



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI**

NESNELERİN İNTERNETİ TEKNOLOJİSİ İLE ENERJİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZZET AYYILDIZ

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ TARIK YILMAZ**

AKSARAY 2023

**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI**

NESNELERİN İNTERNETİ TEKNOLOJİSİ İLE ENERJİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZZET AYYILDIZ

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ TARIK YILMAZ**

AKSARAY 2023

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu projenin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla projenin teslim tarihinden itibaren(....) ay sonra projeden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Adı : İzzet
Soyadı : AYYILDIZ
Bölümü : Yönetim Bilişim Sistemleri
İmza :
Teslim Tarihi :

TEZİN

Türkçe Adı : Nesnelerin İnterneti Teknolojisi ile Enerji Analizi
İngilizce Adı : Energy Analysis With Internet Of Things Technology

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim

Yazar Adı Soyadı : İzzet AYYILDIZ

İmza :

TC.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JÜRİ ONAY SAYFASI

İzzet AYYILDIZ tarafından hazırlanan “Nesnelerin İnterneti Teknolojisi ile Enerji Analizi” başlıklı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Aksaray Üniversitesi Yönetim Bilişimleri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: (Dr. Öğr. Üyesi Tarık YILMAZ)

(Yönetim Bilişim Sistemleri ABD, Aksaray Üniversitesi)

.....

Üye: (Prof. Dr. Aşır GENÇ)

(Uygulamalı İstatistik ABD, Necmettin Erbakan Üniversitesi)

.....

Üye: (Dr. Öğr. Üyesi Zeynep AYTAÇ)

(Yönetim Bilişim Sistemleri ABD, Aksaray Üniversitesi)

.....

Tez Savunma Tarihi: 22/06/2023

Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun tarih ve
..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü
Doç. Dr. Sevilay USLU DİVANOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde yardımlarını esirgemeyen ve yol gösteren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Tarık YILMAZ' a, her daim yanımda yer alan sevgili eşim Zeynep AYYILDIZ' a ve aileme teşekkür ederim.



İzzet AYYILDIZ

Aksaray 2023

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
NESNELERİN İNTERNETİ TEKNOLOJİSİ İLE ENERJİ ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

İzzet AYYILDIZ, Aksaray 2023

ÖZET

Günümüzde tüm insanlık için yaptığımız birçok işte enerji hiç olmadığı kadar önem kazanmıştır. Bu sebeple enerji kullanımının izlenebilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda nesnelerin interneti (IoT) teknolojisinin gelişmesiyle bu çalışmalar bu yeni teknoloji üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada, IoT teknolojisi kullanılarak enerji analizi ve anlık uzaktan enerji takibi ile elde edilen veriler üzerinden enerji kullanımının analizine odaklanılmıştır. Elektrik kullanan tüm cihazların anlık enerji kullanımlarının takip edilebileceği bir cihaz geliştirilmiş ve üretilen verilerin bulut tabanlı bir sunucuda toplanması, geliştirilen mobil yazılımla kullanıcılarında sistemi uzaktan takip etmesi sağlanmıştır. Bu sistem ile örnek bir evdeki elektrik cihazlarının gerçek zamanlı enerji takibi yapılmıştır. Elde edilen verilerin analizi ile enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılmasının sağlanması için yapılması gereken faaliyetler ortaya konulmuştur.

Bilim Kodu : 90502, 90519, 92413
Anahtar Kelimeler : Nesnelerin İnterneti, Enerji Analizi, Enerji Takibi, Akıllı Şebeke
Sayfa Adedi : 74
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Tarık YILMAZ

AKSARAY UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES
ENERGY ANALYSIS WITH INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

(M.A. Thesis)

İzzet AYYILDIZ, Aksaray 2023

ABSTRACT

Today, energy has gained more importance than ever before in many of the works we do for all humanity. For this reason, studies are carried out to monitor energy use. With the development of internet of things (IoT) technology in recent years, these studies have focused on this new technology. In this study, it is focused on the analysis of energy use through the data obtained by energy analysis and instant remote energy monitoring using IoT technology. A device was developed to monitor the instantaneous energy usage of all electricity-using devices, and the data generated was collected on a cloud-based server, and the users were able to monitor the system remotely with the developed mobile software. With this system, real-time energy monitoring of electrical devices in a sample house was made. With the analysis of the data obtained, the activities that need to be done in order to use the energy more efficiently have been revealed.

Science Code : 90502, 90519, 92413
Keywords : Internet of Things, Energy Analysis, Energy Tracking, Smart Grid
Page Number : 74
Supervisor : Assist. Prof. Tarık YILMAZ

İÇİNDEKİLER

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU	I
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI.....	II
JÜRİ ONAY SAYFASI	III
TEŞEKKÜR.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
KISALTMALAR	XII

1. GİRİŞ	1
1.1. Elektrik Enerjisi	1
1.2. Türkiye’ de Elektrik Enerjisi.....	2
1.3. Enerji Verimliliği Kavramı	3
1.4. Ülkemizde Enerji Verimliliğine Genel Bakış	4
1.5. Enerjinin Verimli Kullanılmasının Önemi.....	4
1.6. Elektrik Şebekeleri	5
1.6.1. Geleneksel Elektrik Şebekeleri	5
1.6.2. Akıllı Şebekeler.....	6
1.6.3. Geleneksel şebekeler ile Akıllı şebekeler Arasındaki Fark.....	7
1.7. Akıllı Sayaçlar.....	7
2. NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE BİLEŞENLERİ.....	9
2.1. Nesnelerin İnterneti (IoT) Kavramı	9
2.2. Nesnelerin İnterneti (IoT) Gelişimi.....	10
2.3. Gelecekte IoT Teknolojisi.....	11
2.4. Nesnelerin İnterneti (IoT) Bileşenleri	12

2.4.1. Sensörler.....	12
2.4.2. Bulut Servis Sağlayıcı	12
2.4.3. Mikrodenetleyici	13
2.4.4. Veri Transfer ve Haberleşme Teknolojileri	15
2.4.4.1. Ağ Tanımları.....	15
2.4.4.2. Kablosuz (Wireless) Ağ Teknolojisi.....	16
2.5. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları	16
2.5.1. Endüstriyel Uygulama Alanları.....	17
2.5.1.1. Lojistik Yönetimi	17
2.5.1.2. Tarım ve Hayvancılık Alanı Uygulamaları.....	18
2.5.1.3. Endüstriyel Uygulamalar	18
2.5.2. Akıllı Şehirler Alanda IoT	19
2.5.3. Sağlık Alanında IoT	19
3. LİTERATÜR TARAMASI	20
4. UYGULAMA.....	23
4.1. Materyal ve Yöntem.....	23
4.1.1. Mikrodenetleyici Kart Seçimi (ESP32).....	24
4.1.2. Akım Sensörü (ACS712).....	26
4.1.3. Arduino IDE	27
4.1.4. Google Firebase Veri Tabanı.....	28
4.1.5. Flutter-Dart	29
4.2. Elektronik Sistemin Kurulması	31
4.3. Arduino IDE Program Yüklenmesi ve ESP32 Eklenmesi	32
4.4. Mikrodenetleyici Kodlanması ve Kalibrasyonu.....	35
4.5. Google/Firebase Veri tabanı Oluşturulması.....	37
4.6. Flutter Mobil ve Web Uygulaması.....	38
4.7. Grafik Verileri.....	42
4.8. Tablo Rakam Verileri.....	44
5. BULGULAR	45
5.1. Fatura Takibi	45

5.2. En İyi Elektrik Tarife Seçimi	46
5.3. Kademeli Üst Tarife Takibi	47
5.4. Gerçek Fatura ile Kıyaslama ve Kaçak Tespiti.....	48
5.5. Elektrikli Ev Aletleri Güç Değeri Kıyaslama	49
5.6. Aykırı veya Uç Gözlem Tespiti	49
5.7. Olağan Dışında Güç Tüketen Cihaz Tespiti.....	50
5.8. Evde Çalışan Cihaz Takibi.....	50
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKÇA	53
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ TEZ DEĞERLENDİRME FORMU	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 2021 yılı Türkiye’ de kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi	3
Şekil 2. 2021 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı	3
Şekil 3. Geleneksel elektrik şebekesi	5
Şekil 4. Akıllı şebeke sistemi	6
Şekil 5. Nesnelerin interneti (IoT)	9
Şekil 6. IoT Teknolojisinde kullanım tahminleri	10
Şekil 7. Sensörlerin kullanım alanları	12
Şekil 8. Google Firebase kullanıcı ara yüzü.....	13
Şekil 9. Raspberry Pi mikrodenetleyici.....	14
Şekil 10. PAN, LAN, MAN, WAN karşılaştırması	15
Şekil 11. Nesnelerin İnternetinin Başlıca Uygulama Alanları	17
Şekil 12. RFID uygulaması	18
Şekil 13. Nesnelerin interneti tabanlı araba	19
Şekil 14. Nesnelerin interneti teknolojisi ile enerji analizi blok şeması	24
Şekil 15. ESP32 mikrodenetleyici pin yapısı	25
Şekil 16. ACS-712 Akım sensörü	26
Şekil 17. ACS-712 Pin diyagramı	27
Şekil 18. Arduino IDE arayüzü	27
Şekil 19. Google Firebase veri tabanı arayüzü.....	29
Şekil 20. Flutter’ın yapısal çerçevesi	30
Şekil 21. Devre bağlantı şeması	31
Şekil 22. Elektronik devre bağlantısı	32
Şekil 23. Arduino IDE kurulumu	32
Şekil 24. Arduino IDE kart bilgileri.....	33
Şekil 25. Arduino IDE, ESP32 kurulumunun yapılması.....	33
Şekil 26. Arduino IDE, ESP32 kütüphanesinin kurulumu.....	34

Şekil 27. Arduino IDE, ESP32 kart modülü seçimi.....	34
Şekil 28. Enerji tüketim kalibrasyon ayarı (örnek 1)	36
Şekil 29. Enerji tüketim kalibrasyon ayarı (örnek 2)	36
Şekil 30. Kod sistemi çalışma diyagramı	37
Şekil 31. Google Firebase veri tabanı oluşturulması	38
Şekil 32. Google Firebase veri tabanı gönderilen veriler.....	38
Şekil 33. Flutter ile oluşturulan mobil uygulama görseli	39
Şekil 34. Kullanıcı veri takibi mobil uygulaması.....	40
Şekil 35. Kullanıcı veri takibi mobil uygulaması (geçmiş aylar).....	40
Şekil 36. Tarife ayarları giriş paneli.....	41
Şekil 37. Nisan ve Mayıs 2023 ayları güç tüketim grafikleri	42
Şekil 38. Nisan ayına tüm priz grafikleri	43
Şekil 39. Mayıs ayına ait tüm priz grafikleri.....	43
Şekil 40. Prizlere ait örnek güç verileri.....	44
Şekil 41. Mayıs-2023 tarihi fatura bilgisi	45
Şekil 42. Yıl Boyunca en uygun tarife listesi.....	46
Şekil 43. 1 Nisan 2022 tarihinden itibaren enerji dağıtım bedelleri	47
Şekil 44. Kademeli üst limit sınır uyarı mesajı	48
Şekil 45. Mayıs 2023 Kullanım faturası ve uygulama verileri karşılaştırılması.....	48
Şekil 46. 1800 Watt çamaşır makinesi kullanım verileri	49
Şekil 47. Aykırı gözlem tespiti grafiği.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AC	Alternatif Akım
CAN	Controller Area Network
DC	Doğru Akım
GAN	Generative Adversarial Networks
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
I _{pp}	Primer Power Plant (tepe akım)
İHD	İşletme Haklarının Devri
kWh	KiloWatt-Hour
LAN	Local Area Network
LPWAN	Low power wide-area network
MAN	Metropolitan Area Network
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
mV	Mili Volt
mV/A	Mili Volt/Amper
MW	Mega Watt
PAN	Personel Area Network
RAM	Random Access Memory
RFID	Radio Frequency Identification
RMS	Root Mean Square (karekök ortalama)
ROM	Read Only Memory
SDK	Yazılım Geliştirme Kiti
V _{pp}	Virtual Power Plant (tepe voltaj)
VRMS	Volt Root Mean Square (volt karekök ortalama)
W	Watt
WAN	Wide Area Network
WiFi	Wireless Fidelity

1. GİRİŞ

Enerji tarih boyunca toplumların gelişmesi için en temel kaynaklarından birisi olmuştur. Enerji kaynaklarının azalması ve enerji kullanımının artması; enerji takibi, enerji analizi, enerji verimliliği, uzaktan izleme, tahminleme ve yapay zekâ kullanımı kavramlarını ön plana çıkarmıştır. Bu nedenle, daha kaliteli ve verimli enerjiye ulaşmak için çeşitli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Kıstı, 2022).

Tüketicilerin enerji verimliliğini artırmak için tüketici kullanım alışkanlıklarının analiz edilmesini ve ayarlanmasını sağlayan cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanıcılar, ay sonu faturalarında sadece bir aylık enerji kullanım miktarı hakkında bilgi edinebilirler. Ancak, bu yalnızca bir önceki ayda kullanılan tahmini enerji miktarıdır ve anlık tüketim hakkında bilgi vermezler. Yani gün içinde ne kadar enerji kullandığınızı ve şu anda ne kadar enerji kullandığınızı bilinmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaçları karşılamak için bazı akıllı evler için enerji yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Kullanılan ürünler ağırlıklı olarak elektrik sayaçlarıdır. Bu ürünler genellikle pahalı ve kapalı sistemlerdir (Kalemci, 2021).

Bu çalışmada elektrik enerjisi tüketiminin etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi için kullanıcıların, harcadıkları enerji miktarlarını anlık ve geçmişe dönük olarak takip edilebileceği ve bu enerji verileri ile belirli analizler yapılabileceği bir sistemin tasarımı yapmak hedeflenmiştir. Hedefler doğrultusunda akıllı elektrik enerji takibi için IoT (nesnelerin interneti) yapısı kurulumu yapılarak bir evdeki tüm prizlerden elektrik tüketim verileri anlık olarak veri tabanına aktarılmış ve elde edilen veriler işlenmiştir. Bu veriler yorumlanarak Web ortamında kullanıcıya gösterilmiştir. Uzaktan ve kolay erişilebilir bir enerji takip sistemi elde edebilmesi ve bu verilerle enerji analizi yapabilmeleri planlanmıştır.

1.1. Elektrik Enerjisi

Dünyada, nüfusun artması ve sanayileşmenin getirdiği enerji sorunu günden güne artmaktadır. Günümüzde ülkelerin kalkınması, yaşam standartlarının yüksek olması için vazgeçilmez unsurların başında enerji gelmektedir. Elektrik enerjisi, enerji çeşitleri içerisinde vazgeçilemeyecek bir unsur haline gelmiştir (Kayahan, 2019). Çeşitli alanlarda ihtiyacımız olan elektrik, günlük yaşantımızın bir parçası haline geldiği için

dünya genelinde elektrik çağı yaşanmaktadır. Geçmişte medeniyetler arasında yaşanan su savaşları gibi enerjiye ulaşma çabası da savaş nedeni olabilecek faktörlerdendir. Bu nedenle elektrik enerjisi, ülkelerin çözüme kavuşturması gereken problemlerdendir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektrik enerjisi üretimi için çeşitli kaynaklardan yararlanılmaya başlanılmıştır. Enerjide dışa bağımlı ülkeler, bağımlılık oranları arttıkça tek başına hareket etme özgürlüğünü de kaybetmektedir. Bu nedenle ülkelerin elektrik enerji ihtiyacını karşılayabilmek ve dışa bağımlılığını azaltabilmek için enerji tüketim politikalarını düzenlemeleri gerekmektedir.

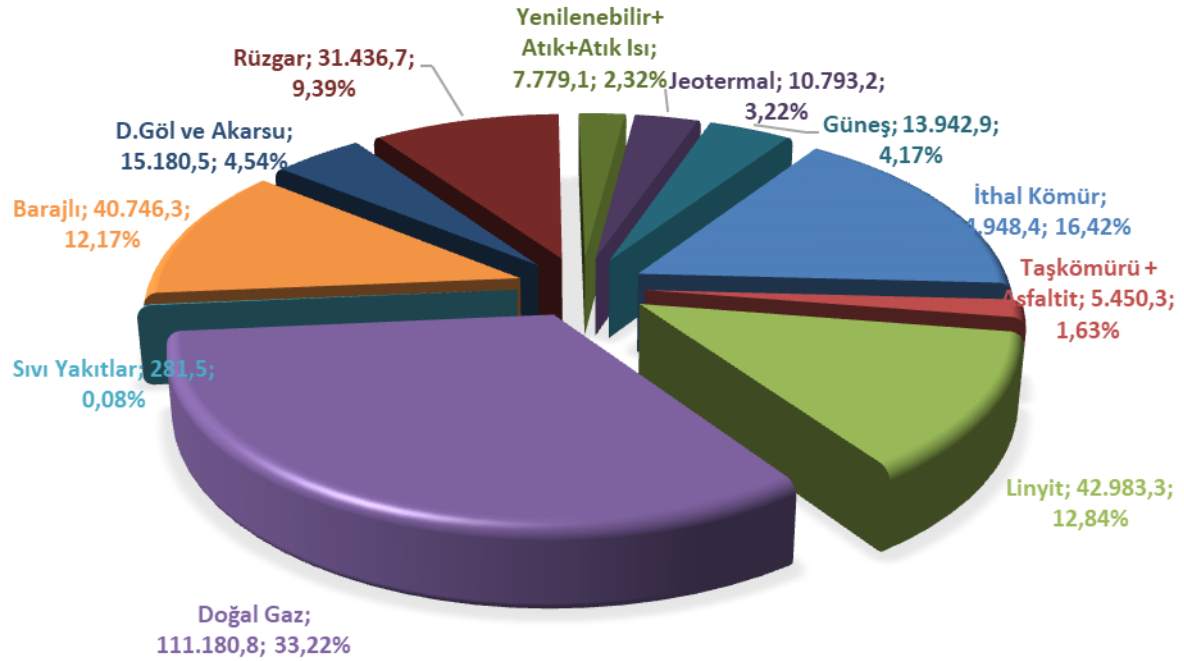
1.2. Türkiye’de Elektrik Enerjisi

Günümüzden geçmişe bakıldığında insanların ve devletlerin birbirleriyle rekabet etme, üstünlük kurma emellerinin değişmediği görülmektedir. Enerji kavramı dünyada olduğu gibi ülkemiz için de son derece önemli bir konudur. Dışa bağımlı ülkeler kendi politikalarını oluştururken özgür bir davranış gösterememektedir. Dışa bağımlılık bir anlamda güçlü ülkelerin kendi çıkar ve menfaatleri doğrultusunda bağımlı ülkelerin hareket etmesine neden olan modern bir zorbalık yöntemi haline gelmiştir. Atatürk “Bir ulusun yaşayabilmesi için, özgürlük ve bağımsızlığına sahip olması gerekir.” demiştir. Bağımsızlık, ülkemiz için vazgeçilmez unsurlardan biridir. Ancak bağımsızlık sadece düşman işgalinde olmamak demek değildir. Bir ülkenin tam bağımsızlığından söz edebilmek için ekonomik anlamda da dışa bağımlı olmaması gerekmektedir. Artan nüfus ve sanayileşme sonucu enerjiye ihtiyaç günden güne artmaktadır. Üretim için enerjiye, enerji için de kaynaklara ihtiyaç vardır. Enerjiyi de doğru ve verimli kullanmak gerekir.

2021 yılında Türkiye’ de elektrik üretimimizin büyük bir bölümü doğalgazdan üretilmektedir. Bu da enerji bağımlılığımızın hala yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 1’ de 2021 yılında Türkiye’ de kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi, Şekil 2’ de ise 2021 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı verilmiştir (TEİAŞ, 2021).

KAYNAK	ÜRETİM (GWh)	KATKISI (%)
İthal Kömür	54.948,4	16,42
Taşkömürü + Asfaltit	5.450,3	1,63
Linyit	42.983,3	12,84
Doğal Gaz	111.180,8	33,22
Sıvı Yakıtlar	281,5	0,08
Barajlı	40.746,3	12,17
D.Göl ve Akarsu	15.180,5	4,54
Rüzgâr	31.436,7	9,39
Yenilenebilir+Atık+Atık Isı	7.779,1	2,32
Jeotermal	10.793,2	3,22
Güneş	13.942,9	4,17
TOPLAM	334.723,1	100,00

Şekil 1. 2021 yılı Türkiye’ de kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi (TEİAŞ, 2021)



Şekil 2. 2021 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı(TEİAŞ, 2021)

1.3. Enerji Verimliliği Kavramı

Rahat yaşam ihtiyacı, enerji tüketiminin sürekli artmasına neden olmaktadır. Bu durum beraberinde enerjiye olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Gelişen sanayi ve teknoloji ile birlikte enerji talebindeki artış, fosil kaynaklardan hemen vazgeçilemeyeceğini göstermektedir.

Enerji verimliliği, kamu politikalarının oluşturulmasında genellikle farklı anlamlara sahip, yaygın olarak kullanılan bir terimdir. Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu arasındaki açık fark, birincisinin ilgili davranışı değiştirmeden genel enerji tüketimini azaltan belirli bir teknolojinin benimsenmesine atıfta bulunması, ikincisi ise yalnızca tüketicilerin davranışında bir değişiklik anlamına gelmesidir. Enerji verimliliği; kayıplarının en aza indirilerek, işlem sonucunda oluşan atıkların geri kazanılarak başka bir işlemde değerlendirilmesi etkinliği artıran önlemlerin tamamıdır.

1.4. Ülkemizde Enerji Verimliliğine Genel Bakış

Enerji, geleceğimizi etkileyebilecek en önemli ihtiyaçlarımızdan biridir. Ülkenin devamlı bir üretim ve kalkınma enerjisinin daha verimli kullanılması ile mümkündür. Ülkemiz, gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında ülkemizde enerjiyi verimli kullanma konusunda çalışmaların artırılması gerekmektedir.

Toplam enerji tüketim miktarı içinde sanayide tüketilen enerjinin payı yüksektir. Bu nedenle sanayi sektöründe alınacak her tedbir çok önemlidir. Bu önlemler yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi, sanayi kuruluşlarındaki enerji kullanımının verimli hale getirilmesi gibi müdahalelerdir (Engin, 2018).

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye'nin diğer ülkelerde de olduğu gibi elektrik ihtiyacı her yıl artmaktadır. Mevcut enerji kaynaklarımız bu ihtiyacı karşılamaya yetmemekte ve enerji ithal edilerek ihtiyaçlar karşılanmaya çalışılmaktadır. Cari açığa artışlar yaşanmakta ve buna bağlı olarak enerjide dışa bağımlılığımız sürekli artış göstermektedir. Enerji tüketimi olan her noktada enerji verimliliğini ve enerji tasarrufunu bir alışkanlık haline getirmek önemlidir. Bu hususlara dikkat edilmediği takdirde, başarılı olmakta gecikmeler yaşanması beklenmektedir.

1.5. Enerjinin Verimli Kullanılmasının Önemi

Tükenmeyen enerjiler olduğu gibi tükenebilir enerjiler de hayatımızda önemli bir yere sahiptir. Artan nüfus ve gelişen ekonomi karşısında ülkemizdeki enerji kaynakları yetersiz kalmaktadır. Enerjiye olan bu talep günden güne artmaktadır. Karşılanamayan

enerjiler ithal edilmektedir. İthal ettiğimiz her enerjide dışa bağımlılığımız artmakta ve bu da bağımsızlık ruhumuza zarar vermekte ve ülke ekonomisini de olumsuz etkilemektedir. Oluşan bu dışa bağımlılığın en aza indirilebilmesi için mevcut enerjilerimizden olabilecek en az kayıpla ve en yüksek verimle yararlanılarak üretim gücümüz artırılmalıdır. Enerji açığı artan ülkeler güçsüzleşmektedir. Diğer ülkeler ile yaşanabilecek diplomatik bir krizde enerji akışının kesilmesi durumu söz konusu olabilir. Böyle bir ihtimalde ise ülkenin üretimi ve günlük yaşamı olumsuz etkilenecektir.

