

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKILLI ŞEBEKE UYGULAMALARINA YÖNELİK NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI
UZAKTAN İZLEME SİSTEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet Emin KALEMCİ

**EKİM 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK- ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKILLI ŞEBEKE UYGULAMALARINA YÖNELİK NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI
UZAKTAN İZLEME SİSTEMİ**

Muhammet Emin KALEMCI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ELEKTRONİK YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 / 09 / 2021

Tezin Savunma Tarihi : 20 / 10 / 2021

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

Bu tez, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektronik Mühendisliği Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı'nda hazırlanmıştır. Bu çalışmada akıllı şebeke için akıllı ölçüm sistemi ve kablosuz uzaktan izleme sistemi tasarımı ve uygulaması önerilmektedir. Elektrik enerjisi tüketiminin etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi için kullanıcıların, harcadıkları enerji miktarlarını anlık olarak takip edebileceği bir sistemin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, çeşitli cihazlardan toplanan elektrik kullanım bilgilerini içeren ve enerji ayrıştırma (Disaggregation) araştırmalarını ilerletmeyi amaçlayan Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti (TEEAVS) adlı bir veri kümesi oluşturulmuştur. Tez çalışmam süresince bilimsel desteği, fikirleri ve yol göstericiliğiyle bana yardımcı olan danışmanım Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR' a ve bu süreçte manevi olarak bana her zaman destek olan aileme teşekkür ederim. Bu tezin ilgili alanlardaki çalışmalara katkı sağlayıp insanlığa fayda sağlamasını temenni ederim.

Muhammet Emin KALEMCİ

Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Akıllı Şebeke Uygulamalarına Yönelik Nesnelerin İnterneti Tabanlı Uzaktan İzleme Sistemi" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR 'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/10/2021

Muhammet Emin KALEMCİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Geleneksel Elektrik Şebekesi	2
1.3. Akıllı Şebekeler	11
1.4. Akıllı Sayaçlar	15
1.5. Talep Tarafı Enerji Yönetimi	17
1.6. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Bileşenleri.....	18
1.6.1. Nesnelerin İnterneti (IoT) Kavramı.....	18
1.6.2. Nesnelerin İnterneti (IoT) Bileşenleri	19
1.6.3. Sensörler.....	19
1.6.4. Bulut Servis Sağlayıcı	20
1.6.5. Mikrodnetleciler	21
1.6.6. Veri Transfer ve Haberleşme Teknolojileri	22
1.6.6.1. Ağ Tanımları	22
1.6.6.2. Kablosuz (Wireless) Ağ Teknolojisi.....	23
1.6.3. Kablosuz (Wireless) Ağ Teknolojilerinin Karşılaştırılması	24
1.7. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları.....	25
1.7.1. Endüstriyel Alanda IoT.....	26
1.7.1.1. Lojistik ve Ürün Takibi Uygulamaları.....	26

1.7.1.2.	Gıda, Tarım ve Hayvancılık Alanı Uygulamaları.....	27
1.7.1.3.	Endüstriyel Uygulamalar	27
1.7.2.	Akıllı Şehirler Alanında IoT	28
1.7.3.	Sağlık Alanında IoT	29
1.7.4.	Nesnelerin İnterneti Uygulama Haritası	29
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	31
2.1	Materyal ve Yöntem	31
2.1.1	Mikrodenetleyici Kart Seçimi.....	32
2.1.2	Akım Sensörü	35
2.1.3	Bulut Bilişim Servisi.....	36
2.2	Nesnelerin İnterneti (Iot) Tabanlı Veri Toplama Sistemi	37
2.3	Nesnelerin İnterneti ile Uzaktan Veri İzleme Sistemi Kurulumu.....	45
2.4	Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti Oluşturma.....	47
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	55
4.	KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

AKILLI ŞEBEKE UYGULAMALARINA YÖNELİK NESNELERİN
İNTERNETİ TABANLI UZAKTAN İZLEME SİSTEMİ

Muhammet Emin KALEMCI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR
2021, 59 Sayfa

