları görülen devre şeması kullanılmış olup, buradaki mikroişlemci mimari yardımıyla, sensörlerden alınan birçok veri işlenerek anlamlı çıktılar elde edilmeye çalışılmıştır.

## 5.2. Kaynak, Depo ve Hidrofor Temelli Örnek Su Kontrol Optimizasyonu Uygulaması

Kaynak, depo ve hidrofor temelli su kontrol optimizasyonu için aşağıdaki adımlar ve stratejiler uygulanabilir:

- Su Kaynağının Belirlenmesi ve Yönetimi:

- Su kontrolü için kullanılacak su kaynağı belirlenmeli ve kaynağın sürdürülebilirliği göz önünde bulundurulmalıdır. Suyun ne kadar süreyle kullanılacağı, suyun çekildiği yerin etrafındaki ekosistemlere olan etkisi değerlendirilmelidir.

- Depo Sistemi Tasarımı ve Yönetimi:

- Su depolama sistemleri, sulama suyunun etkili bir şekilde yönetilmesini sağlar. Depo sistemleri, suyu depolamak ve sulama ihtiyacına göre düzenli bir şekilde dağıtmak için tasarlanmalıdır. Depo kapasitesi, sulama suyu ihtiyacına ve kullanılan sulama metotlarına uygun olmalıdır.

- Hidrofor Sistemi Kullanımı:

- Hidroforlar, suyun depodan alınıp su kontrol sistemine iletilmesini sağlar. Basınç kontrolü ve suyun düzenli bir şekilde sağlanması için hidrofor sistemleri etkili bir şekilde çalışmalıdır.

- Sensör ve Otomasyon Sistemleri Kullanımı:

- Hava sıcaklık sensörü ve toprak nem sensörü ve diğer teknolojik çözümler kullanılarak sulama ihtiyacı belirlenebilir. Otomasyon sistemleri ile su kontrol sürecini düzenleyerek su kullanımı optimize edilebilecektir.

- Sulama Zamanlaması ve Aralığı:

- Toprak ve bitki ihtiyaçlarına göre uygun sulama zamanlaması belirlenmelidir. Düzenli aralıklarla sulama yapmak yerine, toprak nem sensörleri gibi veri kaynakları kullanılarak ihtiyaç duyulan zamanda ve yeterli miktarda sulama yapılabilecektir.

- Su Kalitesi Kontrolü:

- Sulama suyunun kalitesi düzenli olarak kontrol edilebilir. Elektriksel iletkenlik (EC) ve potansiyel hidrojen (pH) seviyeleri ile diğer potansiyel kirleticiler kontrol edilerek uygun kalitedeki su bitkiye ulaştırılabilir.

- Enerji Verimliliği:

- Hidrofor ve diğer su kontrol sistemleri, enerji verimliliği açısından gözden geçirilmelidir. Yüksek enerji verimliliğine sahip ekipmanlar seçilmeli ve işletme maliyetleri düşük tutulmalıdır.

Bu adımların uygulanması, su kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayacak ve su kontrol optimizasyonunun verimini artıracaktır. Geleneksel yöntemlerden ziyade modern teknolojilerin kullanılması ve düzenli bakımın yapılması ile bu süreçler daha verimli hale getirilebilir.

### **5.3. Su Kontrol Optimizasyonunda Dikkat Edilmesi Gereken Esaslar**

Su kontrol optimizasyon sistemlerinde dikkat edilmesi gereken bir kaç temel ilke üzerinde durmak mümkündür. Bu ilkeler;

- Toprak ve Bitkilerin Su İhtiyaçları:

- Toprak türü, bitki türü ve iklim gibi faktörleri dikkate alarak toprak ve bitki ihtiyaçları farklılık arz edebilmektedir. Bu bilgiler, su ihtiyacını ve sulama zamanlamasını etkileyici faktörlerdir. Bu nedenle sistemin portatif aşamasından sonra yer alacak olan zirai uygulama projelerinde bahse konu faktörlerde yetkin kişilerin de içerisinde yer alacağı bir ekiple çalışılması zaruri bir hal olacaktır.

- Verimlilik ve Su Kullanımı:

- Su kaynaklarının verimli kullanılması önemlidir. Su kontrol sistemleri, suyun doğru miktarda ve doğru zamanda ürüne ulaşmasını sağlamalıdır. Düşük verimli sulama yöntemleri yerine, daha verimli damla sulama veya yağmurlama sistemleri tercih edilmelidir.

- Hava Durumu ve İklim Koşulları:

- Hava durumu ve iklim koşulları, su kontrol programını etkileyen unsurlardandır. Özellikle yağış miktarının yüksek olması su kontrol sisteminin devreye girmesini geciktirici bir faktör iken hava sıcaklıklarının yüksek olması ise buharlaşmayı hızlandıracağından

sistemin daha kısa aralıklarla devreye girmesine neden olacak ve maliyet artırıcı bir faktör olarak karşımıza çıkacaktır.

- Toprak Nemini İzleme:

- Toprak nem sensörleri kullanarak toprak nem seviyelerini izlemek, sulama miktarını doğru bir şekilde ayarlamak için önemlidir. Bu, suyun boşa harcanmasını önleyerek verimliliği artıracaktır.

- Entegre Yönetim ve Teknoloji Kullanımı:

- Su kontrol sistemlerinde modern teknolojilerin kullanılması, sensörler, otomatik su kontrol sistemleri gibi yöntemlerle sulama süreçleri optimize edilebilecektir. Sisteme uzaktan izleme ünitesinin entegre edilmesi halinde sistemden zaman tasarrufu da sağlanabilecektir.

#### **5.4. Kontrol Sistemlerinde Tercih Edilebilen Yazılımlar**

Bu çalışmada mikroişlemciye tanımlanan kurallar MicroC programı kullanılarak orta seviye bir programlama dili olan C programlama dilinde üretilmiş ve PIC16F874A/877A mikro denetleyiciye yüklenmesi ile mikro denetleyicinin programlanması sağlanmış olmakla birlikte kontrol sistemleri genellikle birkaç farklı programlama diliyle geliştirilebilir. Bu diller arasında en yaygın olanlar şunlardır:

- Python:

- Genel amaçlı bir dil olup kontrol sistemleri için de kullanılmaktadır. Özellikle veri analiz programlarında ve yapay zeka ile entegre kontrol uygulamalarında tercih edilmektedir.

- MATLAB/Simulink:

- Kontrol bilimi alanında sıklıkla kullanılan bu diller, kontrol çalışmalarının tasarımı ve simülasyonu için kullanılır.

- C/C++:

- Düşük seviyeli programlama yapılacak projelerde sıklıkla tercih edilen bu diller, gömülü sistemler ve gerçek zamanlı kontrol uygulamaları için kullanışlıdır.

- Java:

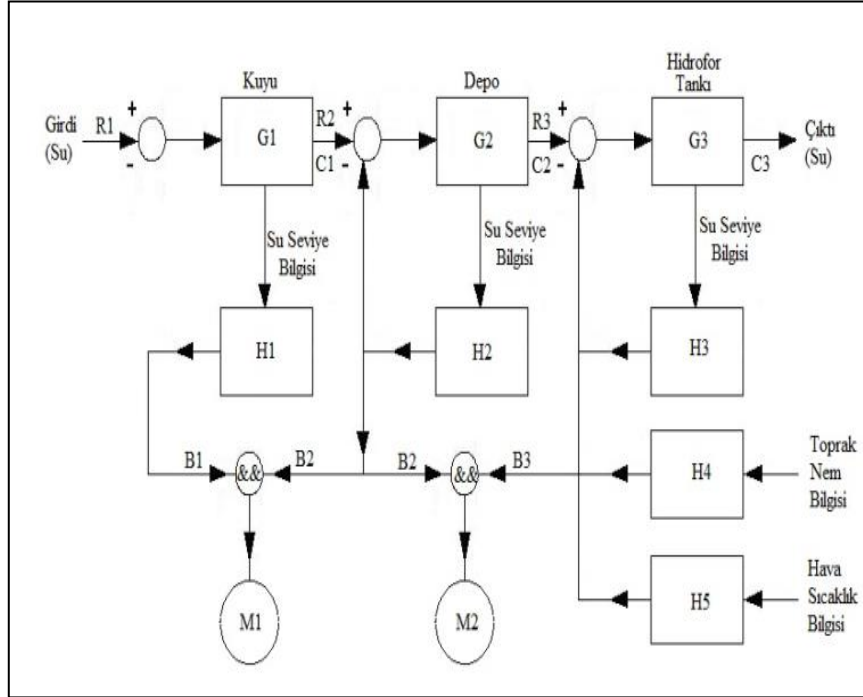
- Büyük değişiklik otomasyon kontrolleri gibi projelerde tercih edilen bir diğer dil olan Java, platformun bağımsız olması nedeniyle avantaj sağlayabilir.