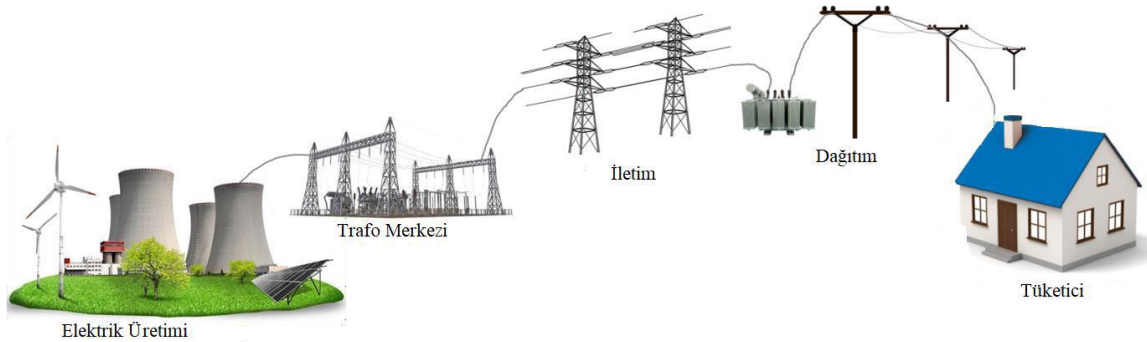
Kullandığımız enerji türlerinden çevreye zarar verenler de bulunmaktadır. Enerjiyi artırmaya çalışırken yaşadığımız çevreyi de kirletmemiz gerekmektedir. Enerjiyi verimli kullanmak çevreye verilecek zararı da en aza indirecektir. Böylece daha yaşanabilir bir dünya gelecek nesillere bırakılabilecektir.

1.6. Elektrik Şebekeleri

1.6.1. Geleneksel Elektrik Şebekeleri

Geleneksel elektrik şebekesi, elektrik enerjisinin üretim noktasından kullanım noktalarına iletilmesi için geliştirilmiş alternatörler, transformatörler, iletim hatları ve farklı elektrik yükleri gibi elektrik güç sisteminin çeşitli elemanlarının birbirine bağlanmasıdır (Tozak, 2020).

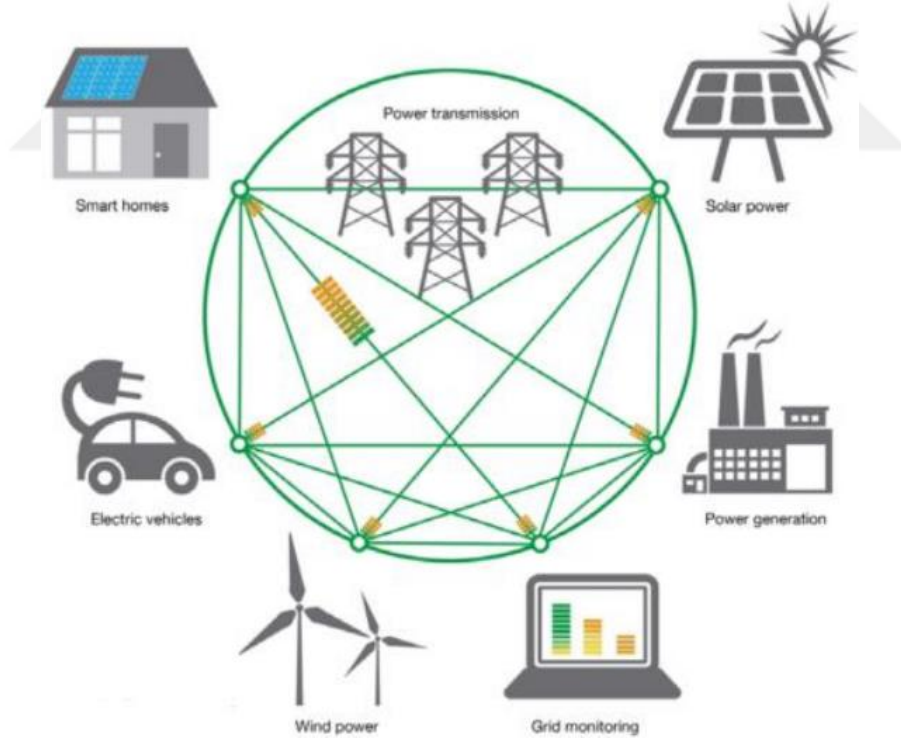
Şekil 3’ de geleneksel bir elektrik şebekesinin temel bir şeması gösterilmiştir. Geleneksel elektrik şebekesi durumunda, yalnızca elektrik altyapısı vardır. Bu nedenle, geleneksel elektrik şebekesi, sınırlı bir tek yönlü elektrik akışı kullanır. Yani, elektrik enerjisi, güç üretim istasyonundan tüketiciye doğru ilerler (Colak vd., 2018).



Şekil 3. Geleneksel elektrik şebekesi (Colak vd., 2014)

1.6.2. Akıllı Şebekeler

Akıllı şebekeler, daha güvenilir ve tutarlı elektrik güç kaynağı sağlayan geleneksel elektrik şebekesinin geliştirilmiş şeklidir (Pehlivanoglu Gürbüz, 2019). Akıllı şebeke, şebekeye bağlı sistemin faaliyetlerini izleyebilen ve güç sisteminde meydana gelen tüm olayların gerçek zamanlı bilgisini sağlayan elektrik sistemidir. Tüketici ve üreticiye ekonomik ve verimli elektrik enerjisi sağlamak amacıyla gelişen ve dijital ekonomiye enerji sağlayan bir elektrik enerji yönetim sistemidir. Bu sistem sayesinde tüketici enerji kullanımında etkin rol oynayabilmektedir (Keyhani, 2016). Tüketiciler kendi kullanımlarının sorumluluklarını alabilecek, gerektiğinde tasarruf amacıyla elektrikli cihazları kapatıp açabilecek ya da ne zaman çalıştırması gerektiğini kontrol edebilecektir. Kısacası tüketim alışkanlıklarını değiştirecek ve böylece tasarruf edebilecektir. Şekil 4’ de akıllı şebeke sistemine ait görsel verilmiştir.



Şekil 4. Akıllı şebeke sistemi (Aktaş, 2020)

Akıllı Şebeke, kendisine bağlı tüm kullanıcıların davranışlarını ve eylemlerini, düşük kayıplar ve yüksek düzeyde arz kalitesi ve güvenliği ile sürdürülebilir ve verimli bir enerji sistemi sağlayacak şekilde verimli bir şekilde bütünleşmiş edebilen ağıdır.

1.6.3. Geleneksel Şebekeler ile Akıllı Şebekeler Arasındaki Fark

Geleneksel şebekeler ile akıllı şebekeler arasındaki temel fark, akıllı şebekenin çift yönlü iletişime sahip olmasıdır. Santraller ve tüketiciler arasındaki sürekli iletişime dayanır. Başka bir deyişle, akıllı şebeke, geleneksel elektrik şebekesinin iletişimini, otomasyonunu ve birbirine bağlanabilirliğini geliştirmek için bilgi teknolojisinden yararlanır. Bu şekilde, enerji tüketicileri ve üreticileri arasındaki gerçek zamanlı etkileşim kolaylaştırılır. Bu süreç, enerji dağıtımını optimize eder. Tüketiciler ve üretim santralleri arasında bu iki yönlü iletişim olduğu için, diğer şeylerin yanı sıra, elektrik israfını önlemek için farklı üretim tesislerinden ortak enerji iletilmesi mümkündür. Bu, doğası gereği elektriğin üretildiği anda tüketilmesi gerektiğinden, maksimum enerji verimliliği arayışını garanti eder. Yani biriktirilemez, tüketilmeyen kaybolur (Nexusintegra, 2023).

Akıllı şebeke, evlerde ve işyerlerinde akıllı sayaçlar olmadan anlaşılamaz. Bunlar, geleneksel analog ölçerin yerine geçer. Bu dijital sayaçlar ile akıllı şebekenin çalışması için gerekli veriler toplanmakta ve tüm sistem çift yönlü olarak akarak üretim dalgalanmaları karşısında otomatik yanıt verme kapasitesi kazanmaktadır. Veriler toplandıktan sonra analiz edilir ve enerjinin üretildiği tesisler, tüketici taleplerine daha iyi cevap verebilmek için her dönemde talep edilecek enerjiyi tahmin edebilir ve güvenilir bir şekilde enerjiyi iletir. Böylece yüksek talep olmadığında gerekli enerjinin üretimini azaltmak, yoğun dönemlerin beklendiği dönemlerde ise üretimini sorunsuz bir şekilde artırmak mümkündür (Nexusintegra, 2023).

1.7. Akıllı Sayaçlar

Akıllı sayaç, akıllı şebekelerde kullanılan en önemli cihazlardan biridir. Akıllı sayaç, son kullanıcıların yük cihazlarından bilgi alarak tüketicilerin enerji tüketimlerini ölçen ve daha sonra dağıtım şirketine veya sistem operatörüne ek bilgiler sağlayan gelişmiş bir enerji sayacıdır. Bir akıllı sayaçta, özel iletişim altyapısı tarafından desteklenen çeşitli sensörler ve kontrol cihazları kullanılır (Zheng, Gao, ve LinSmart, 2013).

Akıllı sayaçlar enerji tüketimi hakkında gerçek zamanlıya yakın geri bildirim sağlayabilir ve ilgilenen tüketicilerin kullanımlarını daha iyi yönetmelerini, enerji tasarrufu yapmalarını ve faturalarını düşürmelerini sağlar. Akıllı sayaçlar, elektrik piyasasına kendi

başına veya bir hizmet şirketi yardımıyla daha aktif olarak dahil olmak isteyen tüketiciler için daha da fazlasını sunabilir. Gün boyunca enerji kullanımlarını farklı enerji fiyatlarına göre uyarlamalarını sağlayarak, daha düşük fiyat dönemlerinde daha fazla tüketmelerini ve enerji faturalarında tasarruf etmelerini sağlar (European Commission, 2023).



2. NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE BİLEŞENLERİ

2.1. Nesnelerin İnterneti (IoT) Kavramı

Nesnelerin İnterneti (IoT) terimi ilk kez 1999 yılında İngiliz teknoloji öncüsü Kevin Ashton tarafından kullanılmıştır. Fiziksel dünyadaki nesnelerin sensörler aracılığıyla internete bağlanabildiği bir sistemi tanımlar. İnternete kurumsal tedarik zincirlerinde insana ihtiyaç duymadan mal sayımı ve takibi için kullanılmaktadır. Günümüzde nesnelerin interneti, içinde bulunulan senaryoları tanımlamak için popüler bir terim haline gelmiştir (Altınpulluk, 2018).

IoT, geleceğin internetinin bir parçası olarak kabul edilir ve milyarlarca akıllı iletişim "nesnesinden" oluşacağı düşünülmektedir. İnternetin geleceği, fiziksel varlıklar ve sanal bileşenlerle dünyanın sınırlarını daha da genişletecek olan heterojen bağlı cihazlardan oluşacaktır. Nesnelerin interneti (IoT), bağlantılı nesneleri yeni yeteneklerle güçlendirip daha işlevsel ve verimli olması beklenmektedir (Li, Xu ve Zhao, 2014).



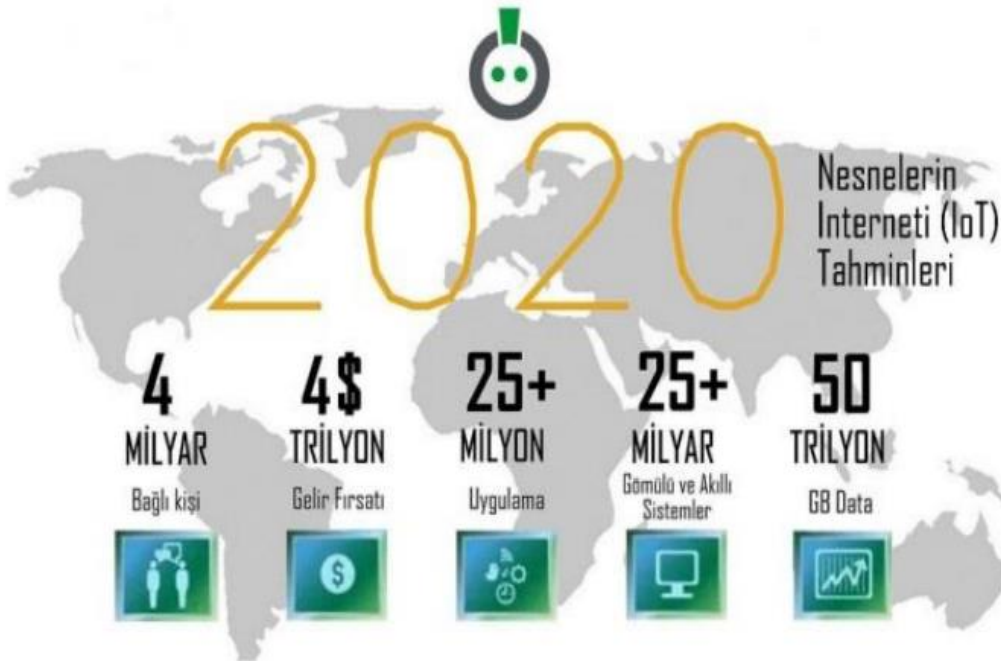
Şekil 5. Nesnelerin interneti (Nitelikliveri, 2023)

2.2. Nesnelerin İnterneti (IoT) Gelişimi

İnsanlık, geçmişten günümüze dek sürekli yenilik ve üretim ile gelişmektedir. Nüfus arttıkça ve insanlar sosyalleştikçe ihtiyaçlar da artmakta ve bu yüzden yeni arayışlarda bulunmaktadır. Bu arayış da toplumu buluşlara ve üretime sevk etmektedir. Bu ihtiyaçları karşılamak için toplum sürekli olarak kendini yenilemekte ve üretken olmaktadır.

Yeniliklere insanlar hızlı bir şekilde adapte olmaktadır. Teknoloji yaşamımızda büyük yer edinmektedir. Zamanın değerinin arttığı günümüzde insanlar hayatlarında daha kolay ve daha az zamanda daha çok iş yapabileceği gereçlere ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden akıllı ürünlere oluşan ihtiyaç ve talepler, yoğunluk olarak artmaktadır. Bununla birlikte sürekli gelişen dünya, üretimde akıllı ürünlere yönelmektedir.

İnternet üzerinden iletişim günlük yaşıntıda kullanıcı - kullanıcı etkileşiminden cihaz - cihaz etkileşimlerine doğru artış sağlamaktadır. IoT ile ev otomasyonu endüstrisi ve ulaşım endüstrilerinde hızlı bir büyüme görülmektedir (Suresh, Daniel, Parthasarathy ve Aswathy, 2014). Nesnelerin interneti teknolojisinin kullanım oranı teknolojik gelişmelere paralel olarak hızla artmaktadır. Özellikle nesnelerin interneti teknolojisinin kullanım alanının genişlemesi ve bu doğrultuda da sunduğu faydanın gün geçtikçe kayda değer bir önem oluşturması, ilgili teknolojinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Bu kapsamda 2020 yılına ait kullanım tahminleri Şekil 6' da verilmiştir.



Şekil 6. IoT Teknolojisinde kullanım tahminleri (Proente, 2023).

Görüldüğü üzere IoT teknolojisi ile bağlantı kurulumu sağlanan cihazlar üzerinde, iletişim hızı eskiye oranla daha hızlı şekilde sağlanabilmektedir. Bu sayede cihazlar ve bağlantılar arası gecikme ve kopuklukların önüne geçebilme sağlanabilecektir. Verilerin hızını artırmasının veri analiz hızını olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. IoT teknolojisinde kullanım tahminleri 2020’de IoT teknolojisinin çok daha gelişmekte olacağını, hatta 50 milyar nesnenin internete bağlı olması tahmini sunulmuştur (Swan, 2012).

2.3. Gelecekte Nesnelerin İnterneti (IoT) Teknolojisi

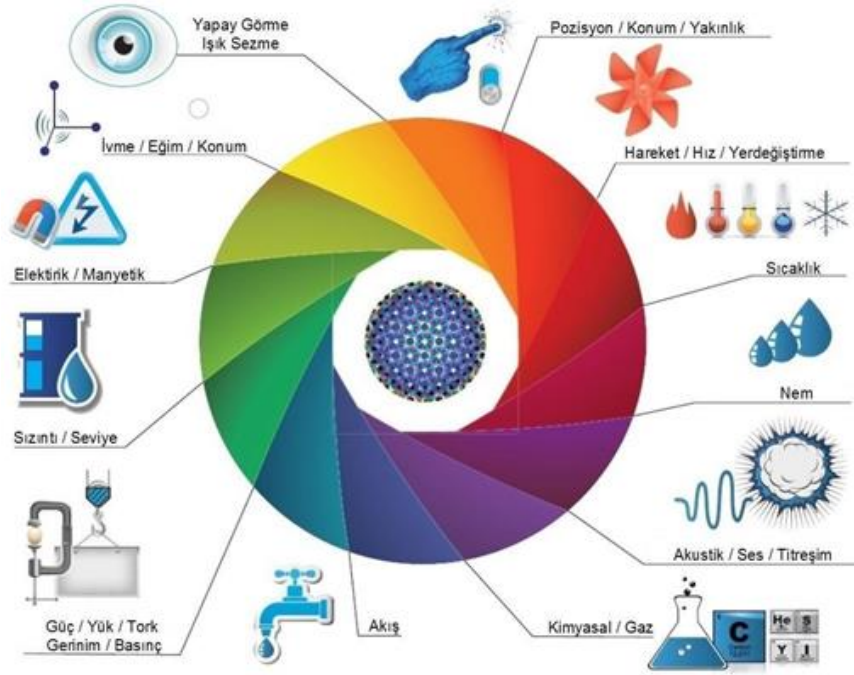
Akıllı ev sistemleri, akıllı arabalar ve giyilebilir akıllı cihazlar geleceğin teknolojilerinden olarak görülmektedir. Tarımda da IoT teknolojisinin yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Toprağın nemini, suyunu ve sıcaklığını ölçen bir sistem üretimi ve geliştirilmesi yapılmaktadır. Bu sayede ciddi oranda su tasarrufu da sağlanabileceği ve bunun yaygınlaşması öngörülmektedir (Crettaz vd., 2013).

Akıllı şehirler, akıllı ülkeler sistemlerinin kurulumu ve bu sistemlerinin IoT teknolojisine uyumu üzerine çalışmalar yapılmakta ve birçok sistem için geliştirme uygulamaları yapılmaktadır. Okulların, marketlerin hatta yolların dahi teknoloji ile bağlantı kurabileceği bir sistem üzerine çalışmalar yapılmaktadır. IoT teknolojisinin yararları olduğu gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bunlardan biri ise bu teknoloji ile insan gücüne olan ihtiyacın azalacak olması ve buna bağlı olarak işsizlik gibi sorunların ortaya çıkacak olmasıdır. Ev aletleri, makineler, ulaşım, ticari depolama ve mallar vb. yaşam alanındaki nesne sayısı dünya nüfusundan daha fazla olmaktadır. ABD Ulusal İstihbaratı konsey, 2025 yılına kadar IoT’nin yaşantıdaki her nesneyi birbirine bağlayacağını belirtmektedir. Bu hedef için yeni mimariler önerilmekte ve daha fazla araştırma yapılmaktadır (Said ve Masud, 2013).

2.4. Nesnelerin İnterneti (IoT) Bileşenleri

2.4.1. Sensörler

Sensörler, ortamdaki fiziksel, kimyasal ve elektriksel değişimleri algılayan, bu değişim verilerini toplayan cihazlardır. Bu değişim verilerini elektriksel sinyallerle cihazlara bilgi vermektedir (Pohanka, Pavlis ve Skladal, 2007). Farklı kullanım alanları için farklı sensörler kullanılmaktadır. Enerji takibi için akım sensörleri, sağlık alanında kalp ritim sensörleri, konum bilgisini veren GPS sensörleri ve ortamdaki sıcaklık-nem bilgilerini veren sensörler örnek olarak verilebilir. Şekil 7’ de sensörlerin çalışma prensibi ve kullanım alanları verilmiştir. Fiziksel, kimyasal ve elektriksel meydana gelen değişimleri tespit edip sistemde bağlı olduğu birime yönlendirir.



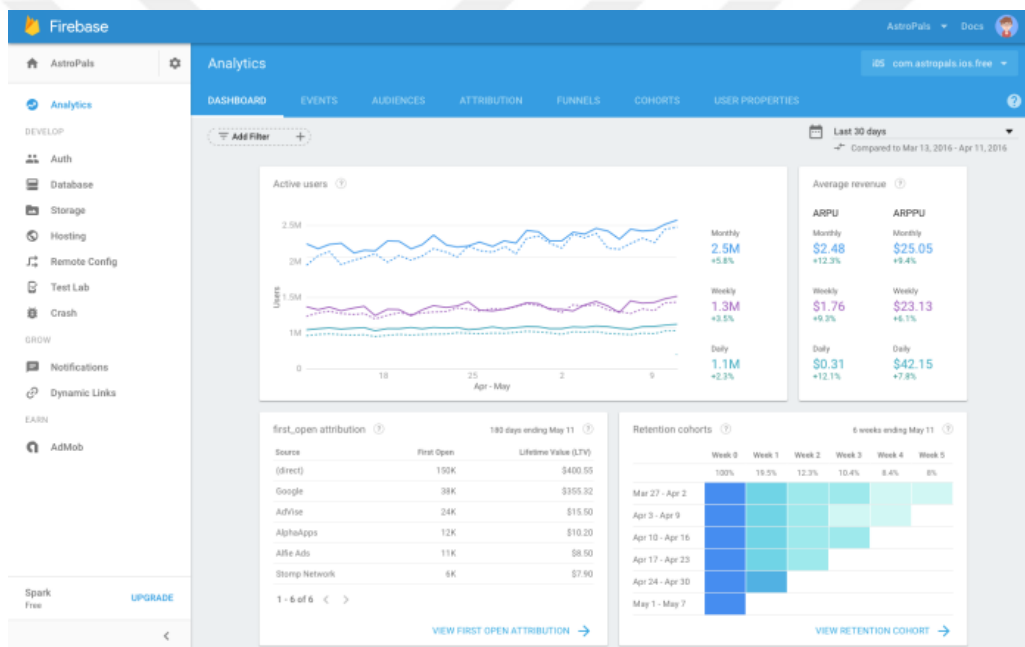
Şekil 7. Sensörlerin kullanım alanları (Salama ve Elminaam, 2018).

2.4.2. Bulut Servis Sağlayıcı

Bulut bilgi işlem sağlayıcıları, cihazların birbiriyle uyumlu bir şekilde paylaşımların yapılmasını sağlayan internet tabanlı bir sistemdir. Bilgisayarlar ve diğer cihazlar için, istendiği zaman kullanılabilen ve kullanıcılar arasında paylaşılan bilgisayar kaynakları

sağlayan, internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adıdır. Kullanıcılar internet olan her yerden erişim sağlayabilmektedir. Nesnelerin interneti teknolojilerinde çok sık kullanılan uygulamadır. Bulut'un yedekleme/sanal harddisk kullanımı gibi önemli işlevlerinin yanında IoT için de önemli görevleri bulunmaktadır.

Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisinde kullanılan bulut tabanlı sistemler, veri depolama ve verileri kullanılabilir hale getirecek takip ve karar sistemini oluşturur. Bulut sisteminde oluşturulan ve kontrol edilebilen sağlayıcılar verilerin kullanıcıların ara yüzü ile takibi yapılarak kullanıcının bilgilendirilmesi sağlanabilmektedir. Şekil 8' de Google Firebase kullanıcı ara yüzü gösterilmektedir.



