

## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2022, 59 (4):621-631  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1122265>

Mehmet Kamil MERİÇ<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Bergama Meslek Yüksek Okulu, Seracılık Programı, 35700, Bergama, İzmir, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):  
[m.kamil.meric@ege.edu.tr](mailto:m.kamil.meric@ege.edu.tr)

**Keywords:** Sulama, izleme, kablosuz sensör ağı, pompa, uzaktan kontrol

**Anahtar sözcükler:** Irrigation, monitoring, wireless sensor network, pump, remote control

# Pompa istasyonunun kablosuz sensör ağı ile uzaktan yönetimi

## Remote management of pump station with wireless sensor network

Received (Alınış): 27.05.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 25.06.2022

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada sulama pompa istasyonunun uzaktan izlenmesini ve kontrolünü sağlayacak kablosuz sensör ağı kontrol kartı (düğüm noktası) donanım ve yazılımının tasarlanması ve saha testi amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Pompa istasyonunda ölçülmesi planlanan parametrelere bağlı olarak prototip PCB tasarımı ve üretimi yapılmış, farklı geliştirme ortamları kullanılarak gömülü yazılım tasarlanmış ve saha testi gerçekleştirilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Test sırasında pompa üzerindeki statik ve dinamik su yüksekliği 130.8 - 78 m. arasında değişmiştir. Çıkış basıncının değişimi ile debide ve pompa üzerindeki su yüksekliğinde değişimler gözlenmiş, toplam 7598 m<sup>3</sup> su hacmi kaydedilmiştir. Faz ile nötr arası gerilimin her faz için 215 - 235 volt arasında değiştiği, akımın ise pompaların tahrik edildiği anda sıçramalar gösterdiği, stabil çalışma koşullarında ise 72 amper civarında kaldığı belirlenmiştir.

**Sonuç:** Elde edilen bulgular, geliştirilen kablosuz sensör ağı kontrol kartının donanım ve yazılımının sulama amacıyla kullanılan pompaların izlenmesinde ve kontrolünde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to design and to carry out the field test of the hardware and firmware of the wireless sensor network node that will provide the remote monitoring and control of the pump station of an irrigation system.

**Material and Methods:** Depending on the parameters planned to be measured at the pump station, a prototype PCB and a firmware was manufactured and designed; and a field test was carried out.

**Results:** The static and dynamic water height over the pump was changed between 130.8 - 78 m. By the changes in outlet pressure, changes in flowrate and water height over the pump were measured and a total water volume of 7598 m<sup>3</sup> was recorded. Phase to neutral voltage varied between 215 - 235 volts in each phase and the current fluctuated while the pump is driven generally remained around 72 ampere.

**Conclusion:** The developed WSN node hardware and firmware can be effectively used to monitor and control of the pumps utilized for irrigation.

## GİRİŞ

Sulama tarımsal üretimde verim artışını sağlayan en önemli girdilerden biridir. İklim değişikliği, nüfus artışı ve kentleşme sonucu su kaynakları üzerindeki baskıların giderek artması nedeniyle ülkemizde toplam su potansiyelinin %77'sini kullanan tarımda (DSİ, 2021) suyun etkin yönetimi gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır.

Basıncılı sulama sistemleri ve suyun basınçla iletimi için gerekli pompa bitki kök bölgesinde optimum nem koşullarını sağlaması, suyun hassas ve etkin kullanımına izin vermesi ve otomasyona uygunluğu nedeniyle günümüzde tarımsal sulamada tercih edilmektedir. Bununla birlikte, kullanımı sırasında sulanacak alanda eş su dağılımının sağlanması ve tıkanma problemlerinin önlenmesi/ geciktirilmesi için yeterli işletme basıncı sağlanmalıdır. Su kaynağından doğrudan yeterli miktar ve basınçta su sağlanamadığı durumda boru hatlarına su pompalar yardımıyla iletilir. Bu amaçla günümüzde basınçlı sulama sistemlerinin çoğunda entegre bir pompa istasyonu bulunmaktadır (Atay vd., 2015; Netafim, 2015).

Pompa istasyonları suyun kaynaktan alınarak sulanacak araziye iletilmesinde kullanılan mühendislik yapılarıdır. Sulanacak alanın büyüklüğü ve aynı anda sulanacak parsel sayısına bağlı olarak bir ya da daha fazla pompa içerebilir. Pompaların güç kaynağı sulama yapılacak alandaki enerji kaynağının durumu ve bu kaynağa ulaşımına bağlıdır. Çoğu zaman, daha az işgücü gerektirmesi ve daha yüksek enerji etkinliği nedeniyle elektrik enerjisi tercih edilmektedir (Atay vd., 2015; Netafim, 2015). Suyun yüzey ya da yeraltı su kaynağından sağlanmasına bağlı olarak yatay ve dikey milli santrifüj pompalar ya da dalgıç pompalar kullanılabilir (Karassik et al., 2007; Scherer, 2022). Suyun iletileceği nokta ile su kaynağı arasında kot farkının bulunması ve basıncın yetersiz kalması durumunda boru hattı üzerine basınç artırıcı hat üstü pompalar da (booster/inline) yerleştirilebilir.

Basıncılı sulama sistemlerinde eş su dağılımının sağlanarak bitki kök bölgesinde yeterli suyun depolanması uygun işletme basıncının sağlanmasına bağlıdır. Bu nedenle pompaların yeterli basınç ve debi üretilebilecek standartta çalıştırılması gereklidir (Dragan, 2022). Yatak aşınması, deformasyon, kuru çalışma, çark aşınması ya da hasarı standart çalışmayı etkileyen pompa arızaları arasındadır ve pompanın etkinliğini azaltarak yetersiz debi ve basınç üretilmesine neden olur (Greene & Casada, 1995; Smajstrla et al., 2002; Mohanty et al., 2013; Herrera-Guachamin & Antonino-Daviu, 2019; Becker et al., 2020). Elektrik kaynağının akım özelliklerinin izlenmesi, kullanım ya da çevresel etkilerden dolayı aşınma sonucu ortaya çıkabilecek bu arızaların önlenmesinde kullanılacak veriler sağlar (Greene & Casada, 1995; Alabied et al., 2017; Irfan et al., 2019; Becker et al., 2020).