- Ladder Logic (Merdiven Mantığı):

➤ PLC'lerde ve endüstriyel kontrol otomasyonlarında sıklıkla kullanılan grafiksel bir programlama dilidir.

Bunlara ek olarak, Verilog veya VHDL gibi HDL'ler (Donanım Açıklama Dili) donanım tabanlı kontrol sistemleri için kullanılırken, LabVIEW gibi görsel programlama dilleri de kontrol sistemlerinde tercih edilebilmektedir. Her durumda hangi dilin seçileceği; Proje özelliklerine, donanım uyumluluğuna ve geliştiricilerin performansına bağlı olarak değişebilmektedir.

Bu çalışmada ise “Mikrodenetleyiciler ve programlayıcılar” (4.2.6.) kısmında da belirtildiği üzere mikrodenetleyici olarak PIC kullanılmış ve bu denetleyiciyi programlamak için de C dilinde üretilen program kullanılmıştır.



Şekil 5.2. Tasarlanan su kontrol otomasyonu prensip şeması

### 5.5. Uygulamada Kullanılan Algoritma ve Akış Şeması

Şekil 5.1’de uygulama şeması verilen su kontrol sisteminin tasarımı için, gerekli prensip şema Şekil 5.2’de verilmiş olup, bu şemadaki kontrol akış yönlerine uygun olarak su kontrol otomasyonu içerisinde yer alan ekipmanlar, gerektiğinde çalışmakta ya da devre dışı kalmaktadırlar. Sistemde ileri yol kontrol akışı olarak; kuyuya gelen su, depoya, hidrofor tankı ve selenoid vana çıktısı işlev görmektedir.

Sistemde geri yol kontrol akışı olarak ise, toprak nem bilgisi ve hava sıcaklık bilgisinin yanı sıra tüm su haznelerindeki (kuyu, depo ve hidrofor) su seviye bilgilerinden negatif geri besleme ile kontrol sağlanmaktadır.

Sistemin çalışması ele alındığında, kuyu ve depo su seviyesi ile hidrofor su basıncının yeterli (1) ve yetersizi (0), M1 ve M2 motorlarının aktif (1) ve pasif (0), hava sıcaklığının uygun ve toprak neminin yetersiz (1), hava sıcaklığının uygun değil ve toprak neminin yeterli (0) olduğu kontrol aşamalarına ait farklı senaryo durumları söz konusu olacaktır. Bu senaryoların sonucunda selenoid vana aktif (1) ya da pasif (0) konumda olacaktır.

Selenoid vananın aktif (1) olma durumu, hava sıcaklığının ve hidrofor su basıncının uygun olması ile toprak neminin yetersizliği durumunda sağlanmakta olup, böylece suyun verimli kullanımının yanı sıra enerji verimliliği de sağlanmaktadır. Burada ayrıca, su yetersizliklerinde M1 ve M2 motorlarının pasif durumda bırakılmaları, enerji verimliliğinin yanı sıra arıza risklerini de azaltacaktır.

Örneğin kaynak depo (kuyu) su seviyesi yeterli ve kat deposu (depo) su seviyesi yetersiz olduğundan M1 motoru aktif, hidrofor basıncı yeterli olduğundan M2 motoru pasif, toprak nemi yetersiz, hidrofor basıncı yeterli ve hava sıcaklığı uygun olduğunda selenoid vana aktif halde olacaktır.

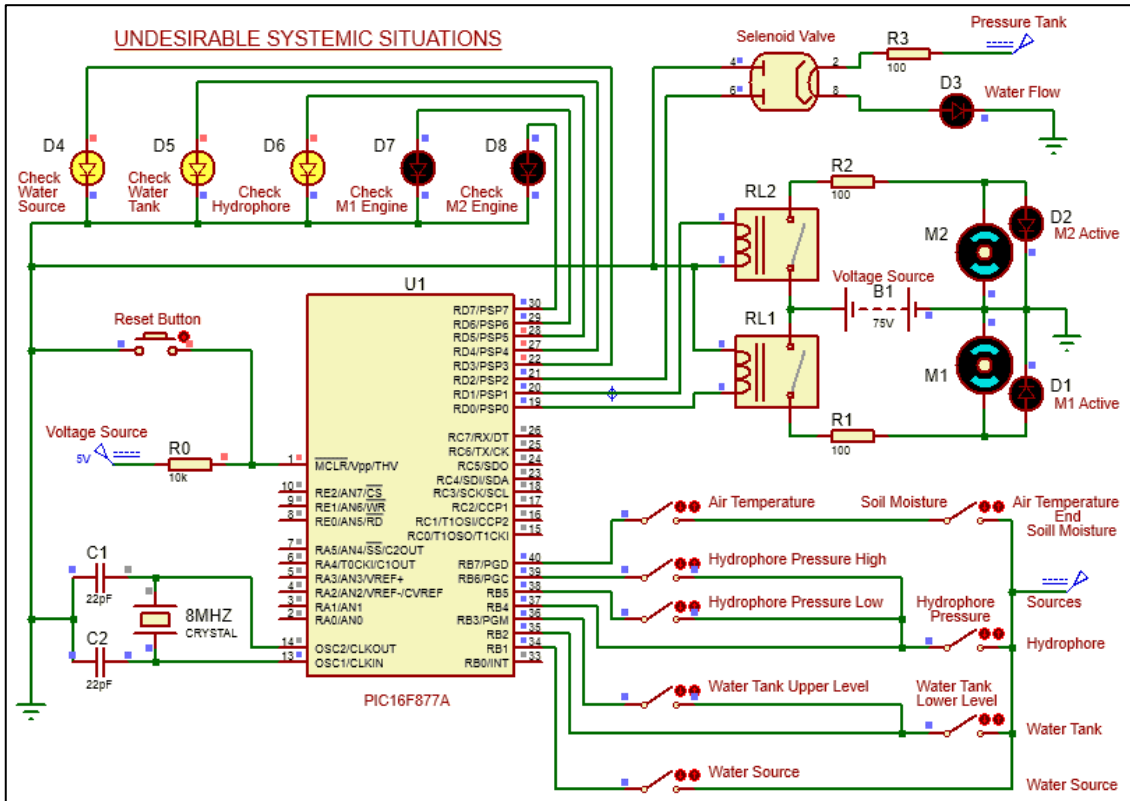
## **5.6. Uygulamada Karşılaşılan Özel Durumlar ve Açıklamalar**

- Aşağıda yer alan Şekil 5.3'te su kaynağında ve su tankında yeterli suyun; hidroforda yeterli basıncın olmama durumu ele alındığında: Hava sıcaklığının uygun olmaması nedeni ile hava sıcaklık anahtarı açık konumdadır. Toprak neminin uygun olması nedeni ile toprak nemi anahtarı açık konumdadır. Hidrofor sisteminde yeterli basıncın olmaması nedeni ile basınç anahtarları açık konumdadır. Dinlendirme tankında yeterli miktarda su olmadığından dinlendirme tankı su seviye bilgisi anahtarları açık konumdadır. Kaynak depoda da yeterli miktarda su olmaması nedeni ile su kaynağı anahtarı da açık konumdadır. Su kaynağı anahtarının açık olması nedeni ile dinlendirme tankında yeterli miktarda su olmadığı halde M1 motoruna ve bu motorun devrede olup olmadığını gösteren D1 diyotuna enerji sağlayan RL1 rölesi de enerjilenememiş ve açık konumda kalması nedeni ile M1 motoru ve D1 diyotu da enerjilenememiştir. Yine hidrofor sisteminde yeterli basınç olmamasına rağmen su tankı alt seviye bilgisi anahtarlarının açık olması nedeni ile M2 motoruna ve bu motorun devrede olup olmadığını gösteren D2 diyotuna enerji sağlayan RL2 rölesi de enerjilenememiş ve açık konumda kalması ile M2 motoru ve D2 diyotu da

enerjilenememiştir.

Mevcut durumda istenilmeyen sistemsel durumlarla karşılaşılacaktır. Bu durumda D4 diyotu enerjilenerek su kaynağında yeterli miktarda suyun kalmadığını, D5 diyotu enerjilenerek su tankında yeterli miktarda suyun kalmadığını ve D6 diyotu enerjilenerek hidrofor basıncının yetersiz olduğunu belirten uyarı ışıkları yanacaktır. Böylece sistem kullanıcıya su kaynağında ve su tankında yeterli miktarda suyun kalmadığı ve hidrofor basıncının yetersiz olduğu bilgisi sunulmuş olacaktır.

