



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ALÇAK GERİLİM ELEKTRİK DAĞITIM
HATLARINDA MEYDANA GELEN
KAYIPLARIN TESPİTİ İÇİN NESNELERİN
İNTERNETİ TABANLI MODÜLER SİSTEM
TASARIMI**

**Murat GÜLEYDİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

**KASIM-2023
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Murat Güleydin tarafından hazırlanan “Alçak Gerilim Elektrik Dağıtım Hatlarında Meydana Gelen Kayıpların Tespiti İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Modüler Sistem Tasarımı ” adlı tez çalışması 10/11/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Serdar EKİNCİ

Danışman

Doç. Dr. Davut İZCİ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi. Hakan DONUK

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof.Dr. Osman PAKMA
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müd.V.

Bu tez çalışması Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri (BAP) tarafından BTÜBAP- 2022-YL-24 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezde sunduğum veriler ve dokümanları etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi yararlandığım ve bana ait olmayan eserlerin tümünü kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

DECLARATION PAGE

I declare that I have obtained the data and documents I have presented in this thesis within the framework of ethical behavior and academic rules, that I have benefited from and that I have cited all the works that do not belong to me.

Murat GÜLEYDİN
10/11/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALÇAK GERİLİM ELEKTRİK DAĞITIM HATLARINDA MEYDANA GELEN KAYIPLARIN TESPİTİ İÇİN NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI MODÜLER SİSTEM TASARIMI

Murat GÜLEYDİN

**Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Davut İZCİ

2023, 46 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Serdar EKİNCİ

Doç. Dr. Davut İZCİ

Dr. Öğr. Üyesi. Hakan DONUK

Elektrik enerji talebinin gün geçtikçe artış göstermesi toplumların gelişmişlikleri ile paralellik göstermekte, bununla beraber artan ihtiyacın tersi yönde bazı enerji kaynaklarının ihtiyaçları karşılamada yetersiz kalması ve çevreye zararları yeni enerji kaynaklarının araştırılmasını zorunlu kılmıştır. Enerjinin yetersizliği gerek yaşam standartlarını düşürmekte gerekse de hizmet ve üretimi durdurabilecek kadar riskli, gelecek nesillerin yaşamını olumsuz etkileyecek gibi kritik bir çevresel faktördür. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırma çalışmaları bununla beraber mevcut enerjinin tüketiminde verimli enerji tüketimi, tasarruf tedbirleri ile kayıpların azaltılmasına yönelik bilinçlendirme kampanyaları, teşvikler; ülkelerin enerji politika ve stratejilerinin ana temaları haline gelmektedir. Ülkemizde de yeni teknolojiler beraberinde teşvik politikalarıyla tasarruflu enerji tüketimini yaygınlaştırma çabaları ve çevresel etkilerinin gözetilmesi eksenli ilerlemektedir. Bu sebeple de teknik kayıpların azaltılması adına yatırım programları genişletilerek eski elektrik şebekeleri yenilenmekte yanı sıra teknik olmayan kayıplar için de elektrik dağıtım firmaları hizmet bölgelerine özgü etkin mücadele yöntemlerini geliştirilmesine çalışmaktadır. Bu çalışmamızda nesnelerin interneti (IoT) tabanlı bir sistem tasarlanarak alçak gerilim seviyesinde teknik ve teknik olmayan kayıpların tespiti problemlerine çözüm üretmiş ve gelecekte özellikle Türkiye'deki yüksek kayıplı elektrik dağıtım hizmeti sunan kuruluşların alçak gerilim yeraltı elektrik enerjisi dağıtım şebekelerine entegrasyonunun sağlanabileceği, mevcuttaki akıllı saha yönetimlerinin bir parçası olması hedeflenmektedir. Bu sayede teknik olmayan kayıpların tespitini kolaylaştırılması, teknik kayıpların da haberleşme teknolojisine bağlı olarak daha erken tespit edilebilmesini mümkün hale gelebilecektir. Çalışmamız düşük bir maliyetle elde edilebilen sistem ve donanımsal bir yapıya sahiptir. Sistem tasarımı, mevcut kullanılan takip sistemlerine entegre edilebilir hem de tek başına çalışabilme yeteneğine sahip esnek bir yapı şeklinde tasarlanmıştır. Bu çalışma ile enerji dağıtım kuruluşları, tüketicilerinin ihtiyaç duyduğu kaliteli enerji hizmeti sunabilen ve akıllı saha yönetimini daha da etkin kullanabilmesini hedeflemekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şebeke, Alçak gerilim elektrik dağıtım şebekesi, Nesnelerin İnterneti, Teknik / Teknik olmayan enerji kayıpları

ABSTRACT

MS THESIS

INTERNET OF THINGS BASED MODULAR SYSTEM DESIGN FOR DETECTION OF LOSSES OCCURING IN LOW VOLTAGE ELECTRICITY DISTRIBUTION LINES

Murat GÜLEYDİN

**Batman University Graduate Education Institute
Department of Electrical and Electronics Engineering**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Davut İZCİ

2023, 46 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Serdar EKİNCİ

Assoc. Prof. Dr. Davut İZCİ

Asst.Prof. Dr. Hakan DONUK

The increasing demand for electrical energy day by day is in parallel with the development of societies, however, on the contrary to the increasing need, the inadequacy of some energy resources to meet the needs and their harm to the environment have necessitated the search for new energy sources. Insufficiency of energy is a critical environmental factor that not only reduces living standards but also is risky enough to stop services and production and negatively affect the lives of future generations. In recent years, efforts to popularize renewable energy sources, as well as awareness campaigns and incentives for efficient energy consumption, saving measures and reducing losses in the consumption of existing energy; are becoming the main themes of countries' energy policies and strategies. In our country, efforts to popularize efficient energy consumption and environmental impacts are progressing with new technologies and incentive policies. For this reason, in order to reduce technical losses, investment programs are expanded and old electricity networks are renewed, while electricity distribution companies are trying to develop effective combat methods specific to their service areas for non-technical losses. In this study, by designing an internet of things (IoT) based system, we have produced a solution to the problems of detecting technical and non-technical losses at the low voltage level, and in the future, especially the organizations providing high loss electricity distribution services in Turkey can be integrated into low voltage underground electrical energy distribution networks, and the existing smart field managements can be achieved. It is intended to be a part of In this way, it will be possible to facilitate the detection of non-technical losses and to detect technical losses earlier depending on communication technology. Our work has a system and hardware structure that can be obtained at a low cost. Our system design is designed as a flexible structure that can be integrated into existing tracking systems and has the ability to work alone. With this study, we aim to enable energy distribution companies to provide the quality energy service their consumers need and to use smart field management more effectively.

Keywords: IoT, Low voltage electricity distribution network, Smart Grid, Technical / Non-technical energy losses

ÖNSÖZ

Akademik tecrübelerini, kıymetli bilgi ve fikirleriyle çalışmalarında her türlü yardımını fazlasıyla gösteren Doç. Dr. Davut İZCİ hocam ve bütün Batman Üniversitesi hocalarıma ve yönetimine çok teşekkür ederim.

Mensubu olmaktan mutluluk ve gurur duyduğum ve akademik çalışma yapmama vesile olan Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin tüm yönetimine ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Her alanda daima yanımda olmalarından cesaret alıp güzel çalışmalarımın ortağı olan eşim Emine GÜLEYDİN ve kızlarım Büşra ile Berna'ya tabii ki doğduğum günden bugüne gelmemi sağlayan desteklerini hiç esirgemeyen annem ve babama ve tüm kardeşlerime de şükranlarımı sunarım.

Murat GÜLEYDİN
BATMAN-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Elektrik Enerjisi Dağıtım Sektörünün Oluşumu	1
1.2. Kayıplar.....	2
1.3. Mevcutta Kayıpla Mücadele Tespit Çalışmaları.....	3
1.4. Çalışmanın Önemi ve Amacı	6
2. NESNELERİN İNTERNETİ (IoT)	8
2.1. Sensörler.....	9
2.2. Bulut Bilişim	9
2.3. Mikrodenetleyiciler	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1. AC Akım Sensörü Seçimi ve Ölçüm Mantığı.....	17
3.2. Mikrodenetleyici Kart: Arduino UNO	19
3.3. GSM Shield.....	22
3.4. ESP8266.....	23
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	24
Öneriler	28
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	35

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

KISALTMA	AÇILIM
AC	Alternating Current
AG	Alçak Gerilim
BİT	Binary Digit
GMS	Global System for Mobile Communications
GPIO	General-Purpose Input/Output
IOT	Internet Of Things
KV	Kilo Volt
MCU	Micro Controller Unit
RAM	Random Access Memory
RFID	Radio Frequency Identification
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
UBW	Ultra Wide Band
ADC	Analog to Digital Converter
PWM	Pulse Width Modulation
USB	Universal Serial Bus
ICSP	In-Circuit Serial Programming
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
SRAM	Static Random Access Memory
SPI	Serial Peripheral Interface
MOSI	Master Out Slave In
I2C	Inter-Integrated Circuit

SDL	Simple DirectMedia Layer
SCL	Yapılandırılmış Kontrol Dili
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
IDE	Integrated Development Environment
GPRS	General Packet Radio Service
SMS	Short Message Service
SoC	Security Operations Center



1. GİRİŞ

Yaşantımızın ayrılmaz bir parçası haline gelen elektrik enerjisi kullanımı gün geçtikçe yerini genişletmektedir. Bununla birlikte gerek enerji birim bedellerinin artışları ve gerekse de fosil enerji kaynaklarının kısıtlılığı yanında bu kaynakların çevresel etkileri ile de birleşince gelişmiş / gelişmekte olan ülkelerde bilinçli tüketicileri alternatif yeni kaynaklar araştırmaya sevk etmektedir (Ökten, 2023). Enerji kullanımını daha verimli tüketmeye yönlendirmiş ve kayıpların minimize edilmesine yönelik planlamalar yapmaya mecbur kılmıştır (Güleydin vd., 2022). Elektrik enerjisi; üretim santralleri aracılığıyla üretilmekte ve üretimden dağıtımına doğru iletilmektedir. Enerji iletimi; büyük, orta ve küçük şalt merkezlerinde yüksek gerilim direkleri, değişken güç taşıma kapasitesinde iletim hatları, trafolar, kesiciler, izolatörler, ayırıcılar, kondansatörler, bobinler, parafudurlar ve diğer şalt tesisi elemanları aracılığıyla gerçekleştirildiğinden üretimden son tüketimine kadar olan bu yolculuğun her safhasında değişken oranlarda kayıplar meydana gelebilmektedir (Altan & Sağbaş, 2020; Naimoglu & Akal, 2022; Zeynelgil, 2023).

1.1. Elektrik Enerjisi Dağıtım Sektörünün Oluşumu

Elektrik enerjisinde dağıtım sektörü, nihai tüketiciye elektriğin ulaştırma fonksiyonu olan bir yapıdır. Dağıtım hizmet faaliyeti alanında da yürütücü hizmet şirketi olarak elektrik şebekesi, bu şebekenin bağlaşımlı tüm tesisleri içeren unsurlarından oluşmaktadır (Akar & Sizer, 2023).

Elektrik dağıtım şirketi; belirlenmiş bir bölgede, elektrik dağıtım hizmet hakkını, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) (Özgül, 2023) tarafından verilen lisans ile devralan tüzel kişiliktir. Türkiye’de 21 elektrik dağıtım şirketi bulunmaktadır ve sorumlu olduğu bölgede tekel niteliğindedir (Doğan & Özkan, 2023). Dağıtım şirketi, dağıtım faaliyetleri ile birlikte, lisansında belirtilen bölgedeki dağıtım sistemini, elektrik enerjisi üretimi ve satışındaki rekabet ortamına uygun şekilde işletmek, bu tesisleri yenilemek, kapasite ikame ve artırım yatırımlarını yapmak, dağıtım sistemine bağlı veya bağlanacak olan tüm dağıtım sistemi kullanıcılarına, mevzuat hükümleri doğrultusunda, ayırım gözetmeksizin, hizmet sunmakla yükümlüdür (Doğan & Özkan, 2023).