Son yıllarda sulamada kullanılan pompaların uzaktan kontrolü ile akım ve gerilim parametrelerinin uzaktan izlenmesi (Sengar & Parakh, 2020; Kuo et al., 2021; Thomas et al., 2021), farklı ısı pompalarında toplam yük, basınç, akışkan sıcaklığı, enerji vb. parametrelerin uzaktan izlenmesi (Ya-qianq et al., 2009; Wang et al., 2020), yağ pompalarının basınç ve debisinin uzaktan izlenmesi (Hussein et al., 2020) ile ilgili çalışmalar yürütülmüştür. Diğer bazı çalışmalarda ise kablosuz sensör ağları (WSN) yardımıyla toplanan verilerin kullanıcıya sunulması amacıyla farklı yazılımlar da geliştirilmiştir (Dubey et al., 2011; Page et al., 2018; Ogidan & Afia, 2019; Karar et al., 2020; Kuo et al., 2021).

Ticari olarak piyasada mevcut bulunan kontrol kartlarından farklı olarak bu çalışmada geliştirilen kablosuz sensör ağı kontrol kartı donanım ve yazılımı basınçlı sulama sistemlerinin izlenmesi ve kontrolü amacıyla geliştirilen daha geniş ölçekli bir sistemin parçasıdır. Bununla birlikte yazılım ile veri iletim aralığı dakika ölçeğinde ayarlanabilmekte hem emme hem de basma hattında basınç okuması yapılabilmekte, donanımın modüler tasarımı sayesinde tüm tasarımının değiştirilmesine gerek kalmadan farklı bir radyo vericisi ve mikroişlemcinin kolaylıkla kullanılabilmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmada pompaların basınç, debi, sulama suyu, akım ve gerilim gibi hidrolik ve elektriksel parametrelerinin uzaktan izlenmesi ve kontrolü için bir kablosuz sensör ağı kontrol kartı (düğüm noktası) donanımı ve yazılımı geliştirilmiş ve saha testi sunulmuştur.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma donanım ve yazılım tasarımı ile saha testi olmak üzere 2 aşamada yürütülmüştür.

Kablosuz sensör ağının topolojisi ile donanımın radyo modül (LE70-868, Telit), mikroişlemci (STM32F401RET6, ST Microelectronics) ve eeprom (AT24C512, Microchip) içeren üst katmanı Meriç & Tunalı (2019)'da açıklandığı şekilde tasarlanmıştır. Besleme devresi ile giriş ve çıkış noktalarının bulunduğu alt donanım katmanı ve gömülü yazılım ise ölçülmesi ve kullanılması planlanan parametrelere ve sensörlere bağlı olarak yeniden tasarlanmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Pompa düğüm noktası kontrol ve ölçüm parametreleri ile giriş ve çıkış noktaları

**Table 1.** Control & measurement parameters and input & output connectors

Kontrol / Ölçüm parametresi	Özellik	Sensör / Ekipman tipi	Adet	Açıklama	Birim
Pompa kontrol	Dijital çıkış	12VDC harici röle Omron	4	Toplam 4 adet pompa kontrolü.	Açık / Kapalı
Basınç ölçümü	Analog giriş	4-20 mA basınç sensörü Basma hattı: ATEK BCT 22 serisi, 20 bar piezoresistif basınç transmitteri. Hassasiyet %0.3. Emme hattı: ATEK PTL 110 serisi 25 bar piezoresistif hidrostatik sıvı seviye ölçüm transmitteri. Hassasiyet %0.3.	8	Santrifüj pompalar için 1 adet basma hattında, 1 adet emme hattında olmak üzere 4 pompa için toplam 8 adet. Dalgıç tip pompalar için emme hattına takılacak hidrostatik basınç sensörü kuyu içinde pompa üzerindeki statik ve dinamik su yüksekliğini gösterir.	Bar ve metre
Sulama suyu miktarı ölçümü	Kesme özellikli dijital giriş	Pals sayaç Baylan Woltman Tip W-2	4	-	m <sup>3</sup>
Debi ölçümü	-	-	4	İki veri aktarımı arasında ölçülen sulama suyu hacminin bu aralıktaki zamana bölünmesiyle belirlenmektedir.	m <sup>3</sup> /saat
Akım ve gerilim ölçümü	RS485 (A, B, GND), UART üzerinden	Enerji analizörü Entes EPM-06CS True RMS	4	-	Amper ve Volt
Besleme	12-24VDC	-	1	-	Volt

Tüm giriş ve çıkışlar işlemcinin ilgili pinlerine donanım tasarımı aşamasında STMCubeMX (STMicroelectronics) programı yardımıyla görsel olarak bağlanmış, uygunlukları kontrol edildikten sonra devre şeması çizilmiş ve sonrasında prototip baskı devre kartı (PCB) tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir.

PCB üretiminin ardından, STM32CubeIDE (STMicroelectronics) tümleşik geliştirme ortamı ve HAL (Hardware Abstraction Layer - Donanım Soyutlama Katmanı, STMicroelectronics) kütüphanesi kullanılarak düğüm noktasının gömülü yazılımı C/C++ diliyle kodlanmıştır.

Donanım ve yazılım Manisa ilindeki bir tarım işletmesinde, 27.12.2017 - 5.1.2018 tarihleri arasında, bir derin yeraltı su kuyusunun veriminin belirlenmesi ve uygun pompanın seçilmesi çalışması sırasında 10 gün süreyle test edilmiştir. Kuyu, işletme sınırları içinde 38°50'38.13"N, 28°23'19.51"E koordinatlarında, 196 m derinlikte, 200 mm çapındadır. Kuyu içine 180 m derinliğe 50 HP motor gücünde, maksimum 220 m basma yüksekliğine sahip (H<sub>m</sub>), etkin çalışma aralığındaki maksimum debisi 64.8 m<sup>3</sup>/saat olan (bu aralık dışında 76 m<sup>3</sup>/saat) 18 kademeli dalgıç pompa yerleştirilmiştir (Üstünel S6 D 50/18 döküm dalgıç pompa). Montaj sırasında pompa ile birlikte 1 adet hidrostatik basınç sensörü de pompa derinliğine (180 m) indirilmiştir. Kuyu çıkışında pompa basma hattı üzerine ise 1 adet pals sayaç ve 1 adet basınç sensörü ile basıncı değiştirebilmek (ayarlayabilmek) amacıyla el ile kontrol edilecek 1 adet küresel vana yerleştirilmiştir. Test süresince dalgıç pompa 3 kez çalıştırılmıştır (Çizelge 2).