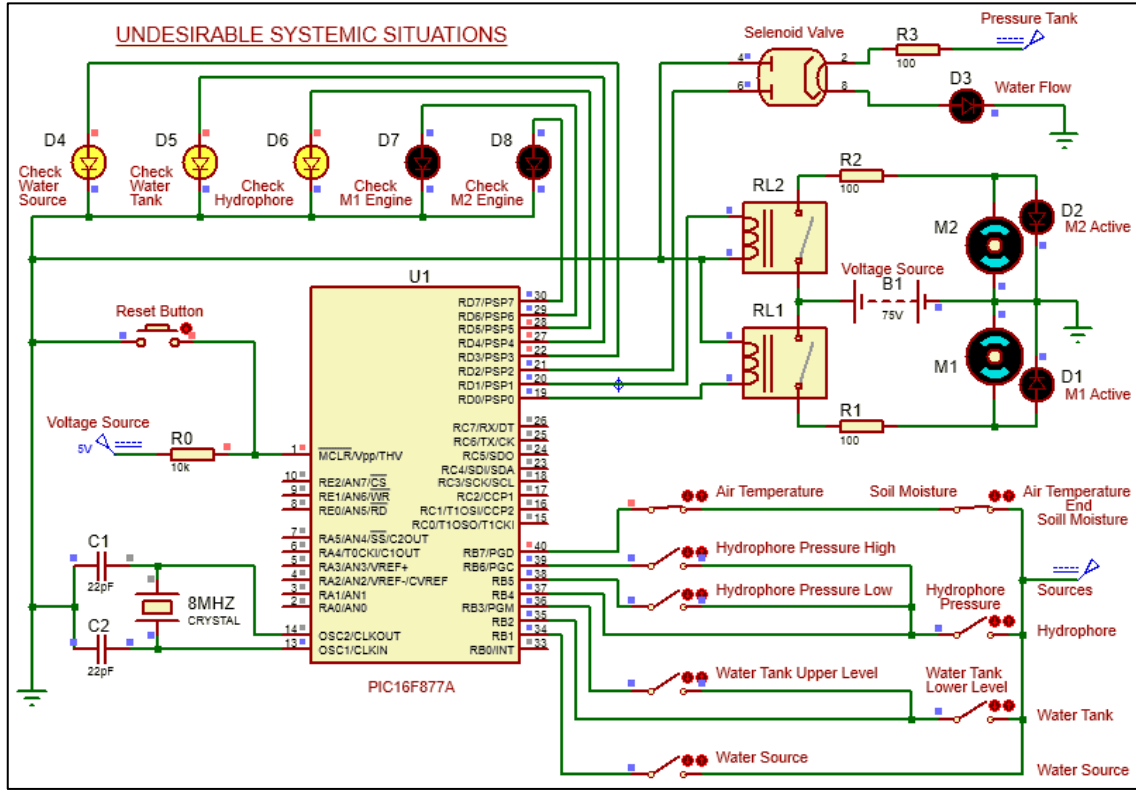
Yine burada ön görülen durumda D1 diyotunun enerjisiz olması ile M1 motorunun çalışmadığı, D2 diyotunun enerjisiz olması ile M2 motorunun çalışmadığı ve D3 diyotunun enerjisiz olması ile de selenoid vanadan su akışının sağlanmadığı bilgileri sistem kullanıcıya sunulmuş olacaktır.



Şekil 5.3. Kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli basıncın olmaması durumu – 1

• Aşağıda yer alan Şekil 5.4'te yine su kaynağında ve su tankında yeterli suyun; hidroforda yeterli basıncın olmama durumu ele alındığında: Aşağıda ki şekilde Şekil 5.3'ten farklı olarak sadece hava sıcaklığı ve toprak nemi anahtarlarının konumları değiştirilmiş ve durum incelenmiştir. Hava sıcaklığının uygun olması nedeni ile hava sıcaklık anahtarı kapalı konumdadır. Toprak neminin yetersiz olması nedeni ile toprak nemi anahtarı kapalı

konumdadır. Bu durumda da hidrofor basıncının yetersiz olması nedeni ile Şekil 5.3'ten farklı bir sonuç ortaya çıkmamıştır.



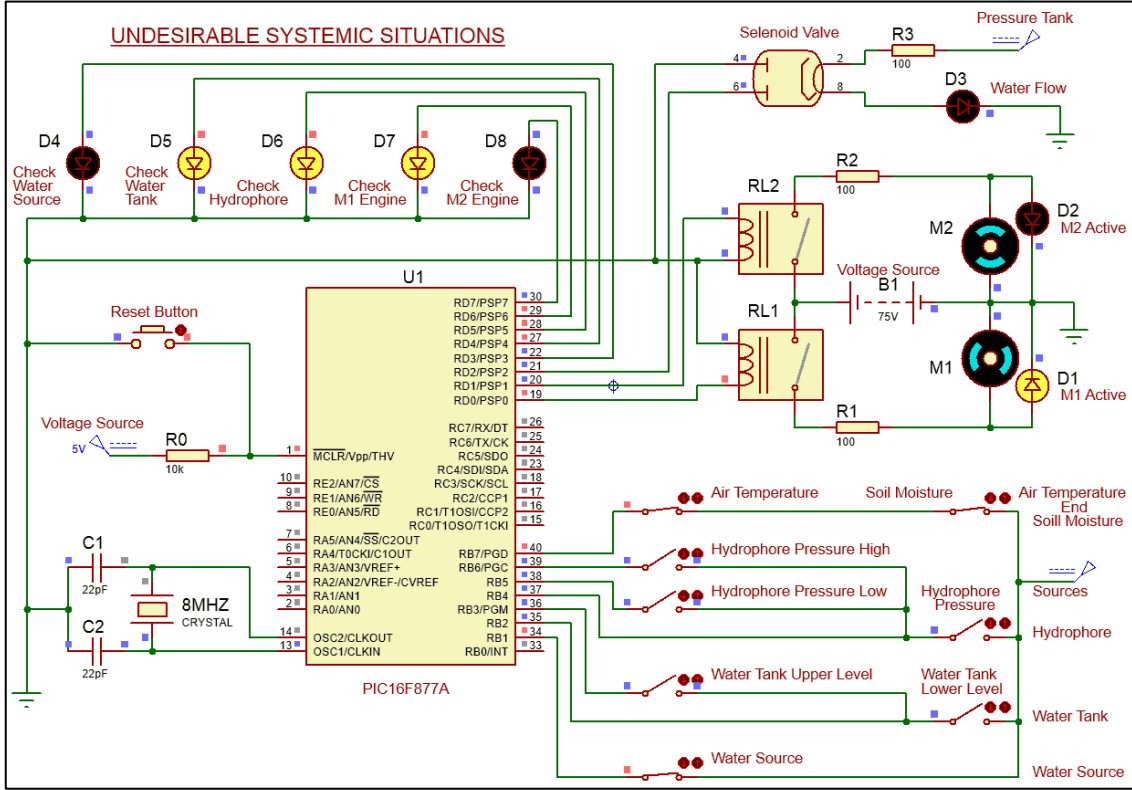
Şekil 5.4. Kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli basıncın olmaması durumu – 2

- Aşağıda yer alan Şekil 5.5'te su kaynağında yeterli miktarda suyun olma; su tankında yeterli miktarda suyun, hidroforda yeterli basıncın olmama durumu ele alındığında: Dinlendirme tankında yeterli miktarda suyun olmaması ve su kaynağında yeterli miktarda suyun mevcudiyeti ile birlikte su kaynağı anahtarı kapanarak RL1 rölesinin enerjilenmesi sağlanmıştır. RL1 rölesinin enerjilenmesi ile birlikte M1 motoru ve D1 diyotu enerjilenecek, D1 diyotunda M1 motorunun devrede olduğunu gösteren uyarı ışığı yanacaktır.

Bu durumda su kaynağında yeterli miktarda su olduğu için D4 diyotu enerjilenmeyecektir. D5 diyotu enerjilenerek su tankında yeterli miktarda suyun kalmadığını, D6 diyotu enerjilenerek hidrofor basıncının yetersiz olduğunu ve D7 diyotu enerjilenerek M1 motoru çalıştığı halde su tankı düşük seviye anahtarının kapanmamasından dolayı, M1 motorunun su tankına su aktaramadığını belirten uyarı ışıkları yanacaktır. Böylece sistem kullanıcıya su tankında yeterli miktarda suyun olmadığı, M1 motorunun çalışmakta olduğu ve gerekli su aktarımını sağlayamadığı, hidrofor basıncının yetersiz olduğu bilgileri sunulmuş olacaktır.