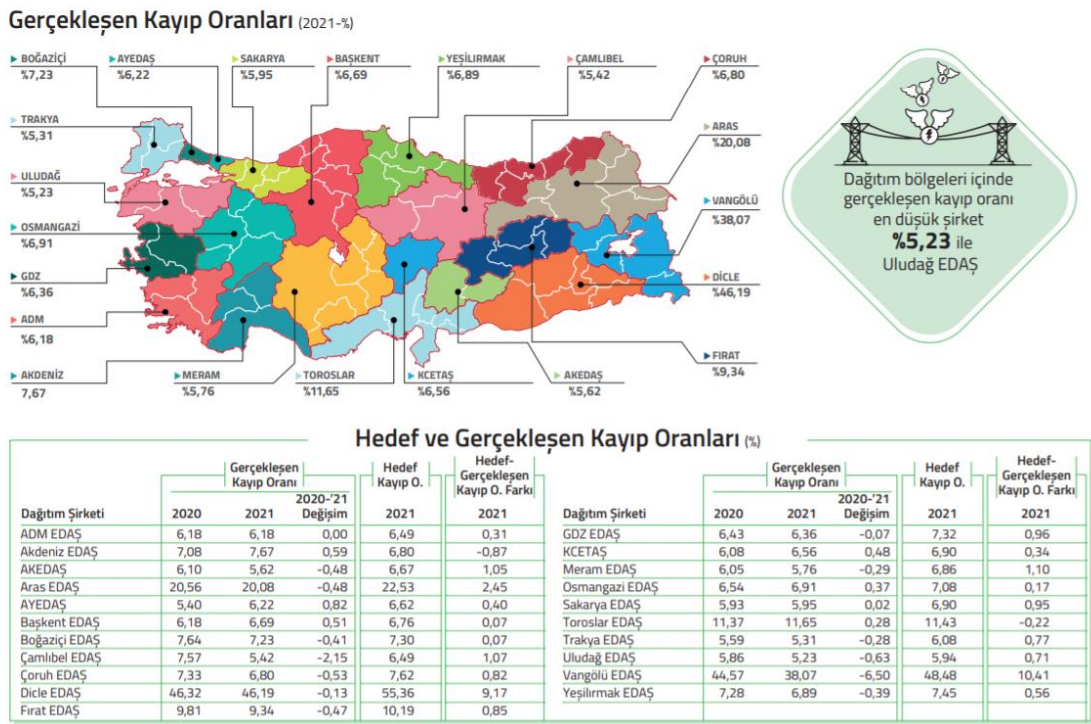
1.2. Kayıplar

Enerji arzının ülkelerin geleceği kadar önemli olduğu yakın zamanda yaşanan küresel savaşlarda (Rusya-Ukrayna) bir kez daha göstermektedir (Battır & Yiğittepe, 2023). Gelişmiş veya gelişmekte olan tüm ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de bu noktada enerji verimliliği eylem planları hazırlayarak binalar, sanayi, tarım ve ulaşım başta olmak üzere her alanda izleme ve yönlendirme kurullarını kamu, özel sektör ve sivil toplum kurumlarından oluşturarak enerji maliyetlerinin ekonomiye olan yükünün hafifletilmesi, enerjide arz güvenliğinin sağlanması stratejisini benimsetmektedir (Taştan & Birol, 2023).

Elektrik enerji sistemleri üretim ile başlayıp iletim ile devam eden ve son kullanıcıya ulaşmak üzere dağıtım sistemlerinden oluşan uzun bir yolculuktan geçmektedir. Üretilen elektrik enerjisi hatlar yardımıyla iletim hatlarına trafolarla taşınmakta ve ihtiyaç duyulan talep doğrultusunda farklı gerilim seviyelerine dönüştürülerek tüketicilerin kullanımına sunulmaktadır. Maliyetler incelendiğinde dünyada kabul görmüş sistem maliyetlerinin yaklaşık % 50 oranı üretimde, % 20'si iletimde ve % 30'u da dağıtımda harcanmaktadır. Fakat kayıplara incelendiğinde maliyetin dışında bir durum görülmektedir. Kayıpların ekseriyetle dağıtım ve iletim tesislerinde olduğu kaydedilmektedir (Atak vd., 2022; Güleydin vd., 2022). Dağıtım tesislerinde düşük gerilim seviyesi ve yüksek akım oluşumu kaynaklı fazla kayıplar oluşturmaktadır. Üretim sahasında enerjinin yaklaşık % 6'sı temel iç tüketime harcanırken bu oran iletim sahasında Avrupa normlarındakine yakın olup hemen hemen % 3 olarak ölçümlendirilmektedir (Emre vd., 2019). Dağıtım hatlarında ise hattın uzunluğu, malzeme kalitesi, kullanım ömrü gibi teknik kayıpların yanında teknik olmayan kayıplar oranının da yüksek olmasından, % 20'nin üzerine olduğu mevcut ölçümlendirmeler sonucunda raporlanmaktadır. Bu sonuçlara baktığımızda kaynaklarımızın önemli bir bölümü % 30 oranlarında kayıp olduğu görülmektedir (Şenyel Kürkcüoğlu, 2021).

Enerji kaybı teknik ve teknik olmayan kayıplar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır ve her iki kayıpta şebeke ömrü kısaltmakla birlikte arıza kaynak noktaları sayısını arttırmakta ve arıza tespitlerini geciktirerek tüketici memnuniyetini olumsuz etkilemektedir (Güleydin vd., 2022).

Şekil 1.1’de Türkiye’de 21 elektrik dağıtım hizmeti bölgesi olup bu hizmet bölgelerinden 3 dağıtım bölgesinin yüksek kayıplı dağıtım bölgesi olarak enerji tüketimi yapmaktadır. Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği (Seç, 2021) kamu ve özel sektör müteşebbisi olan elektrik dağıtım bölgelerine dair araştırmalar yapmaktadır. 2022 yılında yayınlanan 2021 Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği (Elder) sektör raporunda en düşük kayıp oranının Uludağ EDAŞ bölgesinde % 5,23 gerçekleştiğini ve en yüksek kayıp oranının da Dicle EDAŞ bölgesinde % 46,19 oranında gerçekleştiğini raporlamaktadır (Elder, 2022).



Şekil 1.1. Türkiye’de 2021 yılı kayıp kaçak oranı gerçekleştirmeleri (Elder, 2022)

1.3. Mevcutta Kayıpla Mücadele Tespit Çalışmaları

Güleydin vd. , (2022) çalışmalarında Dicle Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (DEDAŞ) Şırnak, Şanlıurfa, Siirt, Mardin, Diyarbakır ve Batman bölgelerine enerji dağıtım hizmeti sunmakta olduğunu, yüksek kayıplı dağıtım firmaları içerisinde yer aldığını paylaşmışlardır (Güleydin vd., 2022). DEDAŞ, dağıtım hizmeti bölgeleri içerisindeki kaybı yüksek trafo bölgelerinde çalışmalarını yoğunlaştırarak, kayıt dışı tüketimi azaltılmaya çalışmaktadır. Bu kapsamda tüketicilerine kaliteli, kesintiden daha az etkilenebilecek bir enerji dağıtım hizmeti sunmak ve saha mücadele yönetiminin

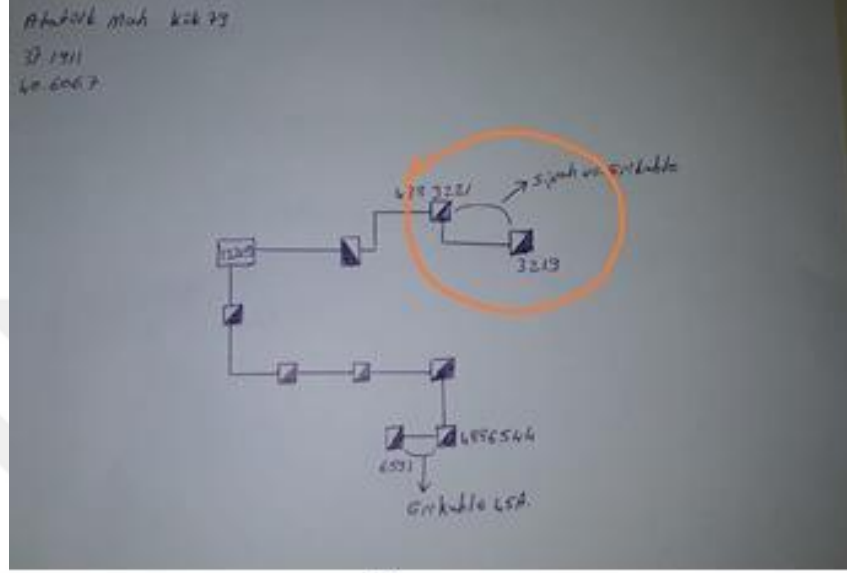
kolaylaştırıcı şebeke alt yapı yatırımları yapmaktadırlar. Bu çalışmalarında gelişen teknolojik yeniliklerle uzaktan faturalama, tahsilat yapabilme ve teknolojik kesme-açma fonksiyonları ile donatılı sayaç sistemleriyle sağlamaktadırlar (Güleydin vd., 2022). Böylelikle kontrol edilebilir saha yönetim modelinde enerji kullanım bölgeleri trafo şebekesi bazlı takip edilmektedir. Bu çalışmaları ile her trafonun altında yer alan abonelerin ay sonundaki tüketimleri iş zekâsı uygulamalarından faydalanılarak ilgili trafo şebekesi bölgesindeki kayıplar takip edilmektedir (Güleydin vd., 2023). Şekil 1.2’de kayıp tespit edilen trafolar belirlendikten sonra bu trafolara bağlı enerji dağıtım panoları coğrafi bilgi sistemlerinde kayıtlı tek hat şemaları hazırlanmaktadır.



Şekil 1.2. Alçak gerilim güç kablolarında kayıt dışı tüketim tespiti ve mücadele örnekleri (Güleydin vd., 2022)

Güleydin vd. , (2022) çalışmalarında yeraltı elektrik dağıtım şebekesinde transformatörlere (trafo) alçak gerilim seviyesinde ölçüm alacak şekilde kontrol sayacı takıldığını, bu sayaç ile satılan enerjinin ölçüldüğünü belirtmektedirler (Güleydin vd., 2022). Daha sonra trafo altından beslenen abonelerin de müşteri bilgi sistemlerinde tanımlı otomatik sayaç okuma sisteminden (OSOS) aylık tüketimleri alınmak suretiyle iş zekâsı uygulamaları üzerinden analizler gerçekleştirilmektedir. Bu analiz sonucunda

kayıp enerji olan noktalar belirlenmektedir (Güleydin vd., 2023). Bu çalışmaların manuel hazırlanması bazı bilgilerin eksik veya hatalı hazırlanma riskini her zaman barındırmakta olup gelişen teknolojinin imkânlarının kullanılarak bu çalışmaların risklerinin minimize edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 1.3'te güç kablosu üzerinden ölçülebilen iki saha dağıtım kutusuna ait tek hat şeması gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Saha dağıtım kutuları örnek tek hat şeması (Güleydin vd., 2022)

İki saha dağıtım kutusu arasındaki bağlantı hattında ölçüm alınmaktadır. Bu çalışmada en önemli husus yapılan ölçüm sırasında güç kablosu üzerinde aktif yük bulunmasıdır aksi halde kayıp olsa dahi yük olmadığında sağlıklı tespit yapılamamaktadır. Ölçüm sonunda kayıp tespit edilen saha enerji dağıtım panoları için hizmet kalitesi gözetilerek kesinti planı yapılmaktadır. Kesinti planı zamanında kablo test aracı kullanılacak olan güç kablosu başlangıç ve bitiş noktası boşa alınmakta, gerekli topraklama ve güvenlik tedbirleri sonrasında kademeli olarak gerilim uygulanarak müdahale edilen yer tespit edilip, müdahale yeri temizlenmekte veya hasar yeri onarımı yapılmaktadır (Güleydin vd., 2022).

Güleydin vd. , (2022) nesnelerin interneti tabanlı modüler sistem adlı çalışmada kayıp elektrik tespit çalışmalarını Şekil 1.4'te manuel pens ampermetre ile aboneye ulaşan son noktada yapılan ölçüm sonucunda aşağıdaki gibi göstermişlerdir. Çalışmalarında kayıp enerji tespiti sonrasında aşağıda örneği gösterildiği gibi enerji kablolarında deformasyonu ve müdahaleli güç kablosu onarım örneği Şekil 1.5'te gösterilmektedir (Güleydin vd., 2022). Yapılan çalışmalarla kesinti/arıza kaynağı

deformasyon veya kayıp enerji tüketiminin anlık tespit edilmesine olanak sağlanmış ve personel iş gücünü verimli kullanılarak işverene ve milli sermayeye büyük oranda maliyette tasarruf sağlatılmıştır (Akar & Sizer, 2023).



b)

Şekil 1.4. Pens ampermetre ölçüm örneği (Güleydin vd., 2022)



Şekil 1.5. Kayıp enerji tespiti sonrası onarım örnekleri (Güleydin vd., 2022)

1.4. Çalışmanın Önemi ve Amacı

Koca & Yoldaş . , (2023) Türkiye’de uygulanan kamusal enerji arz güvenliği politikaları çalışmasında; sınırlı enerji kaynaklarının eş dağılmaması ve hızla gelişen sanayinin beraberinde enerji ihtiyacının arttığını belirtmiştir (Koca & Yoldaş, 2023). Bu sebeple enerji merkezli savaşların sayısını artmasının muhtemel olduğunu bu yüzden de yeni teknolojik saha uygulamaları ve devlet politikaları ile tüketicilerin enerji tasarrufunun oluşturulması gerekliliği paylaşılmıştır. Böylelikle enerji kullanımlarındaki

tasarrufla enerji birim maliyetlerini düşürmesi daha az kayıplı, uzun ömürlü enerji kullanılması oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışmada alçak gerilim seviyesindeki elektrik şebekelerinde yüksek kayıplı trafoalarda mevcut kayıplar ile mücadele edilmesine destek olunması, personel iş gücü verimini artırarak saha yönetiminde akıllı şebeke yönetiminin bir parçası olması hedeflenmiştir. Bu amaçla rutin yaşamımızda gittikçe yerini genişleten düşük bilgi paketlerini ekonomik maliyetlerle amacına ulaşmasını sağlayan nesnelerin interneti (Internet-of-Things: IoT) (Altınpulluk, 2018; Kasnak & Özkara, 2022) olarak ifade edilen teknolojiden yararlanılmıştır.