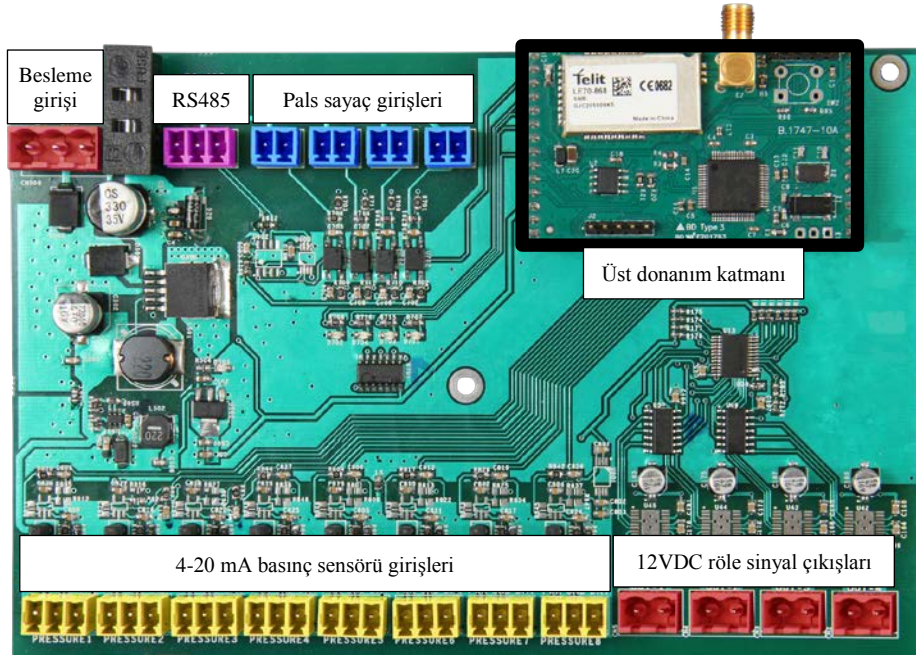
**Çizelge 2.** Saha testi ve dalgıç pompanın çalışma zamanları**Table 2.** Dates of field test and pump activation

Test aralığı	Çalıştırma adı	Çalıştırma başlama zamanı	Çalıştırma bitiş zamanı
	1. çalıştırma	27.12.2017, 16:00	28.12.2017, 11:15
27.12.2017, 14:57 – 5.1.2018, 13:50	2. çalıştırma	29.12.2017, 10:35	29.12.2017, 15:10
	3. çalıştırma	29.12.2017, 15:30	02.1.2018, 17:15

Veri iletim aralığı test başlangıcı ile 27.12.2017, 18:25 arasında 1 dakika; 27.12.2017, 18:25 ile test sonu arasında 5 dakika olarak seçilmiştir.

**Donanım tasarımı**

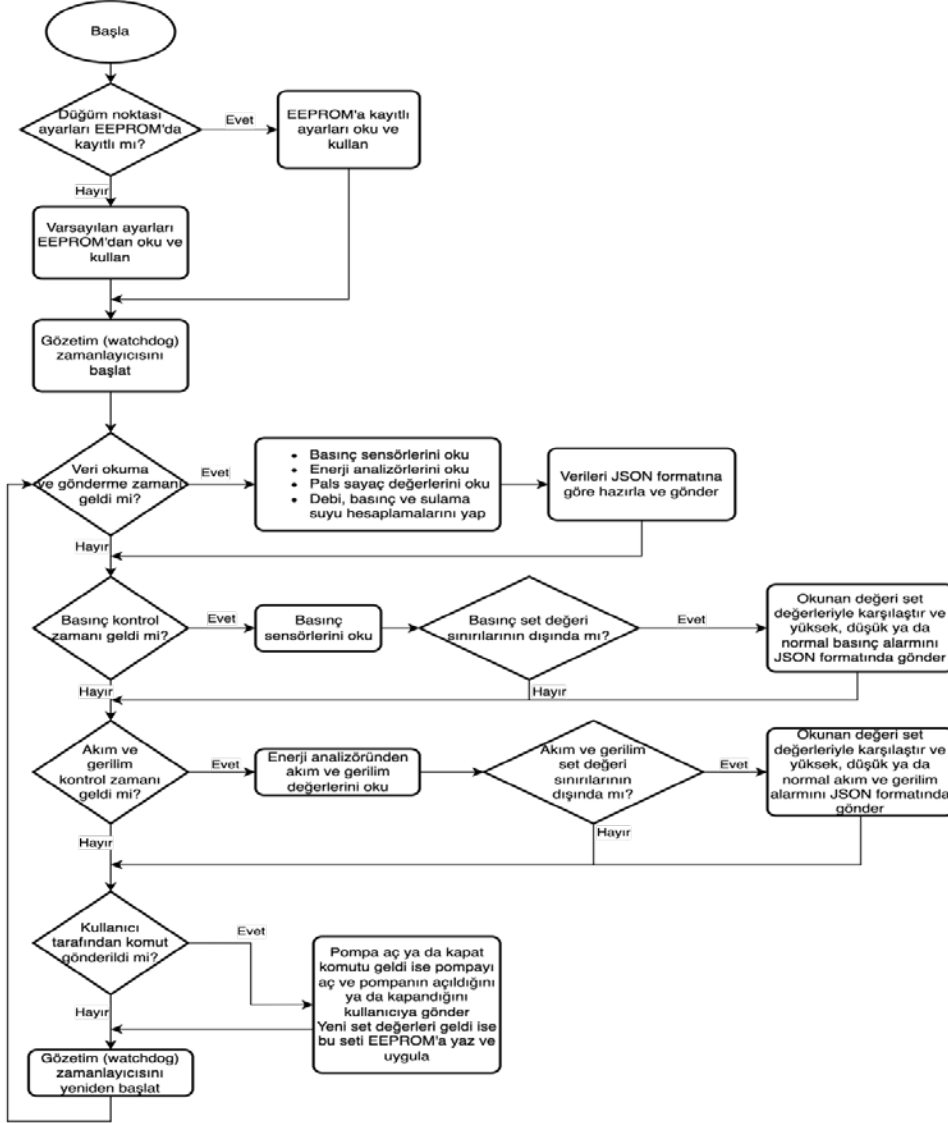
Pompaj tesisi kontrol kartı (pompa düğüm noktası) donanımı 12-24VDC besleme aralığında çalışacak ve 4 pompanın kontrolüne ve izlenmesine izin verecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 1). İlgili elektronik komponentlerin ihtiyaç duydukları farklı çalışma gerilimleri besleme devresi kısmındaki voltaj regülatörleri yardımıyla düzenlenmiştir. Her pompanın ayrı 12VDC harici röle bağlantısı üzerinden tetiklenmesi planlandığı için kart üzerine röle yerleştirilmemiş sadece 12VDC sinyal çıkışları konumlandırılmıştır. Yine her pompa için 1 adet pals sayaç girişi ile biri pompanın basma diğeri emme hattına bağlanmak üzere 2 adet 4-20 mA basınç sensörü girişi yerleştirilmiştir. Emme hattına yerleştirilecek hidrostatik (daldırma tip) basınç sensörü dalgıç pompalarda pompa üzerindeki su yüksekliğini (statik ya da dinamik su yüksekliği) ölçerken, hat üstü (booster/inline) pompalarda emme hattına yerleştirilen basınç sensörü pompanın bulunduğu kotta boru içindeki basıncı ölçmektedir. Pompaların akım ve gerilim parametrelerinin izlenmesi amacıyla harici enerji analizörü okumalarının alınabilmesi için 1 adet RS485 bağlantı noktası da PCB üzerine yerleştirilmiştir.