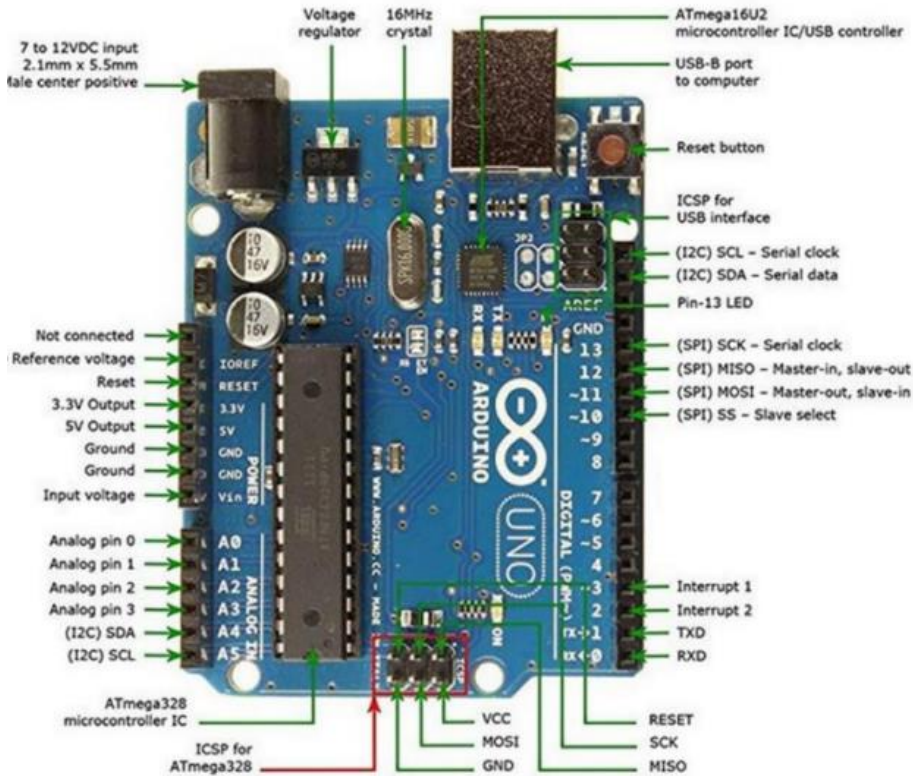
Şekil 8. Google Firebase kullanıcı ara yüzü (Developers, 2016)

2.4.3. Mikrodenetleyici

Mikrodenetleyiciler, yapısında mikro işlemci, bellek, programlanabilir giriş-çıkış, analog-dijital dönüştürücü, sinyal üretici, sayıcı, iletişim arayüzleri gibi birimleri barındıran tümleşik tek bir devre olarak üretilen bir mikro bilgisayardır. Bir bilgisayar sistemini oluşturan temel birimleri üzerinde barındıran entegrelerdir. Günümüzde otomobil, telefon, yazıcı ve fotokopi makinesi, televizyon, kamera, drone, beyaz eşya vb. birçok cihazda kontrol sistem aygıtı olarak mikrodenetleyiciler kullanılmaktadır. Şekil 9' da Arduino UNO mikro denetleyici görseli verilmiştir.

Mikro işlemci ile kontrol edilecek bir sistem kurmak için minimum işlemci, geçici hafıza, giriş-çıkışlar ve kalıcı depolama birimlerine ihtiyaç vardır. Bu birimler arasında iletişimi sağlayacak veri yolu, adres yolu ve kontrol yolundan oluşan iletişim yollarına ihtiyaç vardır.

Mikroişlemciler ve mikrodenetleyiciler IoT sisteminin ilk katmanında görev alır. Sensörlerin topladığı verileri anlamlı değerlere dönüştürmek ve iletişim bağlantılarını sağlamakla görevlendirilir. Mikroişlemci, kendisinden istenen aritmetik ve mantıksal operasyonları yapabilen devre elemanlarıdır. Yaptığı işleme göre sonucu yönlendirebilme özellikleri vardır. Mikroişlemci üç kısımdan meydana gelir. Mantıksal ve aritmetik işlemlerin gerçekleştiği ALU (Aritmetik mantık birimi) bölümü mikroişlemcinin en önemli bölümüdür. Mikroişlemcinin kaç bit boyutunda olduğu burada belli olur. Yapılacak işlem sıralayan ve kod çözümlemesi yapılan kısım kontrol birimidir. Mikroişlemci içindeki veriler kaydedici kısmında tutulur. Kullanılacağı alana ve işlem hacmine göre mikroişlemcileri kıyaslamak için birçok kıstas vardır. Kelime uzunluğu, komut işleme hızı, kaydedici sayısı, adresleme kapasitesi ve metotları, ek devrelere uygunluk gibi kriterlere göre seçim yapılır (Yassein, Mardini ve Khalil, 2016).



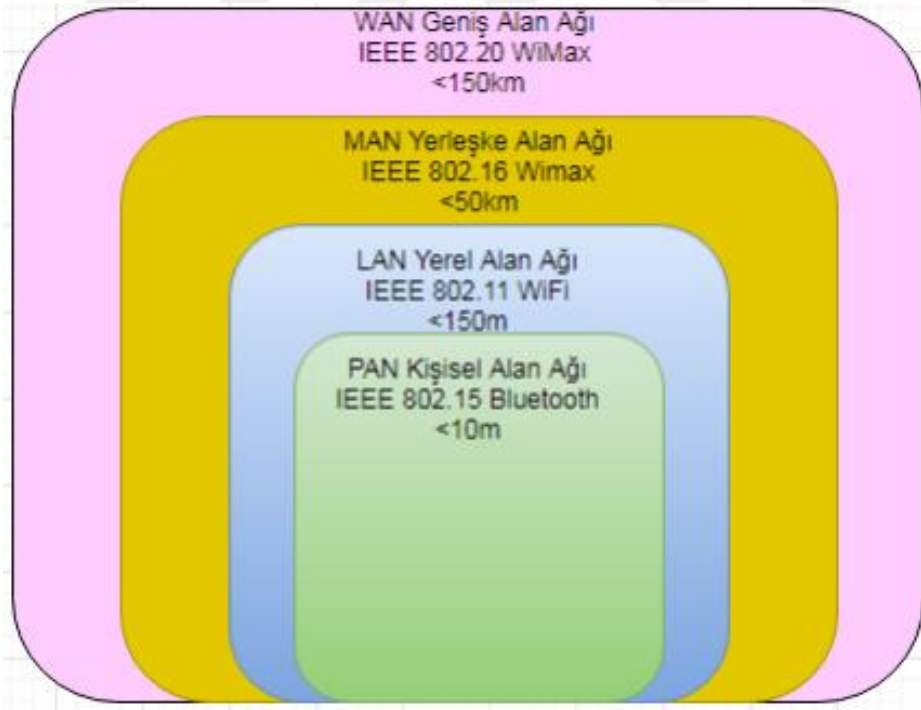
Şekil 9. Arduino UNO mikro denetleyici (Kesler, 2021)

2.4.4. Veri Transfer ve Haberleşme Teknolojileri

Nesneler arasında haberleşmede birbirinden farklı teknolojiler kullanılmaktadır. Makinalar arası haberleşme, nesnelerin interneti ile bulut bilişimi arasındaki iletişimi sağlayan haberleşme teknolojisidir. Nesnelerin interneti teknolojisi ile yapılan sistemlerde haberleşme teknolojisi önemli bir unsurdur.

2.4.4.1. Ağ Tanımları

Bilgisayarlar kendi aralarında veri paylaşımı, bilgi paylaşımı ve merkezi yönetim gibi sebeplerden dolayı iletişim sağladığı yapıya ağ(network) olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde mevcut olan ağ yapıları şu şekildedir: PAN (Personel Area Network), CAN (Campus Area Network), LAN (Lokal Area Network), MAN (Metropolitan Area Network), WAN (Wide Area Network) ve GAN (Global Area Networks). Şekil 10' da ağ yapıların kapsam alanları verilmiştir.



Şekil 10. PAN, LAN, MAN, WAN karşılaştırması (Vidyagyaan, 2023)

2.4.4.2. Kablosuz (Wireless) Ağ Teknolojisi

Kablosuz ağlar, cihazlar arasında ve cihazlar ile geleneksel kablolu ağlar (kurumsal ağlar ve internet) arasında taşıma mekanizması görevi görür. Kablosuz ağlar çok sayıda ve çeşitlidir ancak kapsama alanlarına göre sıklıkla üç gruba ayrılır: Kablosuz Geniş Alan Ağları (WWAN), WLAN'lar ve Kablosuz Kişisel Alan Ağları (WPAN). WWAN, 2G hücresel, Hücresel Dijital Paket Veri (CDPD), Küresel Mobil İletişim Sistemi (GSM) ve Mobitex gibi geniş kapsama alanı teknolojilerini içerir.

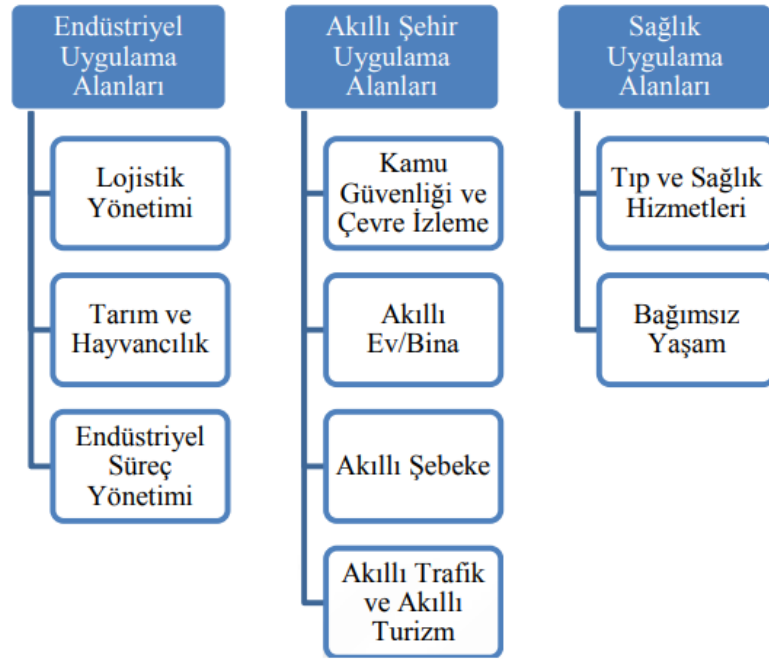
Kablosuz yerel alan ağlarını temsil eden WLAN, 802.11, HiperLAN ve diğerlerini içerir. WPAN, Bluetooth ve IR gibi kablosuz kişisel alan ağı teknolojilerini temsil eder. Bu teknolojilerin tümü bağımsızdır. Elektromanyetik (EM) dalgaları kullanarak bilgi alır ve iletirler. Kablosuz teknolojiler, radyo frekansı (RF) bandından IR bandına kadar uzanan dalga boylarını kullanır. 2 RF bandındaki frekanslar, ayrılan en düşük kablosuz frekans olan 9 kilohertz' den (kHz) uzanan EM radyasyon spektrumunun önemli bir bölümünü kapsar. İletişim frekansı, RF spektrumunun ötesine yükseldikçe, EM enerjisi IR' ye ve ardından görünür spektruma hareket eder (Karygiannis ve Owens, 2002).

2.5. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları

Nesnelerin interneti teknolojileri hemen hemen her alanda yeni akıllı uygulamalar geliştirmek için kullanılmaktadır. Bunun önemli nedeni, duruma dayalı sensörlerden gelen bilgilerle verileri işlemesi, kullanıcı alışkanlıkları hakkında bilgi vermesi ve durumlara karşı özel hizmetler sunmasıdır. IoT uygulamaları güç geçtikçe artmaktadır. Uygulama alanları farklılık gösterse de bu uygulamalar yaşam kalitesini arttırmayı, tasarruf sağlamayı ve yapay zekâ kullanmayı amaçlamaktadır.

Literatür taramasında uygulama alanları farklı şekilde sıralanmıştır. Bu uygulama alanlarından bazıları şu şekildedir;

- Endüstriyel uygulama alanları
- Akıllı Şehir uygulama alanları
- Sağlık uygulama alanları



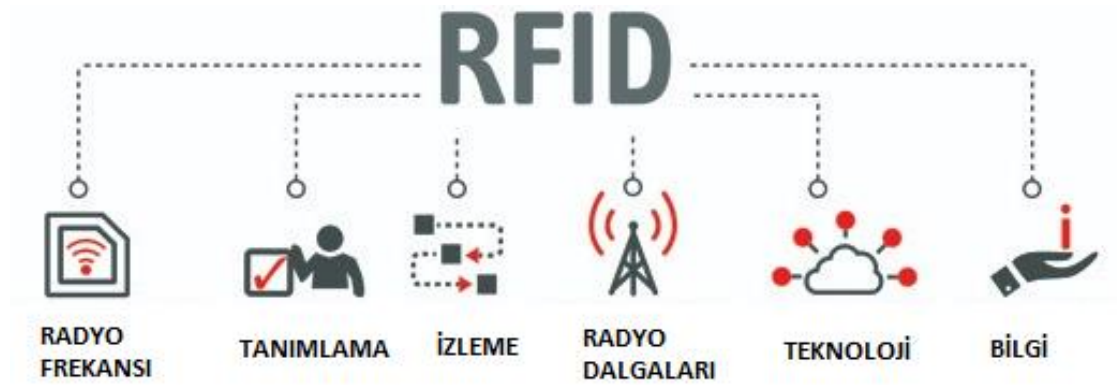
Şekil 11. Nesnelerin internetinin başlıca uygulama alanları (Borgia, 2014).

2.5.1. Endüstriyel Uygulama Alanları

Nesnelerin interneti teknolojisi şirketler, işletmeler ve diğer oluşumlar arasındaki ticari ve finansal işlemler için endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak, lojistik, üretim, nakliye, fabrika ve hizmet sektörü verilebilir.

2.5.1.1. Lojistik Yönetimi

RFID teknolojisi, lojistik ve birçok endüstride kullanılmaktadır. RFID ve kablosuz sensör ağı teknolojisine dayalı gerçek zamanlı bilgi işleme teknolojisi, tedarik zinciri yönetimi ve lojistik süreç akışına çeşitli faydalar sağlamak için nesnelerin interneti ile birlikte çalışmaktadır. Bu sürecin avantajları vardır. Akıllı perakende, akıllı döküm yönetimi, akıllı depolama, akıllı ulaşım ve son olarak tüm bu süreçler akıllı bir merkezi yönetim sistemi tarafından yönetilmektedir (Miller, 2015).



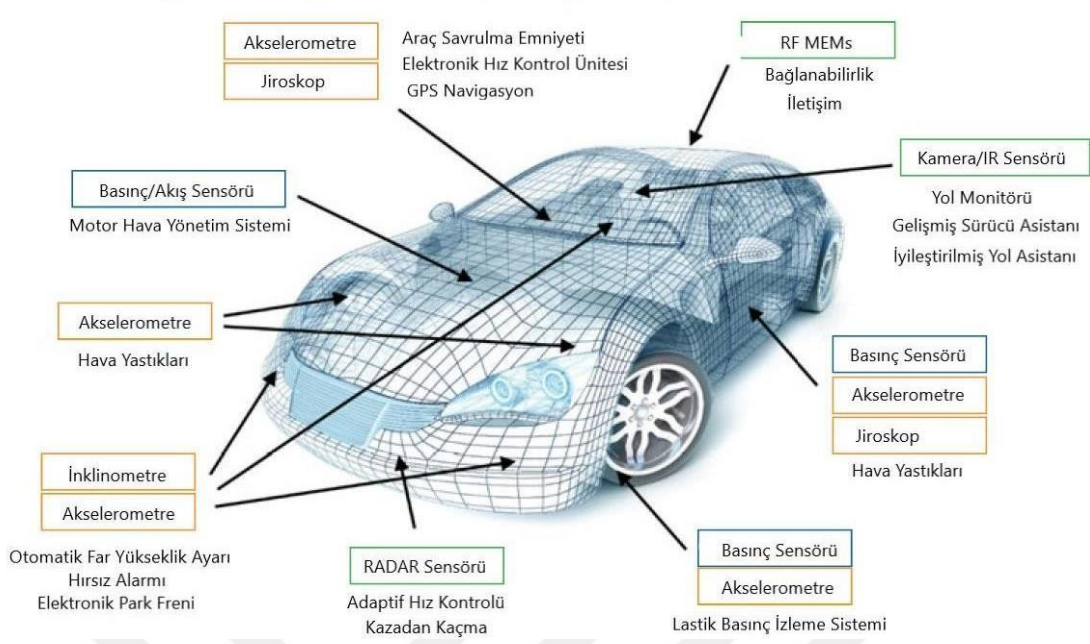
Şekil 12. RFID uygulaması (Boundless, 2023)

2.5.1.2. Tarım ve Hayvancılık Alanı Uygulamaları

Akıllı gıda, tarım ve hayvancılık uygulamalarında üretimin ve hayvancılığın daha verimli olmasında IoT çok kullanılmaktadır. Sensörlerle toprağın su ve nem oranına göre sulama sistemi otomasyonu kurmak faydalı bir uygulamadır. Hava durumuna göre erken tahminleme metotlarıyla seracılık faaliyetlerinde kullanılması da önemlidir. Akıllı tarım uygulamaları arkasına büyük ve küçük baş hayvancılığında et ve süt üretimini verimli hale getirilmesinde kullanılmaktadır. Hayvanların ortamında bulunan sensörler ile anlık takibi yapılarak oluşabilecek hastalık gibi olumsuz durumları önden tespit ederek bu durumun önüne geçilecektir.

2.5.1.3. Endüstriyel Uygulamalar

Nesnelerin interneti, endüstriyel uygulamalarda ileri çözümler üretebilir. Örnek uygulama, gerçek zamanlı araç durum tespitidir. Sensörler, lastik basıncı, motor verileri, yakıt tüketimi, konum, hız, diğer araçlara olan mesafe, sürüş süresi, duruşlar, sürücü varlığı ve daha pek çok parametreyi izleyebilir. Araç üzerine takılan kablosuz haberleşmeler, otomobil teknoloji ekipmanların kontrolünü sağlayabilir ve veri aktarımı sağlayabilir (Stanley ve Lee, 2018). Şekil 13' de nesnelerin interneti teknolojili araba görseli verilmiştir.



Şekil 13. Nesnelerin interneti teknolojili araba

2.5.2. Akıllı Şehirler Uygulama Alanları

Akıllı bir şehir, para ve kaynak tasarrufu yaparken kamu hizmetlerinin verimliliğini artırmak için gerçek zamanlı bilgi toplayan geniş bir sensör ağı ve birbirine bağlı cihazlar da dahil olmak üzere ileri teknolojiyi içerir. Akıllı bir şehir, trafikte veri toplama, enerji kullanımı ve atık yönetimi gibi sistemleri otomatikleştirmek için kentsel alanlarda nesnelerin interneti (IoT) sensörlerini kullanır. Bunu yaparak, akıllı şehirler kentsel hizmetlerin verimliliğini artırır, maliyetleri düşürür ve daha yüksek bir yaşam standardı sunar (Dgtlinfra, 2023).

2.5.3. Sağlık Uygulama Alanları

Nesnelerin interneti teknolojisi sağlık alanını büyük bir ölçüde içerisine alması beklenmektedir. Gelişmiş sensör teknolojileri ile nabız, kan basıncı, işitme testi vb. alanlarda IoT çokça kullanılmaktadır. Bu uygulamalar sağlık alanında erken teşhis ile müdahale etmeyi sağlamaktadır. Yaşlılar için yapılan GPS takip sistemi, görme engelliler için yapılan mesafe sensörleri, uzuvları olmayan insanların için bilgisayar kullanım teknolojileri gibi pek çok alanda nesnelerin interneti teknolojisi kullanılmaktadır.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Khajenasiria, Estebasrib, Verhelsta ve Gielena (2016) bu çalışmalarında, akıllı şehirler ve akıllı binalar sorunlarında IoT çözümlerini uygulanabilirliği üzerinde durmuştur. Binalarda akıllı enerji kontrolü önemli bir yön olduğunu ve bunun IoT ile çözüleceğini söylemiştir. Bir uygulama görevini kolaylaştırmak için nesnelerin, insanların ve bulut hizmetlerinin birleştirildiği esnek bir katmanlı mimariye ihtiyaç duyduğu için internet üzerinden çok sayıda heterojen cihazı birbirine bağlamayı amaçlamıştır. Akıllı şehirler için binalarda akıllı enerji kontrolünün çok önemli olduğunu düşünmüştür.

Kleineidam, Krasser ve Reischböck, (2016) bu çalışmalarında, mevcut elektrik dağıtım sisteminin yerine yenilebilir enerji ve akıllı şebekelerin alacağını söylemiştir. Elektrik enerjisinin uzaktan kontrol ve izleme sistemlerin öneminden bahsetmiştir. Nesnelerin interneti teknolojisinin veri toplama, yorumlama ve verileri işleyerek sonuç göstermeyi ve veri madenciliğine fırsat verdiğini savunmuştur.

Kaur ve Kalra (2016) bu çalışmalarında, akıllı şebekelerin özellikleri ve uygulama alanlarını incelemiştir. Nesnelerin interneti teknolojisi ile yapılan uygulamaları sınıflandırarak bilgiler vermiştir.

Burritt ve Christ (2016) bu çalışmalarında, nesnelerin interneti teknolojisinin Endüstri 4.0 için çağ atlatacak nitelikte olup olmayacağı konusu üzerine araştırmalarda bulunmuştur. Araştırmalarına göre veri izleme, veri kalitesi artmada, veri sürekliliğinde ve veri analizleri sonucunda makine arızaların düştüğünü ve üretim kalitesinin de arttığını söylemiştir. Elektrikli cihazların ölçülebilir ve takip edilebilir enerji bilgileri ile makine arızaların önüne geçilip daha verimli çalışmalar olacağını ve Endüstri 4.0 için çok büyük çalışmalar olacağını düşünmüştür.

Singh, Agarwal, ve Padmanabh (2016) bu çalışmalarında, nesnelerin interneti teknolojisi kullanarak altıbin evden aldığı akıllı sayaç verilerini toplamıştır. Bu veriler ile dağıtım merkez transformatörü yükleme tahminleri geliştirmiştir. Bu çalışmalarında akıllı sayaçlardan alınan verilerle tahminleme modelleri kullanarak transformatörlerin yükleme hataları üzerinde durmuşlardır.

Stusek, Pokorny, Masek, Hajny ve Hosek (2017) arduino mikrodnetleyici tabanlı akım ölçümü çalışması yapmıştır. Nesnelerin interneti teknolojisi için bu verilerin kablolu ya da fiber kablolar ile veriyi taşımak için yetersiz olduğunu düşünmüşlerdir. Bu yüzden akıllı şebekeler çalışmaları için kablosuz iletişim teknolojilerini karşılaştırmışlardır. Bir tasarım gerçekleştirip ölçülen akım değerlerini kablosuz iletmışlerdir. Akıllı sayaçlar ile dağıtım şirketleri, çalışanın ilgili yerde fiziksel olarak bulunmasına gerek kalmadan bir sayacın durumunu okuyabileceklerini söylemişlerdir.

Balamurugan ve Saravanakamalam (2017) bu çalışmalarında, nesnelerin interneti teknolojisi kullanarak enerji izleme çalışmaları yapmışlardır. Önerdikleri sistemde gerçek zamanlı enerji tüketim verilerinin görüntülenmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında arduino mikrodnetleyici ve sensörler kullanmıştır. Ölçülen anlık verileri wifi ile Emoncms ortamına aktarmışlardır. Elektrik enerjisini izlemek için sayaçların aksine, evin içinde sigorta veya dağıtım kutuların kutusunun yanına kurarak ayrıntılı enerji tüketim bilgilerini göstermişlerdir. Aşırı yüklenmelerde veya evde kimsenin bulunmadığı durumlarda bilgisayar/akıllı telefonlar aracılığıyla uzaktan da kontrol etmişlerdir.

Kul ve Şen (2017) bu çalışmalarında, nesnelerin interneti tabanlı enerji ölçümü ve merkezi yönetim yazılımı kullanılarak gündüz yük dağılımı planlanarak yük değişiminin kontrol altında tutulması amaçlanmıştır. Çalışmalarında enerji tasarrufu üzerine durmuşlardır. IP tabanlı akıllı sayaçtan alınan enerji ölçüm değerleri merkezi yazılım tarafından enerji takip edilmekte ve dengelendiğini söylemişlerdir. Nesnelerin interneti teknolojisi ile akıllı sayaç kullanarak enerjiyi takip etmişler ve enerji tasarrufu sağlamayı başardıklarını söylemişlerdir.