Yine burada ön görülen durumda D1 diyotunun enerjili olması ile M1 motorunun

çalışmakta olduğu, D2 diyotunun enerjisiz olması ile M2 motorunun çalışmadığı ve D3 diyotunun enerjisiz olması ile de selenoid vandan su akışının sağlanmadığı bilgileri sistem kullanıcısına sunulmuş olacaktır.

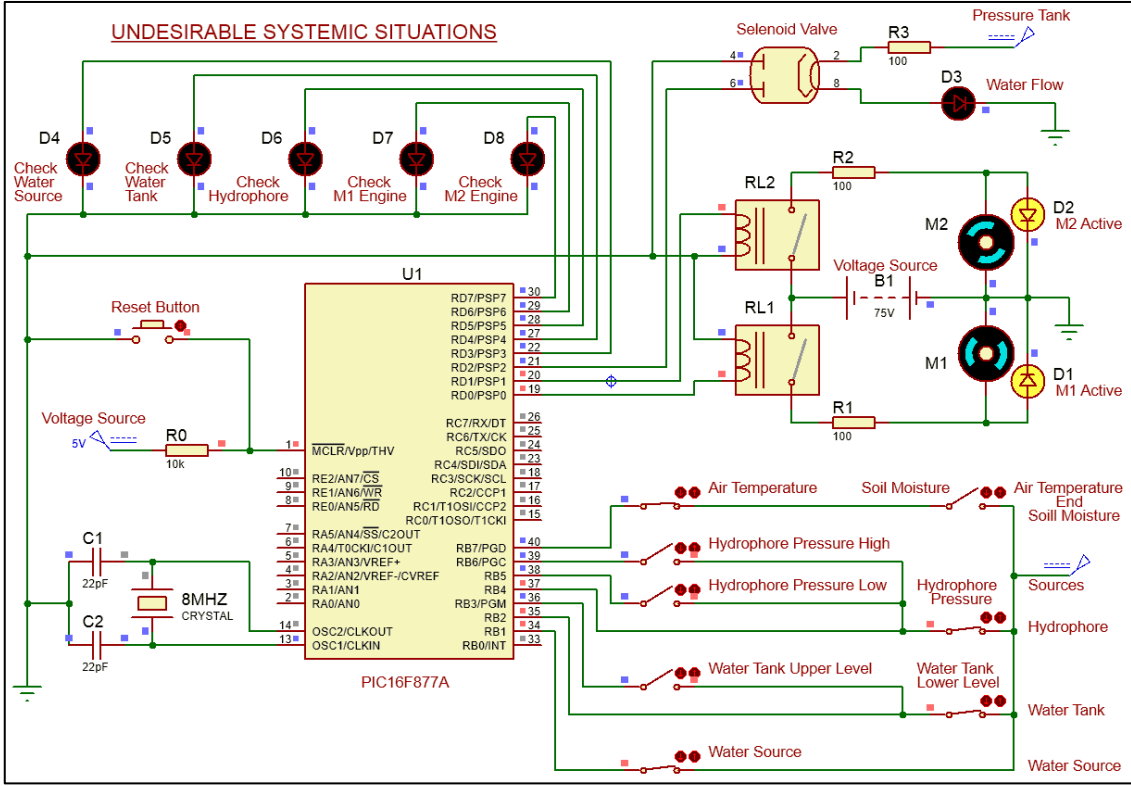


Şekil 5.5. Kaynakta suyun olması; tankta suyun ve hidroforda yeterli basıncın olmaması durumu

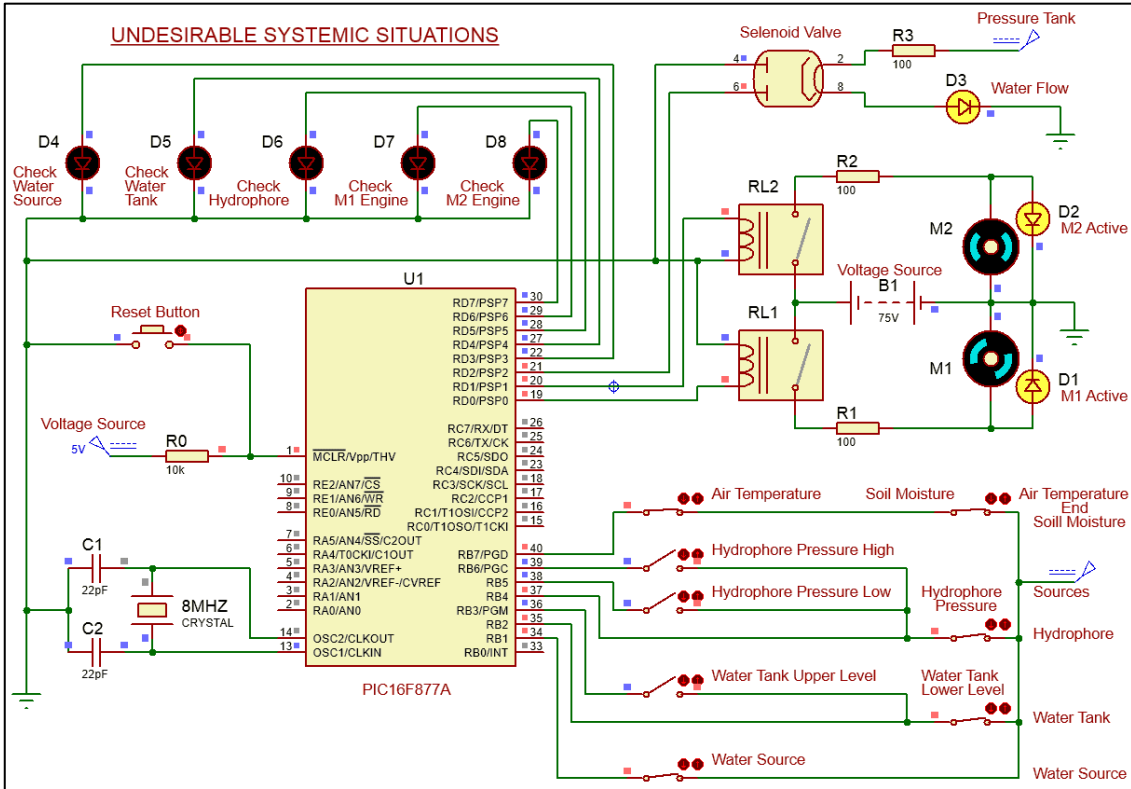
- Aşağıda yer alan Şekil 5.6'da kaynakta ve tankta suyun olması; hidroforda yeterli basıncın olmaması durumu incelendiğinde: Su kaynağında yeterli su miktarının olması ile birlikte su kaynağı anahtarı kapanarak RL1 rölesinin enerjilenmesi sağlanmıştır. RL1 rölesinin enerjilenmesi ile birlikte M1 motoru ve D1 diyotu enerjilenerek, D1 diyotunda M1 motorunun devrede olduğunu gösteren uyarı ışığı yanacaktır. Dinlendirme tankında yeterli su miktarına ulaşılması ile birlikte ise su tankı alt seviye anahtarı kapanarak RL2 rölesinin enerjilenmesi sağlanmıştır. RL2 rölesinin enerjilenmesi ile birlikte M2 motoru ve D2 diyotu da enerjilenerek, D2 diyotunda M2 motorunun devrede olduğunu gösteren uyarı ışığı yanmıştır.