Akıllı elektrik şebekeleri son yıllarda önem kazanan konulardandır. Akıllı şebeke, modern bilgi sistemi ile geleneksel elektrik şebekesinin bir kombinasyonudur. Ölçüm ve uzaktan izleme işlemleri akıllı şebekeler için oldukça önemli olan işlemlerdir. Enerji verimliliğinin artırılması ve elektrik şebekesinin buna uygun olarak verimli bir şekilde yönetilmesi için yüksek doğruluklarda tahminlerin yapılması ve bu tahminlerin karar alma süreçlerinde kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada, akıllı şebekeler için akıllı ölçüm sistemi ve kablosuz uzaktan izleme sistemi tasarımı ve uygulaması önerilmektedir. Elektrik enerjisi tüketiminin etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi için kullanıcıların, harcadıkları enerji miktarlarını anlık olarak takip edebileceği bir sistemin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistemi oluşturan farklı yapı mimarileri ile uygun bir veri iletim yöntemi oluşturulmuş, bileşenlerin yapı içerisindeki davranışları ve kullanım yöntemleri incelenmiştir. Akıllı ev ve akıllı elektrik şebekeleri için Node-RED ağ tabanlı IoT (nesnelerin interneti) yapısı kurulumu yapılarak bir uygulama gerçekleştirilmiştir. IoT yapısı, izleme ve kontrol için çeşitli sensör ve aktüatörlerden oluşmaktadır. IoT 'de cihazların birbirleri ile iletişimde MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) haberleşme protokolü kullanılarak, akım sensörleri ile elektrikli ev aletlerinin tükettiği güç ölçümü yapıldıktan sonra yapılan ölçümler kaydedilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti' nin (TEEAVS) geliştirilmesi ile birlikte veri madenciliği veya makine öğrenmesinde yapılmakta olan araştırmalar için kolay erişilebilir bir veri setinin elde edilmesi planlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şebekeler, Nesnelerin İnterneti, Node-RED, Veri Seti

Master Thesis

SUMMARY

INTERNET OF THINGS BASED REMOTE MONITORING SYSTEM FOR SMART GRID APPLICATIONS

Muhammet Emin KALEMÇİ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Electrical and Electronics Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR
2021, 59 Pages

Smart grids are trending technical subjects recently. Smart grid is a combination of the modern information system and the traditional electricity grid. Measurement and remote monitoring are very important processes for smart grids. In order to increase energy efficiency and efficiently manage the electricity grid accordingly, it is necessary to make predictions with high accuracy and use these predictions in decision-making processes. In this study, the design and implementation of smart measuring system and wireless remote monitoring system for smart networks is proposed. In order to control electrical energy consumption effectively, a system has been designed where users can instantly monitor the amount of energy they consume. An appropriate data transmission method was created with the different building architectures that make up the system, and the behavior of the architecture in the building and their usage methods were examined. An application will be developed by establishing a Node-RED network-based IoT (internet of things) structure for smart home and smart electricity networks. The IoT structure consists of sensors and actuators for monitoring and control. In IoT, a data set will be created by using the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) communication protocol in the communication of the devices with each other, by recording the measurements made after measuring the power consumed by current sensors and electrical household appliances. Turkey Electrical Appliances Data Set's (TEEAVS) development, data mining or data sets easily accessible for research that will be done in machine learning.

Keywords: Smart Grids, Internet of Things, Node-RED, Dataset

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Doğru Akım (DC) ve Alternatif Akım (AC) Sistemleri.....	3
Şekil 2. 2020 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı.....	4
Şekil 3. Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi.....	6
Şekil 4. Geleneksel elektrik şebekesi.....	6
Şekil 5. Türkiye Elektrik İletim Şebekesi.....	8
Şekil 6. Türkiye'de elektrik piyasası süreçleri	9
Şekil 7. Türkiye'de elektrik piyasası süreçleri	10
Şekil 8. Türkiye' de elektrik dağıtım bölgeleri.....	10
Şekil 9. Akıllı Şebeke	13
Şekil 10. Akıllı şebeke bileşenleri	14
Şekil 11. Elektrik sayaçlarının zaman içerisindeki gelişimi	16
Şekil 12. Dünya genelinde gerçekleşmiş ve planlanmış akıllı sayaç kurulumları.....	17
Şekil 13. Nesnelerin İnterneti	19
Şekil 14. Sensörlere genel bakış	20
Şekil 15. Node-RED kullanıcı ara yüzü.....	21
Şekil 16. Arduino mikrodenetleyici.....	22
Şekil 17. PAN, LAN, MAN, WAN karşılaştırması.....	23
Şekil 18. Kablosuz Ağ Çeşitleri Karşılaştırma Tablosu	25
Şekil 19. İneklerin İnterneti	25
Şekil 20. RFID Uygulaması.....	26
Şekil 21. Nesnelerin interneti tabanlı araba örneği.....	28
Şekil 22. IoT Örnek Uygulama Alanları Haritası	30
Şekil 23. Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti Blok Şeması	32
Şekil 24. NodeMCU ESP8266 pin haritası.....	33
Şekil 25. NodeMCU ESP8266.....	34
Şekil 26. ACS-712 Akım sensörü.....	36
Şekil 27. ACS-712 Pin diyagramı.....	36
Şekil 28. Node-RED Kullanıcı ara yüzü.....	37