Çalışmamız donanımsal ve yazılımsal olmak üzere 2 parçadan oluşmaktadır: Yazılımsal olarak dünyanın her yerindeki insanların internet erişimi sayesinde iletişime geçmesine (Tanrıku vd., 2023) olanak tanıyan Arduino'nun yazılımsal tasarım yeteneklerinden faydalanılarak bulut ortamında iletilen bilgilerden anlamlı yönetim portalı tasarlanmıştır. Bilgileri bulut ortamına tanıtılan bu sensörlerden alınan bilgiler sim kart haberleşmesinden (Gürsoy, 2023) faydalanılarak arduionun bulut ortamına iletilmektedir. Donanımsal yapı olarak sensör yardımıyla veriyi ölçerek bu ölçüm değerini küresel konumlama hizmeti GPS (Kanase vd., 2023) modülü yardımıyla farklı noktada bulunan önceden tanımlama yapılmış kontrol merkezine iletebilecek şekilde dizayn edilmiştir. Böylelikle kontrol merkezinde tek noktada bulunan alçak gerilim elektrik enerji kablolarından ölçülen iki farklı noktadaki akım bilgileri mukayese edilmektedir. Bu ölçüm sonrasında farklılıklarını anlık tespiti mümkündür. Ölçüm sonrasında teknik / teknik olmayan kayıpların tespiti tamamlandıktan sonra bu kayıp önlenabilir ve personel iş gücünde kısa zamanda verimli organize edilmesi sağlanmaktadır.

2. NESNELERİN İNTERNETİ (IoT)

Nesnelerin interneti (Özdemir vd., 2018) kavramı 1999 yılında ilk kez bir toplantı sunusunda kullanılmıştır. Keleş vd. , (2018) çalışmalarında nesnelerin interneti ile ilgili; Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) 2005 yılında yayınlanan "Nesnelerin İnterneti" kuramı, "ITU İnternet Raporları" bilgi raporuyla paylaşmıştır (Keleş & Keleş, 2018). Nesnelerin İnterneti tanımını, birbirleriyle değişken iletişim protokolleri yardımıyla haberleşen, bilgi paylaşımı ve birbirine etkileşim sağlayarak akıllı bir iletişim ağı oluşturan sistemler bütünü olarak tanımlanabilir. Nesnelerin İnterneti, dışarıdan bir fiziki müdahale olmadan veya bilgi girişine ihtiyaç hissetmeden cihazların ve makinelerin birbiri arasında bilgi ilettiği, bilgi topladığı ve oluşturduğu bu bilgilerle hareket edebilen bir ağ yapısı olarak da tanımlanabilir (Altınpulluk, 2018). Günümüz teknolojik gelişmelerine bakıldığında 4.5G teknolojisinin gelmesiyle ileriki zamanlarda yeni mimarilerin, teknolojik gelişmelerin ve donanımsal yapıların yolunun IoT'den geçeceğini öngörmektedir (Kurt & Şenel, 2023). Manchester Üniversitesi bilim insanı Zhiguo Ding, günümüzde kullanılan 4G altyapısının gelecekte çoğunluğu nesnelerin interneti (IoT) ile ilgili uygulamalar noktasında yetersiz kalacağını belirtmektedir (Karademir, 2022).

Aliskan vd. , (2023) çalışmalarında Bluetooth, RFID, UWB gibi IoT teknolojisi örnekleri kablosuz bir bağlantı sistemine sahip olduğunu ve gayet yüksek veri hızı avantajı ile beraber kesintisiz bağlantı sağlamakta önemli rol aldığını paylaşmışlardır (Aliskan, 2023). Kullanmakta olduğumuz cep telefonları, akıllı saat, akıllı bant gibi giyilebilen örnekler, biyosensörler, akım ve gerilim ölçüm sensörleri, konum sensörleri gibi birçok teknolojiyle donatılıp, günümüzde çok farklı ortamlara ve değişken uygulamalarla bilgi sağlayarak hayatımızın önemli bir haberleşme hizmeti olarak görebilmekteyiz. 5G altyapısının ilerlemesi IoT kullanım sahasını genişleterek günümüz akıllı ev yönetimi ve maliyet kazançlı akıllı fabrikaların dönemi beraberinde gelecekte akıllı şehirler ve tabiki akıllı yaşamlara doğru gitmektedir (Örselli & Akbay, 2019).

Bulut teknolojisi gelişmeleri bu alanda kullanan sensörler ve akıllı cihazlar endüstriyel IoT (IIoT) (Gerger, 2023) kavramını oluşturmuş bu alanda sağlık engeli olan kişilere özgü ölçüm aletleri; fiziksel büyüklükleri sesli belirtme, ölçüm ve kaydetme fonksiyonu ortamlarda IoT teknolojisinin avantajlarını ifade eder.

IoT temel bileşenleri sensörler, bulut bilişim sistemleri, bulut bilişime veriyi aktarma yöntemleri ve veriyi işleyen sistem bütünlüğünden oluşmaktadır. Ayrıca veri

farklı protokoller aracılığıyla iletilmekte, iletilen bu şifreli veriyi alan ve yapılması istenen işlemleri komut şeklinde mikrodenetleyici üzerinden yapılmaktadır.

2.1. Sensörler

IoT fonksiyonlu sensörler bilgi toplama, merkezden gelen bilgiler doğrultusunda cihazlara hareket kabiliyeti kazandırılan en temel yapılardan biridir. Elektrik sinyalleri birer bilgi gibi işlenerek internet ağı üzerinden iletilebilmekte ve çalışma mimarileri sayesinde istenen işlemleri yaparak şifrelenmiş halde bilgi güvenliği ihlalleri ortadan kaldırılmış sunuculara sağlıklı veri aktarımı yapmaktadır (Çelebi & Koda, 2021).

Sensör seçimi kullanım yerlerine göre duyu organlar gibi fonksiyonlara benzetilmiş; değişim ve olayları tespit ederek ve bunları elektrik sinyallerine çevirmekte ve kazandırılan hareket kabiliyetine göre işlemleri gerçekleştirmektedir (İzci, 2020). Bir sensör üzerinden birden fazla fonksiyon parametresi de alınabilmektedir.

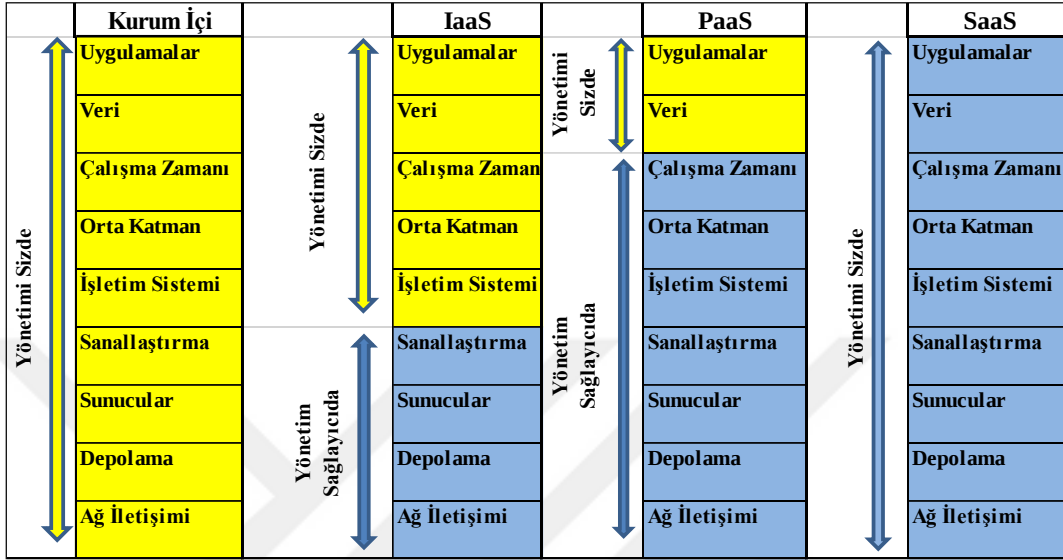
2.2. Bulut Bilişim

Teknolojideki hızlı gelişmeler organizasyonların ya da bireylerin ihtiyaç duyduğu birbirinden farklı seviye ve nitelikteki çalışmalarını istenilen zaman ve istenilen miktarda internet ağı üzerinden ulaşılabilir kılması bulut sistemlerini ifade etmektedir. Bulut sistemlerinin kullanım alanlarındaki artış beraberinde yeni bulut bilişim servisleri oluşturmuş, bu platformların yaygınlaşması buna yönelik saldırıların artmasına ortam oluşturmuştur.

Atan , (2020) çalışmasında bulut sayesinde yazılım uygulama hizmetleri, dosya depolama, veri işleme, veri tabanı barındırma gibi pek çok hizmet artık aralarında Google ve Amazon gibi büyük şirketlerin de bulunduğu irili ufaklı şirketler tarafından sağlanabiliyor (Atan, 2020). Sunulan hizmetler, bulut başlığı altında tek bir hizmetten birden fazla hizmete kadar çeşitlilik göstermektedir. Bulut kavramı, sunulan hizmetlerin dışsallığını ifade etmekle birlikte, aynı zamanda yeterli kaynağa sahip şirketlerin kendi bünyesinde kurabileceği altyapıyı da ifade etmektedir.

Bulut bilişim hizmetleri Şekil 2.1'deki gibi üç temel hizmet model (Pakdil & Çelik, 2023) ile gösterilmektedir. Hizmet yazılımı (SaaS), bu yapı kullanıcıların gereksinimlerini bulut bilişim üzerinden sağlar, bu hizmet karşılığında abonelik bedeli ay veya yıl bazlı hesaplanır, PaaS platformu gerek donanım ve gerekse yazılım katmanı

hizmetlerini sağlayarak herhangi bir geliştirme talebini, testi veya dağıtmasına kolaylık sağlar. Sistem yönetimini sağlayan kişi kendisi karşıladığında, uygulamaları geliştirici altyapı yönetimi hakkında işlem yapmasını ortadan kaldırır ve hizmet olarak altyapı (IaaS) bu hizmet modelinde donanımlar satın alınmayıp kiralanabilir.



Şekil 2.1. Bulut bilişim yönetim modeli (Pakdil & Çelik, 2023)

2.3. Mikrodenetleyiciler

Mikrodenetleyici, donanımlarını ve çevredeki birimleri yönetebilmeye imkân tanıyan küçük kontrol ünitesi şeklinde tariflenebilir (Başçıftçi & Gündüz, 2019) ya da yaşamımızın büyük bir bölümünde fark etmeden kullandığımız mikro bilgisayarlar şeklinde de tanımlamak mümkündür. Cep telefonları, araba kontrol sistemleri, kameralar, trafik lambaları, ledli reklam tabelaları ve belki dünya dışında gözlemci Global Positioning System (GPS) uyduları bile bu küçük yardımcılarını kullanır (Partigüç, 2023). İlk zamanlarda kısıtlı olarak bir bilgisayarın bağlantısı aracılığıyla yerel kontrol ile iletişim sağlayan mikrodenetleyiciler şimdi yerini bilişimdeki hızlı gelişmelerle internet üzerinden daha kolay kontrol edilebilen ve hızlı iletişim sağlanan küçük boyutlarda modellerine doğru dönüşüm sürecine girmiştir. Mikrodenetleyiciler, kısaca MCU (Microcontrol Unit) kapasite olarak bir bilgisayara göre daha az kapasitelidir ve maliyetleri de buna bağlı daha düşüktür bu avantajını da bir alana veya nesneye bilgi işlem yeteneği kazandırarak katkı sağlamaktadır (Yıldırım & Böcekçi, 2021).

2.3.1. Mikrodenetleyicilerin Temel Özellikleri

Uygulama alanına bağlı farklı mikrodenetleyiciler bulunmaktadır. Bu mikrodenetleyicilerin hangi uygulamayla uyumlu şekilde çalışabileceğini belirleyebilmek, ihtiyaç duyulan mikrodenetleyicilerin temel bazı özelliklerinin araştırılması planlanan projede başarı sağlanması için önem arz etmektedir. Bir mikrodenetleyici için bilinmesi gerekli temel özellikler; işlemci, RAM, flaş, GPIO, bağlantı şekli ve enerji tüketimi gibi sıralanabilir (Başçiftçi & Gündüz, 2019).

Mikrodenetleyicilerde hız işlemci büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Güç ile paralel hareket eden ve hızlı erişimin sağlandığı hafıza RAM'dır. Her mikrodenetleyicisinin çeşitli eylemleri hızlı bir şekilde yapmasını sağlamak için RAM'e ihtiyacı bulunmaktadır. Enerji ihtiyacı olmadığında mikrodenetleyici üzerindeki bilgiler bilgisayar hafızası olarak adlandırılan flaş üzerinde tutulmaktadır. Çevrimdışı depolama gibi özellikler için asgari bir flaş hafıza gereklidir. Genel amaçlı giriş / çıkış pimleri için GPIO simgesi ifade edilmektedir. İnternete bağlamak için kullanacağı pimler; sensörler ve aktüatörlerdir (Başçiftçi & Gündüz, 2019). Bir kart veya uygulamaya Wi-Fi, Ethernet yada farklı bir yolla internete bağlantı sağlanma işlemi (Koyuncu & Akpolat, 2023) bağlantı türünü göstermektedir. Güç tüketimi bağlı bulunan cihaz uygulamalarında özellikle pil veya güneş enerjisi gibi kısıtlı bir besleme ünitesi olması durumunda işlem güvenliği için önemlidir.