Bu durumda su kaynağında yeterli miktarda su olduğu için D4 diyotu ve su tankında yeterli miktarda su olduğu için D5 diyotu enerjilenmeyecektir. D6 diyotu enerjilenerek hidrofor basıncının yetersiz olduğunu ve M2 motoru çalıştığı halde hidrofor basıncı anahtarının kapanmamasından dolayı, D8 diyotu enerjilenerek M2 motorunun su tankına su aktarmadığını belirten uyarı ışıkları yanacaktır. Böylece sistem kullanıcısına hidrofor





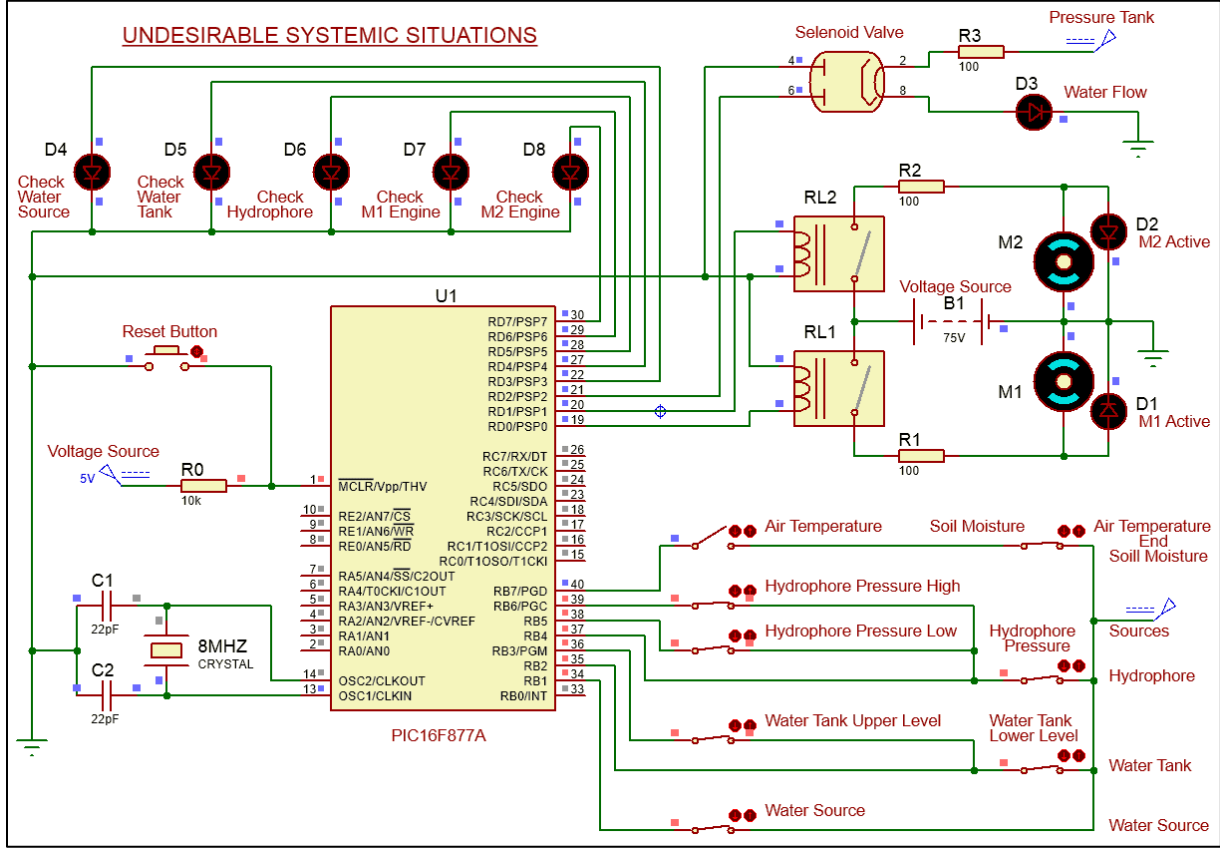
Şekil 5.7. Kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli basıncın olması durumu – 1



Şekil 5.8. Kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli basıncın olması durumu – 2

- Yukarıda yer alan Şekil 5.8’de kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli

basıncın olması durumu – 2 incelendiğinde: Şekil 5.7’den farklı olarak toprak neminin yetersiz duruma geçmesi ile toprak nem sensörü kapanmıştır. Bu durumda hidrofor basıncı da yeterli olduğundan selenoid vana ve D3 diyotu enerjilenmiş; D3 diyotunda selenoid vandan su geçişinin sağlandığını belirten uyarı ışığı yanmıştır.

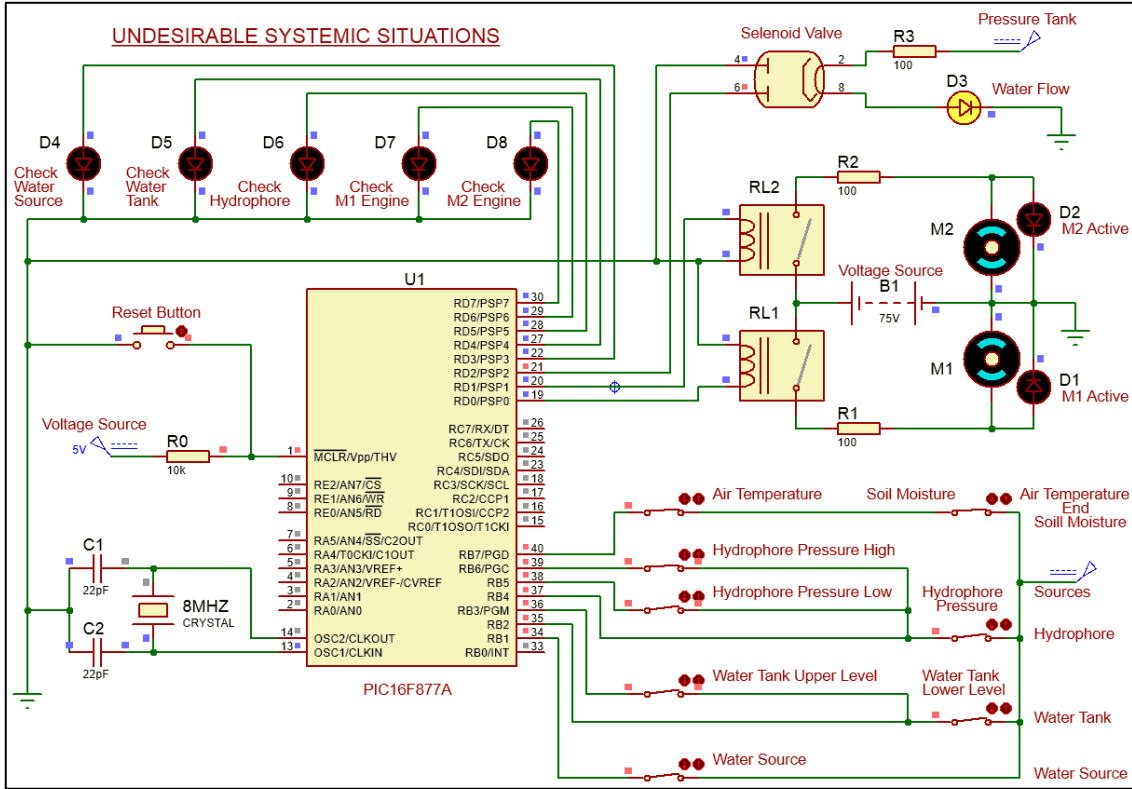


Şekil 5.9. Kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli basıncın olması durumu – 3

- Yukarıda yer alan Şekil 5.9’da kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli basıncın olması durumu – 3 incelendiğinde: Su kaynağında ve su tankında yeterli miktarda suyun ve hidroforda yeterli su basıncının olduğu; toprak nemi ise yetersiz olduğu halde hava sıcaklığı anahtarının açık olmasından dolayı hava sıcaklığının sulama için uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durumda sistem hava sıcaklığının sulama için uygun olmasını bekleyecektir

- Aşağıda yer alan Şekil 5.10’da kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli basıncın olması durumu – 4 incelendiğinde: Bu durumda su kaynağında ve su tankında yeterli miktarda suyun ve hidroforda yeterli su basıncının olduğu; toprak neminin yetersiz ve hava sıcaklığının uygun olduğu şartlar söz konusudur. Bu şartların sağlanması ile selenoid vana ve D3 diyotu enerjilenmiştir. D3 diyotunda ise selenoid vandan su geçişinin gerçekleşmekte olduğunu bildiren ışık yanmaktadır. Sistem kullanıcısı: D3 diyotunun yanmasından sulama

işleminin gerçekleşmekte olduğunu görebilecektir. D4, D5, D6, D7 ve D8 diyotlarının enerjisiz olmasından sistemde herhangi bir sorun olmadığını anlayabilecektir. Yine D1 diyotunun enerjisiz olmasından M1 motorunun devrede olmadığını ve D2 diyotunun enerjisiz olmasından M2 motorunun devrede olmadığını anlayacaktır.



Şekil 5.10. Kaynakta ve tankta suyun; hidroforda yeterli basıncın olması durumu – 4

### 5.7. Kullanılan Yazılımdaki Sabitler ve Değişkenler

Sistemin çalışmasını sağlamak amacıyla üretilen ve Ek1’de yer alan yazılımda; kuyu, depo, hidrofor, toprak ve hava parametrelerinin mevcudiyeti sistemin ana sabitleri olmakla birlikte, elektrik enerjisine ve su kaynağına ulaşılabilirlik de sistem sabitleri olarak değerlendirilebilir. Sistem sabiteletinin aralarındaki ileri ve geri yollu kontrolün sağlanmasında ise toprak nemi, hava sıcaklığı, kaynak depo su bilgisi, dinlendirme tankı su bilgisi ve hidrofor tankı su bilgisi gibi değişkenler belirleyici öğeler olarak yer almaktadır. Bu değişkenlerden elde edilen veriler, oluşturulan algoritma içerisinde birlikte değerlendirilerek, yazılım tarafından otomatik bir şekilde su kontrol programının çalışması sağlanmaktadır. Bu sayede bitkilere gerekli zamanda ve yeterli miktarda su verilebilecektir. Böylece suyun optimum kullanımı sağlanmış olacaktır. Bu durumda aynı zamanda gereksiz elektrik enerjisi kullanımında önlenmiş olacak ve enerji optimizasyonu da sağlanarak enerji maliyetinden de tasarruf sağlanmış olacaktır.