Abate, Carratù, Liguori ve Paciello (2019) bu çalışmalarında, nesnelerin interneti teknolojilerinde kullanabilecek düşük fiyatlı akıllı sayaç uygulaması geliştirmişlerdir. Farklı sensör ve uzaktan okuma için haberleşme modülleri kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma ile test sonuçlarını ortaya koymuşlardır.

Morello, De Capua, Fulco ve Mukhopadhyay (2017) bu çalışmalarında, şebekeden geçen elektrik enerjisini izlemek için güç ölçer cihaz tasarlamışlardır. Güç ölçerin tasarımı ve kalibrasyon aşamalarını göstermişlerdir. Enerji ölçümü için hazır modüllerden yararlanmışlardır. Enerji verilerini LabVIEW™ yazılımıyla bir arayüz programramına göndermişlerdir.

Karaman, Taşkın ve Tokay (2021) bu çalışmalarında, enerji ölçümü için akıllı sayaç verilerini LabVIEW™ programında göstermişlerdir. Elektrik enerji verilerini sayısal ve grafiksel olarak gösterip fiyatlandırma sağlamışlardır. Akıllı sayaçtan okunan veriler Wifi ile uzaktan kullanıcıya aktarılmıştır. Kullanıcılar tarifelere göre güç tüketim değerlerini hem sayısal hem grafiksel olarak görmelerini sağladıklarını söylemişlerdir.

Mudaliar ve Sivakumar (2020) bu çalışmalarında, endüstride enerji tüketimini izlemek için IoT alt yapılı enerji izleme sistemi tasarlamışlardır. Çalışmalarında Raspberry Pi mikrodenetleyici kart kullanarak verileri internete göndermişlerdir. Bu çalışma ile enerji tüketimini en aza indirmek, enerji tasarrufu önlemlerini kolaylaştırmak ve gerekli olan günlük enerji modelini anlamak endüstriye yararlı olacağını savunmuşlardır.

Kıral (2014) bu çalışmasında, enerji takibi için bir akıllı priz tasarlamıştır. Geliştirilen bu tasarımda prize ait ölçüm verileri bilgisayar ile takip edilmiştir. Prize bağlı cihazın elektrik değerleri takip etmişlerdir. Tasarladıkları prize koruma özelliği eklemişlerdir. Bu yöntem ile B tipi elektrik sigorta görevi yapmasını hedeflemişlerdir.

Kalemci (2021) bu çalışmasında, enerji ölçüm veri seti oluşturmak için enerji ölçer priz tasarımları gerçekleştirmiştir. Elektrik enerjisini kontrol edebilmek ve tüketilen güç değerlerini anlık olarak takip edebileceği bir tasarım gerçekleştirmiştir. Yaptığı enerji ölçer cihazlardan gelen verileri kablosuz kullanıcılara göstermiştir. Türkiye’ de elektrikli ev aletleri bir veri seti olmadığını savunarak bu verilerle veri madenciliği veya makine öğrenmesinde kullanılabileceğini söylemiştir.

Akkaya (2022) bu çalışmasında, nesnelerin interneti tabanlı bir akıllı elektrik sayacı tasarlamıştır. Toplanan elektrik enerjisi bilgilerinin kablosuz haberleşme teknolojileri yardımıyla bulut sunucusuna aktarılmasını sağlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda standartlara uygun akıllı elektrik sayacı tasarlanmış olup bunun yanında şebekenin de gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağladığını söylemiştir.

Yapılan literatür çalışmalarında da görüldüğü gibi elektrik enerji takibi, veri kayıtları ve akıllı sayaçlar tasarlanmıştır. Fakat farklı cihazlardan gelen enerji verileri ile yorumlama, tahminleme ve sınıflamaların yeterli olmadığı görülmüştür. Veriler anlık olarak kullanıcılara gösterilmiş ve sadece gözlemlenmiştir.

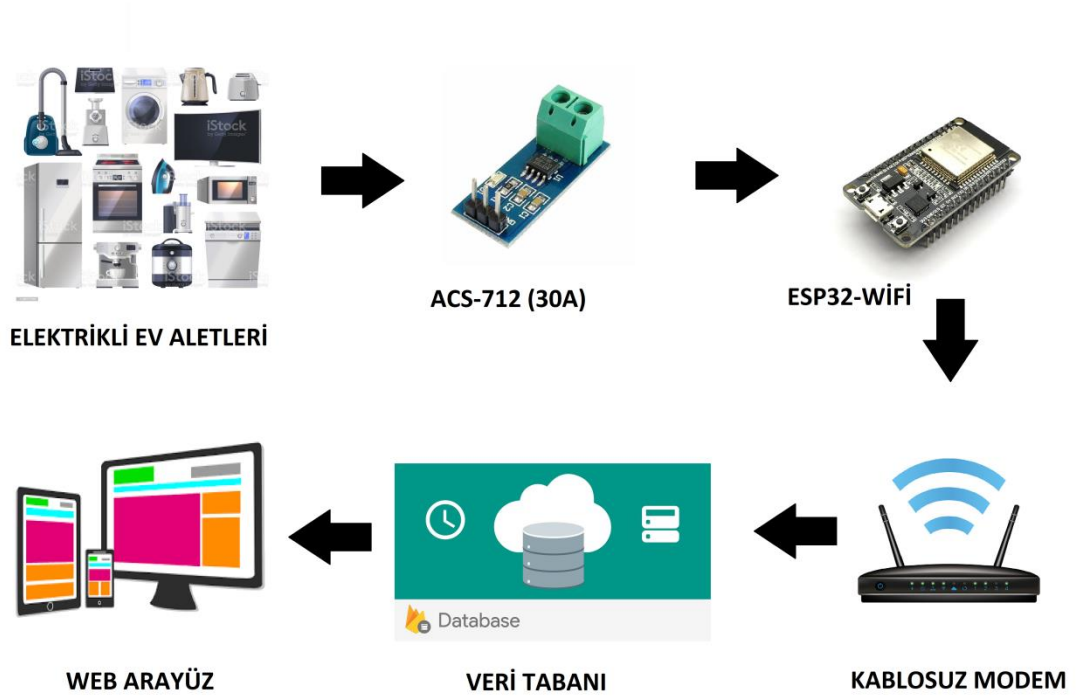
4. UYGULAMA

4.1. Materyal ve Yöntem

Tasarlanan bu çalışma da, farklı elektrikli cihazlardan okunan elektrik enerjisi tüketim bilgilerini kullanıcıya anlık olarak aktarıp enerji takibi yapılmasını, enerjiyi daha tasarruflu kullanmasını sağlayacak yorumlar ve tahminlemeler yapılması öngörülmüştür. Tüm cihazlara ait güç tüketim değerleri, veri tabanı kayıt ile geçmişe dönük tüketim değerleri, aylık ve günlük cihaza ait güç değerleri takibi, toplam fatura takibi, tek tarifeli - çok tarifeli sistemde fatura takibi, Türkiye’de başlanan 150-200-240 kW sınır değerlerin takibi yapmak ve veri sonuçlarını işleyerek kullanıcıya enerjiyi daha verimli ve doğru kullanmasını sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmamızın oluşturma aşamaları aşağıdaki gibi olmuştur.

- Enerji ölçüm için sensör (ACS712-30A)
- Elektronik devre için mikrodnetleyici (ESP32-WROOM-32D)
- Kablosuz aktarım için haberleşme yolu (Wi-Fi)
- Veri alışverişi için bulut yazılım (Google Firebase)
- Verileri gösterip analiz için mobil uygulama (Flutter)

Sistemin çalışması Şekil 14’ de gösterilmiştir. Elektrikli cihazlardan alınan enerji bilgileri sensörler vasıtasıyla mikrodnetleyiciye gönderilecektir. Burada işlenen enerji verileri gerçek zamanlı olarak bulut yazılımına Wi-fi ile aktarılacaktır. İnternetin olmadığı durumlarda mikrodnetleyici hafızasına veriler sürekli gerçek zamanlı kayıt edilecektir. İnternet bağlantısının olduğu durumda anın da tüm veriler bulut haberleşme ile veri tabanına kayıt edilecektir. Burada kayıt edilen veriler mobil uygulamadan çekilip işlenecektir. Kullanıcılar mobil uygulama üzerinden tüm verileri, sonuçları ve yorumlamaları görebilecektir.



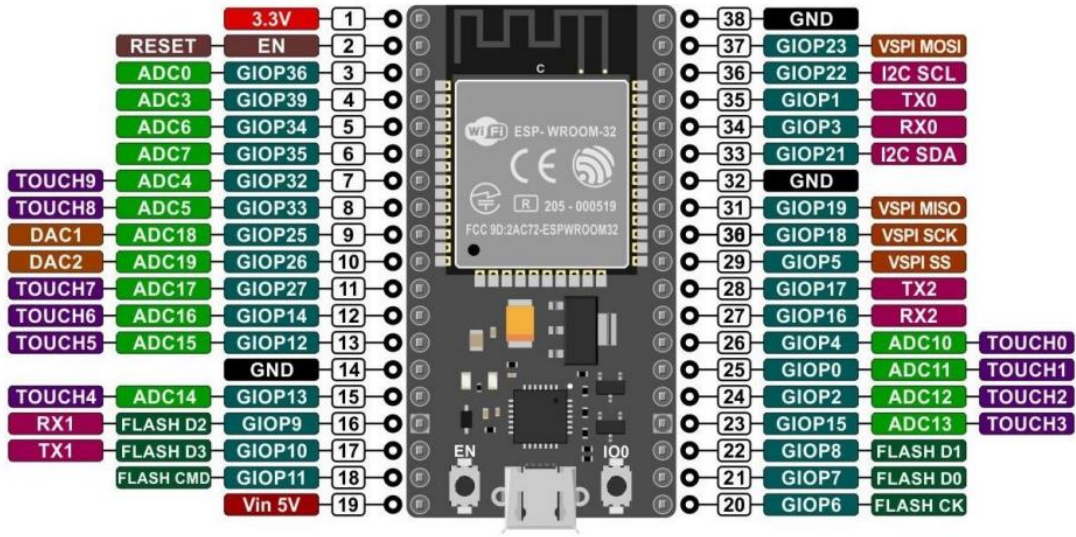
Şekil 14. Nesnelerin interneti teknolojisi ile enerji analizi blok şeması

4.1.1. Mikro denetleyici Kart Seçimi (ESP32)

Mikrodenetleyici kart olarak ESP32-WROOM-32D Wi-Fi modülü seçilmiştir. ESP32-WROOM-32D üzerinde dahili anten bulunmaktadır. Bu sayede herhangi bir wifi bileşenlerine ihtiyaç duymadan yakınındaki modeme bağlanabilmekte, veri bilgilerini kolaylıkla gönderebilmektedir. ESP32, ucuz ve kullanışlı olması sebebiyle nesnelerin interneti uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir mikrodenetleyicidir.

ESP32, ünlü ESP8266 SoC' nin geliştiricileri olan Espressif Systems' in düşük maliyetli bir mikrodenetleyicisidir. Tümüleşik Wi-Fi ve Bluetooth özellikli 32-bit Xtensa LX6 Mikroişlemcisinin hem tek çekirdekli hem de çift çekirdekli varyasyonları da bulunmaktadır (Electronicshub, 2021).

ESP32 üzerindeki Wi-Fi ve Bluetooth sayesinde birçok IoT uygulaması için kullanışlı bir yapıya sahiptir. Ayrıca uyku modunda sahip olduğu düşük güç tüketimi özelliği sayesinde, düşük güç tüketimli uygulamalar için de kullanıma uygundur. Şekil 15' de ESP32 mikrodenetleyicisinin pin yapısı görülmektedir.



Şekil 15. ESP32 mikrodnetleyici pin yapısı

ESP32 mikrodnetleyicisinin teknik özellikleri şu şekildedir:

- 240 MHz'e kadar saat frekansına sahip Tek veya Çift Çekirdekli 32-bit LX6 Mikroişlemci.
- 520 KB SRAM, 448 KB ROM ve 16 KB RTC SRAM.
- 150 Mbps' ye kadar hızlarda 802.11 b/g/n Wi-Fi bağlantısını destekler.
- Hem Klasik Bluetooth v4.2 hem de BLE spesifikasyonları için destek.
- 34 programlanabilir GPIO.
- 18 adede kadar 12-bit SAR ADC kanalı ve 2 kanal 8-bit DAC
- Seri Bağlantı 4 x SPI, 2 x I²C, 2 x I²S, 3 x UART içerir.
- Fiziksel LAN İletişimi için Ethernet MAC (harici PHY gerektirir).
- SD/SDIO/MMC için 1 ana denetleyici ve SDIO/SPI için 1 Bağımlı denetleyici.
- Motor PWM ve 16 kanala kadar LED PWM.
- Güvenli Önyükleme ve Flash Şifreleme.
- AES, Hash (SHA-2), RSA, ECC ve RNG için Kriptografik Donanım Hızlandırması.

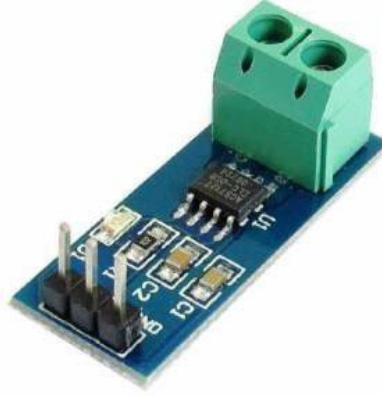
ESP32 birçok program ile kodlama yapılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan programlama ortamlarından bazıları şunlardır:

- Arduino IDE'si
- PlatformIO IDE (VS Kodu)

- LUA
- MikroPython
- Espressif IDF (IoT Geliştirme Çerçevesi)
- JavaScript

4.1.2. Akım Sensörü (ACS712)

Bu çalışma da elektrikli cihazların tükettiği elektrik enerjisi güç ölçümü yapmak için ACS-712 (30A) akım sensörü kullanılmıştır. Küçük boyutları, düşük fiyatı, yüksek hassasiyeti, şehir şebekesi olan alternatif akımların ölçülmesinde başarılı olması nedeniyle tercih edilmiştir. Şekil 16’ da ACS-712 akım sensörü gösterilmiştir.



Şekil 16. ACS-712 Akım sensörü

ACS-712 akım sensörü, bir tel veya iletkendeki akımı algılar ve algılanan akımla orantılı olarak analog voltaj veya dijital çıkış şeklinde bir sinyal üretir. Akım Algılama iki şekilde yapılır. Doğrudan algılama ve dolaylı algılamadır. Doğrudan algılama da, akımı tespit etmek için, içinden akım akarken bir telde meydana gelen voltaj düşüşünü ölçmek için Ohm yasası kullanılır. Akım taşıyan bir iletken de çevresinde bir manyetik alan oluşturur. Dolaylı algılamada akım, Faraday yasası veya Amper yasası uygulanarak bu manyetik alan hesaplanarak ölçülür. Burada, manyetik alanı algılamak için bir Transformer, Hall etkisi sensörü veya fiberoptik akım sensörü kullanılır.

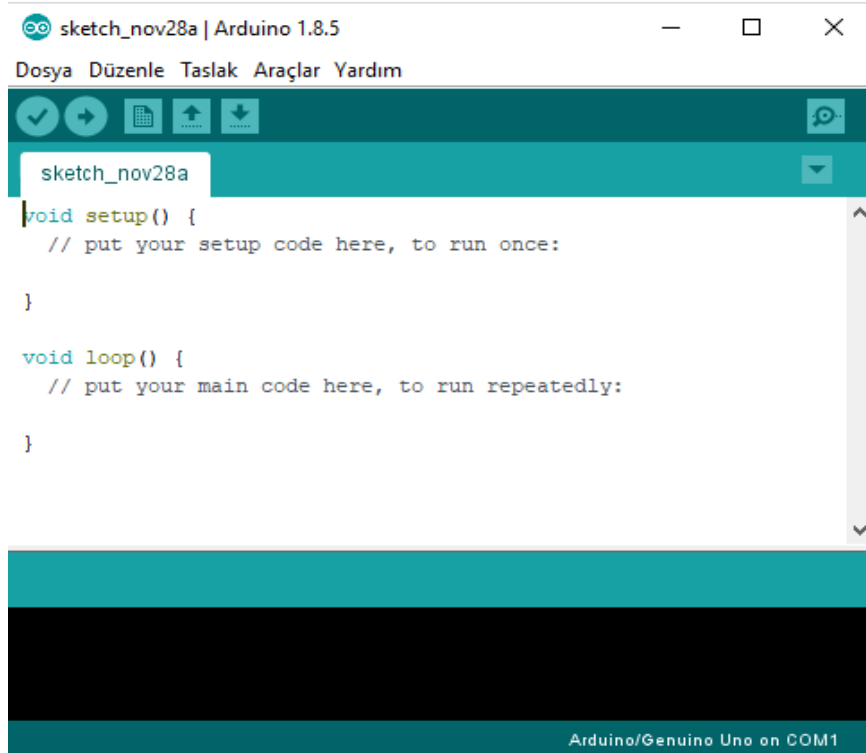
Akım bakır iletim yolundan aktığında, Hall etkisi sensörü tarafından algılanan bir manyetik alan oluşturur. Akımı ölçmek için kullanılan Hall sensörü tarafından algılanan manyetik alanla orantılı bir voltaj üretilir (Elprocus, 2023).



Şekil 17. ACS-712 Pin diyagramı

4.1.3. Arduino IDE

Arduino IDE, Arduino.cc tarafından tasarlanmış ve temel olarak neredeyse tüm Arduino modüllerine kod yazmak, derlemek ve yüklemek için kullanılan açık kaynaklı bir yazılımdır. Arduino IDE C ve C++ tabanlı bir programlama arayüzüdür. Programın basit ve anlaşılır olmasından dolayı çoğu kullanıcı tarafından tercih edilmektedir. Arduino IDE birden fazla mikrodenetleyicilerin kodlamasında kullanılmaktadır. ESP32 mikrodenetleyicisini bu basit arayüzde programlamak mümkündür. Şekil 18’ de Arduino IDE yazılımın arayüzü verilmiştir.



Şekil 18. Arduino IDE arayüzü

4.1.4. Google Firebase Veri tabanı

Google Firebase, Andrew Lee ve James Tamplin tarafından 2011'de kurulmuştur. Ancak resmi olarak Nisan 2012'de piyasaya sürülmüştür. Başlangıçta, çerçeve yalnızca API'lerini sağlayan gerçek zamanlı bir veri tabanı olarak kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Kullanıcıların verileri ve bilgileri depolamasına ve senkronize etmesine olanak sağlamaktadır. Firebase, 2014 yılında Google tarafından satın alınmış ve bugünkü yapısıyla girişimcilere ve kullanıcılara hizmet vermektedir (Chatterjee, Chakraborty, Decosta ve Nath, 2018).

Firebase, gerçek zamanlı veri tabanı gerektiren işletmeler için taşınabilir ve web uygulamaları oluşturmak için kullanışlı bir çerçevedir. Bu bir kullanıcı veri tabanındaki bir kaydı güncellediğinde, güncellemenin her bir kullanıcıya anında iletilmesi gerektiği anlamına gelir. Hizmetle birlikte gelen bir dizi başka Google özelliğinin yanı sıra birçok uygulamaya temel ve birleşik bir platform sağlar. Firebase, uygulama geliştirme söz konusu olduğunda, sunucu tarafındaki işlerin çoğunu üstlenir. Bir geliştiricinin bakış açısından Firebase' i geliştirmede bu kadar önemli bir araç yapan çok sayıda unsur vardır. Bu şekilde, işin minimum gecikmesine neden olarak geliştirici ve müşteri arasında bir uyum durumunun korunmasına yardımcı olur. Bir iletişim veya sohbet uygulamasının geliştirilmesi durumunda, Firebase tarafından sunulan en temel bileşenler veya hizmetler şunlardır (Chatterjee vd., 2018).

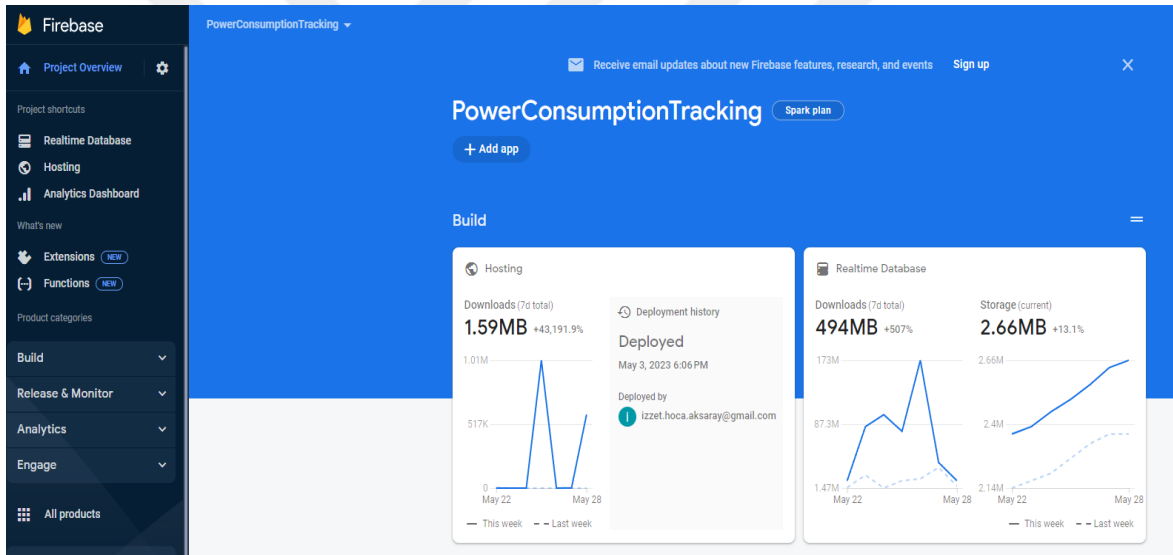
Gerçek Zamanlı Veri tabanı(Real-time Database): Gerçek zamanlı veri tabanı, bulutta barındırılan bir veri tabanıdır. Veriler JSON olarak saklanır ve ilişkili her istemciyle sürekli olarak senkronize edilir. iOS, Android ve JavaScript SDK' ları ile herhangi bir platformlar arası uygulama geliştirildiğinde, kullanıcının talebinin büyük bir kısmı tek bir gerçek zamanlı veri tabanı örneğine dayanır ve bu örnek her yeni veriyle güncellenir. Bu özellik, geliştiricilerin bir veri tabanı geliştirme adımını atlamasına olanak tanır ve Firebase, uygulamalar için arka ucun çoğunu yönetir. Verilerin nasıl düzenlenmesi gerektiğini ve bilgilerin ne zaman incelenebileceğini veya oluşturulabileceğini tanımlamak için uyarlanabilir ifadeye dayalı bir kural dili sağlar (Chatterjee vd., 2018).

Kimlik Doğrulama(Authentication): Firebase kimlik doğrulaması, istemcileri bir uygulama üzerinden onaylamak için arka uç hizmetleri, kullanımı kolay SDK' lar ve anında kullanıcı arabirimi kitaplıkları sağlar. Parolalar, e-posta kimliği veya kullanıcı adı,

telefon numarası vb. kullanarak kimlik doğrulamayı destekler (Chatterjee vd., 2018).

Depolama(Storage): Firebase storage, örneğin fotoğraflar veya başka herhangi bir dosya gibi kullanıcı tarafından oluşturulan içeriği depolaması ve sunması gereken uygulama geliştiricileri için tasarlanmıştır. Ağ kalitesinden bağımsız olarak Firebase uygulamaları için güvenli belge aktarımı ve indirme sağlar. Firebase Storage, yetenekli, temel ve uygun maliyetli bir nesne depolama hizmeti olan Google Cloud Storage tarafından desteklenmektedir (Chatterjee vd., 2018).

Bulut Mesajlaşma(Cloud Messaging): Geliştiricilerin mesajları sıfır masrafla güvenilir bir şekilde iletmelerini sağlayan platformlar arası bir çözümdür. Geliştiriciler, kullanıcıların yeniden katılımını ve bakımını sağlamak için bildirim mesajları gönderebilir (Chatterjee, 2018).