2.3.2. Arduino

Arduino, gelişimi açık kaynak kodunda yazılım ve donanım hizmeti sunan bir mikrodenetleyici olması özelliği ile kullanılan yaygın bir platformdur (Baysal Akkaş vd., 2020). Baskı devre, şema tasarımı, kütüphaneler, baskı kartı üzerindeki çalışma derleyici ve tüm detaylar açık kaynak olarak ulaşılabilir (Acar & Yarkan, 2023).

Hanbay Tiryaki & Balaman, (2021) çalışmalarında açık kaynak kodlu kullanımlar içerisinde Arduino'nun öğrenciler tarafından tercih edildiğini paylaşmaktadır (Hanbay Tiryaki & Balaman, 2021). Şekil 2.3'te gösterildiği üzere donanım bilgisi, hazır kart olarak satılması, maliyetinin ucuz olması, birçok yerli ve yabancı kaynaktan istenilen bilgiye açık kaynak olarak erişiliyor olması gibi çok önemli avantajları bulunmaktadır. Arduino hem tasarımcıya hem de elektronik hobisi olanlara interaktif nesneler ve ortamlar oluşturmaktadır. Arduino kartlarının resmi internet sitesi üzerinden ulaşarak

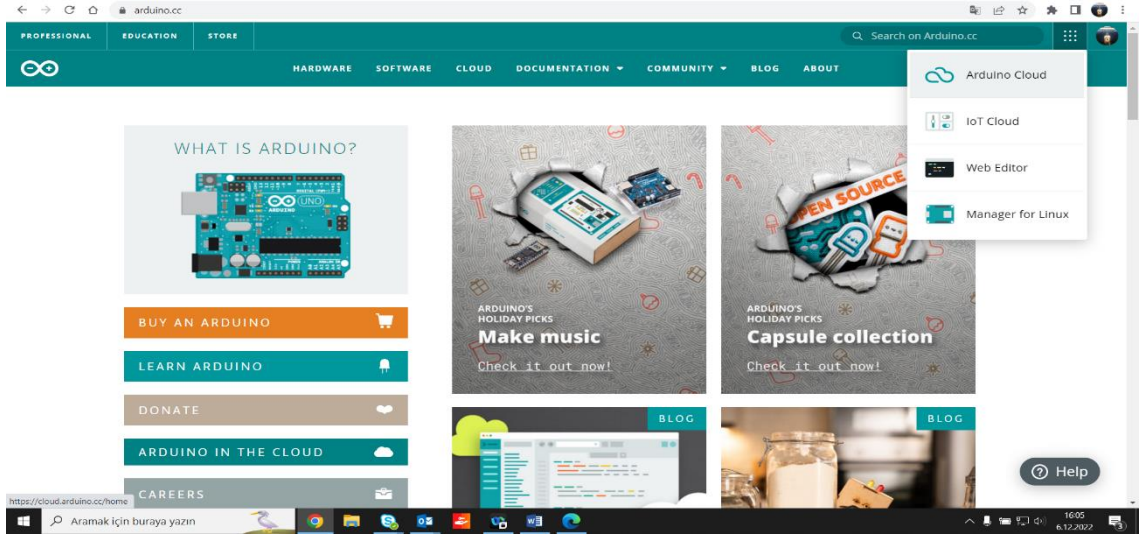
devre şeması ile baskı devrelerini görüntülemek mümkünken aynı zamanda yeni baskı devrelere oluşturmaya da elverişlidir. Arduino kod yazımında birden fazla araç kullanılırken Arduino IDE masaüstü uygulaması ve resmi internet sitesinin desteği ile arduino web editörü kod yazılması için sağlanmış iki önemli platformdur (Alaçakal & Doğan, 2023).



Şekil 2.3. Arduino kart örneği (<https://www.arduino.cc>)

2.3.3. Arduino Web Editörü

Delebe , (2021) çalışmasında, editör kullanılarak kartları programlamanın en önemli avantajlarından birinin, çalışılan dosyalara bulut ortamı üzerinden erişilmesidir şeklinde ifade etmektedir (Delebe, 2021). Arduino web editörü 100 megabaytlık kod dosyalarının resmî sitesinde saklanmasına izin verebilmektedir. Aşağıda Şekil 2.4'te arduino arayüz kullanımında kullanıcı adı ve şifre tanımlaması yapıldıktan sonra basit bir kullanım ile bulut ortamına erişim, web editörü erişimi ve Linux yöneticisine erişimi mümkündür.



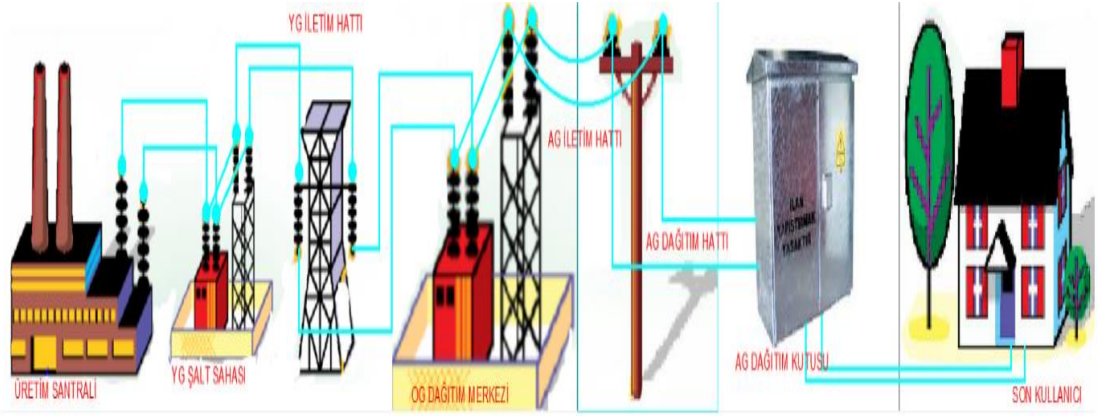
Şekil 2.4. Arduino bulut ortamı girişi (<https://www.arduino.cc>)

2.3.4. Arduino IDE Kurulumu

Web editörünün en önemli kolaylığı kodlama ortamının sürekli güncel kalması ve proje dosyalarının yanımızda taşımak zorunda olmayışı internete bağlı olan bir bilgisayar üzerinden çalışmanın kaldığı yerden devam edebiliyor olmasıdır. IDE masaüstü uygulaması ile de internete bağlı kalmadan ilgili bilgisayarda çalışmalar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Arduino'nun resmî sitesinden (<https://www.arduino.cc>) ücretsiz kurulum imkânı sağlaması kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Evde kullanılan elektrik enerjisi Şekil 3.1’deki dağıtım şemasında son kullanıcıya ulaşıncaya kadar üretim, iletim ve sonrasında dağıtım safhalarından meydana gelmektedir (Kizil Voyvoda & Voyvoda, 2019).



Şekil 3.1. Elektrik enerjisi üretim, iletim ve dağıtım şeması (Güleydin vd., 2022)

Son tüketicinin enerji tüketim alışkanlığı, gelişen teknolojik ölçümlü sayaçlarla birlikte gün geçtikçe kolaylaşmaktadır (Çetin & Çiftçi, 2019). Ancak elektrik dağıtım şirketlerince Şekil 3.2 ’de gösterildiği üzere yer altı şebekelerinde saha dağıtım kutusu dizayn ve iç tasarımı sebebiyle satılan enerjiyi takip edebilmek adına ölçüm panosu montajı için uygun olmayıp tüketimi radyal çıkış bazlı özellikle kayıp enerjiyi ölçebilmek adına alternatif çözümler üretmek zorunda bırakmaktadır.



Şekil 3.2. Saha dağıtım panoları örnekleri (<https://www.aksanpano.com.tr/>)

Özellikle yüksek kayıplı elektrik dağıtım noktaları için Şekil 3.3'deki gibi ikinci bir pano, modem ve sim kart gibi ek maliyetlerle ölçümlendirme süreçlerine ihtiyaç duymaktadır (Güleydin vd., 2022). Bu şekilde çalışmalar ek kablolama ve arıza kaynağı olması sebebiyle işletme yükünü arttırmakta, farklı bir ek pano olması sebebiyle de görüntü kirliliği oluşturmaktadır.