## 5.8. Sistemin Çalışmasından Elde Edilen Veriler

Sistemin çalışması ile elde edilen çıktıları değerlendirebilmek için, değişkenlerden elde edilen verilerden yararlanılması ile gerçekleşebilecek olası senaryoların ortaya konulması gerekmektedir. Bu amaçla alt motor (M1) kontrol verileri için doğruluk tablosu ve olası senaryolar Tablo 5.2’de, üst motor (M1) kontrol verileri için doğruluk tablosu ve olası senaryolar Tablo 5.3’de, selenoid valf kontrol verileri için doğruluk tablosu ve olası senaryolar ise Tablo 5.1’te yer almaktadır.

Tablo 5.1’te nem ve sıcaklık (rb7), hidrofor depo basıncı (rb4), selenoid valf (rd2) verileri kullanılarak, selenoid valf (rd2) değişkenin alabileceği senaryolar ele alınmaktadır.

Tablo 5.2’de kaynak depoda (rb1), dinlendirme deposunda minimum (rb2), maksimum (rb3) ve motorlardan M2 (rd1) ile M1 (rd0) değişken verileri kullanılarak M1 motoruna ait rd0 değişkenin alabileceği senaryolar ele alınmaktadır.

Tablo 5.3’de dinlendirme depoda (rb2), hidrofor depoda basınç (rb4), düşük basınç (rb5) ve yüksek basınç (rb6), motorlarda M2 (rd1) verileri kullanılarak, M2 motoruna ait rd1 değişkenin alabileceği senaryolar ele alınmaktadır.

Tablo 5.1, tablo 5.2 ve tablo 5.3’te belirleyici parametrelere bağlı olarak, çıktı parametreleri 1, 0 ya da delay\_1 (gecikmeli 1) olarak gerçekleşmektedir. Sistemde delay (gecikme) parametrelerinin oluşması bir önceki parametrelere bağlı olarak geliştirilen algoritma içerisinde sistem kararlılığını sağlamaya yönelik olarak gerçekleştirilen yazılımsal bir uygulama metodudur.

**Tablo – 5.1.** Selenoid valf kontrol verileri için doğruluk tablosu ve olası senaryolar

<b>SELENOİD VALF KONTROL VERİLERİ İÇİN DOĞRULUK TABLOSU VE OLASI SENARYOLAR</b>					
Senaryolar	Toprak Nemi ve Hava Sıcaklığı (rb7)	Hidrofor Depo (rb4)	Selenoid Valf (rd2)		Selenoid Valf (rd2)
Senaryo 1	0	0	0	=>	0
Senaryo 2	0	0	1	=>	0
Senaryo 3	0	1	0	=>	0
Senaryo 4	0	1	1	=>	0
Senaryo 5	1	0	0	=>	0
Senaryo 6	1	0	1	=>	0
Senaryo 7	1	1	0	=>	del_1
Senaryo 8	1	1	1	=>	1

**Tablo – 5.2.** Alt motor (M1) kontrol verileri için doğruluk tablosu ve olası senaryolar

<b>ALT MOTOR (M1) KONTROL VERİLERİ İÇİN DOĞRULUK TABLOSU VE OLASI SENARYOLAR</b>							
Senaryolar	Kaynak Depo (rb1)	Dinlendirme Depo (Su Tankı)		Motorlar			Motor M1 (rd0)
		Minimum (rb2)	Maksimum (rb3)	M2 (rd1)	M1 (rd0)		
Senaryo 1	0	0	0	0	0	=>	0
Senaryo 2	0	0	0	0	1	=>	0
Senaryo 3	0	0	0	1	0	=>	0
Senaryo 4	0	0	0	1	1	=>	0
Senaryo 5	0	0	1	0	0	=>	0
Senaryo 6	0	0	1	0	1	=>	0
Senaryo 7	0	0	1	1	0	=>	0
Senaryo 8	0	0	1	1	1	=>	0
Senaryo 9	0	1	0	0	0	=>	0
Senaryo 10	0	1	0	0	1	=>	0
Senaryo 11	0	1	0	1	0	=>	0
Senaryo 12	0	1	0	1	1	=>	0
Senaryo 13	0	1	1	0	0	=>	0
Senaryo 14	0	1	1	0	1	=>	0
Senaryo 15	0	1	1	1	0	=>	0
Senaryo 16	0	1	1	1	1	=>	0
Senaryo 17	1	0	0	0	0	=>	del_1
Senaryo 18	1	0	0	0	1	=>	1
Senaryo 19	1	0	0	1	0	=>	del_1
Senaryo 20	1	0	0	1	1	=>	1
Senaryo 21	1	0	1	0	0	=>	0
Senaryo 22	1	0	1	0	1	=>	0
Senaryo 23	1	0	1	1	0	=>	0
Senaryo 24	1	0	1	1	1	=>	0
Senaryo 25	1	1	0	0	0	=>	1
Senaryo 26	1	1	0	0	1	=>	1
Senaryo 27	1	1	0	1	0	=>	del_1
Senaryo 28	1	1	0	1	1	=>	1
Senaryo 29	1	1	1	0	0	=>	0
Senaryo 30	1	1	1	0	1	=>	0
Senaryo 31	1	1	1	1	0	=>	0
Senaryo 32	1	1	1	1	1	=>	0

**Tablo – 5.3.** Üst motor (M2) kontrol verileri için doğruluk tablosu ve olası senaryolar

<b>ÜST MOTOR (M2) KONTROL VERİLERİ İÇİN DOĞRULUK TABLOSU VE OLASI SENARYOLAR</b>						
Senaryolar	Dinlendirme Depo (rb2)	Hidrofor Depo		Motor M2 (rd1)		Motor M2 (rd1)
		Düşük Basınç (rb5)	Yüksek Basınç (rb6)			
Senaryo 1	0	0	0	0	=>	0
Senaryo 2	0	0	0	1	=>	0
Senaryo 3	0	0	1	0	=>	0
Senaryo 4	0	0	1	1	=>	0
Senaryo 5	0	1	0	0	=>	0
Senaryo 6	0	1	0	1	=>	0
Senaryo 7	0	1	1	0	=>	0
Senaryo 8	0	1	1	1	=>	0
Senaryo 9	1	0	0	0	=>	del_1
Senaryo 10	1	0	0	1	=>	1
Senaryo 11	1	0	1	0	=>	0
Senaryo 12	1	0	1	1	=>	0
Senaryo 13	1	1	0	0	=>	del_1
Senaryo 14	1	1	0	1	=>	1
Senaryo 15	1	1	1	0	=>	0
Senaryo 16	1	1	1	1	=>	0

### 5.9. Tasarlanan Sistemin Avantajları

Sistem birçok avantajı bir arada sunmakla birlikte başlıca avantajları olan su ve elektrik enerjisi tasarrufu sağlamanın yanı sıra zaman tasarrufu, hassas kontrol, ve uzaktan kontrol gibi avantajlarda sunmaktadır.

- Su Tasarrufu:

- Su kontrol otomasyon sistemi, bitkilerin su ihtiyacını doğru şekilde karşılayarak gereksiz su kullanımını önleyecektir. Bu durumda sistem su tasarrufu ve su maliyetlerini düşürücü etki sağlayacaktır.

- Enerji Tasarrufu:

- Su kontrol otomasyon sistemi, enerji tüketimini optimize ederek gereksiz enerji harcamasının önüne geçilecektir. Tasarlanan sistemle sulama zamanının programlanması sayesinde gece veya sabahın erken saatlerinde sulama yapılabilecek ve bu sayede güneş ışığından kaynaklı buharlaşma minimum seviyeye indirilmiş olacaktır.

- Zaman Tasarrufu:

➤ Otomatik sulama sistemleri, manuel olarak bitki sulamak için harcanan zamandan tasarruf sağlayacaktır. Sistem otomatik olarak, bitkilerin ihtiyaç duyduğu zamanda ve ihtiyacı giderilene kadar bitkiye su verilebilecek ve sistem kullanıcıları bu sayede başka işlere vakit ayırabilecektir. Sisteme uzaktan takip sisteminin de entegre edilmesi halinde sistem zaman tasarrufu açısından çok daha verimli bir hal alabilecektir.