**Şekil 1.** Pompaj tesisi kontrol kartı (pompa düğüm noktası) genel tasarımı.**Figure 1.** Hardware design of pump node.

Mikroişlemci ve radyo vericisinin bulunduğu üst donanım katmanının alt donanım katmanı ile haberleşmesi 2 sıra halindeki 14 adet pin (toplam 28 adet) aracılığıyla modüler şekilde tasarlanmıştır. Bu tip bir tasarımın herhangi bir arıza ya da değişim durumunda onarım ve/veya değişim maliyetini düşüreceği düşünülmüştür.

## Yazılım tasarımı

Yazılım algoritmasının genel yapısı Şekil 2'de verilmiştir. Algoritma ilk olarak eeprom'da herhangi bir ayar seti olup olmadığını denetleyerek, olmadığı durumda varsayılan ayar setini eeprom'a yazar ve kullanır. Eğer ayar seti daha önce kayıtlı ise bu seti okuyarak kullanıma alır. Ayar seti, düğüm noktasına bağlı pompa sayısı ile her pompa için basınç sensörleri, sayaç ve enerji analizörü olup olmadığını, veri gönderim aralığını, basınç kontrol aralığı ile basınç üst ve alt sınır değerlerini, akım ve gerilim kontrol aralığı ile bunların üst ve alt sınır değerlerini içerir.



Şekil 2. Pompaj tesisi kontrol kartı (pompa düğüm noktası) yazılım algoritması.

Figure 2. Software algorithm of pump node.

Ayar seti kontrolünün ardından, ana döngüye girmeden hemen önce bir gözetim zamanlayıcısı (watchdog timer) başlatılır. Bu zamanlayıcı ana döngü içindeki kodun son satırında sıfırlanır ve yeniden çalıştırılır. Ana döngü içinde gözetim zamanlayıcısının yeniden çalıştırılmaması, kodun işleyişi sırasında beklenmedik bir hata olduğu anlamına gelir ve mikroişlemci bu gözetim zamanlayıcısı tarafından yeniden başlatılır.

Ana döngü içinde donanımsal zamanlayıcılar yardımıyla 3 adet ek zamanlayıcı döngüsü de çalıştırılır (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Pompaj tesisi kontrol kartı (pompa düğüm noktası) zamanlayıcı döngüleri

**Table 3.** Pump node timer loops

Döngü adı	Açıklama
Veri iletimi zamanlayıcı döngüsü	Ayar setinde belirtilen zaman aralığında pompa emme hattı basıncı, pompa basma hattı basıncı, debi, sulama suyu hacmi, akım ve gerilim değerleri JSON (JavaScript Object Notation) formatında merkezi toplayıcıya gönderilir.
Basınç kontrolü zamanlayıcı döngüsü	Ayar setinde belirtilen zaman aralığında pompa emme ve basma hatlarında sensör bulunup bulunmamasına bağlı olarak basınç değerleri okunur.  Okunan basınç değerleri ayar setinde tanımlanmış basınç üst ve alt sınır değerleriyle karşılaştırılır.  Karşılaştırma sonucu yüksek, düşük veya normal basınç bölgeleri içinde kalınıp kalınmamasına bağlı olarak JSON formatında alarm verisi hazırlanır ve merkezi toplayıcıya gönderilir.
Akım ve gerilim kontrolü zamanlayıcı döngüsü	Ayar setinde belirtilen zaman aralığında enerji analizöründen akım ve gerilim değerleri okunur.  Okunan akım ve gerilim değerleri ayar setinde tanımlanmış akım ve gerilim üst ve alt sınır değerleriyle karşılaştırılır.  Karşılaştırma sonucu yüksek, düşük ve normal akım ve gerilim bölgeleri içinde kalınıp kalınmamasına bağlı olarak JSON formatında alarm verisi hazırlanır ve merkezi toplayıcıya gönderilir.

Veri iletim zamanlayıcı döngüsünde belirlenen aralıklarda kullanıcıya pompa emme hattı basıncı (dalgiç pompalar için pompa üzerindeki su yüksekliği - statik ve dinamik su yüksekliği), pompa basma hattı basıncı, debi, sulama suyu miktarı, akım ve gerilim değerleri gönderilir.

Pompaların basınç sensörlerinin okunduğu zamanlayıcı döngüsünde, değerlerin hangi basınç aralığı içinde olduğu kontrol edilir. Buna göre yüksek, düşük ve normal basınç alarmlarının kullanıcıya gönderilip gönderilmeyeceğine karar verilir.