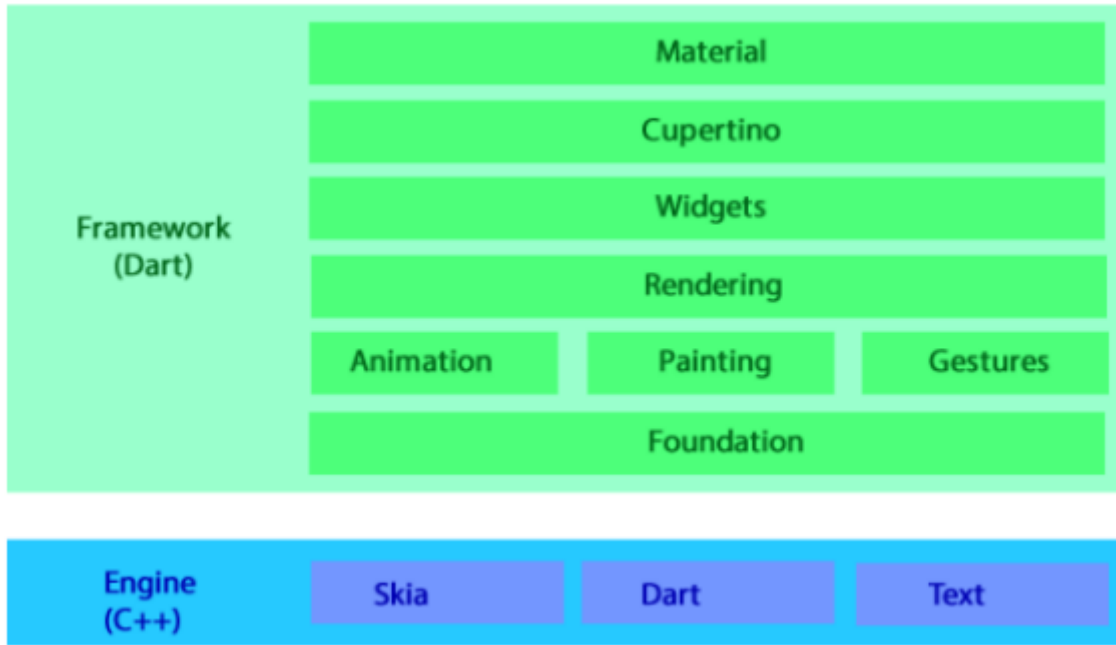
Şekil 19. Google Firebase veri tabanı arayüzü

4.1.5. Flutter-Dart

Flutter, Google tarafından geliştirilen ve açık kaynak kodlu bir uygulama geliştirmeyi sağlayan SDK (Yazılım Geliştirme Kiti)'dir. Mac, Linux ya da Windows gibi platformlarda sorunsuz çalışması için tasarlanmıştır.

Flutter'da uygulama geliştirmek için Dart programlama dili kullanılmaktadır. Google tarafından 2011'de geliştirilmiş olan Dart, bir nesne programlama dili olarak tanımlanmıştır. Bu dil ile Flutter üzerinden yazılan kodlar platformdan bağımsızdır. Yani hem mobil hem web hem de masaüstü ile uyumlu bir uygulama olmaktadır (Macit 2022).

Flutter’ın temel çalışma prensibine bakacak olursak, özel Flutter kütüphanesinde bulunan “widget” adı verilen nesneler bütün bir ara yüz oluşturulabilmektedir. "Material Design" ve "Cupertino" nesneleri ile uygulamalar, platformdan bağımsız emülatör değiştirilmeden hem Android hem de IOS işletim sistemleri için aynı anda derlenebilir. 100 milyondan fazla açık kaynak projenin paylaşıldığı GitHub’ daki popülaritesi ile mobil yazılım geliştiriciler arasında son derece yüksek bir eğilime sahip olduğu görülmüştür (Github, 2020). Şekil 20’ de Flutter’ın yapısal çerçevesi verilmiştir (Gülcüoğlu, Üstün ve Seyhan, 2021).

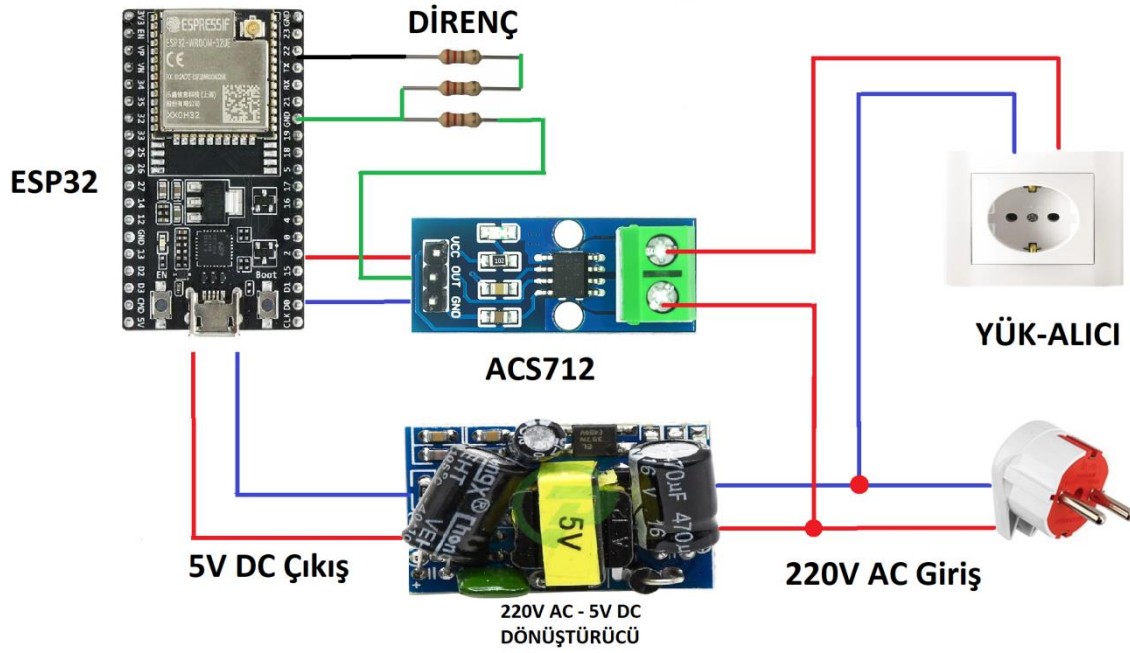


Şekil 20. Flutter’ın yapısal çerçevesi

Flutter’ın gerçek zamanlı ön izleme yapılabilmesi, gelişmiş düzgün performansı olan Widget’ler, az kod ile çok yanıt gibi avantajlarını sayabiliriz. Ancak üçüncü taraf kütüphane eksikliği, dosya boyutunun yüksek olması, tek bir yazılım dili olması dezavantaj olarak sayılabilir.

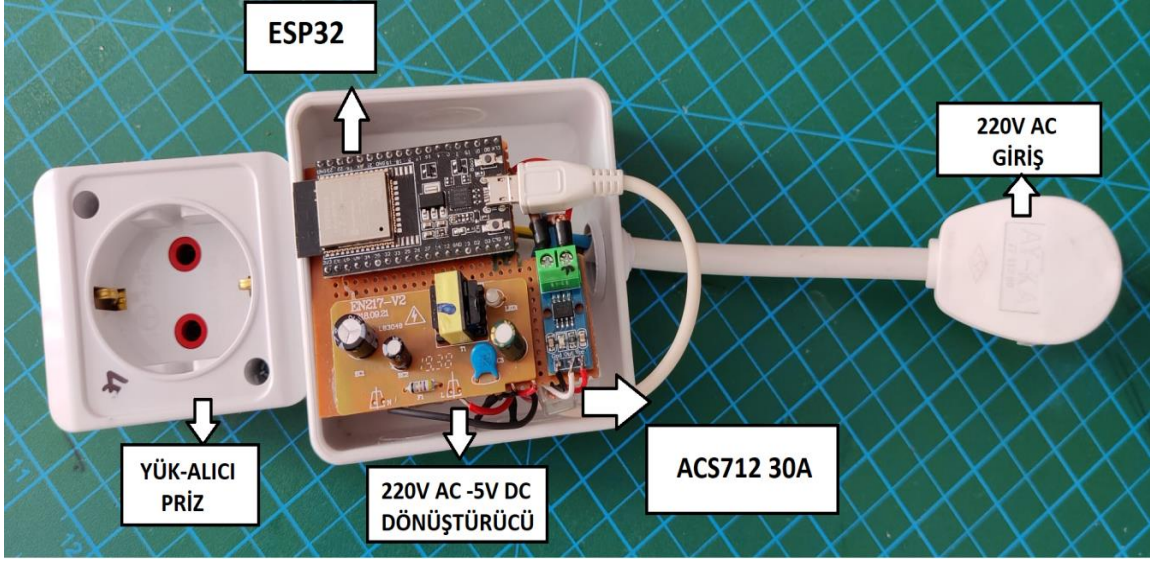
4.2. Elektronik Devrenin Kurulması

Enerji izleme yapabilmek için mikrodenetleyici ve sensörlerden oluşan bir elektronik devre yapılmıştır. Prize takılan elektrik fişi faz kablosu ACS712 sensörüne giriş yapılmıştır. Buradan geçen akım ölçülerek harici bir elektrik prize bağlanmıştır. Sensörden çıkış alınan sinyaller filtrelenerek mikrodenetleyiciye bağlanmıştır. Yapılan elektronik devrenin kurulumu ve bağlantı şeması Şekil 21’ de gösterilmiştir.



Şekil 21. Devre bağlantı şeması

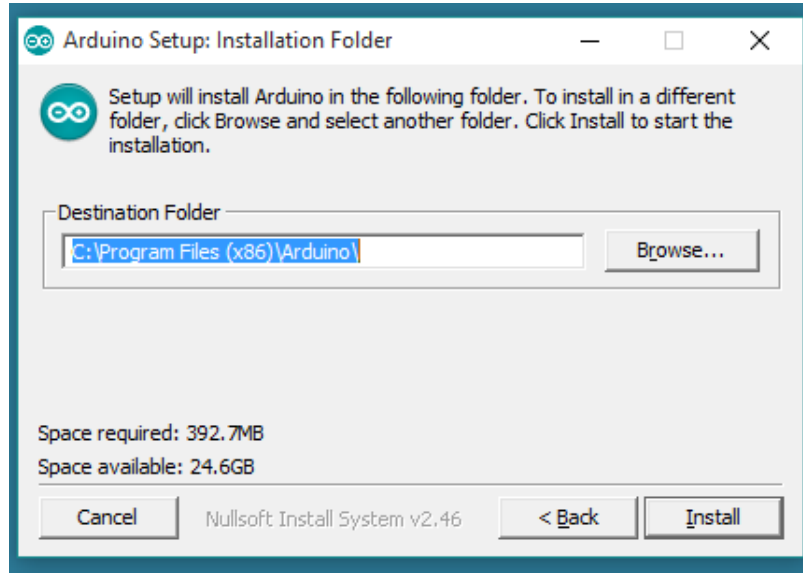
Elektronik devrede ESP32 ve sensörler için gerekli olan 5V DC enerji kaynağı bağlanmıştır. ACS712 akım sensörünün enerji girişleri ve bilgi çıkış bağlantıları yapılmıştır. Dirençler elektrik akımı çekilmiyorken ortamda oluşabilecek elektrik sinyallerin bir değer yansıtıp güç tüketildiği bilgisi vermemesi için ve filtrelemek amacıyla yapılmıştır. Şekil 22’ de yapılan elektronik devrenin gerçek hali gösterilmiştir.



Şekil 22. Elektronik devre bağlantısı

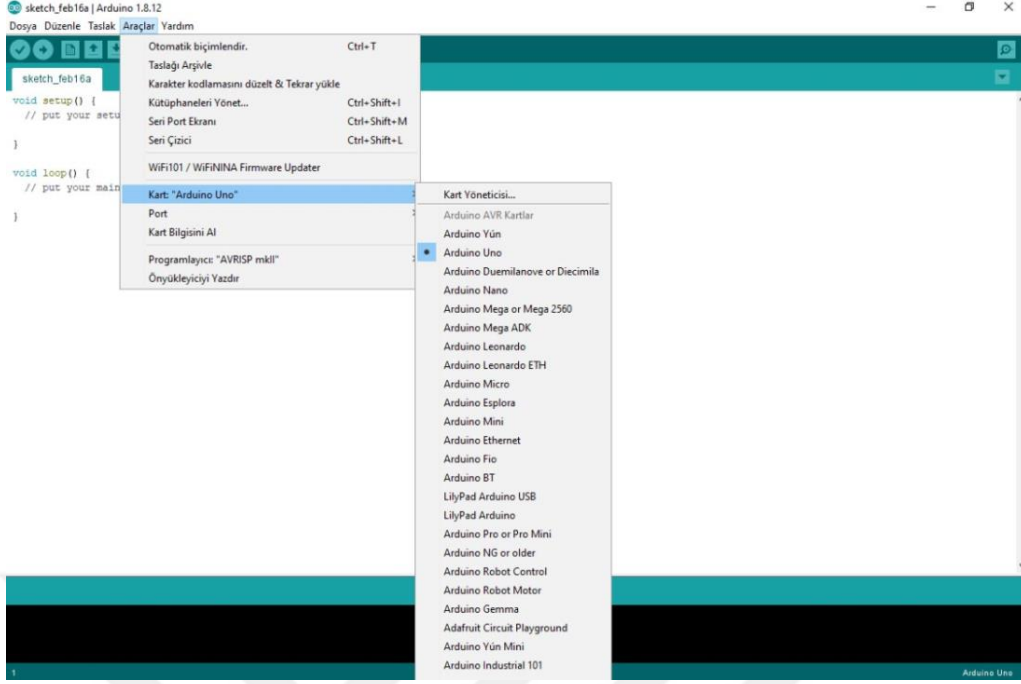
4.3. Arduino IDE Program Yüklenmesi ve ESP32 Eklenmesi

Elektronik devre ve prototip çalışma yapıldıktan sonra Arduino IDE programı resmi internet sayfasından <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> indirilmiştir. Ardından program kurulumu Şekil 23’ de gösterildiği gibi bilgisayara yüklenmiştir.



Şekil 23. Arduino IDE kurulumu

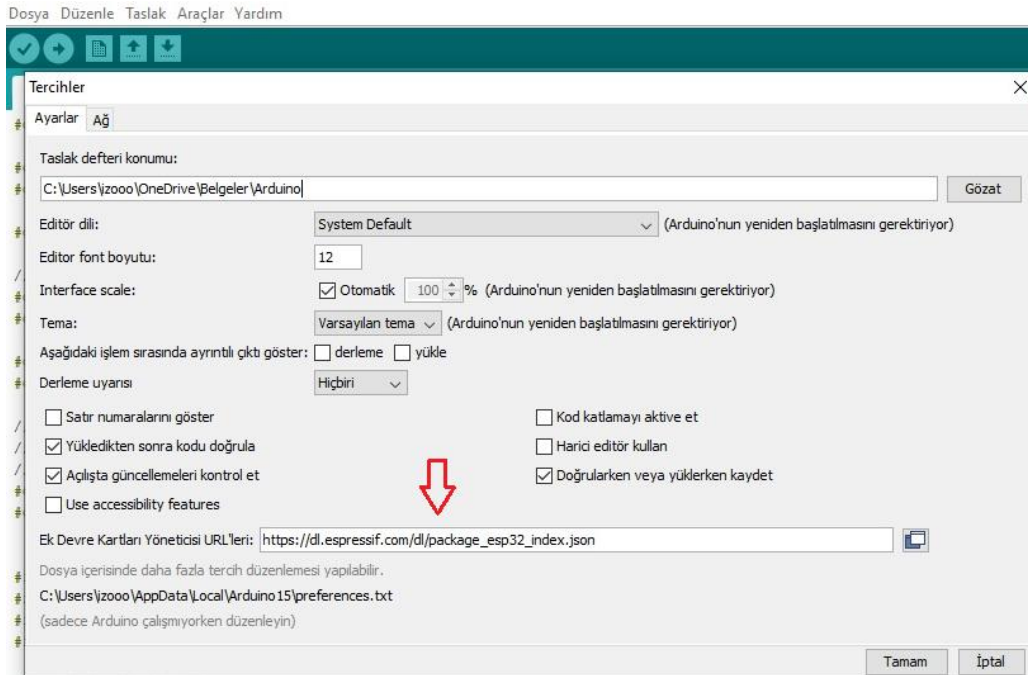
Arduino IDE programında Şekil 24’ de görüldüğü gibi ESP32 kart bilgisi mevcut değildir. ESP32 kartımızın kodlanması için kart bilgileri ve kütüphanesi yüklenmesi gerekmektedir.



Şekil 24. Arduino IDE kart bilgileri

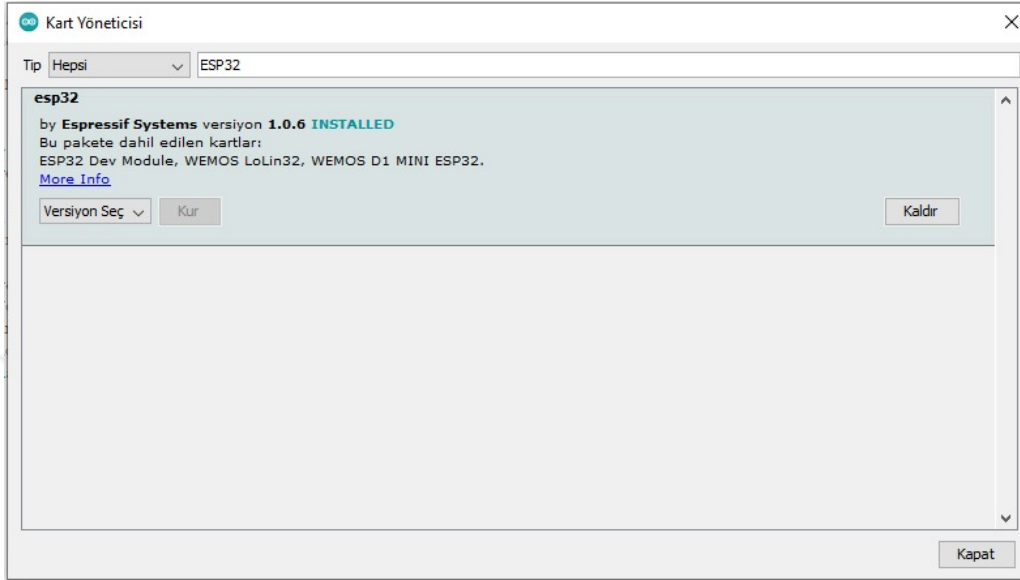
Arduino IDE programına ESP32 modülünü eklemek için Dosya > Tercihler bölümünde “Ek Devre Kartları Yöneticisi URL’ leri:” kısmına kodlama sistemi Şekil 25’ de görüldüğü gibi eklenmiştir.

Eklenen kod https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json’ dir.



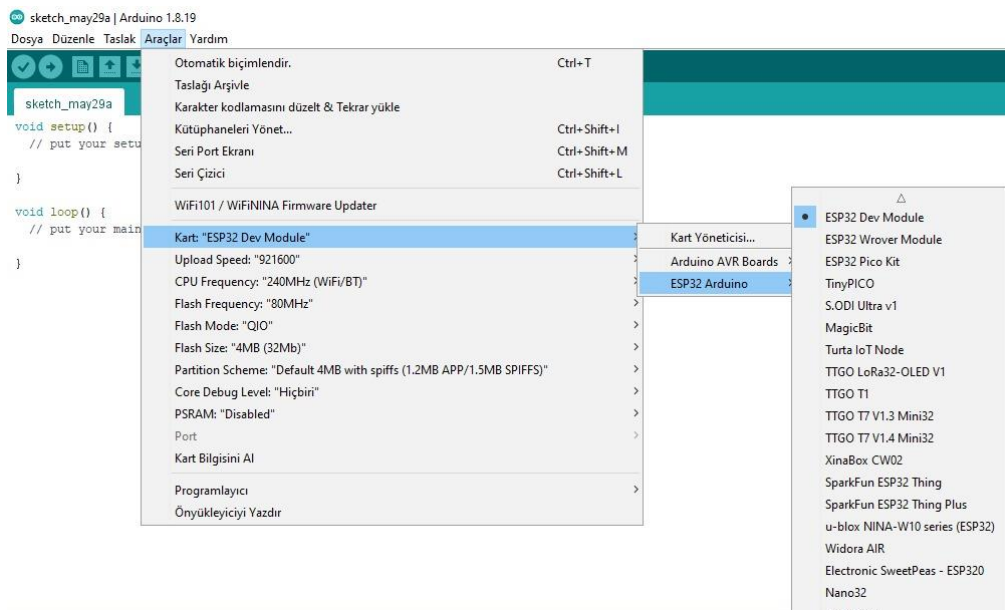
Şekil 25. Arduino IDE, ESP32 kurulumunun yapılması

Arduino IDE programında kart yöneticisi bölümünde ESP32 kütüphanesi indirilmesi gerekmektedir. Şekil 26’ daki gibi arama bölümüne “ESP32” yazılarak çıkan kütüphane yüklenmiştir.



Şekil 26. Arduino IDE, ESP32 kütüphanesinin kurulumu

ESP32 kart modülünü yükledikten sonra programın kart bölümlerine geldiği Şekil 27’ de görülmüştür. ESP32 kartını seçtikten sonra mikrodenetleyici programlaması yapılmıştır. Yazılan kod ESP32 mikrodenetleyicisine yüklenmiştir.



Şekil 27. Arduino IDE, ESP32 kart modülü seçimi

4.4. Mikrodenetleyici Kodlanması ve Kalibrasyonu

Arduino IDE programında ESP32 kartı seçildikten sonra gerekli kütüphaneler kodlamaya eklenmiştir. Kodlama sisteminde öncelikle sensörden gelen analog sinyal bilgilerin doğruluğu ölçümlenerek Şekil 28 ve Şekil 29’ da görüldüğü gibi True RMS (Root Mean Square) özellikli pens ampermetre ile kalibrasyon yapılmıştır.

Cihaz zamanının tamamına yakın bir kısmını ACS712 akım sensöründen analog okumalar yaparak geçirmektedir. Yapılan kodlama ile her 100 milisaniyede bir analog sinyal okuması yapılmıştır. Her 100 milisaniyede bir bu ölçümlerden en yüksek ve en düşük değerler tespit edilir ve bunlar kullanılarak tepeden tepeye voltaj (V_{pp}) bulunur. Bir dakika boyunca da bulunan tepeden tepeye voltaj değerleri toplanır ve bir dakikanın sonunda alınan ölçüm sayısına (genelde 600) bölünerek ortalaması alınır. Böylelikle tutarlı bir şekilde tepeden tepeye voltaj hesaplanmış olur.

Hesaplanan tepeden tepeye voltaj değeri (mV cinsinden) ACS712’ nin hassasiyetine bağlı olarak üretici tarafından verilen mV/A değerine bölünerek ACS712 üzerinden geçen tepeden tepeye akım değerine (A cinsinden) ulaşılır. Tepeden tepeye akım değeri 2 ye bölünerek tepe akım değeri bulunur ($\frac{I_{pp}}{2} = I_p$) ve bu sayının RMS değeri hesaplanır. Türkiye’de elektrik sinyalleri sinüs dalgası şeklindedir. Bu sebeple RMS değeri tepe değerinin $\sqrt{2}$ ye bölümüne eşittir.