- Hassas Kontrol:

➤ Tasarlanan optimizasyon sistemi sayesinde bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarı hassas bir şekilde kontrol edilebilecektir. Hassas sensörlerle toprak nem seviyesi ve hava sıcaklık durumları ölçülerek uygun zamanda otomatik olarak sulama yapılacaktır ve bitkilerin aşırı veya yetersiz sulamadan kaynaklı zarar görmesi önlenmiş olacaktır.

- Bitki Sağlığının İyileştirilmesi:

➤ Otomatik su kontrol sistemi ile bitkilerin sürekli ideal nem seviyesine sahip olması sağlanacaktır. Bu da bitki sağlığını etkileyici bir faktör olacaktır.

- Uzaktan Kontrol:

➤ Tasarlanan sisteme opsiyonel olarak uzaktan izleme ya da kontrol ekipmanları eklenerek sistemin uzaktan kontrol imkânını sağlanabilecektir. Bu sayede cep telefonu veya bilgisayar aracılığıyla herhangi bir yerden sistem izlenebilecek ve kontrol edilebilecektir.

Sistemin bu özellikleri çiftçiler, bahçe sahipleri ve peyzajcılar gibi sistemin uygulanabilir olduğu yerlerdeki farklı kullanıcılar için önemli faydalar sağlayıp avantajlar sunacaktır.

### **5.10. Sistemin Çalışmasında Karşılaşılabilecek Olası Riskler ve Çözümler**

Sistem çalışmasında karşılaşılabilecek olası riskleri ve çözüm önerilerini şu şekilde sıralamak mümkün olacaktır;

- Su Kesintisi:

➤ Kaynak suyunda yaşanabilecek kesintilerde depolardaki suyun yetersiz kalabileceği durumlar sistem çalışmasını olumsuz etkileyebilecek bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Böyle bir durumdan olumsuz etkilenmemek ya da olası riskleri en aza indirmek için mümkün ölçüde sistemi alternatif su kaynaklarından beslemek bu riski minimize

edecektir. Ayrıca son çare olarak tankerler ile su taşınarak sistemin çalışması sağlanabilecektir.

- Elektrik Enerji Kesintisi:

- Elektrik kesintileri otomatik su kontrol sisteminin çalışmasını etkileyecek bir diğer riski oluşturmaktadır. Bu durumda jeneratör veya pil destekli bir yedek güç kaynağı ya da yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak sistem riski minimize edilebilecektir.

- Sistem Arızaları:

- Otomatik su kontrol sistemlerinde zamanla mekanik veya elektronik arızalar meydana gelebilir. Bu gibi durumlarda düzenli bakım ve periyodik kontroller yapıp, yaşanabilecek sorunlar önceden tespit edilerek gerekli müdahaleler yapılmalı ve olası arıza riskleri minimize edilmelidir.

- Sensör Hataları:

- Toprak nem sensörleri veya diğer sensörlerde hatalar oluşabilir ve yanlış veriler sağlayabilir. Bu durumda sensörlerin düzgün çalıştığından emin olmak için periyodik kontroller ve gerekli kalibrasyonlar yapılmalıdır.

- Su Kaçakları:

- Su kontrol hatları veya nozullarında su kaçakları meydana gelebilir. Bu kaçakların tespit edilmesi ve onarılması için sistem düzenli olarak kontrol edilmelidir.

- Yanlış Programlama:

- Yanlış programlama sonucu bitkiler aşırı veya yetersiz su alabilir, bu da bitki sağlığını olumsuz etkileyebilir. Programlama doğru şekilde yapıldığından emin olmak için sistemi dikkatlice ayarlamak önemlidir. Sistem kurulumundan sonra gerekli testler yapılarak sistemin istenilen şekilde çalıştığından emin olunması gerekmektedir.

Bu risklere karşı gerekli önlemlerin alınması, otomatik su kontrol sisteminin güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlayıp, sistemden beklenen verimlilik ve tasarruf sonuçlarının elde edilmesini mümkün kılacaktır.

## 6. SONUÇ

Dünyamızın büyük bir kısmı su kaplı olmasına rağmen, canlıların ihtiyacı olan tatlı su kaynaklarının azalması ve kirlenmesi ile birlikte insan nüfusundaki artış, temiz su kaynaklarına erişim imkânını her geçen gün daha da azaltmaktadır. Bu etkenlerden dolayı, tüm canlılar için ana yaşam kaynaklarından biri olan su varlığının kontrol esaslı olarak çok daha özenli ve etkili kullanılmasına, böylelikle elektrik enerjisi ve diğer faktörlerden maksimum verim sağlanmasına yönelik olarak bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Burada prototip uygulaması verilen su kontrol sistemlerinde kontrolün mümkün olduğunca zamanında ve yeterli yapılması ile tarımsal üretim uygulamaları için de enerji ve su kontrol optimizasyonunda verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır. Çalışmada bu amaçların gerçekleşmesine yönelik olarak, su ve enerji kullanımında kayda değer tasarrufların ortaya çıkabileceği bir tasarım ele alınmıştır.

Sistemde, kuyuda yeterli suyun mevcut olma şartına bağlı olarak, biriktirme ve hidrofor depolarında su yeterliliğini sağlamak amaçlanmıştır. Sistemde kaynak depo, biriktirme deposu ve hidrofor depolarındaki su seviyeleri elektronik olarak, sürekli izlenmekte ve bu seviyelere bağlı olarak pompa motorlarının çalışması kontrol edilmektedir. Klasik sistemlerden farklı olarak su seviyelerinin algılanması için elektrik akımına duyarlı elektrotlar kullanılmış olup, elektrotlardan gelen akım bilgileri mikroişlemcili kontrol katında değerlendirilmektedir.

Minimum su seviyelerini algılamak için alt elektrotlar, maksimum su seviyeleri için ise üst elektrotlar kullanılarak, ara seviyelerde çalışma ya da çalışmama sürekliliği sağlanmıştır. Böylece, sistemde kararlılık sağlanarak, devre elemanlarının sık sık konum değiştirmemesi sağlanmıştır. Sistem kararlılığının artırılması arıza riskini azalttığı gibi, sistem güvenliğini de artırmaktadır.

Sistemde su yeterliliğini sağlamaya yönelik olarak belirtilen tasarıma nem ve sıcaklık sensörleri ilave edilmiş ve su kontrolü amaçlı entegrasyon sağlanmıştır. Su kontrol sistemleri için, nem sensörü ile su ihtiyacının belirlenmesi, sıcaklık sensörü ile aşırı sıcak ve soğuklarda su kullanılmamasının sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışma içerisinde gerçekleştirilen uygulama; teknik olarak su, sıcaklık ve nem verilerinden yararlanmaya yönelik olup, su kullanımına yönelik olarak uzun vadeli bir çalışmada değerlendirilmesinin yararlı olacağı tarafımızca öngörülmektedir. Sistemde su ve enerjinin mümkün olduğunca kısıtlı, fakat diğer taraftan da gerektiğinde kullanımı esas

alındığından, kurulumundaki maliyetin kısa zamanda amorti edilebileceği de ayrıca öngörülmektedir. Bu kapsamlarda çalışmanın daha ileri seviyelere taşınmasına yönelik faaliyetlerin devam ettirilmesi planlanmaktadır. Sistemde suyun ve enerjinin mevcut olmaması, en büyük olası risk faktörleri olmakla beraber, bu riskler sistemin kendisinden kaynaklı değildirler.

## KAYNAKÇA

**Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı** (2024). Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler (KBRN), Çernobil Nükleer Santral Kazası [Erişim: 15.07.2024, <https://www.afad.gov.tr/kbrn/cernobil-nukleer-santral-kazasi>]

**Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı** (2024). Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler (KBRN), Fukushima Daiichi Nükleer Santral Kazası [Erişim: 15.07.2024, <https://www.afad.gov.tr/kbrn/fukushima-daiichi-nukleer-santral-kazasi>]

**Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı** (2024). Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler (KBRN), Kyshtym Kazası [Erişim: 15.07.2024, <https://www.afad.gov.tr/kbrn/kyshtym-kazasi>]

**Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı** (2024). Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler (KBRN), Nükleer Tehdit ve Tehlikeler [Erişim: 15.07.2024, <https://www.afad.gov.tr/kbrn/nukleer-tehditler>]

**Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı** (2024). Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler (KBRN), Three Mile Island Kazası [Erişim: 15.07.2024, <https://www.afad.gov.tr/kbrn/three-mile-island-kazasi>]

**Benyezza, H., Bouhedda, M., & Rebouh, S.** (2021). Zoning irrigation smart system based on fuzzy control technology and IoT for water and energy saving. *Journal of Cleaner production*, 302, 127001.

**Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Gotsis, A., Wan, S., Sarigiannidis, P., Nikolaidis, S., & Goudos, S. K.** (2020). Smart irrigation system for precision agriculture—The AREThOU5A IoT platform. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17539-17547.

**Bülbül, M. A., & Öztürk, C.** (2022). Optimization, modeling and implementation of plant water consumption control using genetic algorithm and artificial neural network in a hybrid structure. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(2), 2329-2343.

**Cáceres, G., Millán, P., Pereira, M., & Lozano, D.** (2021). Smart farm irrigation: Model predictive control for economic optimal irrigation in agriculture. *Agronomy*, 11(9), 1810.

**Çakır A., & Çalış H.** (2007). Uzaktan Kontrollü Otomatik Sulama Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 258-261

**Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı** (2024). Yenilenebilir Kaynaklardan Üretilen Elektrik Oranı [Erişim: 15.07.2024, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yenilenebilir-kaynaklardan-uretilen-elektrik-orani-i-85810>]

**Elektronik Hobi** (224). Otomatik Bahçe/Bitki Sulama [Erişim: 15.07.2024, <https://elektronikhobi.net/otomatik-bahcebitki-sulama/>]

**Enerji ve Tesisat** (2022). Yenilenebilir Enerji Kaynakları [Erişim: 19.05.2024, <https://www.enerjivetesisat.com/enerji/yenilenebilir-kaynaklar/9465-yeni-lenebi-li-r-enerji-kaynaklari-renewable-energy-semih-calapkulu>]

**Fiorsan Bilişim ve Ticaret A.Ş** (2024). Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynakları [Erişim: 18.05.2024, <https://fiorsanelektrik.com/elektrik-uretiminde-kullanilan-enerji-kaynaklari/>]

**Gamal, Y., Soltan, A., Said, L. A., Madian, A. H., & Radwan, A. G.** (2023). Smart Irrigation Systems: Overview. *IEEE Access*. (Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2017.DOI)

**Grapak** (2024). Patates ve Sebze Üretimi İçin Tarım Makineleri [Erişim: 27.05.2024, <https://grapak.com/en/sales-program/agricultural-machinery-production-potatoes-and-vegetables>]

**İmal, N.** (2020). Su Şebeke Otomasyon Sistemi ve Uygulaması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(100. Yıl Özel Sayı), 353-362.

**Microchip Technology** (2012). PIC16F87XA Data Sheet [Erişim: 15.07.2024, <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>]

**Obaideen, K., Yousef, B. A., AlMallahi, M. N., Tan, Y. C., Mahmoud, M., Jaber, H., & Ramadan, M.** (2022). An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*, 7, 100124.

**Özkaya, U., Ulukut, Ö., Çömlekçi, S., & Vardar, G.** (2005). İçme suyu şebekesi kontrol otomasyonu. *EMO Dergisi*.

**Robotik Sistem** (2024). Programlama Dilleri ve Özellikleri [Erişim: 15.07.2024, [http://www.robotiksistem.com/programlama\\_dilleri\\_ozellikleri.html](http://www.robotiksistem.com/programlama_dilleri_ozellikleri.html)]

**Rubini, P. E., Reddy, G. D., Chandan, N. J., Dikshith, K., & Ajay, G.** (2020). An Efficient Energy and Water Management in Agricultural Land using Sensors and Machine Learning Algorithm. *Journal of Green Engineering*, 10(7), 3350-3360.

**Taştan, M.** (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 229-236.

**Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) Genel Müdürlüğü** (2023). 2022 Yılı Türkiye Elektrik Dağıtım Sektör Raporu [Erişim: 23.04.2024, <https://tedas.gov.tr/FileUpload/MediaFolder/f1bb5ed3-88d0-4502-966b-4ecaab4c1270.pdf>]

**van der Helm, A. W. C., Ruiken, C. J., van Schagen, K., & Rietveld, L. C.** (2011). Model-based operation in the water cycle. *In International water week* (pp. 1-8). International Water Association (IWA).

# **EKLER**

```

void main(){
    ADCON1 |= 0x0F;
    CMCON |= 7;
    trisb=1;
    portb=0;
    trisd=0;
    portd=0;
    while(1) {

        // rd0: Alt motor çalışma bilgisi 1/0
        // rd1: Üst motor çalışma bilgisi 1/0
        // rb1: Kaynak depo su seviye bilgisi 1/0
        // rb2: Dinlendirme tankı su seviye bilgisi (alt) 1/0
        // rb3: Dinlendirme tankı su seviye bilgisi (üst) 1/0
        if ((portb.rb1==1) && (portb.rb2==0) && (portd.rd0==1)){
            portd.rd0=1;}
        if ((portb.rb1==1) && (portb.rb2==0) && (portd.rd0==0)){
            delay_ms(2000);
            portd.rd0=1;}
        if ((portb.rb1==1) && (portb.rb2==1) && (portb.rb3==0) && (portd.rd1==0)){
            portd.rd0=1;}
        if ((portb.rb1==1) && (portb.rb2==1) && (portb.rb3==0) && (portd.rd1==1) && (portd.rd0==1)){
            portd.rd0=1;}
        if ((portb.rb1==1) && (portb.rb2==1) && (portb.rb3==0) && (portd.rd1==1) && (portd.rd0==0)){
            delay_ms(2000);
            portd.rd0=1;}
        if ((portb.rb1==0) || ((portb.rb2==0) && (portb.rb3==1)) || (portb.rb3==1)){
            portd.rd0=0;}
    }
}

```

```
// rd1: Üst motor çalışma bilgisi 1/0
```

```
// rb2: Dinlendirme tankı su seviye bilgisi (alt) 1/0
```

```
// rb5: Hidrofor tankı su seviye bilgisi (alt) 1/0
```

```
// rb6: Hidrofor tankı su seviye bilgisi (üst) 1/0
```

```
if ((portb.rb2==1) && (portb.rb5==0) && (portd.rd1==1)){
```

```
portd.rd1=1;}
```

```
if ((portb.rb2==1) && (portb.rb5==0) && (portd.rd1==0)){
```

```
    delay_ms(2000);
```

```
portd.rd1=1;}
```

```
if ((portb.rb2==0) || ((portb.rb5==0) && (portb.rb6==1)) || (portb.rb6==1)){
```

```
portd.rd1=0;}
```

```
// rd2: Selenoid valf çalışma bilgisi 1/0
```

```
// rb4: Hidrofor tankı su seviye bilgisi 1/0
```

```
// rb7: Toprak nem ve Hava sıcaklık bilgisi 1/0 (1: Hava sıcaklığı uygun ve Toprak nemi yetersiz)
```

```
// rb7: Toprak nem ve Hava sıcaklık bilgisi 1/0 (0: Hava sıcaklığı uygun değil ve/veya Toprak nemi yeterli)
```

```
if ((portb.rb4==1) && (portb.rb7==1) ){
```

```
portd.rd2=1;}
```

```
if ((portb.rb4==0) || (portb.rb7==0) ){
```

```
portd.rd2=0;}
```

```
// İSTENMEYEN SİSTEMSEL DURUMLAR
```

```
// rd3: Kaynak depoda su yok
```

```
if ((portb.rb1==0) ){
```

```
portd.rd3=1;}
```

```
if ((portb.rb1==1) ){
```

```
portd.rd3=0;}
```

```
// rd4: Dinlendirme tankında su yok
```

```
if ((portb.rb2==0) ){
```

```
portd.rd4=1;}
```

```
if ((portb.rb2==1) ){
```

```
portd.rd4=0;}
```

```
// rd5: Hidrofor tankında su yok
if ((portb.rb4==0) ){
portd.rd5=1;}
if ((portb.rb4==1) ){
portd.rd5=0;}

// rd6: Alt motor (M1) su aktaramıyor
if ( (portb.rb2==0) && (portd.rd0==1) ){
    delay_ms(6000);
portd.rd6=1;}
if ( (portb.rb2==1) || (portd.rd0==0) ){
portd.rd6=0;}

// rd7: Üst motor (M2) su aktaramıyor
if ( (portb.rb4==0) && (portd.rd1==1) ){
    delay_ms(6000);
portd.rd7=1;}
if (|(portb.rb4==1) || (portd.rd1==0) ){
portd.rd7=0;}
```

**Ek 1. C Kodu**