Akım ve gerilim değerlerinin okunduğu zamanlayıcı döngüsünde ise ModbusRTU sorgu protokolü (Çizelge 4) kullanılarak enerji analizöründen akım ve gerilim değerleri alınır. Her biri 16'lı sayı düzeninde 8 bayt şeklinde gönderilen sorgulama veri yapısının 0. baytı analizörün adresini, 1. baytı fonksiyonu (okuma için 0x03; 16'lık sayı düzeninde 3 sayısı), 2 ve 3. baytları analizördeki akım ve gerilim için tanımlanmış kayıt adreslerini, 4 ve 5. baytları bu adreslerin uzunluklarını, 6 ve 7. baytları ise oluşturulan veri yapısı için hesaplanan döngüsel artıklık denetimi değerinin (CRC) ilk ve ikinci baytını içermektedir. RS485 bağlantısı üzerinden analizörden gelen cevap evrensel asenkron alıcı verici ara birimi (UART - Universal Asynchronous Receiver Transmitter) tarafından bir kesme ile yakalanıp kod içinde ayıklanarak akım ve gerilim değerleri ilgili değişkenlere aktarılır. Değişkene aktarılan bu değerler yüksek ve düşük akım ve gerilim değerleriyle karşılaştırılarak akım ve gerilim alarmlarının gönderilip gönderilmeyeceği belirlenir.

**Çizelge 4.** ModbusRTU sorgu protokolü

**Table 4.** ModbusRTU query protocol

Bayt 0	Bayt 1	Bayt 2	Bayt 3	Bayt 4	Bayt 5	Bayt 6	Bayt 7
Cihaz adresi	Fonksiyon	Register Adresi MSB <sup>1</sup>	Register Adresi LSB <sup>2</sup>	Register sayısı MSB <sup>1</sup>	Register sayısı LSB <sup>2</sup>	CRC <sup>3</sup> MSB <sup>1</sup>	CRC <sup>3</sup> LSB <sup>2</sup>

<sup>1</sup> En büyük değerlikli bayt (Most significant byte).

<sup>2</sup> En küçük değerlikli bayt (Least significant byte).

<sup>3</sup> Döngüsel artıklık denetimi (Cyclic redundancy check).

Pompa düğüm noktasında toplanan tüm bu veriler JSON (JavaScript Object Notation) formatına (ECMA, 2017) dönüştürülerek merkezi toplayıcıya iletilir ve GSM modem ile sunucuya aktarılır.

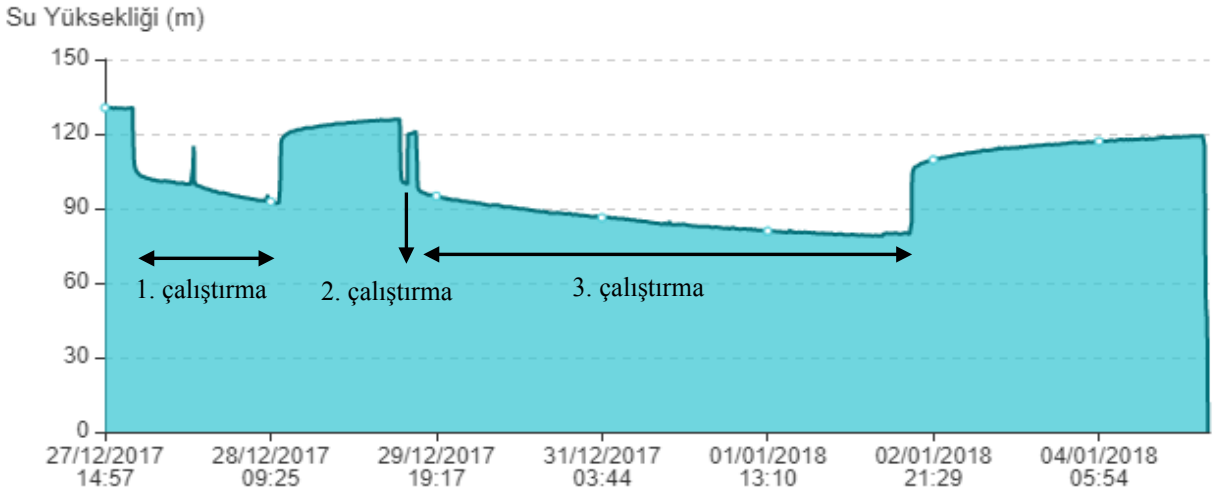
Bu kontrollerden sonra döngüde kullanıcı tarafından uzaktan gönderilen komutlar değerlendirilir. Kullanıcı düğüm noktasına pompa kontrolü (Aç/Kapat) ya da ayar setinin yenilenmesi ile ilgili bir komut gönderdiyse bu işleme alınır. Alınan komutların mikroişlemci tarafından işlenerek başarılı bir şekilde eeproma kaydedildiği bilgisi de yeni bir alarm şeklinde JSON formatında kullanıcıya gönderilir. Ayar setinin değiştirilmesi durumunda düğüm noktasının yeniden başlatılmasına gerek kalmamaktadır.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### Saha testi: Uzaktan izleme, yönetim ve alınan veriler

Testin başladığı 27.12.2017 tarihinde ilk olarak düğüm noktası, merkezi toplayıcı ve GSM modemin kurulumu tamamlanmıştır. Elektrik kesintisine karşı sistemin veri aktarımını devam ettirebilmesi için pompa düğüm noktası ile toplayıcı ve GSM modemin enerjisi 220 V ile şarj edilen 1'er adet 12VDC 14 Ah akü ile desteklenmiştir. Hazırlıkların ardından aynı gün saat 14:57'de ölçüme başlanmış, kontrol kartı ile toplayıcı arasındaki haberleşmede problem olmadığı belirlendikten sonra saat 16:00'da ilk çalıştırma yapılmıştır.

1. çalıştırma öncesinde dalgıç pompa üzerindeki statik su yüksekliği 130.8 m. ölçülmüştür (Şekil 3). Test süresince pompa çalıştırıldığında bu değer küresel vana ile yapılan basınç ayarlamasına bağlı olarak 3. çalıştırmada 78 m'ye kadar düşmüştür (dinamik su yüksekliği, 2.1.2018, 17:10). Pompanın çalıştırılmadığı 1. ile 2. çalıştırma, 2. ile 3. çalıştırma ve 3. çalıştırma ile test sonu arasındaki sürede statik su yüksekliği sırasıyla 125, 120 ve 120 m'ye kadar yükselmiştir.