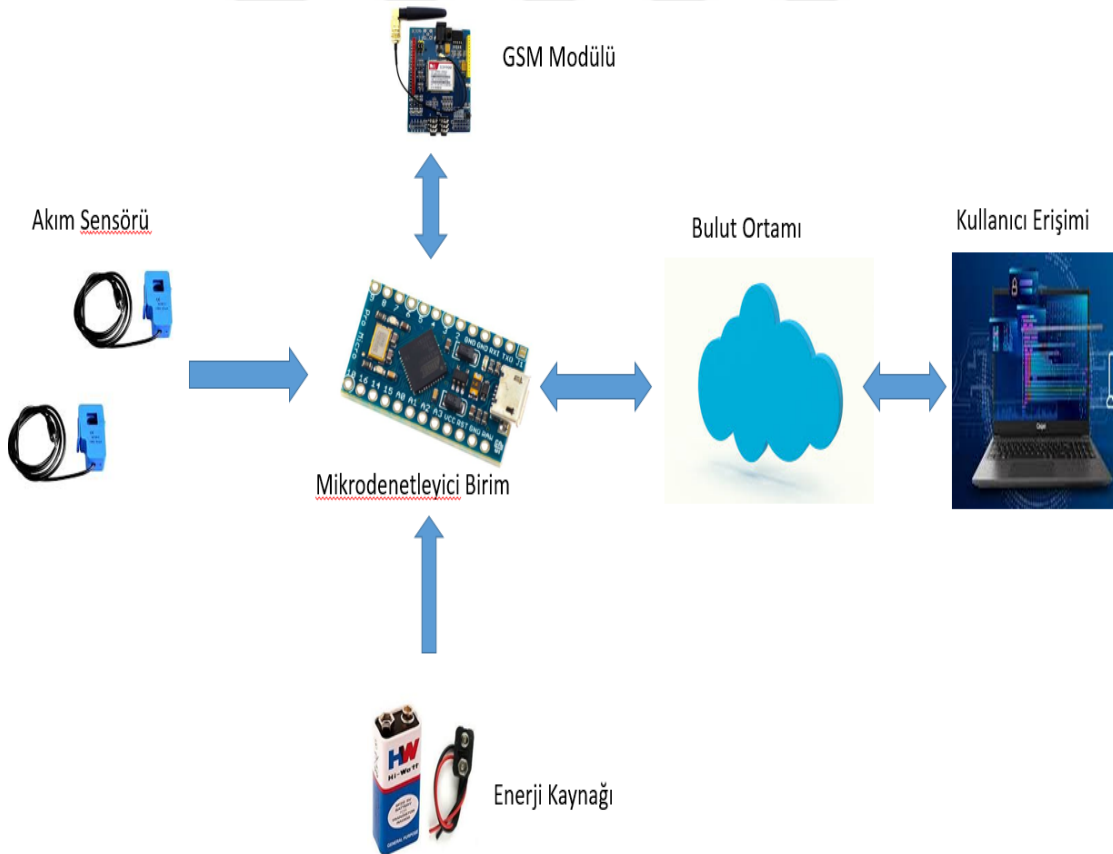


Şekil 3.3. Saha dağıtım panosu ve ek ikinci pano örneği

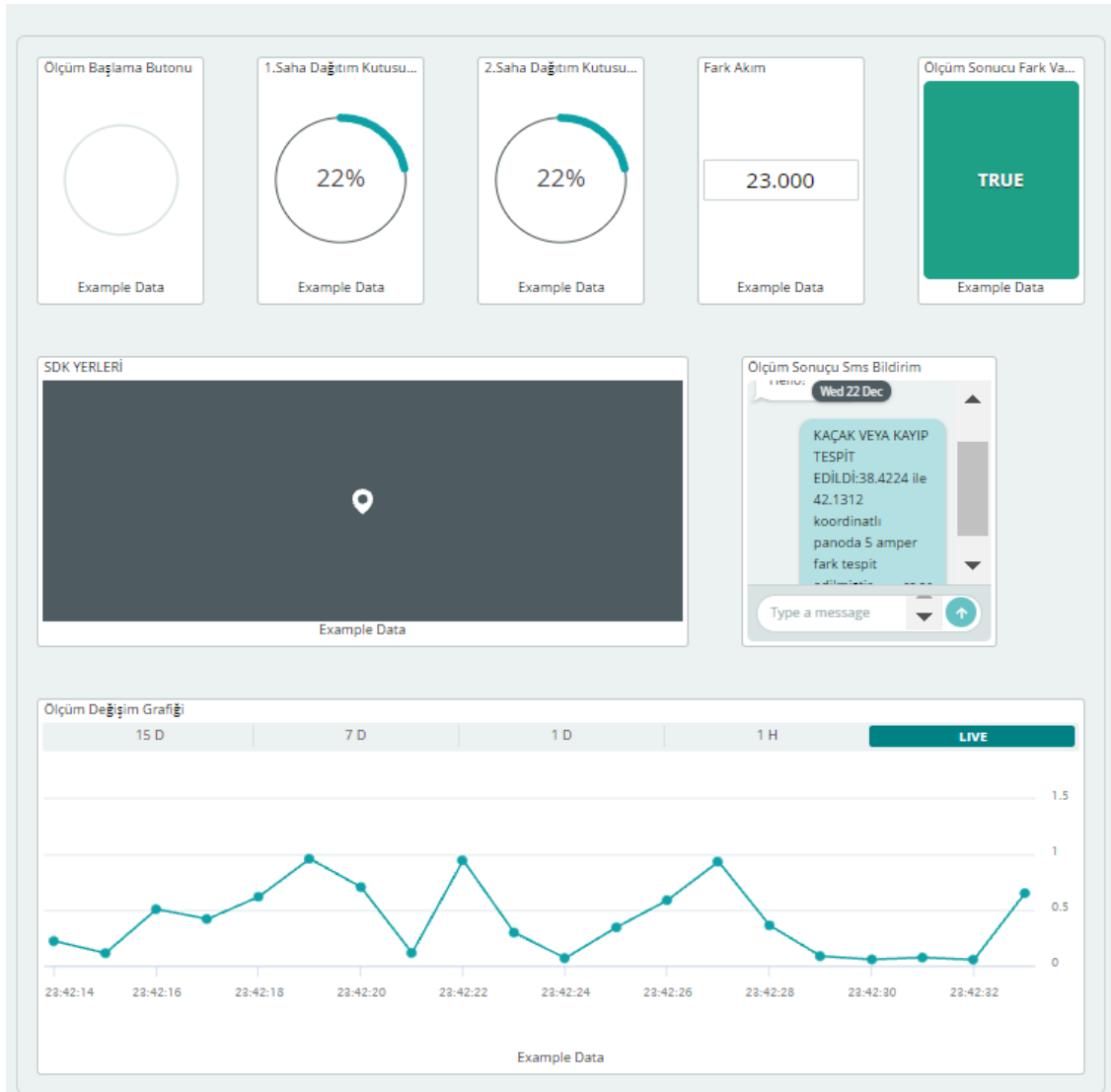
Tüketici talebi ile otomatik sayaç (Karaman vd., 2021) ölçümüne sahip kullanım yerleri elektrik dağıtım firmasının tanımlı çevrimiçi hesabı üzerinden bazı verilere anlık ulaşma imkânı sağlanmaktadır. Tüketicilere ait kullanıcı adı ve şifresi ile tüketimini anlık olarak takip etme olanağı bulunmaktadır (Güleydin vd., 2022). Bu tez çalışmasında daha ucuz bir maliyetle, yaşamın her alanına sirayet eden nesnelerin interneti olanaklarından faydalanarak yapılmıştır. Çalışma saha dağıtım kutusunda radyal çıkışı bazlı akım ölçen sensörler yardımıyla, ölçülen akım verisini mikrodenetleyici entegresine aktararak, haberleşme modülü üzerinden verileri merkezde hazırlanan takip portaline aktarmaktadır. Ve böylece daha ucuz bir maliyetle mevcut şebeke hattının canlı izlenmesi sağlanmıştır. Hâlihazırdaki kullanılan yöntemlerde müdahaleli enerji hatlarında yük olmadan tespit mümkün değilken bu önerilen çalışma ile mümkündür. Çalışma ile yasa dışı kullanımlar manuel takip mekanizmasından dijitalize edilen merkezi takip portaline sayesinde kayıpların meydana geldiği zaman diliminde tespit edilebilmesine olanak sağlamaktadır.

Yukarıdaki durum göz önüne alınıp bu tez çalışması ile akıllı şebeke yönetiminin bir parçası olacak şekilde tasarlanmıştır. Nesnelerin interneti tabanlı bağımsız çalışabilecek ancak ihtiyaç halinde ve maliyeti azaltma adına da kullanılmakta olan haberleşme sistemlerine rahatlıkla bütünleşik olabilen esnek bir yapıdadır. Şekil 3.4 donanımsal ve Şekil 3.5'teki yazılımsal olmak üzere elektrik dağıtım şebekelerindeki saha dağıtım kutularına yerleştirilmeye uygun olarak tasarlandı.

Geliştirilen modüler entegrasyon sistemi sayesinde akıllı şebeke yönetiminin bir parçası olmaya adaydır. Sürekli canlı enerji ölçmeye olanak sağlayan, birbirine seri bağlı iki saha dağıtım kutusuna yerleştirilen bir donanım ve yazılım bütünleşği yapısıdır. Bu sayede ölçüm sonuçları anında karşılaştırılabilir ve tutarsızlık olması durumunda ilgili panelin konumu sorumlu servis yöneticisine kısa mesaj olarak göndermektedir. Bunun amacı, etkili saha hizmeti faaliyetlerinin etkin şekilde planlanmasını ve saha hizmeti sunan ekibin daha verimli kullanılmasını sağlamaktır. Ekonomik açıdan da hukuka aykırı ve zararlı kullanımların kısa sürede tespit edilmesine katkı sağlamaktadır.



Şekil 3.4. Geliştirilen blok diyagram (Güleydin vd., 2022)

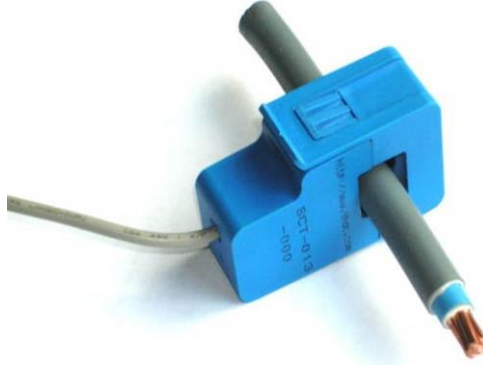


Şekil 3.5. IoT tabanlı şebeke takip portalı(Güleydin vd., 2022)

3.1. AC Akım Sensörü Seçimi ve Ölçüm Mantığı

Akım sensörleri, güç hesabı ve yönetim uygulamasında önemli cihazlardır (E. Yıldız & Hoccoğlu, 2023). Bir cihaz veya devre üzerinden alternatif akımı ölçer ve bu ölçülen akımla orantılı olarak karşılık gelen bir sinyal üretir. Bu tez çalışmasında kullanmak üzere SCT-013 0-100A akım sensörü tercih edilmiştir. Ölçülen sonuç, doğrusal olarak bir çıkış vermektedir. Yani 100A ölçüldüğünde çıkışta okunan değer 1V, 50A ölçümde çıkışta okunan değer 0,5 V dur. 5A ölçümde çıkışta okunan değer 0,05 V dur (C. Yıldız vd., 2020).

Akım klemp, bilinen adıyla girişimsel olmayan akım klemp (Salazar vd., 2023) ile aşağıda Şekil 3.6’da gösterildiği gibi kablolar sökülmeden açılır kapanır akım klemp i içinden geçirmek suretiyle 100 ampere kadar alternatif akım ölçümü yapılmaktadır. Yapılan ölçüm sonuçlarını çıkış olarak 0 ile 1 V arasında alabilmektedir.



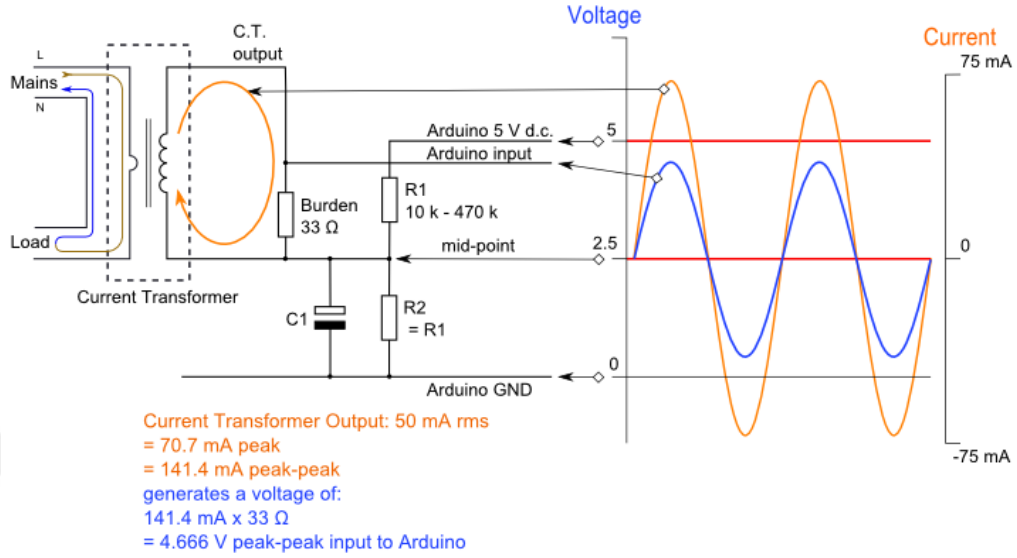
Şekil 3.6. SCT-013 0-100A Akım sensörü (<https://www.kompent.com>)

Akım klemp seçimi, doğru ölçüm sonucu alınması için en önemli işlemlerden biridir. Çünkü ölçüm, işlem yapılan cihazın doğruluğuna bağlı olarak değişmektedir. Örneğin hâlihazırda piyasada bulunan uygun fiyatlı bir multimetreden ölçüm hatası 1mV ve daha fazla olarak kataloglarda yer aldığından, hatta 10mV un altındaki ölçümlerde daha yüksek hatalarda ölçüm alma ihtimali olacaktır. Eğer 15A bir kablo üzerinde ölçüm yapılıyorsa, çıkış değeri 0.5mV olması gerekirken, çıkış değeri okunduğunda cihazın hata payı 1mV olduğunda okunacak değer 0,6mV olacağından ölçüm sonucu 18 A olarak hesaplanacak olup bu da %20 bir hata payı ile ölçümler alındığı anlamına gelmektedir.

Akım sensörünü Arduino'ya bağlamak için bu sensöründen gelen çıkış sinyalinin arduino'nun analog girişlerinin giriş gereksinimlerini karşılayacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Yani 0V ile analog sinyali dijital sinyale dönüştüren (ADC) referans voltajı arasında pozitif voltaj koşullandırılması gerekmektedir (İmren & Birbir, 2022).

Hesaplamalarda kurulum için doğru besleme ve öngerilim voltajları kullanması önerilir. Burada birinci bölümde akım sensörü ve yük direnci hesaplanmakta ve ikinci bölümde de hat gerilimi bölücü (R1 & R2) işlemleri ile sonuçlar görülmektedir.

Aşağıdaki Şekil 3.7 'deki devre ile hat gerilim bölücü daha net ifade edilmektedir (Üçgün vd., 2021).



Şekil 3.7 Hat gerilimi bölücü (<https://www.arduino.cc/>)

3.2. Mikrogenetleyici Kart: Arduino UNO

Bu tez çalışmasında mikrogenetleyici olarak aşağıdaki özelliklere sahip arduino uno (Güngör & Güngör, 2022) kart kullanılmıştır.

- Arduino Uno, ATmega328P (Bradley & Wright, 2020) tabanlı bir mikrogenetleyici arduino kartıdır.
- 14 dijital giriş-çıkış pinine sahip olup 6'sı darbe genişlik modülasyonu (PWM) çıkışı olarak kullanılabilecek şekildedir.
- 6 adet analog giriş pini vardır ve kartın saat frekansı dahili fonksiyonların senkronizasyonu için kullanılan frekans 16MHz'dir.
- Bu kart bir güç girişi, dış donanımların ana yönetici makine ile bağlantı kurması (USB) bağlantısı, cihazın üzerinde yer alan mikroişlemcide yazılımı değiştirmek için (ICSP) başlığı ve sıfırlama düğmesi içerir.
- USB kablosu ile bilgisayara bağlanabildiği gibi AC-DC adaptör veya pil gibi alternatif enerji yöntemleriyle çalışabilmektedir.
- Çalışma voltajı 5V iken giriş voltajı 6 ile 20 arasında değişir ve önerilen giriş voltajı 7 ile 12V arasındadır. Anakartı çalıştırmak için sadece 5 V gereklidir, bunu USB bağlantı noktası veya harici dönüştürücü kullanarak elde edebiliriz, Proje

ihtiyaçlarına göre 12 V'a kadar düzenlenebilen ve 5 V veya 3,3 V ile sınırlanabilen harici bir güç kaynağını destekleyebilir.

- Kartın içine akımı belirli bir limitin altında tutan dahili pull-up dirençleri takılmıştır. Akımdaki çok fazla artışın bu dirençleri ie yaramaz hale getirebileceğini ve sonuçta tüm projeye zarar verebileceğini göz önüne alınarak çalışmalar yürütüldü.
- Elektrikle silinebilir programlanabilir salt okunur bellek (EEPROM) ve durağan rastgele erişimli bellek (SRAM) (Chef vd., 2022) sırasıyla 1KB ve 2KB iken flash bellek 32KB'dir. Flash bellek, Arduino programının (taslak) saklandığı yerdir.
- SRAM, çalışırken değişkenleri üretmek ve değiştirmek için kullanılan bellektir. EEPROM, kartın gücü kesildiğinde bile saklanan kodu tutan kalıcı bir bellektir (Chef vd., 2022).
- Kartta, basıldığında tüm kartı sıfırlayan ve çalışan programı başlangıç aşamasına götüren bir sıfırlama pimi bulunur. Bu pin, kart çalışan programın ortasında telefonu kapattığında ie yarar, bu pin'e basmak programdaki her şeyi temizler ve programı yeniden baştan çalıştırır.
- Bu kart, kart harici cihaza takıldığında voltajı kontrol altında tutan yerleşik bir düzenleme özelliği taşır. Tüm bu özelliklerle donatılı aşağıda şekil 3.8.'de örnek bir mikrodeneleyici gösterilmiştir.