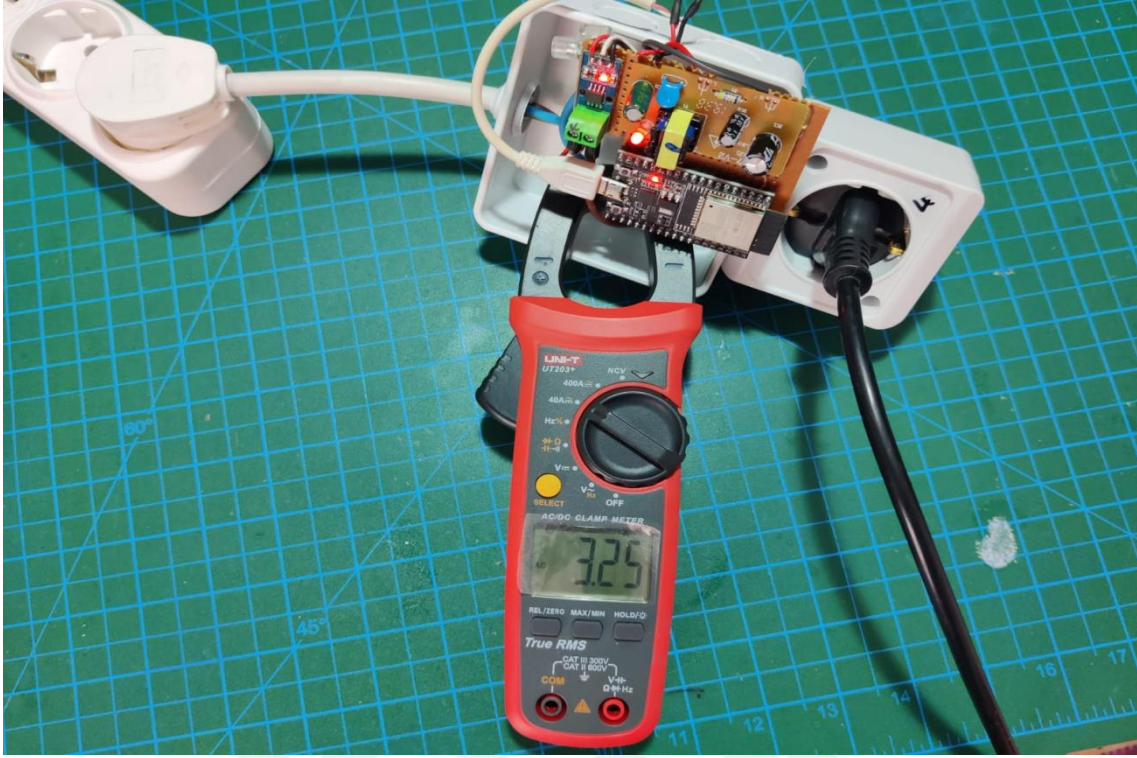
$$I_{RMS} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

Türkiye’ de şehir elektrik gerilim RMS değeri 220 voltur (güç aktarımının maksimum düzeyde yapıldığı ve güç faktörünü 1 olduğu varsayılmıştır). Bu bağlamda aşağıdaki formül ile güç hesabı yapılmıştır.

$$P = I_{RMS} \times V_{RMS}$$

$$P = I_{RMS} \times 220$$

Ardından bu formüle göre ACS712 sensöründen gelen analog sinyallerle formül uygulayarak güç değeri hesaplanmıştır.

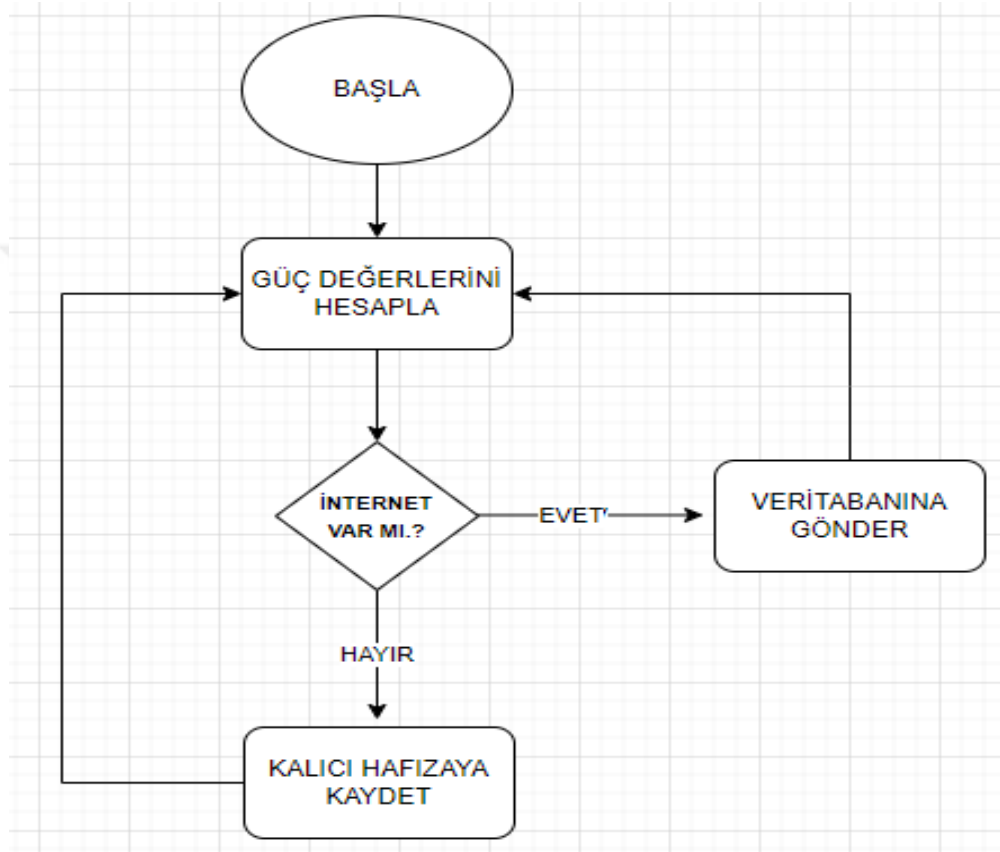


Şekil 28. Enerji tüketim kalibrasyon ayarı (örnek 1)



Şekil 29. Enerji tüketim kalibrasyon ayarı (örnek 2)

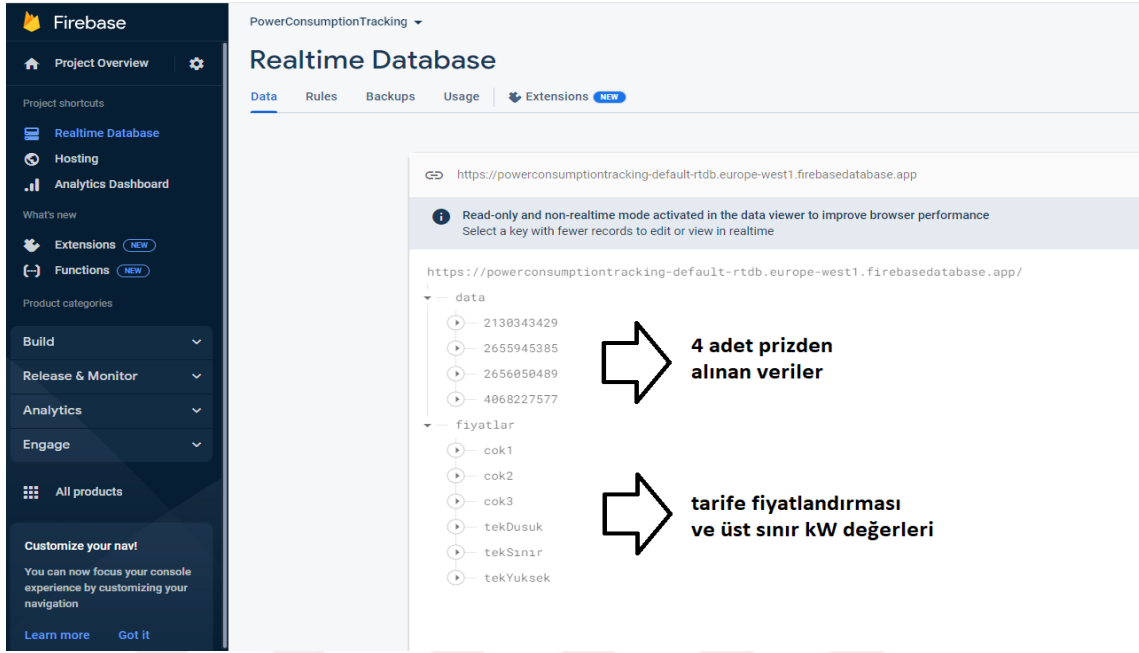
ACS712 sensöründen gelen analog sinyaller işlenerek ve formül uygulanarak ortaya çıkan güç değerleri her 60 saniyede bir internet ortamında Firebase sistemine veriler gönderilmiştir. İnternet olmadığında ise ESP32’ nin kalıcı hafızasına kayıt edilmiştir. İnternet sinyali geldiğinde ise tüm veriler topluca veri tabanına gönderilmiştir. Burada hiçbir veriyi kaybetmeden kalıcı hafıza da tutulmuştur.



Şekil 30. Kod sistemi çalışma diyagramı

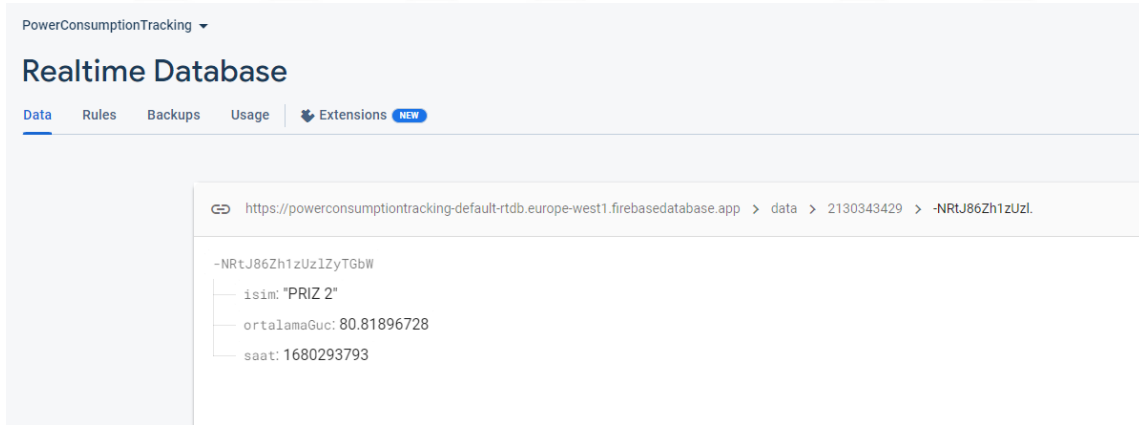
4.5. Google/ Firebase Veri tabanı Oluşturulması

Google firmasının sunmuş olduğu <https://firebase.google.com/> adresinde gerçek zamanlı veri tabanı (Realtime Database) kullanılmıştır. ESP32 mikrodenetleyicisine yazılan kod ile bu web adresinde oluşturduğumuz veri tabanına veriler gönderilmiştir. Burada 4 adet prizden alınacak veriler kayıt edilmiştir. Verilerin altında elektrik tarife fiyatlandırması ve yüksek ücretli üst sınır güç değerleri girileceği veri kısımları Şekil 31’ de gösterilmiştir.



Şekil 31. Google Firebase veri tabanı oluşturulması

Her priz verisine ait prizin adı, ortalama güç değeri, gerçek tarih, saat ve dakika verileri de eklenmiştir. Böylece gerçek zamanlı enerji takibi yapılması sağlanmıştır.

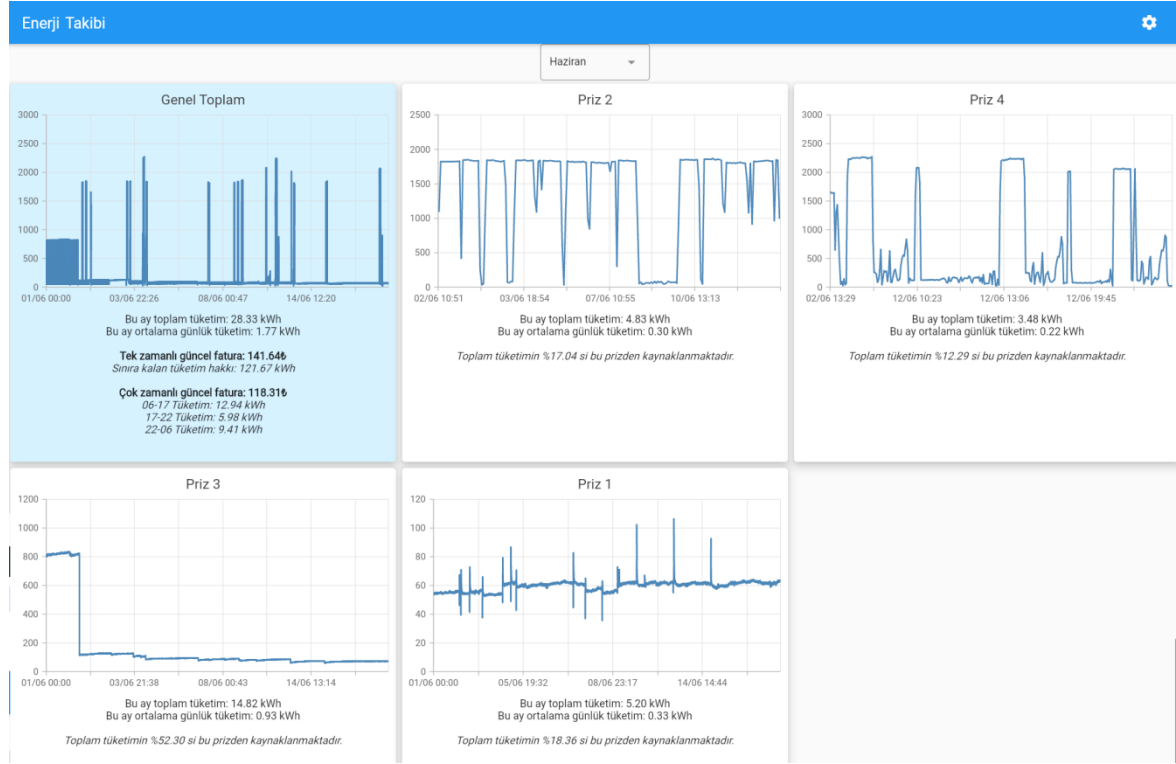


Şekil 32. Google Firebase veri tabanı gönderilen veriler

4.6. Flutter Mobil ve Web Uygulaması

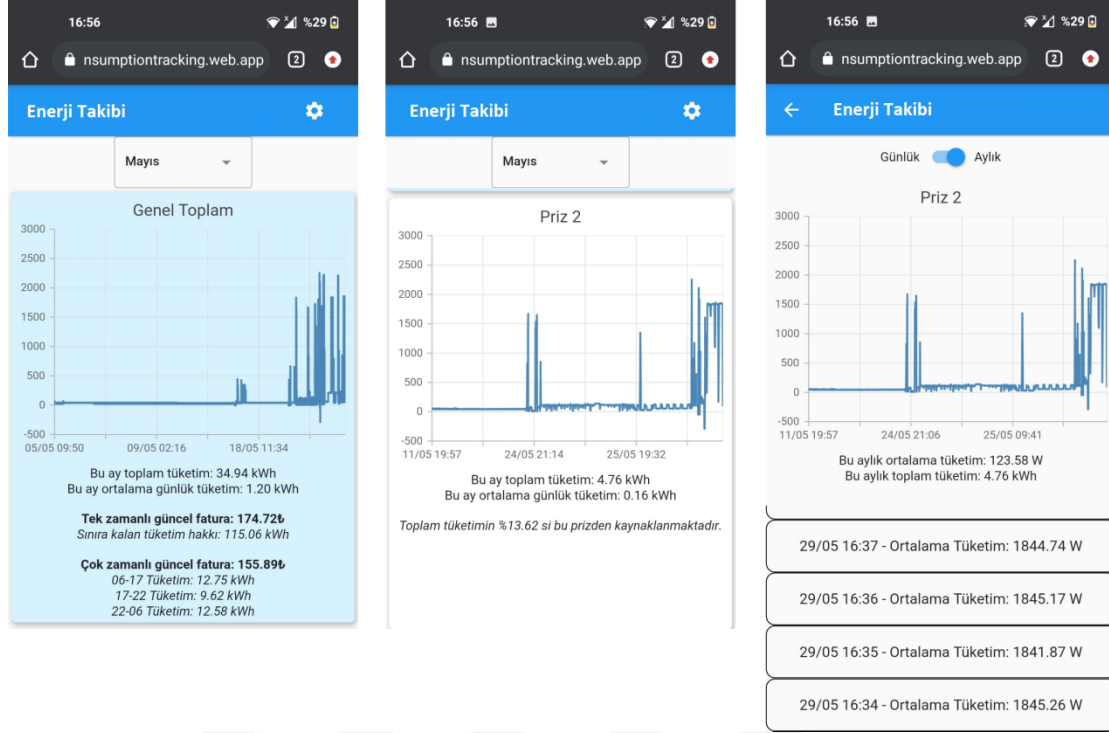
Mobil uygulama Flutter ile geliştirilmiş olup Dart dili kullanılmıştır. Mobil uygulama aynı zamanda JavaScript' e de çevrilerek web uygulamasına da dönüştürülmüş ve uygulanmıştır. Flutter, saha cihazından gelen verileri uzak veri tabanından okuyarak üzerinde analizler yapan, grafikler çıkaran ve kullanıcıya gösteren bir ara yüzdür. Aynı

zamanda tarife ile ilgili ayarları yapmak için de bir ekran sunar. Burada oluşturulan uygulama web site ismi (domain) alınarak ara yüz paylaşılmıştır. Web ara yüzde tüm prizlere ait veriler ve genel toplam bilgileri Şekil 33’ deki gibi gösterilmiştir.



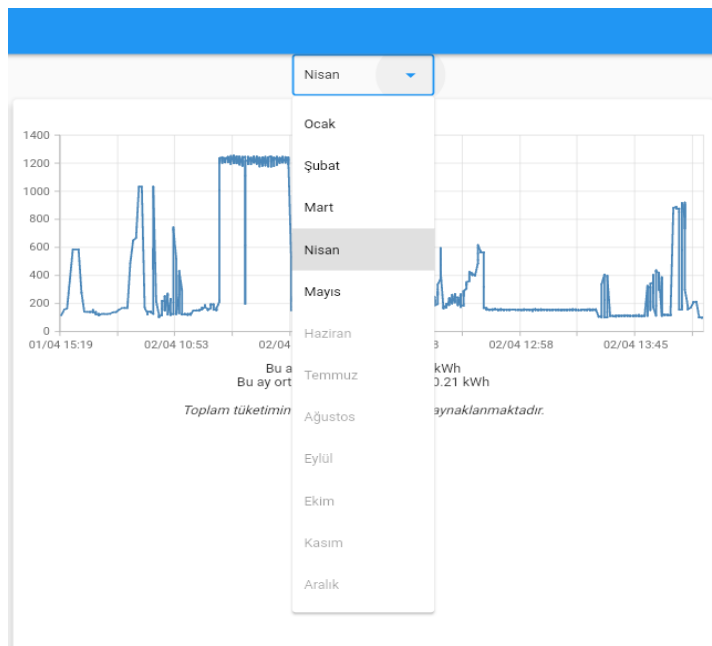
Şekil 33. Flutter ile oluşturulan mobil uygulama görseli

Flutter ile yapılan uygulama hem mobil cihazlar hem de bilgisayar için uyumlu olmaktadır. Yapılan web ara yüzüne mobil telefon veya bilgisayar ile bağlanıp veriler kullanıcıya aktarılmıştır. Şekil 34’ de mobil üzerinden uygulama gösterilmiştir.



Şekil 34. Kullanıcı veri takibi mobil uygulaması

Mobil uygulamada tüm prizlerden gelen veriler ayrı ayrı başlıklar altında görselleştirilmiştir. Uygulama açıldığında ilk çıkan görsel Şekil 33’ deki gibidir. Kullanıcı öncelikle hangi aya ait verileri görmek istiyorsa onu seçmesi gerekmektedir. Uygulama ilk açıldığında son bulunduğu ay otomatik seçili çıkmaktadır. İstenirse Şekil 35’ de ki gibi önceki zamanlara ait verileri görebilmektedir.



Şekil 35. Kullanıcı veri takibi mobil uygulaması (geçmiş aylar)

Yapılan bu uygulama da kullanıcıya şu bilgiler verilmiştir:

- Genel Toplam
 - Aylık toplam tüm prizlerin güç tüketim (kWh)
 - Ay boyunca ortalama günlük tüketim (kWh)
 - Üst tarifeye kalan tüketim (kWh)
 - Tek zamanlı tarife de fatura hesabı (TL)
 - Çok zamanlı tarife de fatura hesabı (TL)
 - Gündüz tüketim değerleri (06.00 – 17.00)
 - Puant tüketim değerleri (17.00 – 22.00)
 - Gece tüketim (22.00 – 06.00)
- Priz Bilgileri
 - Aylık toplam prize tüketimi (kWh)
 - Ay boyunca ortalama günlük tüketim (kWh)

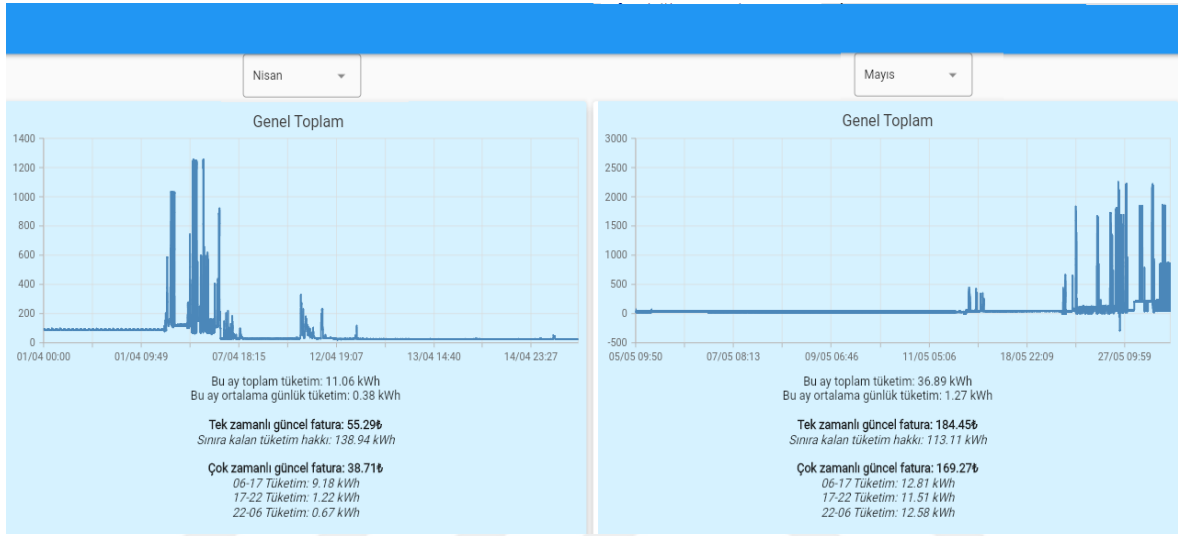
Tüm prizlerden alınan veriler sonucunda kullanıcıya fatura takibi yapması da sunulmuştur. Tüm tüketim tutarları tek tarifeli veya çok tarifeli sisteme göre her iki hesabı da gösterilmiştir. Ayrıca üst tüketim sınırı için de kullanıcıya ne kadar güç daha kullanabileceği gösterilmiştir. Bu sınır %70' e ulaştığında kullanıcıya kırmızı bir uyarı yazısı vermektedir.

Fatura hesabı yapılırken Türkiye' de ki o an elektrik tüketim ücretlendirilmesi bilgilerini kullanıcının girilmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu değerler çıkan kanunlara göre değişmesi sağlanacaktır. Bu üst sınır bilgisi ve ücret tarifeleri Şekil 36' da gösterildiği gibi kullanıcının girilmesi sağlanmıştır.