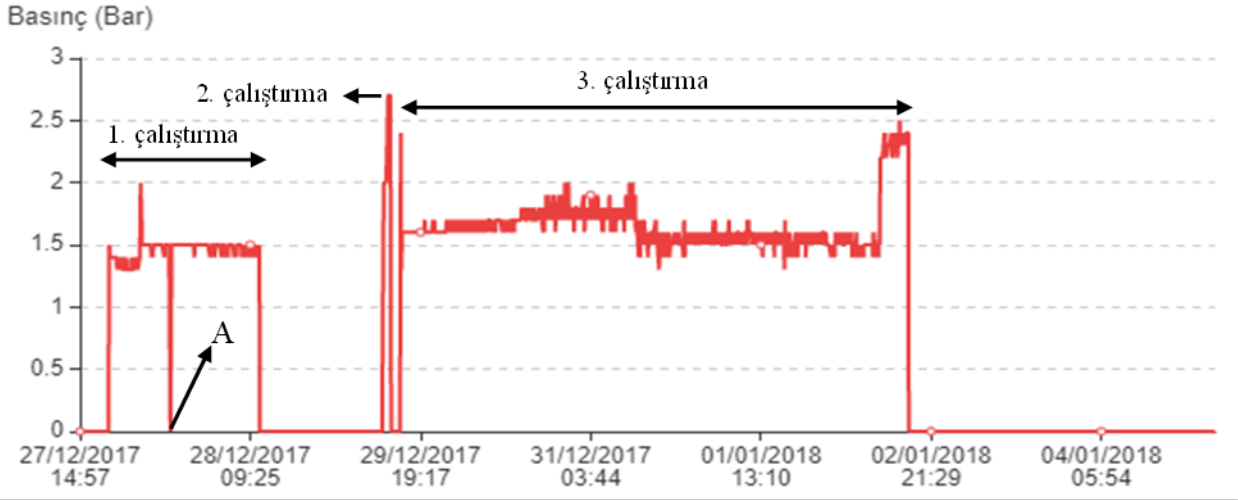


Şekil 3. Test süresince pompaj tesisi kontrol kartında (pompa düğüm noktasında) ölçülen statik ve dinamik su yüksekliği.

Figure 3. Static and dynamic water height in pump node during the test period.

Çıkış basıncının 1.3-2.0 bar arasına ayarlandığı tüm durumlarda (Şekil 4) dinamik su yüksekliğinde zamana bağlı düşüş kaydedilmiştir. Çıkış basıncının 2.7 bara ayarlandığı 2. çalıştırmada dinamik su yüksekliği 100 m olarak belirlenmiş ancak bu çalıştırma daha kısa tutulmuş ve 3. çalıştırmaya geçilmiştir. Çıkış basıncının yaklaşık 2.4 bara ayarlandığı 3. çalıştırmanın sonlarında (2.1.2018, 12:00 – 2.1.2018, 17:15) dinamik su yüksekliği 80 m'de sabit kalmıştır.

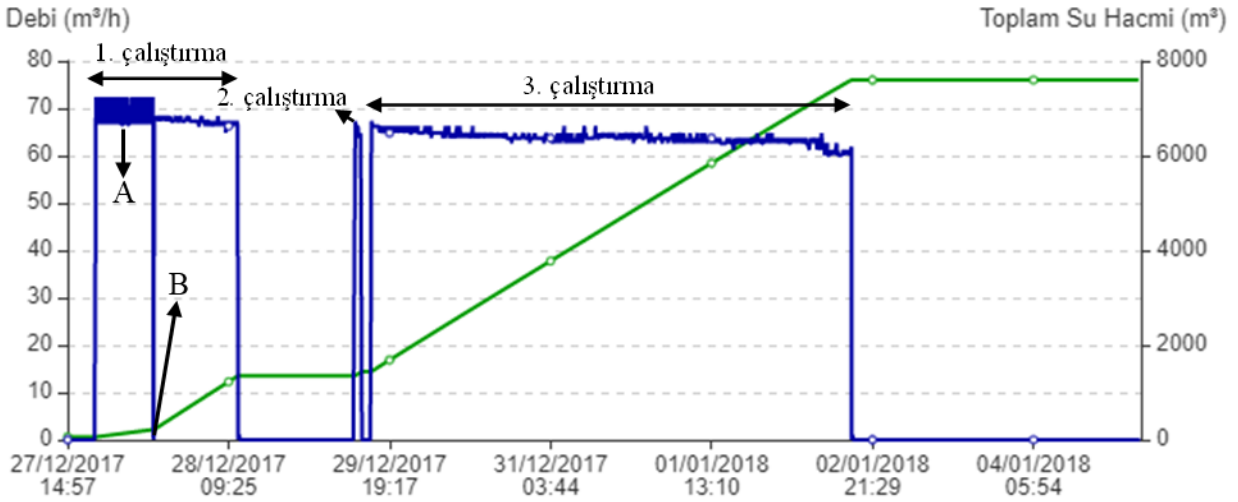
Her çalıştırmada, pompanın uzaktan çalıştırılmasından hemen sonra basınçta ani yükselme kaydedilmiş, özellikle 3. çalıştırma sırasında bu durum belirgin olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 4. Test süresince pompaj tesisi kontrol kartında (pompa düğüm noktasında) ölçülen çıkış basıncı.

Figure 4. Outlet pressure in pump node during the test period.

Basıncın 1.3-1.5 bar arasında tutulduğu 1. çalıştırmada debi  $73-65 \text{ m}^3/\text{saat}$  arasında değişmiştir. 3. çalıştırmada, basıncın 1.5-2 bar arasında tutulduğu bölümde debi  $66-62 \text{ m}^3/\text{saat}$  arasında dalgalanmış; 2.4 bara ayarlandığı son aşamada ise debi  $60 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'e düşmüştür (Şekil 4 ve 5).



Şekil 5. Test süresince pompaj tesisi kontrol kartında (pompa düğüm noktasında) ölçülen debi ve toplam su hacmi.

Figure 5. Flowrate and total water volume in pump node during the test period.