şekil 3.8. Arduino UNO mikrodeneleyici (Gngr & Gngr, 2022)

Kartta 14 dijital pin bulunmakta olup bu pinleri ihtiyaç duruma göre giriş veya çıkış olarak kullanmaktayız. Bu pinler High (Yüksek) veya Low (Düşük) olmak üzere iki değer alır. Bu pinler 5V aldıklarında Yüksek durumdadırlar ve

0V aldıklarında Düşük durumda kalırlar (Bashar vd., 2021). Kart üzerinde 6 adet analog pin mevcuttur. Bu pinler, yalnızca iki değer alan dijital pinlere kıyasla Yüksek veya Düşük herhangi bir değeri alabilir. Kartta bulunan 14 dijital I/O pininden 6'sı sinyal genişlik modülasyonu (PWM) pini olarak kullanılır. Bu pinler aktif edildiğinde dijital yollarla analog sinyal üretirler (Vasanth vd., 2023).

Anakart, esas olarak mikrodenetleyici ile kaydırma dirençleri ve sensörler gibi diğer çevresel cihazlar arasındaki iletişimi sürdürmek için kullanılan bir SPI iletişim protokolü ile birlikte gelir. Cihazlar arasında seri çevresel arayüz (SPI) iletişimi için iki pin: Ana çıkış köle girişi (MOSI) ve Ana giriş köle çıkışı (MISO) kullanılır (Gelen & Onur, 2020). Bu pinler, kontrolör tarafından veri göndermek veya almak için kullanılır.

I²C pimleri açık kaynak kodlu yazılım çoklu ortam kütüphanesi (SDL) ve yapılandırılmış kontrol dili (SCL) adı verilen iki pimle gelen iki telli bir iletişim protokolüdür. SDL pini verileri taşıyan bir seri veri pinidir, SCL ise I2C veri yolu üzerinden tüm veri aktarımının senkronizasyonu için kullanılan bir seri saat pinidir (Gozuoglu & Ozgonenel, 2018).

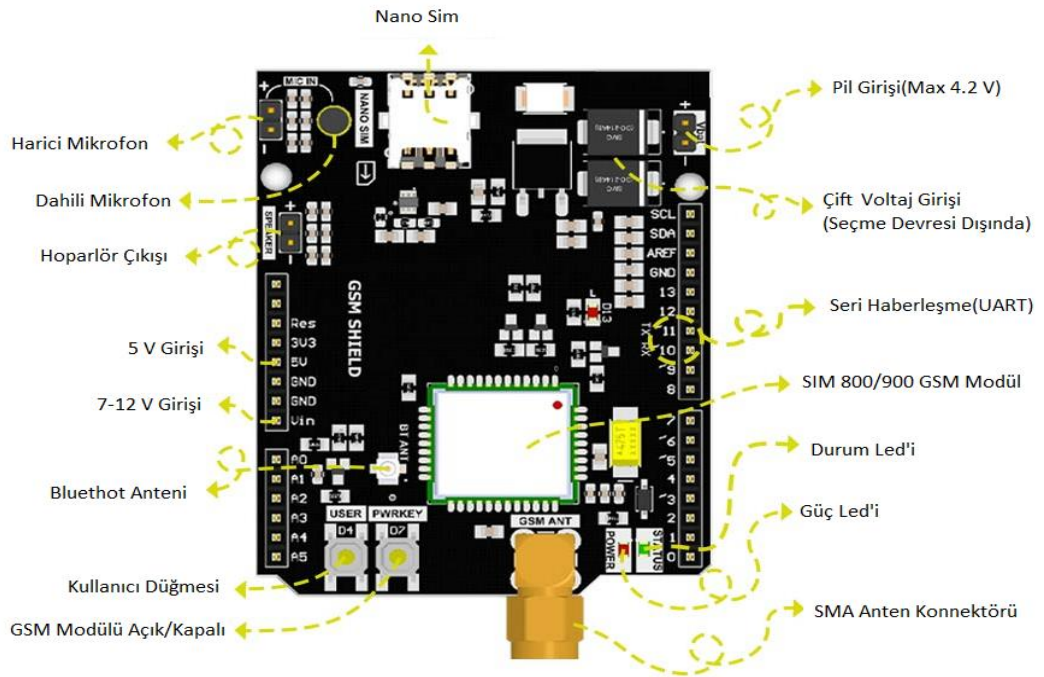
UART Pimleri seri iletişim protokolünü de destekler. İki pin Tx ve Rx içerir. Tx, seri verileri iletmek için kullanılan bir iletim pimi iken, Rx, seri verileri almak için kullanılan bir alıcı pimidir (Gupta vd., 2020).

Kart üzerinde dört adet led bulunmaktadır. Biri pin 13'e bağlı yerleşik bir LED, diğeri bir güç LED'idir. İkisi de karta seri veri aktarıldığında veya alındığında çalışan Rx ve Tx LED'leridir.

Vin Arduino Board'a verilen giriş voltajıdır (Kodali vd., 2020). Bir USB portundan aldığımız 5 V'tan farklıdır. Ayrıca power prizinden voltaj sağlanıyorsa bu pin üzerinden voltaja ulaşılabilir. **5V** Bu kart voltaj düzenleme özelliği içerir. Bu kart, USB (Vardar vd., 2021), kartın Vin pini veya DC güç girişi gibi üç yol kullanılarak etkinleştirilir. USB, 5V civarında voltajı desteklerken Vin ve Power Jack, 7V ile 20V arasında bir voltajı destekler. 5V veya 3.3V pinlerinden bir voltaj sağlanırsa, voltajın belirli bir limiti aşması durumunda karta zarar veren voltaj regülasyonunu atlayacaklarını bilin. **GND** Bu bir topraklama pimidir. Kart üzerinde ihtiyaca göre kullanılabilen birden fazla topraklama pimi mevcuttur. **Sıfırla** (Ors Yalcin vd., 2021) Bu pin kart üzerinde çalışan programı resetler. Kartta fiziksel bir sıfırlama yerine, IDE kartı programlama yoluyla sıfırlayabilir.

3.3. GSM Shield

Son zamanlarda teknolojinin hızla gelişmesi bize birbirinden farklı çok imkânlar seçme olanağını getirdi. 2G (Mustari vd., 2023) cep telefonu şebekesi üzerinden paket anahtarlama olarak veri iletimi sağlayan teknoloji (GPRS) ile iletim bu teknolojik seçeneklerden biridir. SMS (Ruchi & Abrol, 2022) gönderme alma ve sesli arama yaparak aynı şekilde sesli arama almayı sağlayan minyatür bir hücresel modülü olarak tanımlayabiliriz. GPRS güç modülüne bağlandıktan sonra kendi hücresel ağını arar ve direkt olarak da oturumu açar. Arduino ile iletişim kurmak için AT Komutunu kullanılır (Güçlü vd., 2018). Aşağıda Şekil 3.9’da pin bilgileri gösterilmiştir. GPRS verileri internet ortamına aktarmaya yarayan bir araçtır. GPS ise o anlık konum bilgisini paylaşmaya yarayan bir araçtır.



Şekil 3.9 GSM modül pin bilgileri (<https://www.motorobit.com/>)

Arduino GSM GPRS (Yücalar & Borandağ, 2019) modülünün teknik özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Modül boyutu: 2.5 cm x 2.3 cm’dir.
- Besleme gerilimi: 3.8 V- 4.2 V’dur.

- Güç tüketimi: Uyku Modu < 2.0 mA, Boş Mod <7.0 mA'dır
- GSM iletimi (Peek) 2000 mA'dır.
- GSM iletimi (Ortalama) 350 mA'dır.
- Desteklenen frekanslar: Dörtlü bant 800/ 900/ 1800/1900 Mhz'dir.
- Durum sinyali: LED ile sağlamaktadır.
- Bluetooth desteği vardır.

3.4. ESP8266

ESP8266, Şangay merkezli bir şirket olan Espressif Systems tarafından geliştirilen Şekil 3.10'daki gibi çip üzerinde bir sistem (SoC) (Keskin & Koyuncu, 2023) olan küçük bir WiFi modülünün adıdır. Başlangıçta WiFi özellikli donanım projelerinde Arduino kartlarıyla birlikte kullanılan bu kart, kısa sürede ucuz, bağımsız, Arduino uyumlu bir geliştirme kartı haline geldiğinden sıklıkla projelerde yerini almıştır.



Şekil 3.10 ESP8266 örnekleri (<https://akademi.robolinkmarket.com/>)

Ev otomasyonu ve IOT cihazları bir ağa bağlamak, günümüzde sürekli büyüyen, büyük bir trenddir (Avcı, 2022). Ucuz fiyatı, kullanıcı dostu kurulumu ve açık kaynak kitaplıkları ve projeleri ile katkıda bulunan devasa topluluğu göz önüne alındığında, bu çip gelecekte kullanımı alanlarını arttıracak gibi durmaktadır. Bu MCU (mikrodenetleyici birimi), tasarlanmış sistemleri ve ürünleri, sensör veri kaydını ve daha fazlasını kontrol

etmek ve izlemek için kullanılabilir. Tüm bunlar, onu bağlantılı ev otomasyonu projeleri için mükemmel bir donanım haline getiriyor.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

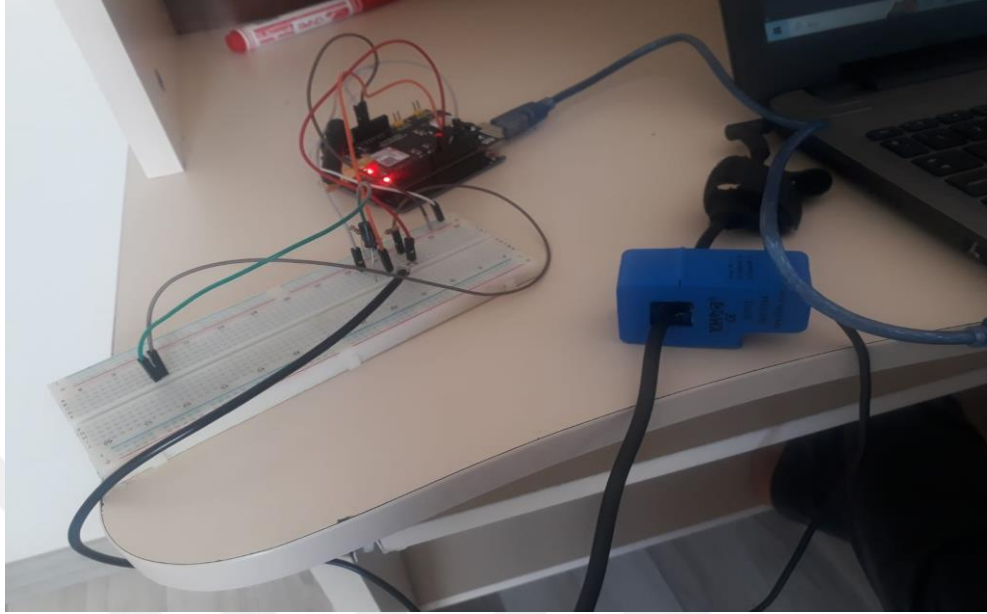
İlgili yapı ucuz maliyetli bir çözüm sunmakta olup, saha dağıtım kutularına yerleştirilmeye uygun olarak tasarlanmıştır. Geliştirilen modüler entegre sistem sayesinde birbirine seri bağlı iki saha dağıtım kutusuna yerleştirilen ve canlı olarak sürekli ölçüm yapabilen donanımsal yapılardan alınan veriler tek bir merkezde oluşturulan portala aktarılmaktadır. Bu sayede ölçüm sonuçları anlık olarak kıyaslanabilmekte ve olası bir farkın tespit edilmesi durumunda ise söz konusu panoların konumları ilgili servis sorumlusuna kısa mesaj olarak iletilebilmektedir. Bu sayede operasyonel saha faaliyeti planlanmasının etkin bir şekilde sağlanması amaçlanmakta, saha ekipleri iş gücünün daha verimli kullanılması mümkün kılınmaktadır. Kayıplara sebebiyet veren yasa dışı kullanımların kısa sürede tespitinin sağlanabilmesi de ekonomik anlamda çok önemli bir katkı sağlayacaktır.

IoT tabanlı GSM hattı üzerinden akım ve konum bilgilerini alarak merkezdeki kıyas yöntemi ile fark oluşan ölçümleri sms ile bilgilendirme yaparak akıllı şebeke yönetimini kolaylaştırıcı ve iş gücünden tasarruf sağlayacaktır.

Tasarım donanım ve yazılım olmak üzere iki aşamalı bir plan çerçevesinde IoT tabanlı ve hem bağımsız olarak çalışabilen hem de var olan haberleşme sistemine entegre olabilen esnek bir yapı tasarlanmıştır. Mikrokontrolör tabanlı olarak çalışan sistem, canlı olarak hat üzerindeki akımı ölçümleyecek uygun maliyetli akım sensöründen ve uzak nokta bağlantısını kablosuz olarak GSM hattı üzerinden sağlayacak bağlantı modülünden meydana gelmektedir. Şekil 4.1 'de mikrokontrolör üzerinde bağlantısı bulunan 1.sensörün bağlantısı ve Şekil 4.2 'de bu sensöre ait canlı akım verisi yer almaktadır. Şekil 4.3 'te mikrokontrolör üzerinde bağlantısı bulunan 2.sensörün bağlantısı ve Şekil 4.4 'te de bu sensöre ait canlı akım verisi yer almaktadır. Şekil 4.5'te her iki sensörden alınan canlı akım bilgileri daha önce yazılımsal olarak tanımlama yapılmış IoT Cloud üzerindeki gösterge paneline sim kart aracılığıyla uzak lokasyondaki portala gelmektedir. Böylece teknolojik imkanlardan faydalanılarak elektrik şebeke yönetimi kolaylaşmıştır.