Şekil 36. Tarife ayarları giriş paneli

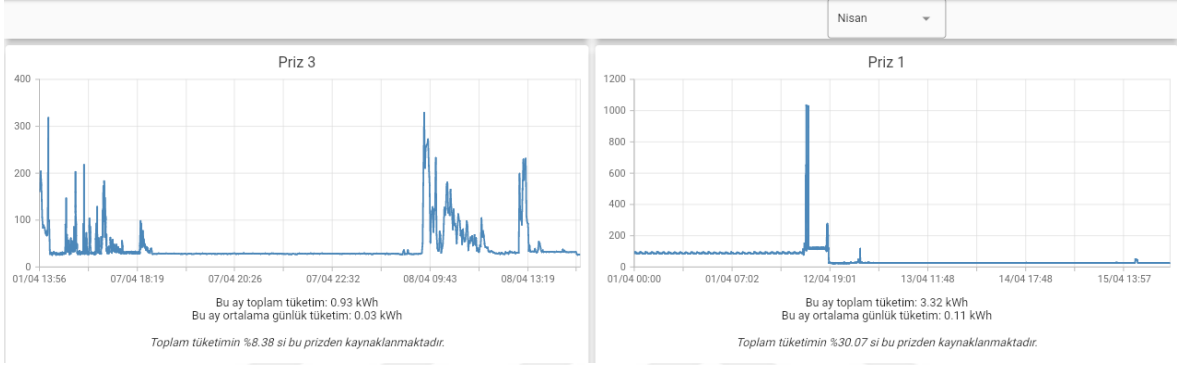
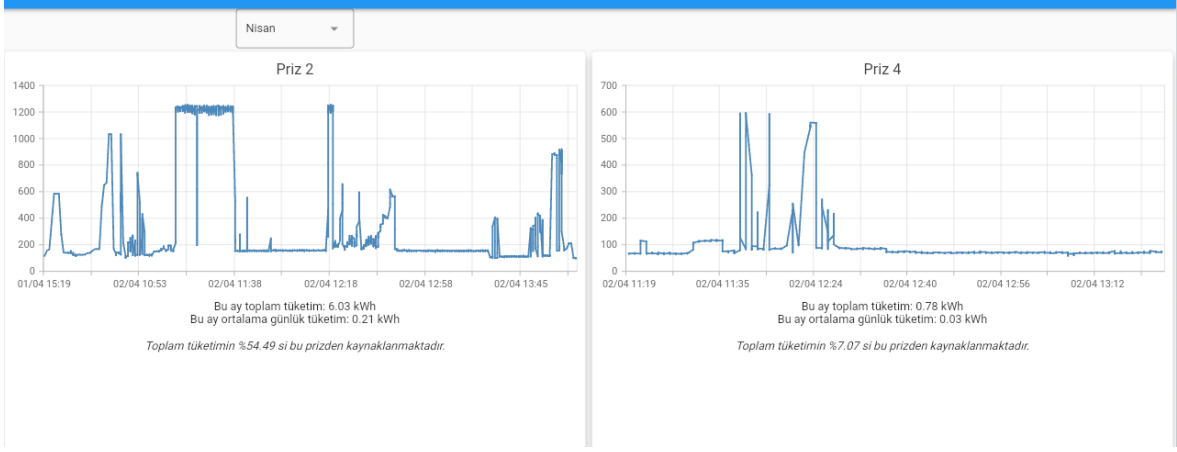
4.7. Grafik Verileri

Yapılan çalışmada, çeşitli cihazlardan toplanan elektrik kullanım bilgileri kullanıcıya anlık aktarır veri tabanına kayıt edilmiştir. Bu veriler web ara yüzde aylık olarak gösterilmiştir. Şekil 37’ de örnek Nisan ve Mayıs 2023 aylarına ait genel toplam elektrik tüketim verileri grafik olarak gösterilmiştir.

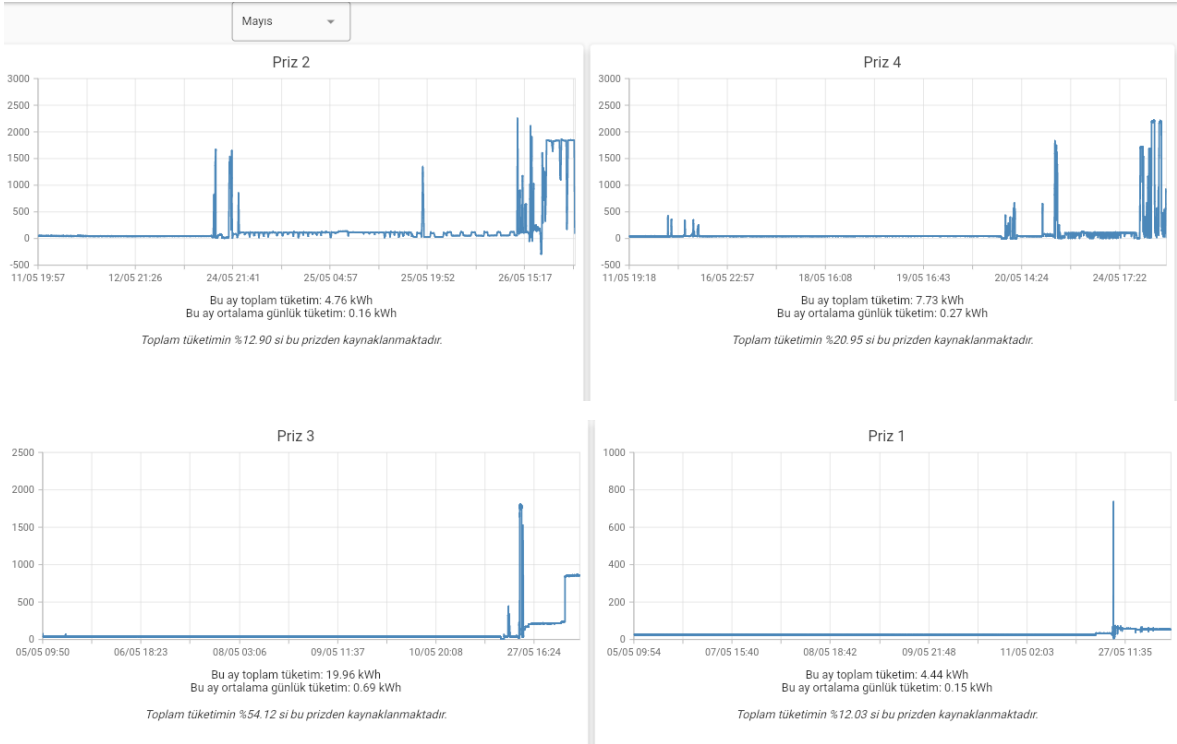


Şekil 37. Nisan ve Mayıs 2023 ayları güç tüketim grafikleri

Nisan ve mayıs ayına ait priz tüketim verileri yatay ekseninde tarih ve saat, dikey ekseninde hesaplanan güç (kW) değerleri Şekil 38 ve şekil 39’ da verilmiştir. Prizlere takılan cihazlar değişkenlik göstermiştir. Cihazlarda genellikle bulaşık makinesi, çamaşır makinesi, saç kurutma makinesi, fırın ve diğer elektrikli cihazlar takılmıştır.



Şekil 38. Nisan ayına tüm priz grafikleri



Şekil 39. Mayıs ayına ait tüm priz grafikleri

4.8. Tablo Rakam Verileri

Yapılan çalışmada her prize ait veriler veri tabanına tarih ve saat bilgileri de eklenerek kayıt edilmiştir. Yapılan mobil uygulamada “Priz” yazısının üzerine tıklandığında o prize ait hem grafik hem de sayısal olarak elektrik tüketim verileri görülebilmektedir. Bu verilerle her 1 dakika da ne kadar ortalama elektrik tüketildiği kullanıcıya gösterilmiştir. Şekil 40’ da örnek zaman diliminde elektrik tüketim verileri gösterilmiştir.

Priz 2	Priz 4	Priz 3
29/05 15:24 - Ortalama Tüketim: 1098.13 W	28/05 17:36 - Ortalama Tüketim: 647.85 W	29/05 19:03 - Ortalama Tüketim: 859.62 W
27/05 18:25 - Ortalama Tüketim: 1134.45 W	28/05 17:35 - Ortalama Tüketim: 552.45 W	29/05 19:02 - Ortalama Tüketim: 860.02 W
27/05 18:24 - Ortalama Tüketim: 1836.85 W	28/05 17:34 - Ortalama Tüketim: 563.69 W	29/05 19:01 - Ortalama Tüketim: 851.52 W
27/05 18:23 - Ortalama Tüketim: 1837.36 W	28/05 17:33 - Ortalama Tüketim: 472.04 W	29/05 19:00 - Ortalama Tüketim: 855.28 W
27/05 18:22 - Ortalama Tüketim: 1836.10 W	28/05 17:32 - Ortalama Tüketim: 335.10 W	29/05 18:59 - Ortalama Tüketim: 857.26 W
27/05 18:21 - Ortalama Tüketim: 1839.02 W	28/05 17:31 - Ortalama Tüketim: 126.53 W	29/05 18:58 - Ortalama Tüketim: 859.46 W
27/05 18:20 - Ortalama Tüketim: 1836.12 W	28/05 17:30 - Ortalama Tüketim: 90.56 W	29/05 18:57 - Ortalama Tüketim: 857.22 W
27/05 18:19 - Ortalama Tüketim: 1838.95 W	28/05 17:29 - Ortalama Tüketim: 179.79 W	29/05 18:56 - Ortalama Tüketim: 849.36 W
27/05 18:18 - Ortalama Tüketim: 1840.27 W	28/05 17:28 - Ortalama Tüketim: 184.15 W	29/05 18:55 - Ortalama Tüketim: 850.45 W
27/05 18:17 - Ortalama Tüketim: 1829.74 W	28/05 17:27 - Ortalama Tüketim: 179.59 W	29/05 18:54 - Ortalama Tüketim: 859.37 W
27/05 18:16 - Ortalama Tüketim: 1827.61 W	28/05 17:26 - Ortalama Tüketim: 83.83 W	29/05 18:53 - Ortalama Tüketim: 855.75 W
27/05 18:15 - Ortalama Tüketim: 1829.56 W	28/05 17:25 - Ortalama Tüketim: 30.43 W	29/05 18:52 - Ortalama Tüketim: 858.99 W
27/05 18:14 - Ortalama Tüketim: 1829.59 W	28/05 17:24 - Ortalama Tüketim: 542.05 W	29/05 18:51 - Ortalama Tüketim: 858.29 W
27/05 18:13 - Ortalama Tüketim: 1632.97 W	28/05 17:23 - Ortalama Tüketim: 310.80 W	29/05 18:50 - Ortalama Tüketim: 853.25 W
27/05 17:23 - Ortalama Tüketim: 1752.67 W	28/05 17:21 - Ortalama Tüketim: 73.87 W	29/05 18:49 - Ortalama Tüketim: 852.98 W
27/05 17:22 - Ortalama Tüketim: 1832.87 W	28/05 17:20 - Ortalama Tüketim: 77.95 W	29/05 18:48 - Ortalama Tüketim: 851.79 W
27/05 17:21 - Ortalama Tüketim: 1832.52 W	28/05 17:19 - Ortalama Tüketim: 87.47 W	29/05 18:47 - Ortalama Tüketim: 854.15 W
27/05 17:20 - Ortalama Tüketim: 1834.59 W	28/05 17:18 - Ortalama Tüketim: 155.09 W	29/05 18:46 - Ortalama Tüketim: 853.50 W
27/05 17:19 - Ortalama Tüketim: 1821.21 W	28/05 17:17 - Ortalama Tüketim: 178.63 W	29/05 18:45 - Ortalama Tüketim: 856.17 W

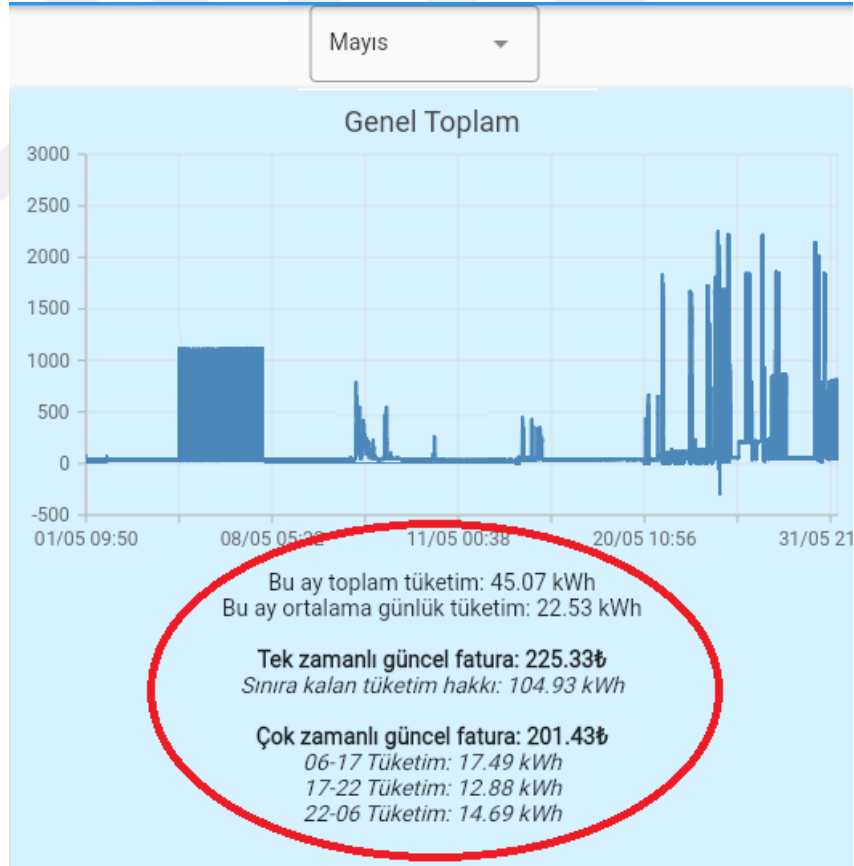
Şekil 40. Prizlere ait güç tüketim verileri

5. BULGULAR

5.1. Fatura Takibi

Yapılan çalışmada tüm geçmiş aylara ve güncel bulunduğu aya ait fatura takibi yapılmıştır. Fatura takibi tek zamanlı ve çok zamanlı olarak iki fatura çeşidi olarak gösterilmiştir. Şekil 41’ de Mayıs ayına ait fatura fiyatlandırılması gösterilmiştir.

Fatura takibi ile aylık toplam güç tüketimi ve ortalama günlük güç tüketimi takibi ile hangi aylarda ne kadar elektrik tüketildiği verileri de kullanıcılara gösterilmiştir. Bu verileri yukarıdaki seçeneklerden diğer aylara tıklayarak kullanım bilgileri kullanıcıya aktarılmıştır.



Şekil 41. Mayıs 2023 tarihi fatura bilgisi

5.2. En İyi Elektrik Tarife Seçimi

Tek Zamanlı Tarife: Elektrik enerjisi kullanımının günün her saatinde aynı ücretlendirme yapılan tarifedir.

Çok Zamanlı Tarife: Elektrik enerjisi kullanımının günü üç ayrı birim fiyat üzerinden hesaplandığı tarifedir. Bu tarifeler şu şekildedir: Gündüz (06.00-17.00), Puant (17.00-22.00) ve Gece (22.00-06.00).

Yapılan çalışmada yukarıda belirtilen tarifelerin her ikisinin de bilgisini vermektedir. Kullanıcı geçmiş dönemlerin faturalarına bakarak yılın hangi dönemlerinde hangi tarifenin daha uygun olacağını görmüştür. Verilerin enerji tarife dilimlerine göre fiyatlandırılması, tüketicilerin daha bilinçli bir tüketim davranışına yönlendirilmesine ve aynı zamanda farklı zaman dilimleri için tanımlanan enerji birim fiyatı teşviklerinden dolayı dağıtım şebekesindeki yük talebinin daha dengeli bir dağılım göstermesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Örneğin öğretmen olarak çalışan bir ailenin kış aylarında akşam 17.00-22.00' den sonra, yaz aylarında tatil döneminde ise gündüz 06.00-17.00 saatlerinde güç tüketimi fazla görülmesi beklenmektedir. Bu çalışma sayesinde veriler sonucunda hangi aylarda hangi tarifenin daha uygun olacağını cevabını vermesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmanın en uygun tarifeleri Şekil 42' de gösterilmiştir.

← En Uygun Tarifeler	
Ocak	<i>Tek Zamanlı</i>
Şubat	<i>Tek Zamanlı</i>
Mart	<i>Tek Zamanlı</i>
Nisan	<i>Tek Zamanlı</i>
Mayıs	<i>Tek Zamanlı</i>
Haziran	<i>Çok Zamanlı</i>
Temmuz	<i>Çok Zamanlı</i>
Ağustos	<i>Çok Zamanlı</i>
Eylül	<i>Çok Zamanlı</i>
Ekim	<i>Tek Zamanlı</i>
Kasım	<i>Tek Zamanlı</i>
Aralık	<i>Tek Zamanlı</i>

Şekil 42. Yıl Boyunca en uygun tarife listesi

Kullanıcılar istedikleri takdirde bulundukları bölgenin elektrik şirketi uygulaması ile telefondan tarifelerini en ideal olanı seçerek daha az fatura ödemeleri amaçlanmaktadır.

5.3. Kademeli Üst Tarife Takibi

Türkiye’ de 1 Ocak 2022 tarihinden itibaren uygulanmaya başlanan kademeli tarife de son olarak 1 Nisan 2022 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere mesken aboneleri için düşük kademe limiti günlük 8 kWh (aylık 240 kWh) olarak belirlenmiştir. Şekil 43’ de görüldüğü gibi günlük 8 kWh üstü kullanımlarda enerji bedeli artmaktadır (T.C. Resmi Gazete, 31796 S.K., 2023).

EPDK Tarafından Onaylanan ve 1 Nisan 2022 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Faaliyet Bazlı Tarifeler									
1/4/2022		Faaliyet Bazlı Tüketici Tarifeleri (kr/kWh)					Güç Bedeli Hariç Toplam Tarifeler (kr/kWh)		
İletim Sistemi Kullanıcıları	Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant
	Tüketici	195,4965	197,9034	312,9770	105,0276	0,0000	195,4965	197,9034	312,9770
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant
	Tüketici	195,4965	197,9034	312,9770	105,0276	0,0000	195,4965	197,9034	312,9770
Orta Gerilim	Orta Gerilim Çift Terimli					Orta Gerilim Çift Terimli			
	Sanayi	195,4965	197,9034	312,9770	105,0276	14,7972	210,2937	212,7006	327,7742
	Ticarethane	179,3849	181,2074	285,5953	98,1502	23,0611	202,4460	204,2685	308,6564
	Mesken	129,8706	132,0379	210,9765	68,9122	22,8419	152,7125	154,8798	233,8184
	Tarımsal Sulama	134,4881	135,8913	215,9899	71,8848	18,9925	153,4806	154,8838	234,9824
	Aydınlatma	165,1451				22,1336	187,2787		90,8773
	Orta Gerilim Tek Terimli					Orta Gerilim Tek Terimli			
	Sanayi	202,1130	204,6035	323,6222	108,5434	16,3448	218,4578	220,9483	339,9670
	Ticarethane	182,5837	184,4062	288,7941	101,3485	28,7660	211,3497	213,1722	317,5601
	Mesken	130,9038	133,0713	212,0088	69,9448	28,2039	159,1077	161,2752	240,2127
	Tarımsal Sulama	135,9633	137,3665	217,4653	73,3592	23,6477	159,6110	161,0142	241,1130
	Aydınlatma	168,1114				27,6100	195,7214		97,0069
Alçak Gerilim	Alçak Gerilim Çift Terimli					Alçak Gerilim Çift Terimli			
	Sanayi	204,8204	207,1843	320,2166	115,9563	25,2888	230,1092	232,4731	345,5054
	Ticarethane (30 kWh/gün ve altı)	133,1871	190,2848	294,6726	107,2275	34,2716	167,4587	224,5564	328,9442
	Ticarethane (30 kWh/gün üstü)	189,4627	190,2848	294,6726	107,2275	34,2716	222,7343	224,5564	328,9442
	Mesken (8 kWh/gün ve altı)	78,9190	136,5075	215,4457	73,3809	33,5187	112,4377	170,0262	248,9644
	Mesken (8 kWh/gün üstü)	134,3397	136,5075	215,4457	73,3809	33,5187	167,8584	170,0262	248,9644
	Sehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler	30,0956				22,7335	53,6291		106,8996
	Tarımsal Sulama	139,4434	143,1182	220,9458	76,8394	28,1603	167,6037	171,2785	249,1061
	Aydınlatma	173,6784				32,8247	206,5031		104,9997
	Genel Aydınlatma	204,7600				32,8247	237,5847		

Şekil 43. 1 Nisan 2022 tarihinden itibaren enerji dağıtım bedelleri

Yapılan bu çalışma da kullanıcıların kademeli üst limite ne kadar kaldıkları ana web uygulamada gösterilmiştir. Her kullanımdan sonra kalan tüketim değeri yazılmıştır. Kullanıcılar ana ekranda üst limite %70’ den itibaren uyarı mesajı Şekil 44’ de gösterildiği gibi verilmiştir. Bu sayede kullanıcıların isterlerse tasarruflu kullanarak yüksek fatura ödemesinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır.



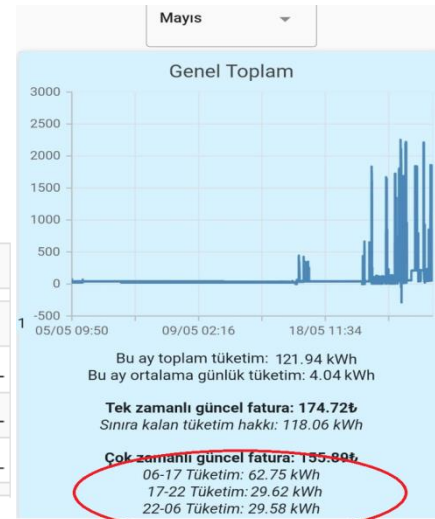
Şekil 44. Kademeli üst limit sınır uyarı mesajı

5.4. Gerçek Fatura ile Kıyaslama ve Kaçak Tespiti

Yapılan bu çalışma ile gelen gerçek fatura ile sistemin bize verdiği fatura bilgisi kıyaslanarak kaçak elektrik tespiti yapılmıştır. Mayıs ayı faturası 05.06.2023 tarihinde ve Mayıs ayı web uygulama tüketim bilgileri Şekil 45’ de gösterilmiştir. Fatura tüketim ve tez çalışma uygulamasının verileri karşılaştırılmış ve farkın az olduğu görülmüştür.

Fatura Kodu	P/67608558
Fatura Tarihi	05.06.2023
Son Öde. Tar.	15.06.2023
Tesisat No	1244437
Ünvan	

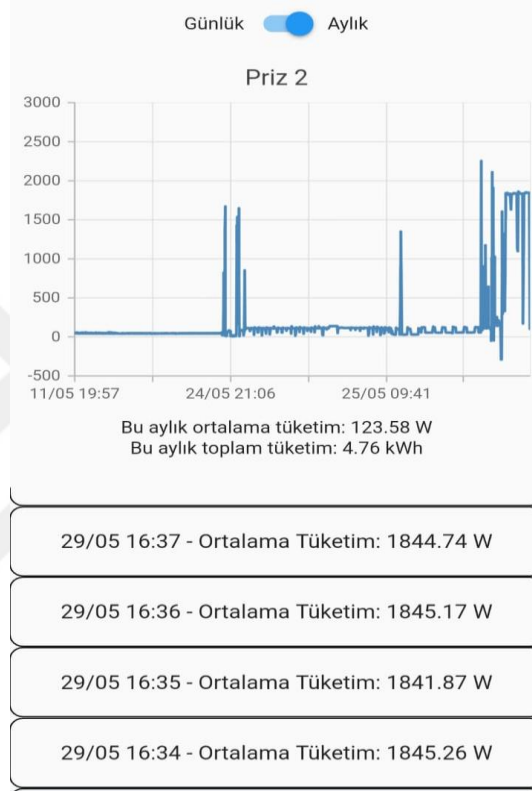
Ölçüm Tipi	Sayaç No	Çarpan	Fark	Kv/h	Birim Fiyat	Tüketim Bedeli
Aktif	41143590		66,81		1,337261 TL	89,34 TL
Puant	41143590		35,69		1,337261 TL	47,72 TL
Gece	41143590		34,39		1,337261 TL	45,98 TL



Şekil 45. Mayıs 2023 Kullanım faturası ve uygulama verileri karşılaştırılması

5.5. Elektrikli Ev Aletleri Güç Değeri Kıyaslama

Yapılan bu çalışma ile elektrikli ev aletlerin gerçek güç tüketim değerlerini gösterip kullanıcıya o cihazın gerçekten güç değerinin doğru olup olmadığını bilgisini vermek amaçlanmıştır. Kullanıcının kullanmış olduğu elektrikli cihazlardan örnekler alınıp ölçümler yapılmıştır. Etiketinde 1800W yazan çamaşır makinesinin Şekil 46’ da gösterildiği gibi yaklaşık değerler ölçülmüştür.