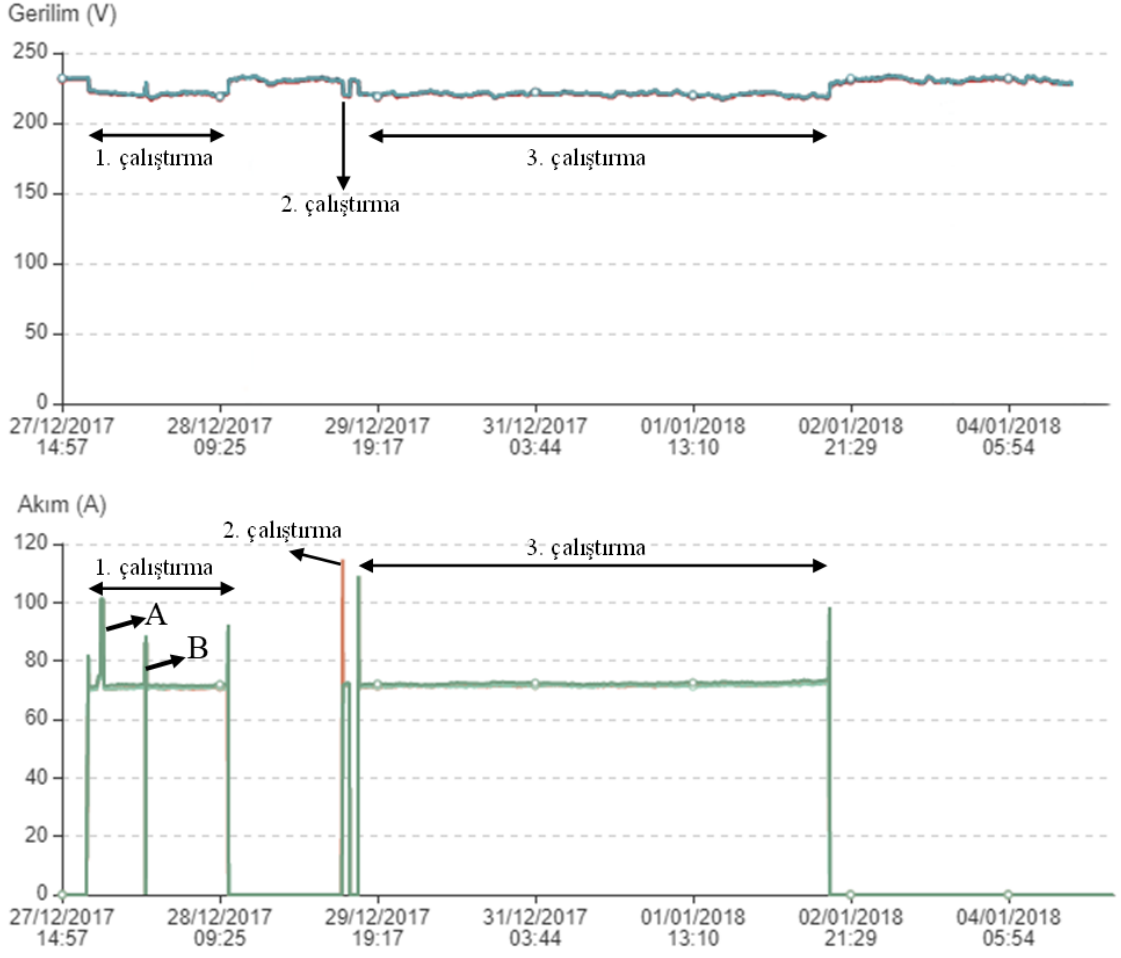
Test süresi boyunca toplam  $7598 \text{ m}^3$  su hacmi kaydedilmiş bunun  $1350 \text{ m}^3$ 'ü 1. çalıştırmada,  $85 \text{ m}^3$ 'ü 2. çalıştırmada,  $6163 \text{ m}^3$ 'ü ise 3. çalıştırmada gerçekleşmiştir (Şekil 5).

Test sırasında ölçülen elektriksel parametrelere ilişkin değerler Şekil 6'da verilmiştir. 3 faz için faz ve nötr arasında ölçülen gerilim değerleri benzer olarak 215-235 volt arasında değişmekle birlikte, pompanın çalıştığı durumda çalışmadığı duruma göre daha düşük gerilim değerleri kaydedilmiştir.

Pompanın çalıştırıldığı durumda akım değerleri genellikle 72 amperde sabit kalmakla birlikte, kalkış ve duruş anlarında sıçramalar kaydedilmiştir. Bunun yanında, 1. çalıştırma sırasında 27.12.2017, 16:33 - 16:38 saatleri arasında akım yükselmesi kaydedilmiş, bu sırada kuyu çıkış ağzında fiziksel partiküller (çamur)



gözlenmiş ve aynı zamanda debide dalgalanmalar kaydedilmiştir. (Şekil 6. A noktası ve Şekil 5. A noktası). Yine aynı çalıştırma sırasında saat 18:20 ile 18:24 saatleri arasında elektrik panosundan kaynaklanan arıza nedeniyle pompa durmuş, akım önce sıçrama göstermiş ve ardından 0 ampere düşmüştür (Şekil 6. B noktası); düğüm noktasının akü ile beslenmesi nedeniyle bu sırada veri aktarımı devam etmiş ve bu aralıktaki debi ve basınç  $0 \text{ m}^3/\text{saat}$  ve 0 bar olarak kaydedilmiştir (Şekil 4. A noktası ve Şekil 5. B noktası).



Şekil 6. Test süresince pompaj tesisi kontrol kartında (pompa düğüm noktasında) ölçülen gerilim ve akım değerleri.

Figure 6. Voltage and current in pump node during the test period.

Kuo et. al (2021) tarafından sulamada kullanılan dalgıç pompanın kontrolü ve izlenmesine yönelik olarak yürütülen çalışmada LoRa radyo modülasyonu kullanan radyo vericisi ile 32-bit ARM mimariye sahip ATMEL mikroişlemcili Arduino Mega geliştirme kartının birleşiminden oluşan bir kontrol kartı geliştirilmiştir. Çalışmada pompanın çalışma ve durma zamanlarında, uzaktan otomasyona bağlı kontrol koşulunda zamanlayıcı ile sağlanan kontrole göre iyileşme kaydedilmiştir. Yine ilgili çalışmada bu çalışmadaki bulgulara benzer olarak pompanın çalışma anında akım değerlerinde sıçramalar kaydedilmiştir.