Kayıt dışı ve israf edilen elektrik enerji tüketiminin anlık tespit edilmesinin sağlanabildiği bu çalışmada teknolojik olanaklar kullanılarak iş gücünden tasarruf sağlanması, şebeke elemanları müdahalelerinin kolayca tespit edilmesine bağlı, kayıplara

sebebiyet veren teknik ve teknik olmayan tüketim alışkanlığının azaltılarak milli sermayeye katkı sağlanacaktır.



Şekil 4.1. Sensör_1 kurulum devresi

```
// current_only | Arduino 1.8.19
Dosya Düzenle Tutarak Araçlar Yardım

current_only

// Emonlibary examples openenergymonitor.org, Licence GNU GPL V3

#include "EmonLib.h"           // Include Emon Library
EnergyMonitor emon1;          // Create an instance

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  emon1.current(1, 111.1);
}

void loop()
{
  double Irms = emon1.calcIrms(1480);
  Serial.print(Irms*230.0);    //
  Serial.print(" ");          //
  Serial.println(Irms);        //
}

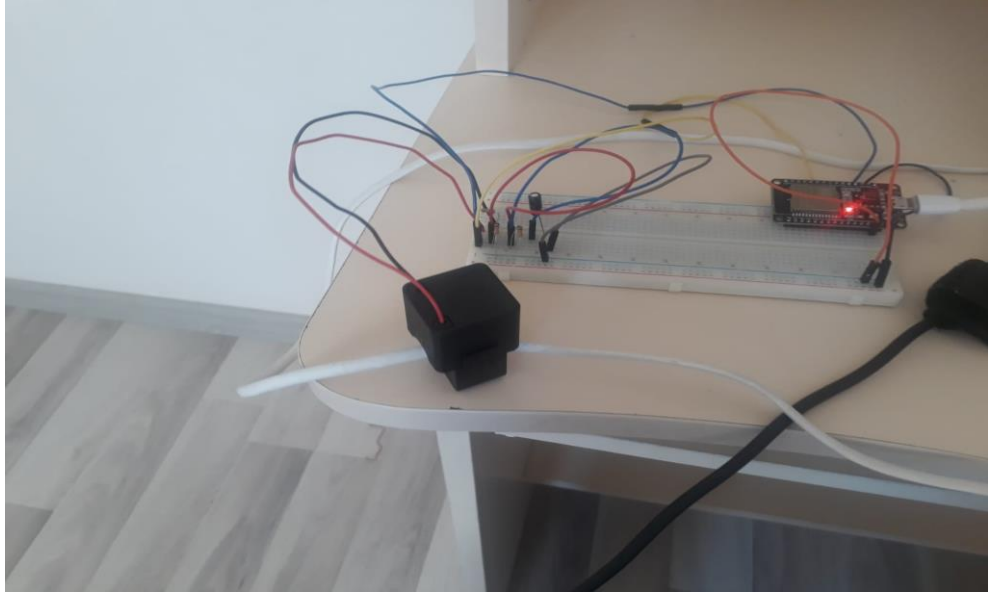
COM6
10:58:02.187 -> 34.16 0.15
10:58:02.468 -> 75.72 0.33
10:58:02.702 -> 61.71 0.27
10:58:02.967 -> 27.35 0.12
10:58:03.248 -> 74.66 0.32
10:58:03.462 -> 32.81 0.14
10:58:03.763 -> 69.37 0.30
10:58:03.998 -> 29.85 0.13
10:58:04.288 -> 21.25 0.09
10:58:04.570 -> 18.89 0.08
10:58:04.851 -> 21.24 0.09
10:58:05.081 -> 79.55 0.35
10:58:05.363 -> 58.79 0.26
10:58:05.597 -> 62.55 0.27
10:58:05.878 -> 60.93 0.26

[ Otomatik Kaydetme ] [ Zaman damgasını göster ] [ Yeri Sahr ] [ 9600 baud ] [ Çıkış temide ]

Çalıştırma programının 4180 byte (12 %) sekans alanını kullandı. Maksimum 32256 byte.
Global değişkenler belleğin 294 byte kadarını (14%) kullanıyor. Yerel değişkenler için 1754 byte yer kalıyor. En fazla 2048 byte kullanılabilir.

Arduino Uno on COM6
Ara 10:58 22.07.2023 Çok sıcak hava
```

Şekil 4.2. Sensor_1 ölçüm örnekleri



Şekil 4.3. Sensör_2 kurulum devresi

```
// current_only | Arduino 1.8.19
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

current_only$
// EnergyMonitor examples openenergymonitor.org, Licence GNU GPL V3

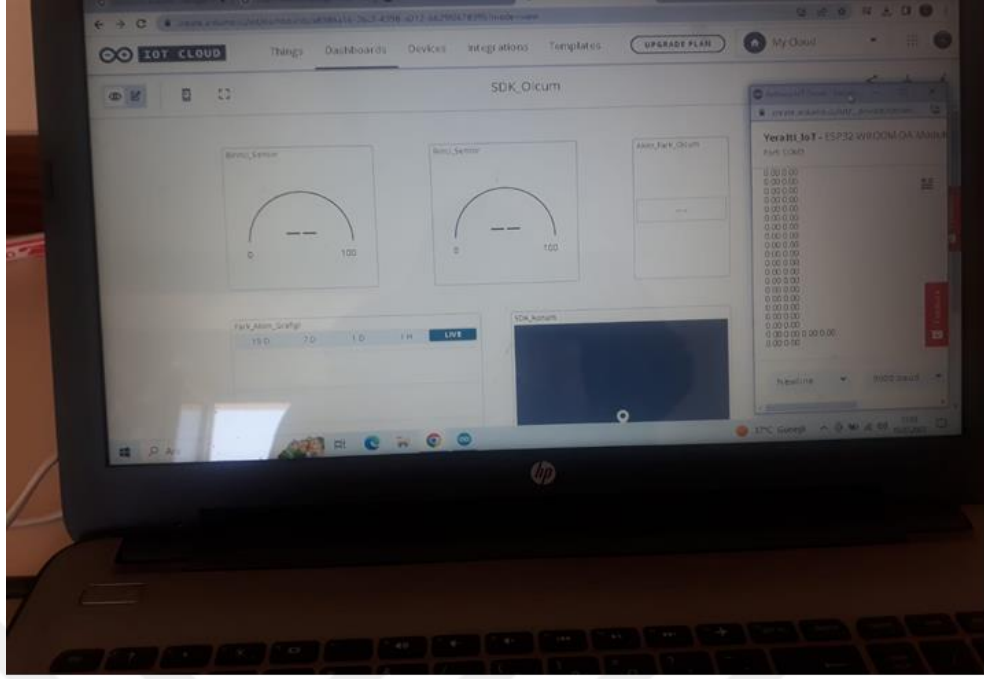
#include "EnergyMonitor.h" // Include EnergyMonitor library
EnergyMonitor emon1;      // Create an instance

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  emon1.current(1, 111.1);
}

void loop()
{
  double Irms = emon1.calcIrms(1480); // 1480 samples for 1A current
  Serial.print(Irms*220.0); // 220V AC
  Serial.print(" ");
  Serial.println(Irms);
}

// Serial Monitor Output:
// 56.61 0.25
// 17.32 0.08
// 70.06 0.31
// 58.53 0.25
// 16.39 0.07
// 11:21:33.048 -> 19.00 0.08
// 11:21:33.309 -> 22.28 0.10
// 11:21:33.543 -> 71.46 0.31
// 11:21:33.778 -> 69.73 0.30
// 11:21:34.059 -> 45.72 0.20
// 11:21:34.340 -> 72.73 0.32
// 11:21:34.590 -> 119.18 0.52
// 11:21:34.856 -> 29.53 0.13
// 11:21:35.104 -> 67.95 0.30
// 11:21:35.340 -> 17.78 0.08
```

Şekil 4.4. Sensor_2 ölçüm örnekleri



Şekil 4.5. IoT Cloud Gösterge Paneli

Şekil 4.6' da alternatif akım ölçümlü iki sensörün merkeze gönderdiği akım farkının zamana göre değişimini göstermektedir. Böylelikle kayıt dışı kullanımın anlık tespitine olanak sağlanmaktadır.



Şekil 4.6. Akım Farkının Zamana Göre Değişimi

Öneriler

Bu sistem tek başına çalışabilmektedir. Bunun yanı sıra, ethernet bağlantısı kurulabilmesine de olanak sağlayacak nitelikte olup, ilerleyen aşamalarda servis sağlayıcıların sahalarında bulunan modem üzerinden haberleştirilmesine de olanak sağlayabilecek niteliktedir. Bu sayede, ayrı bir telefon hattı kullanmak yerine, var olan mevcut yapı kullanılarak, maliyetin daha da azaltılması mümkündür.

Mevcut sistemin ilerleyen çalışmalarda baskı devre üzerine tasarımının yapılması ile hem maliyetinin daha da düşürülmesi hem de kaplanılan alanın minimize edilmesi ayrıca mümkündür.



KAYNAKLAR

- Acar, Ö. F., & Yarkan, S. (2023). Raspberry Pi Tabanlı Gitar Akort Cihazı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 5(2), 1–10. <https://doi.org/10.56809/icujtas.1127936>
- Akar, H., & Sizer, L. (2023). Sahra Altı Afrika Ülkelerinde Yenilenebilir (Dağıtık) Enerji Üretiminin Enerji Verimliliği Ve Kamu Borçları Açısından Ampirik Bir Analizi. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25, 336–355. <https://doi.org/10.29029/busbed.1206376>
- Alaçakal, İ., & Doğan, H. (2023). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Kapı Uygulaması. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 5(1), 21–28. <https://doi.org/10.55979/tjse.1308123>
- Aliskan, I. (2023). Indoor Positioning System Based on Ultra-Wide-Band Technology. *Article in Karaelmas Science and Engineering Journal*. <https://doi.org/10.7212/karaelmasfen.1233265>
- Altan, A. D., & Sağbaş, A. (2020). Türkiye'nin Enerji Verimliliği Ve İklim Değişikliği Performansı: Mevcut Durum Ve Gelecek Projeksiyonu. *Verimlilik Dergisi*, 1, 7–26.
- Altınpulluk, H. (2018). Nesnelerin interneti teknolojisinin eğitim ortamlarında kullanımı. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 94–111.
- Atak, P., Güray, E., & Gürleyük, S. S. (2022). Elektrik Dağıtım Sistemlerinde İdeal Transformatör Sayısının Belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 25(1), 321–329. <https://doi.org/10.2339/politeknik.746615>
- Atan, S. (2020). Bulut Bilişim ve Geleneksel Alternatiflerinin Karşılaştırılması: İşletmeler için Avantajlar, Riskler ve Geçiş Önerileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(3), 747–759. <https://doi.org/10.32709/akusosbil.548249>
- Avcı, İ. (2022). Akıllı Evlerde IoT Teknolojileri ve Siber Güvenlik. *European Journal of Science and Technology*, 34, 226–233. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1080228>
- Başçiftçi, F., & Gündüz, K. A. (2019). Nesnelerin İnterneti Uyumlu Mikrodenetleyiciler Üzerine Bir Araştırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 18, 62–71.
- Bashar, E., Wu, R., Agbo, N., Mendy, S., Jahdi, S., Gonzalez, J.-O., & Alatise, O. (2021). Comparison of Short Circuit Failure Modes in SiC Planar MOSFETs, SiC Trench MOSFETs and SiC Cascode JFETs. *2021 IEEE 8th Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications (WiPDA)*, 384–388. <https://doi.org/10.1109/WiPDA49284.2021.9645092>
- Battır, O., & Yiğittepe, L. (2023). Rusya-Ukrayna Savaşında Yaptırımlar ve Enerji Güvenliği; Karşılıklı Ekonomik Bağımlılıklar Perspektifinden Bir Değerlendirme. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 30(3), 549–573. <https://doi.org/10.18657/yonveek.1222200>