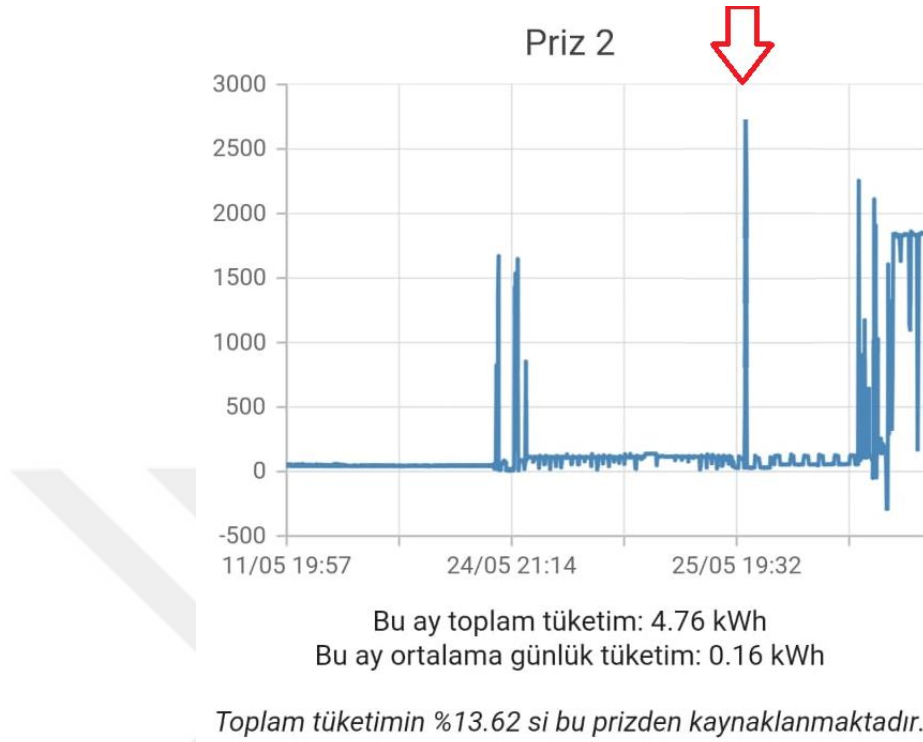
Şekil 46. 1800 Watt çamaşır makinesi kullanım verileri

5.6. Aykırı veya Uç Gözlem Tespiti

Aykırı değerler genellikle hata veya gürültü olarak düşünülür ve önemli bilgiler içerebilir. Bu bilgiler doğrultusunda hatalı sistemler hakkında yorumlar ve analizler yapılabilir.

Yapılan bu çalışma da olağan giden bir güç tüketimi durumunda ani yükselmeler meydana geldiğinde kullanıcıya kayıt edilen veriler sonucunda bilgi verildiği görülmüştür. Örneğin saatte 200 Watt güç tüketen elektrikli cihaz aniden 2750 Watt tüketime geçtiğinde sistem bu aykırı tespiti yaptığı görülmüştür. Şekil 47’ de olağan giden bir cihaz aniden aykırı güce geçtiği gösterilmiştir. Yıldırım düşmesi, ani şebeke

gerilim yükselmesi veya diğer elektriksel olaylar yüzünden bozulan cihazların ne zaman ve ne değerde olduğu bilgisi kullanıcıya aktarılmıştır.



Şekil 47. Aykırı gözlem tespiti grafiği

5.7.Olağan Dışında Güç Tüketen Cihaz Tespiti

Yapılan bu çalışmada elektrikli ev aletlerin güç değerlerinden anormal değerde güç tüketmeye başladığı bilgisi kullanıcıya aktarılmıştır. Örneğin 100 Watt enerji ile çalışan bir derin dondurucu belli süre sonrasında 300W elektrik tükettiği gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile elektrikli cihazların bir arıza olabileceği ve bilinenden farklı elektrik tükettiği bilgisi verilmiştir.

5.8.Evde Çalışan Cihaz Takibi

Yapılan bu çalışmada evde kullanılan elektrikli ev aletlerinin çalışıp çalışmadığı takibi yapılmıştır. Evde çalışmasını istediğimiz veya istemediğimiz durumlarda prizlerin güç tüketim değerlerine bakılarak bu cihazların enerji tüketimi kontrol edilmiştir. Buzdolabı ve derin dondurucu gibi makinelerin takibi yapılmıştır. Aynı şekilde çalışmasını istemediğimiz ısıtıcı ve ütü gibi cihazların prizi de güvenlik için takip edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ekonominin büyümesi, sanayinin gelişmesi, yaşam koşullarındaki olumlu ilerleyiş ve artan hayat konforu ile beraber enerjiye olan talep sürekli artmaktadır. Bu gelişmeler ile birlikte son zamanlarda ülkemizde ve dünyada akıllı şebekeler, akıllı sayaçlar ve enerji takibi çalışmaları önem kazanmaktadır. Uzaktan izleme ve ölçüm, enerjinin takibi ve analizi için oldukça önemli hal almıştır. Enerji verimliliğini artırmak ve elektrik şebekesini etkili bir şekilde yönetmek için doğru tahminler oluşturmak ve bunları karar verme sürecine dahil etmek gerekmektedir.

Bu çalışmada, uygun fiyatlı malzemeler ve açık kaynaklı kod yazılımları kullanılarak tüm elektrikli cihazların anlık enerji kullanımlarının takip edilebileceği bir tasarım geliştirilmiş ve üretilen verilerin bulut tabanlı bir sunucuda toplanması, geliştirilen mobil yazılımla kullanıcılarında sistemi uzaktan takip etmesi sağlanmıştır.

Tez çalışmasında önerilen yöntem ile nesnelerin interneti teknolojisi kullanılarak tüketicilerin enerjiyi takip etmeleri ve veri analizlerinin verdiği bilgiler doğrultusunda enerjiyi nasıl daha verimli kullanabileceklerinin tespiti yapılmıştır. Kullanıcının elektrik tarife seçiminde en doğru kararı vermesi sağlanmıştır. Tez çalışması ile toplanan veriler, aylık tüketim miktarının hangi tarifeye uygun olduğunu göstermiştir. Tüketim ve yüzdelik oranları kullanıcıya gösterilerek kademeli üst tarife limitine ne kadar kaldığının hesaplanması yapılarak kademeli üst tarife geçiş hakkında kullanıcıya değerlendirme imkânı sunulmuştur. Böylece elektrik faturalarının ödenmesinde tasarruf desteklenmiştir. Bu tasarım ile olağandan farklı güç tüketen cihazlar tespit edilerek gereksiz tüketimin önüne geçilmiştir. Çalışan cihazların etiket değerleri kıyaslanmış olup arızadan kaynaklı yüksek elektrik tüketen cihazlar düzeltilip daha az enerji kullanılması sağlanmıştır. Gerçek fatura ile önerilen çalışmanın göstermiş olduğu fatura kıyaslanarak sayaç ile evdeki tüketim arasında uyumsuzluk olup olmadığı kontrol edilmiş böylece kaçak elektrik takibi yapılmıştır. Bu sayede ileriki dönemlerde fatura kıyaslaması farkı oluştuğunda erken müdahale ile gereksiz enerji tüketimin önüne geçilecektir.

Geliştirilen bu sistem bir veri toplama sistemi olup ileride yapılacak çalışmaların veri tabanını oluşturacaktır. Sonraki çalışmalarda elektrikli aletlerin güç tüketimi sayaç üzerinden güç tanımlamaları ve ayrıştırılmaları yapılır ise tek bir noktadan enerji takibi ve

analizi yapılabilir. Elektrikli ev aletlerin güç verileri kullanılarak tahminleme, sınıflama, yorumlama ve yapay zekâ teknolojileri kullanımı arttırılabilecektir.

Elektrik tüketim değerlerine göre cihaz isimlendirilmesi yapılır ise yıl boyunca hangi cihazların ne kadar elektrik tükettiği ve bu cihazların tüketim verilerine göre yorumlamalar yapılabilir. Bu veriler ile elektrikli cihazların kullanım alışkanlıkları hakkında daha sağlıklı bilgiler elde edilebilir.

Bu çalışma sadece üç kişilik bir evde uygulanmıştır. Eğer daha fazla kullanıcıda çalışma yapılırsa insanların elektrikli ev aletleri tüketim alışkanlıkları hakkında veriler incelenebilir. Bu sayede demografik yapıya göre elektrik tüketim verileri ortaya konulabilir.

KAYNAKÇA

- Abate, F., Carratù, M., Liguori, C. ve Paciello, V. (2019). *A Low Cost Smart Power Meter for IoT. Measurement*, 136, 59–66. 12 Nisan 2023 tarihinde <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.12.069> sayfasından erişilmiştir.
- Akkaya, O. S. (2022). *Gerçek Zamanlı Enerji İzleme İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sayaç Tasarımı*, (Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik ve Elektronik Anabilim Dalı, Konya.
- Aktaş, İ. Ş. (2020). *Akıllı Şebekelerde Risk Analizi*, (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Altınpulluk, H. (2018). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Eğitim Ortamlarında Kullanımı, *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, Eskişehir.
- Balamurugan, S. and Saravanakamalam, D. (2017). *Energy Monitoring and Management Using Internet of Things*, International Conference on Power and Embedded Drive Control, 208-212., Chennai, India.
- Borgia, E. (2014). *The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues*, Computer Communications, 54, 1-31. 12 Nisan 2023 tarihinde <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008> sayfasından erişilmiştir.
- Boundless, (2023). How RFID Technology Can Benefit Your Brand, 4 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.boundlessnetwork.com/creative-content/blog/how-rfid-technology-can-benefit-your-brand> sayfasından erişilmiştir.
- Burritt, R. and Christ, K. (2016). Industry 4.0 and environmental accounting: a new revolution?, *Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility* 1, 23–38, 11 Ocak 2023 tarihinde <https://ajssr.springeropen.com/articles/10.1186/s41180-016-0007-y> sayfasından ulaşılmıştır.
- Chatterjee N., Chakraborty S., Decosta A. and Nath A. E. (2018). *Real-time Communication Application Based on Android Using Google Firebase / Survey Paper / Case Study*, 4, Department of Computer Science St. Xavier's College (Autonomous) Kolkata, India.
- Colak, I., Bayindir, R., Fulli, G., Tekin, I., Demirtas, K., and Covrig, C. F. (2014). Smart

- grid opportunities and applications in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 344–352., 22 Nisan 2023 tarihinde <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.009> sayfasından erişilmiştir.
- Crettaz, C., Ladid, L., Krco, S., Pokric, B., Skarmeta, A. F., Jara, A., Kastner, W. & Ziegler, M.J.S. (2013). IoT6 – Moving to an IPv6-Based Future IoT, *The Future Internet, Berlin*: Springer, University of Luxembourg, Luxembourg, Luxembourg.
- Developers, (2016). Firebase Expands To Become A Unified App Platform, 7 Nisan 2023 tarihinde <https://developers.googleblog.com/2016/05/firebase-expands-to-become-unified-app.html> sayfasından erişilmiştir.
- Dgtlinfra, (2023). Smart City and Internet of Things (IoT) Technology, 12 Mayıs 2023 tarihinde <https://dgtlinfra.com/smart-city-internet-of-things-iot/#:~:text=A%20smart%20city%20uses%20Internet,a%20higher%20standard%20of%20living> sayfasından erişilmiştir.
- Electronicshub, (2021). Getting Started with ESP32 | Introduction to ESP32, 15 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.electronicshub.org/getting-started-with-esp32> sayfasından erişilmiştir.
- Elprocus, (2023). ACS712 Current Sensor Working and Applications, 15 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.elprocus.com/acs712-current-sensor-working-and-applications/> sayfasından erişilmiştir.
- Energy Europa, (2023). Smart Grids And Meters, 14 Nisan 2023 tarihinde https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters_en sayfasından erişilmiştir.
- Engin P. (2018). *Türkiye’de Enerji Yönetim Sistemi Uygulamalarının Sanayi Kuruluşları ve Sanayide Enerji Verimliliği Projeleri Açısından Etkinliklerinin Değerlendirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- GitHub. (2020). A Small Place to Discover Languages in Github, 5 Ocak 2023 tarihinde <https://madnight.github.io/githut/#/issues/2022/2> sayfasından erişilmiştir.
- Gülcüoğlu, E., Üstün, A. B., and Seyhan, N., (2021), Comparison of Flutter and React Native Platforms, 12(2), *Journal of Internet Applications and Management*, 14 Mart 2023 tarihinde <https://doi.org/10.34231/iuyd.888243> sayfasından erişilmiştir.

- Kalemci, M.E.(2021). *Akıllı Şebeke Uygulamalarına Yönelik Nesnelerin İnterneti Tabanlı Uzaktan İzleme Sistemi*, (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Karaman, B., Taşkın, S. ve Tokay, M. (2021). Gerçek Zamanlı Enerji İzleme ve Tüketici Farkındalığı için LabVIEW TM Programı ile Otomatik Sayaç Okuma. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(2), 15 Ocak 2023 tarihinde <https://doi.org/10.7240/jeps.759782> sayfasından erişilmiştir.
- Karygiannis T. and OwensL., and Zhao S. (2015). *Wireless Network Security, Computer Security Division Information Technology Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899-8930 November 2002.*
- Miller, M. The Internet Of Things. USA: Pearson Education, Inc.
- Kaur, M. and Kalra, S. (2016). A, Review on IoT Based Smart Grid, *International Journal of Energy, Information and Communications*, Department of Computer Science Guru Nanak Dev University, Regional Campus Jalandhar, India.
- Kayahan, E. (2019). *Elektrik Enerjisi Piyasaları ve Çimento Sektöründe Elektrik Enerjisi Tüketim Tahmininin Önemi*, (Yüksek Lisans Tezi), 27., İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü Enerji Bilim ve Teknoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Kesler, P. (2021). *Arduino-Arm Uyumlu Esnek Yapılı Mikrodenetleyici Eğitim Seti*, *Pamukkale Üniversitesi*, (Yüksek Lisans Tezi), 26., Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Denizli
- Keyhani A. (2016). Design Of Smart Power Grid Renewable Energy Systems, *John Wiley & Sons Inc.*, 24 nisan 2023 tarihinde <https://books.google.com.tr/books?id=NVbKCQAAQBAJ&lpg=PR15&ots=Guve9yrtx3&dq=Design%20of%20smart%20power%20grid%20renewable%20energy%20systems&lr&hl=tr&pg=PR14#v=onepage&q=Design%20of%20smart%20power%20grid%20renewable%20energy%20systems&f=false> sayfasından erişilmiştir.
- Khajenasiria, I., Estebasrib, A., Verhelsta, M., ve Gielen, G. (2016). *A review on Internet of Things Solutions for Intelligent Energy Control in Buildings for Smart City Applications*, 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, Italy.

- Kıral, G. E. (2014). *Akıllı Şebekelerde Enerji Yönetimi İçin Akıllı Priz Geliştirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kıstı, E. (2022). *Bir İletken İmalat Firmasında Enerji Verimliliği Açısından Alüminyum Alaşım İletkenler ile Çelik Özlü Alüminyum İletkenlerin Karşılaştırılması ve Isıl İşlem Fırınının Termodinamik Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Osmaniye.
- Kleineidam, G., Krasser, M., and Reischböck, M. (2016). The Cellular Approach: Smart Energy Region Wunsiedel. Testbed for Smart Grid, Smart Metering and Smart Home Solutions, *Electr. Eng. Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 98:335–340., 10 Şubat 2023 tarihinde <https://doi.org/10.1007/s00202-016-0417-y> sayfasından erişilmiştir.
- Kul, B. and Şen, M. (2017). Energy Saving IoT-Based Advanced Load Limiter, *Proc. XXVI International Scientific Conference Electronics*, 2 Mart 2023 tarihinde <https://ieeexplore.ieee.org/document/8124362> sayfasından erişilmiştir.
- Li S., Xu L.D., and Zhao S. (2015). The internet of things: a survey, *2013 Information Systems Frontiers volume 17*, pages243–259, 22 Nisan 2023 tarihinde <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-014-9492-7> sayfasından erişilmiştir.
- Macit, K. (2020). Flutter ve Dart nedir?, 25 Ocak 2023 tarihinde <https://www.mobilhanem.com/flutter-nedir/> sayfasından erişilmiştir.
- Morello, R., De Capua, C., Fulco, G. ve Mukhopadhyay, S. C. (2017). A Smart Power Meter to Monitor Energy Flow in Smart Grids: The Role of Advanced Sensing and IoT in the Electric Grid of the Future. *IEEE Sensors Journal*, 17(23), 7828–7837. 16 Ocak 2023 tarihinde <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2760014> sayfasından erişilmiştir.
- Mudaliar, M. D. ve Sivakumar, N. (2020). IoT Based Real Time Energy Monitoring System Using Raspberry Pi. *Internet of Things*, 12, 100292. 19 Nisan 2023 tarihinde <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100292> sayfasından erişilmiştir.
- Nexusintegra, (2023). Smart Grid, what is and how it works, 4 Mayıs 2023 tarihinde

<https://nexusintegra.io/smart-grid/> sayfasından erişilmiştir.

Nitelikliveri, (2023). Nesnelerin İnterneti Kişisel Veri Paylaşıyor, 12 Mayıs 2023 tarihinde <https://nitelikliveri.com/nesnelerin-interneti-kisisel-veri-paylasiyor/> sayfasından erişilmiştir.

Pehlivanoglu Gürbüz, K. (2019). *Smart grid applications and technologies in distribution systems*, (Master's Thesis), Middle East Technical University, Institute of Science and Technology, Ankara.

Pohanka, M., Pavlis, O. and Skladal, P. (2007). Rapid Characterization of Monoclonal Antibodies using the Piezoelectric Immunosensor, *Sensors* 2007, 7, 341-353. 22 Ocak 2023 tarihinde <https://doi.org/10.3390/s7030341> sayfasından erişilmiştir.

Said, O., and Masud, M. (2013). Towards Internet Of Things: Survey and Future Vision. *International Journal of Computer Networks*, 5(1), 1-17., IT/ College of Computers and Information Technology Taif University Taif, Saudi Arabia.

Salama, D., and Elminaam, A. (2018). Smart Life Saver System for Alzheimer Patients, down Syndromes, and Child Missing Using IoT, *Asian Journal of Applied Sciences*. 6., Information Systems Department, Faculty of computers & Informatics, Benha, Egypt.

Singh, M.J., Agarwal, P., and Padmanabh, K. (2016). Load Forecasting at Distribution Transformer using IoT based Smart Meter Data from 6000 Irish Homes, *Contemporary Computing and Informatics (IC3I) International Conference*, 758-763., 7 Ocak 2023 tarihinde <https://ieeexplore.ieee.org/document/7918062> sayfasından erişilmiştir.

Stanley, M. and Lee, J., (2018). Sensor Analysis for the Internet of Things, *Morgan & Claypool Publishing*, ABD, 87-88, 17 Mart 2023 tarihinde <https://books.google.com.tr/books?id=SYRyEAAQBAJ&lpg=PP1&ots=p81U5fAOap&dq=Sensor%20Analysis%20for%20the%20Internet%20of%20Things&lr&hl=tr&pg=PP1#v=onepage&q=Sensor%20Analysis%20for%20the%20Internet%20of%20Things&f=false> sayfasından erişilmiştir.

Stusek, M., Pokorny, J., Masek, P., Hajny, J., Hosek, J. (2017). A Non-Invasive Electricity Measurement Within The Smart Grid Landscape: Arduino-Based Visualization Platform for IoT, *9th International Congress on Ultra Modern*

- Telecommunications and Control Systems and Workshops*, 423-429. 22 Nisan 2023 tarihinde <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8255171> sayfasından erişilmiştir.
- Suresh, P., Daniel, J. V., Parthasarathy, V. and Aswathy, R. H. (2014). A State of The Art Review On The Internet of Things (IoT) History, *Technology And Fields Of Deployment*, 28 Nisan 2023 tarihinde <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7043637> sayfasından erişilmiştir.
- Swan, M. (2012). Sensor Mania! The Internet of Things, Wearable Computing, Objective Metrics, and the Quantified Self 2.0. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 1(3), 217–253., 28 Nisan 2023 tarihinde <https://doi.org/10.3390/jsan1030217> sayfasından erişilmiştir.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazete, (2023). 15 Şubat 2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/04/20220401-12-1.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- TEİAŞ (2021), Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, 05 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> sayfasından erişilmiştir.
- Tozak, M. (2020). *Bir Akıllı Şebeke Sisteminin Modellenmesi, Simülasyonu ve Deneysel Olarak Doğrulanması*, (Yüksek Lisans Tezi), Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Manisa
- Vidyagyaan, (2023). Network | Types of Computer Network – LAN, MAN and WAN, 12 Mayıs 2023 tarihinde <http://www.vidyagyaan.com/computer-knowledge/types-of-computer-network-lan-man-and-wan/> sayfasından erişilmiştir.
- Yassein, M. B., Mardini, W., and Khalil, A. (2016). Smart homes automation using Z-wave protocol, *In 2016 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)*, 1-6., 10 Mayıs 2023 tarihinde <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7745306> sayfasından erişilmiştir.
- Zheng J., Gao D.V. and LinSmart L. (2013). Smart Meters in Smart Grid: An Overview (2013). *IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)*, 10 Mayıs 2023 tarihinde <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6520030> sayfasından erişilmiştir.

Aksaray Üniversitesi Tez Değerlendirme Formu

Öğrencinin Adı Soyadı:		EVET
Kapak		
1	Tez Başlığı tutanaktaki başlıkla aynı mı?	
2	Kapakdaki ay ve yıl savunmaya girilen tarihle tutarlı mı?	
3	Kapak format kılavuzdaki kapak formatına uygun mu?	
4	Kapakta yazılan tüm yazılar doğru olarak verilmiş mi?	
İçindekiler		
5	Sayfa numaraları tam verilmiş mi?	
6	Şekil, Çizelge vb. listeleri verilmiş mi? Sıralaması doğru mu?	
7	Özet, Abstract, Giriş, Sonuçlar vb. bölümler var mı?	
8	Yazım hataları kontrolü yapıldı mı?	
Giriş		
9	Hazırlanan tezin önemini anlatıyor mu?	
10	İkinci ve Üçüncü dereceden başlık içermemeli kuralına uyuldu mu?	
Özet/Abstract		
11	Kılavuza uygun mu?	
12	Ay ve yıl savunmaya girilen tarihle tutarlı mı?	
13	Özet; tek sayfa, tek aralık, tek paragraf kuralına uygun olarak yazıldı mı?	
14	Bilim kodu, sayfa adedi, anahtar kelimeler ve tez danışmanı yazıldı mı?	
Kaynakça		
15	Kaynakların tamamına metin içinde atıf yapıldı mı?	
16	Kaynak formatı Kılavuzdaki kaynak formatına uygun olarak hazırlanmış mı?	
17	Atıf formatı kılavuzdaki atıf formatına uygun mu?	
Atıf Yöntemi APA 6 ☐ CMS ☐ İSNAD ☐		
Genel Değerlendirme		
18	Etik Beyan açıklaması okundu, uyuldu ve imzalandı mı?	
19	Kabul/Onay sayfası kılavuzdaki formata uygun olarak düzenlenmiş mi?	
20	Kabul /Onay sayfasında belirtilen oy birliği/oy çokluğu seçeneklerinden uygun olanı savunmayla tutarlı olacak şekilde belirlenmiş mi?	
21	Sayfa kenar boşluklar ve sayfa numaraları kılavuzdaki formatına uygun mu?	
22	Paragraf boşlukları ve metin satır aralığı kılavuza uygun olacak şekilde düzenlenmiş mi?	
23	Başlık yazımları kılavuzdaki başlık formatlarına uygun mu?	
24	Yazı tipi ve boyutu kılavuzdaki yazı tipi ve boyutu formatına uygun mu?	
25	Şekil, Çizelge vb. açıklama ve numaralandırmaları kılavuzdaki formata uygun olarak yazılmış mı?	

Bu tezin tarafımdan “Tez yazım kuralları” okunarak dikkatlice hazırlanmış olduğunu ve doğabilecek her türlü olumsuzluktan sorumlu olacağımı kabul ederim.

Öğrencinin imzası