Geliştirilen kablosuz sensör ağı düğüm noktası donanımı ve yazılımı ile bunların saha testi sonucu elde edilen bulgular, pompa istasyonunun basınç, debi, sulama suyu miktarı, akım ve gerilim parametrelerinin etkin ve başarılı olarak izlenebileceğini, pompaların uzaktan kontrol edilebileceğini ve pompa arızalarının önceden tahmin edilebilmesine yönelik olarak önemli veriler elde edilebileceğini ortaya koymuştur.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın saha testi Teknotar Teknolojik Tarımsal Tesisat ve Sistemleri San. Tic. Ltd. Şti., donanım tasarımı Devint Bilişim Yazılım Donanım Tic. Ltd. Şti. tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alabied, S., O. Hamomd, A. Daraz, F. Gu & A.D. Ball, 2017. "Fault diagnosis of centrifugal pumps based on the intrinsic time-scale decomposition of motor current signals, 362-367". Proceedings of 23rd International Conference on Automation and Computing (ICAC) (7-8 September 2017, UK), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 745 pp. <https://doi.org/10.23919/ICAC.2017.8082027>
- Atay, Ü., Y. Işiker & B. Yeşilata, 2012. Güneş enerjili damla sulama sistemi arazi performansının deneysel değerlendirilmesi. Mühendis ve Makina, 53(634): 15-20.
- Becker, V., T. Schwamm, S. Urschel & J.A. Antonino-Daviu, 2020. Fault investigation of circulation pumps to detect impeller clogging. Applied Sciences, 10(21): 7550. <https://doi.org/10.3390/app10217550>
- Dragan, R., 2022. Maintenance of pumping station used for irrigation systems - diesel and electric pumps. (Web sayfası: <https://www.rivulis.com/maintenance-of-pumping-station-used-for-irrigation-systems-diesel-and-electric-pumps/>) (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
- DSİ, 2021. 2021 yılı faaliyet raporu. (Web sayfası: [https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/2021\\_yili\\_faaliyet\\_raporu.pdf](https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/2021_yili_faaliyet_raporu.pdf)) (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
- Dubey, V., N. Dubey & S.S. Chouhan, 2011. "Wireless sensor network based remote irrigation control system and automation using DTMF code, 34-37". Proceedings of 2011 International Conference on Communication Systems and Network Technologies (3-5 June 2011, India). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 748 pp. <https://doi.org/10.1109/CSNT.2011.14>
- ECMA, 2017. The JSON data interchange syntax. (Web sayfası: [https://www.ecma-international.org/wp-content/uploads/ECMA-404\\_2nd\\_edition\\_december\\_2017.pdf](https://www.ecma-international.org/wp-content/uploads/ECMA-404_2nd_edition_december_2017.pdf)) (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
- Greene, R.H. & D.A. Casada, 1995. Detection of Pump Degradation. U.S. Nuclear Regulatory Commission, 92 pp.
- Herrera-Guachamin, J. & J. Antonino-Daviu, 2019. "Laboratory experiments for the evaluation of the efficiency of induction motors operating under different electrical and mechanical faults, 6319-6322". Proceedings of IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (14-17 October 2019, Portugal), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 7147 pp. <https://doi.org/10.1109/IECON.2019.8927328>
- Hussein, H.A., A.J. Abdzahraa & Z.M. Mahdi, 2020. Improving the performance of the pump station in pipe line transportation system using PLC controller and remote monitoring. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 765(1): 012050. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/765/1/012050>
- Irfan, M., A. Alwadie & A. Glowacz, 2019. Design of a novel electric diagnostic technique for fault analysis of centrifugal pumps. Applied Sciences, 9(23): 5093. <https://doi.org/10.3390/app9235093>
- Karar, M.E., M.F. Al-Rasheed, A.F. Al-Rasheed & O. Reyad, 2020. IoT and neural network-based water pumping control system for smart irrigation. Information Sciences Letters, 9(2): 107-112. <https://doi.org/10.18576/isl/090207>
- Karassik, I., J. Messina, P. Cooper & C. Heald, 2007. Pump Handbook (4th Edition). McGraw Hill, 1824 pp.
- Kuo, Y.W., W.L. Wen, X.F. Hu, Y.T. Shen & S.Y. Miao, 2021. A LoRa-based multisensor IoT platform for agriculture monitoring and submersible pump control in a water bamboo field. Processes, 9(5): 813. <https://doi.org/10.3390/pr9050813>
- Meriç, M.K. & N. Tunali, 2019. Design and implementation of wireless sensor network for monitoring and controlling of filter backflush in drip irrigation system. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 56(1): 21-30. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.426236>
- Mohanty, A.R., P.K. Pradhan, N.P. Mahalik & S.G. Dastidar, 2013. Fault detection in a centrifugal pump using vibration and motor current signature analysis. International Journal of Automation and Control, 6(3/4): 261-276. <https://doi.org/10.1504/IJAAC.2012.051884>

- NETAFIM, 2015. Drip irrigation handbook: Understanding the basics. (Web sayfası: <https://www.netafim.com/499749/globalassets/products/drippers-and-dripperlines/drip-irrigation-system-handbook.pdf>) (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
- Ogidan, O.K. & K.R. Afia, 2019. "Smart irrigation system with an Android-based remote logging and control, 1-4". Proceedings of 2019 IEEE AFRICON (25-27 September 2019, Ghana). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 1074 pp. <https://doi.org/10.1109/AFRICON46755.2019.9133953>
- Page, P.R., S. Zulu & M.L. Mothetha, 2018. Remote real-time pressure control via a variable speed pump in a specific water distribution system. AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society, 68(1): 20-28. <https://doi.org/10.2166/aqua.2018.074>
- Scherer, T.F., 2022. Irrigation water pumps. (Web sayfası: <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-02/ae1057.pdf>) (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
- Sengar, N. & A. Parakh, 2020. Remote control, protection and monitoring of pump for agricultural purposes. International Journal of Innovative Science and Modern Engineering, 6(12): 7-10. <https://doi.org/10.35940/ijisme.L1271.1261220>
- Smajstrla, A.G., D.S. Harrison & J.M. Stanley, 2002. Evaluating irrigation pumping systems. (Web sayfası: <http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/15/06/00001/AE12200.pdf>) (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
- Thomas, E., D. Wilson, S. Kathuni, A. Libbey, P. Chintalapati & J. Coyle, 2021. A contribution to drought resilience in East Africa through groundwater pump monitoring informed by in-situ instrumentation, remote sensing and ensemble machine learning. Science of The Total Environment, 780: 146486. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146486>
- Wang, G., L. Zhao, R. Liang & Z. Liu. Design of remote monitoring system for sewage source heat pump based on PLC and GPRS. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 480(1): 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/480/1/012008>
- Ya-qiang, M., Z. Xiao-li, L. Xiao-qin & D. Zhen-gang, "Design and implementation of the ground source heat pump remote monitoring system, 62-65". Proceedings of Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (10-11 October 2009, China), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 3680 pp. <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2009.731>