- Baysal Akkaş, E., Ocak, G., & Ocak, İ. (2020). Kodlama Ve Arduino Eğitimleri ile İlgili Lise Öğrencilerinin Görüşleri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(74), 777–796. <https://doi.org/10.17755/esosder.625496>
- Bradley, L. J., & Wright, N. G. (2020). Optimising SD Saving Events to Maximise Battery Lifetime for Arduino™/Atmega328P Data Loggers. *IEEE Access*, 8, 214832–214841. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3041373>
- Çelebi, A., & Koda, Y. (2021). Endüstri 4.0 Çerçevesinde Katmanlı İmalatta Sensör Uygulamaları. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 5(1), 85–97. <https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.837635>
- Çetin, M., & Çiftçi, Ç. (2019). Literatüre Göre Dünya ve Ülkemizden Örneklerle Akıllı Kent Kavramının İrdelenmesi. İçinde *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Sayı (C. 2, Sayı 3).
- Chef, S., Tah, C. C., Yun Tay, J., Cheah, J., & Gan, C. L. (2022). Embedded-EEPROM descrambling via laser-based techniques – A case study on AVR MCU. *2022 Workshop on Fault Detection and Tolerance in Cryptography (FDTC)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FDTC57191.2022.00010>
- Delebe, E. (2021). *Projeler ile Arduino* (C. 135). KODLAB YAYIN DAĞITIM YAZILIM LTD. ŞTİ.
- Doğan, B. F., & Özkan, A. (2023). Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Kira Ve Reklam Geliri Elde Etmesinin Elektrik Piyasası Hukuku Bakiminden Değerlendirilmesi. *Kırıkkale Hukuk Mecmuası*, 3(2), 139–161. <https://doi.org/10.59909/khm.1309733>
- Elder. (2022). *Elder 2021 Sektör Raporu*. <https://www.elder.org.tr/tr/bilgi-bankasi/elder-yayinlari/elder-raporlari-51>
- Emre, T., İzgeç, M. M., & Sözen, A. (2019). Enerji Yoksulluğu Konusundaki Literatüre Genel Bakış. *Journal of Polytechnic*, 26(3), 1255–1266. <https://doi.org/10.2339/politeknik.588728>
- Gelen, A., & Onur, S. B. (2020). Endüstri 4.0 Uyumlu DC Wattmetre Tasarımı. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 11(3), 907–913. <https://doi.org/10.24012/dumf.685760>
- Gerger, A. (2023). Aşağıdan Yukarıya Endüstri 4.0 Dönüşüm Yaklaşımı: Yalın Yönetim. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 908–930. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1076054>
- Gozuoglu, A., & Ozgonenel, O. (2018). Akıllı Şebeke ve Scada Benzeşimi için Eğitim Takımı Tasarımı. *Eleco 2018*.
- Güçlü, B., Cenk Bayrakçı, H., & Süzen, A. A. (2018). Elektrik Sayaçlarının Uzaktan Okunması Ve Enerji Analizi. İçinde *SDU International Journal of Technological Sciences* (C. 10, Sayı 3).
- Güleydin, M., Ekinci, S., & Izci, D. (2022). Yer Altı Elektrik Dağıtım Hatlarında Meydana Gelen Enerji Kayıplarının Tespiti için IoT Tabanlı Modüler Sistem Tasarımı. *International Informatics Congress (IIC2022)*, 153–160.

- Güleydin, M., İzci, D., Ekinci, S., & Özmen, H. (2023). Akıllı Şebeke Yönetiminde Haberleşme Teknolojisi ve İş Zekası Uygulamalarının Kullanımı. *International Informatics Congress (IIC2023)*, 441–447.
- Güngör, T., & Güngür, E. (2022). Yarıiletken Aygıt Karakterizasyonu için Arduino UNO Tabanlı Otomatik Hall/Direnç Ölçüm Sistem Tasarımı ve Uygulaması. *Deu Muhendislik Fakültesi Fen ve Muhendislik*, 24(70), 205–212. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2022247019>
- Gupta, A. K., Raman, A., Kumar, N., & Ranjan, R. (2020). Design and Implementation of High-Speed Universal Asynchronous Receiver and Transmitter (UART). *2020 7th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*, 295–300. <https://doi.org/10.1109/SPIN48934.2020.9070856>
- Gürsoy, O. (2023). Türkiye’deki Büyükşehir Belediyelerinin Mobil Teknoloji Kullanımlarının Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 14(38), 666–686. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.1146306>
- Hanbay Tiryaki, S., & Balaman, F. (2021). Açık Kaynak Kodlu Yazılımlardan Scratch, Arduino ve Python Kullanımı Hakkında Öğrenci Görüşleri. *Journal of Computer and Education Research*, 9(18), 831–852. <https://doi.org/10.18009/jcer.938706>
- İmren, B., & Birbir, Y. (2022). Fırçasız Doğru Akım Motoru Sürücüsünün Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. *International Periodical of Recent Technologies in Applied Engineering*, 3(1), 17–26. <https://doi.org/10.29228/porta.7>
- İzci, D. (2020). Feasibility of Gold based Hall Devices for Biosensing Purposes. *European Journal of Technic*, 10(1), 36–49. <https://doi.org/10.36222/ejt.635719>
- Kanase, S. S., Teli, S. N., Jadhav, S. D., Patil, J. S., Kanase, T. S., & Pawar, A. S. (2023). Design and Development of Smart Helmet. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 104(2), 253–259. <https://doi.org/10.1007/s40032-023-00918-z>
- Karademir, İ. (2022). Türkiye İmalat Sektöründe Endüstri 4.0 Adaptasyon Düzeyi. *The Journal of Academic Social Sciences*, 135(135), 308–325. <https://doi.org/10.29228/ASOS.65989>
- Karaman, B., Taşkın, S., & Tokay, M. (2021). Gerçek Zamanlı Enerji İzleme ve Tüketici Farkındalığı için LabVIEW™ Programı ile Otomatik Sayaç Okuma. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(2), 225–232. <https://doi.org/10.7240/jeps.759782>
- Kasnak, E., & Özkara, B. (2022). Türkiye’deki İmalat Şirketlerinin Endüstri 4.0 Olgunluk Düzeyinin Belirlenmesi. *Verimlilik Dergisi*, 3, 365–380. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1069471>
- Keleş, A., & Keleş, A. (2018). Nesnelerin İnternetinin Getirdiği Yenilikler ve Sorunları. *Journal of Turkish Studies*, 13(13), 53–66. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.13872>
- Keskin, A., & Koyuncu, İ. (2023). Yeni Bir FPGA Geliştirme Kartı Tasarımı Ve Uygulaması. *Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*, 3(2), 46–55.

<https://doi.org/10.54047/bibted.1149594>

- Kizil Voyvoda, Ö., & Voyvoda, E. (2019). *Türkiye’de Enerji Sektörünün Yeniden Yapılandırılması Sürecinde Hukuk Düzenlemeleri-Elektrik Sektörü*.
- Koca, D., & Yoldaş, Y. (2023). 2000-2020 Yılları Arasında Türkiye’de Uygulanan Kamusal Enerji Arz Güvenliği Politikaları. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*, 10, 1–15.
- Kodali, R. K., Pathuri, S., & Rajnarayanan, S. C. (2020). Smart Indoor Air Pollution Monitoring Station. *2020 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCCI48352.2020.9104080>
- Koyuncu, N., & Akpolat, O. (2023). Sürdürülebilirlik Açısından Teknoloji, Çevre ve İnsan Etkileşimi. İçinde *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Sayı (C. 6, Sayı 1).
- Kurt, K. D., & Şenel, F. A. (2023). Li-fi Teknolojisi Kullanılarak Kablosuz Haberleşme Sistemi Tasarımı. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 8(2), 116–121. <https://doi.org/10.46578/humder.1276133>
- Mustari, N., Karabulut, M. A., Shah, A. F. M. S., & Türeli, U. (2023). 1G’den 6G’ye Hücresel Evrim Üzerine Kapsamlı Bir Derleme. *Journal of Polytechnic*. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1263687>
- Naimoglu, M., & Akal, M. (2022). Yükselen Ekonomilerde Enerji Etkinliğini Arz Yanlı Etkileyen Faktörler. *Verimlilik Dergisi*, 1, 16–31. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.810259>
- Ökten, M. (2023). Yüzüncü Kuruluş Yılında Türkiye’nin Enerji Görünümü, Hedefleri ve Gelecek Projeksiyonu. *Türk Mühendislik Araştırma ve Eğitimi Dergisi*, 2(1), 52–60.
- Ors Yalcin, S. B., Demirci, O., & Soltekin, M. M. E. (2021). Designing and Implementing Secure Automotive Network for Autonomous Cars. *2021 29th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/SIU53274.2021.9477958>
- Örselli, E., & Akbay, C. (2019). Teknoloji ve Kent Yaşamında Dönüşüm: Akıllı Kentler. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2(1), 228–241. <https://doi.org/10.33712/mana.544549>
- Özdemir, A., Naralan Nursaçan, M. N., & Nursaçan, İ. (2018). 2014-2018 Yılları Arasında Nesnelerin İnterneti (Iot) Üzerine Bir Literatür Taraması. *Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 1–22.
- Özgül, A. U. (2023). Piyasa Nitelikleri İle Elektrik Ve Türkiye’nin Serbestleşme Süreci. *Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(44), 363–392. <https://doi.org/10.21550/sosbilder.1084943>
- Pakdil, M. E., & Çelik, R. N. (2023). Bulut bilişimde sunucusuz mimariler ile coğrafi bilgi teknolojilerinin kullanımı üzerine bir inceleme. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 10(1), 1–15. <https://doi.org/10.9733/JGG.2023R0001.T>

- Partigüç, N. S. (2023). Spatiotemporal Variations of Urban Growth in Denizli, Turkey. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.56130/tucbis.1248995>
- Ruchi, & Abrol, M. (2022). GPRS and SMS base Blockchain Connection Fault site Locator. *2022 5th International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, 625–629. <https://doi.org/10.1109/IC3I56241.2022.10073454>
- Salazar, R., Valencia, R., Catota, P., Pozo, C. T., & Andagoya-Alba, L. D. (2023). Real-Time Monitoring and Measurement of Electrical Variables Using IoT. *2023 9th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE)*, 41–45. <https://doi.org/10.1109/ICCCE58854.2023.10246080>
- Seç, G. (2021). *Türkiye’de enerji sektöründe faaliyet gösteren özel elektrik dağıtım kuruluşlarının kurumsal iletişim faaliyetlerinin incelenmesi*. İstanbul Medipol Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şenyel Kürkçüoğlu, M. A. (2021). Sürdürülebilirlik ve Bölgesel Kalkınmada Altyapı Sistemleri. *Resilience*, 5(2), 309–325. <https://doi.org/10.32569/resilience.1002755>
- Tanrıkulu, G., Aşkın Ceran, M., & Ceylan, B. (2023). Çocuk Sağlığı İnternet Araştırması Ebeveyn Ölçeği: Türkçe Formunun Geçerlik Ve Güvenirlik Çalışması. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 11(2), 1615–1630. <https://doi.org/10.33715/inonusaglik.1057803>
- Taştan, S., & Birol, Y. E. (2023). Türkiye’nin Enerji Arz Güvenliğinin Ölçülmesi ve Öngörüsü. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 75, 194–206. <https://doi.org/10.51290/dpusbe.1160349>
- Üçgün, H., Yüzgeç, U., & Bayılmış, C. (2021). İHA Bataryasının Şarj Pedi ile Dengeli Şarj Edilmesi ve Gerçek Zamanlı İzleme Sistemi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 398–407. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.931613>
- Vardar, K., Aydemir, F., Özdemir, D., Topuz, M., Kolay, B., Yıldırım, Y., Bilici, Z., Baydoğrul, M. U., Yağan, Y. E., Kaya, B., Tandoğan, A., & Gürer, E. Y. (2021). Design of Electrical Test Device for Automotive Industry. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 5(2), 154–163. <https://doi.org/10.47897/bilmes.1012005>
- Vasanth, S., Muthuramalingam, T., Surya Prakash, S., Shriman Raghav, S., & Logeshwaran, G. (2023). Experimental investigation of PWM laser standoff distance control for power diode based LBM. *Optics & Laser Technology*, 158, 108916. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2022.108916>
- Yıldırım, C., & Böcekçi, V. (2021). Gömülü Sistemler İçin Bilgisayar Tabanlı Grafiksel Kullanıcı Ara yüzü Tasarım Aracı Geliştirilmesi. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(4), 627–635. <https://doi.org/10.7240/jeps.930270>
- Yıldız, C., Tecim, V., & Yaralıoğlu, K. (2020). Binalar enerjilerine sahip çıkabilir mi? *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1, 400–410. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.846558>

- Yıldız, E., & Hocaoglu, F. O. (2023). Afyon Kocatepe Üniversitesi enerji dağıtım hattının optimizasyon yöntemleri ile tasarlanması Designing Afyon Kocatepe University energy distribution line with optimization methods. *Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 343–348. <https://doi.org/10.28948/ngmuh.1176374>
- Yücalar, F., & Borandağ, E. (2019). Konum Bazlı Karbon Monoksit Takip Sistemi. *Soma Vocational School Technical Sciences Journal*, 2(29), 10–22.
- Zeynelgil, H. L. (2023). Dağıtım Sistemlerinin Yeniden Yapılandırılması Problemine PSO Algoritmasının Uygulanması. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 14(2), 215–227. <https://doi.org/10.24012/dumf.1231678>



YAYINLAR

M. Güleydin, S. Ekinçi, D. İzci, Yer Altı Elektrik Dağıtım Hatlarında Meydana Gelen Enerji Kayıplarının Tespiti için IoT Tabanlı Modüler Sistem Tasarımı, in: International Informatics Congress (IIC2022), 2022: pp. 153–160.

D. İzci, S. Ekinçi, M. Güleydin, Application of Slime Mould Algorithm to Infinite Impulse Response System Identification Problem, Computer Science. IDAP-2022 (2022) 45–51. <https://doi.org/10.53070/bbd.1172833>.

M. Güleydin, D. İzci, S. Ekinçi, H. Özmen, Akıllı Şebeke Yönetiminde Haberleşme Teknolojisi ve İş Zekası Uygulamalarının Kullanımı, in: International Informatics Congress (IIC2023), 2023: pp. 441–447.

D. İzci, S. Ekinçi, M. Güleydin, Improved Reptile Search Algorithm for Optimal Design of Solar Photovoltaic Module, Computer Science. IDAP-2023 (2023) 172–179. <https://doi.org/10.53070/bbd.1346267>.