Şekil 29. Devre Bağlantı Şeması	38
Şekil 30. IoT Mimarisinin genel yapısı	38
Şekil 31. MQTT protokolü çalışma mimarisi	39
Şekil 32. Aurdino IDE arayüzü.....	40
Şekil 33. Arduino IDE NodeMCU kurulumu	41
Şekil 34. Arduino IDE ESP8266 kütüphanesinin kurulumu	41
Şekil 35. ESP8266 kod yükleme işlemi.....	42
Şekil 36. Modemin IP ayarının “static” yapılması	43
Şekil 37. “PubSubClient.h” kütüphanesinin yüklenmesi.....	43
Şekil 38. Uzaktan izleme yapmak için kurulan devre	44
Şekil 39. Arduino IDE üzerinde ayarlanabilir direnç düzenlemesi	45
Şekil 40. Node-Red Port Yönlendirme Yapısı.....	46
Şekil 41. Dataplicity Port Yönlendirme Platformu.....	46
Şekil 42. KTÜ Gerçek Zamanlı Elektrik Güç İzleme ve Veri Toplama Sistemi.....	47
Şekil 43. TEEAVS’ nin evdeki tarihi 2020-12-15 olan cihaz verilerin çizimi.....	48
Şekil 44. TEEAVS’ nin evdeki tarihi 2020-12-16 olan cihaz verilerin çizimi.....	48
Şekil 45. TEEAVS’ nin evdeki tarihi 2020-12-17 olan cihaz verilerin çizimi.....	49
Şekil 46. TEEAVS’ nin evdeki tarihi 2020-12-18 olan cihaz verilerin çizimi.....	49
Şekil 47. Yapay Zeka ile cihaz sınıflandırma işlem akışı.....	54

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. 2020 yılında Türkiye’ de kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi	4
Tablo 2. 2020 yılında Türkiye’ de yenilebilir enerji üretimi	5
Tablo 3. Türkiye’ de kurulu enerji üretim tesisi türü ve sayısı.....	7
Tablo 4. Dağıtım Şirketlerinin Özelleştirme Durumu	11
Tablo 5. Akıllı şebekeler ve geleneksel şebekeler arasındaki farklılıklar	13
Tablo 6. Arduino ve NodeMCU karşılaştırılması.....	35
Tablo 7. Veri Kümesindeki Ev için 2020-12-15 tarihli veri çerçevesi gösterimi.....	50
Tablo 8. Veri Kümesindeki Ev için 2020-12-16 tarihli veri çerçevesi gösterimi.....	51
Tablo 9. Veri Kümesindeki Ev için 2020-12-17 tarihli veri çerçevesi gösterimi.....	52
Tablo 10. Veri Kümesindeki Ev için 2020-12-18 tarihli veri çerçevesi gösterimi.....	53

SEMBOLLER DİZİNİ

AC	Alternatif Akım
DC	Doğru Akım
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
IoT	Internet of Things
YİT	Yap-İşlet-Devret
YSİ	Yap-Sahip-Ol-İşlet
İHD	İşletme Haklarının Devri
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
PAN	Personel Area Network
CAN	Controller Area Network
LAN	Local Area Network
MAN	Metropolitan Area Network
WAN	Wide Area Network
GAN	Generative Adversarial Networks
LPWAN	Low power wide-area network
RFID	Radio Frequency Identification
TEEAVS	Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Enerji tarih boyunca toplumların en temel kaynaklarından birisi olmuştur. Her geçen gün daha fazla evin bu önemli kaynağa erişim sağlaması ve bu talebin yakın gelecekte artmaya devam etmesi göz önünde bulundurulduğunda, toplumların enerji üretimindeki kirliliğin daha tehlikeli bir düzeye gelmesinin önlenmesi gerekmektedir. Uluslararası Enerji Ajansına göre, 2015 yılında dünyada üretilen elektriğin %80' inden fazlası yenilenemeyen doğal kaynaklardan üretilmektedir [1]. Bu problemin çözümü için, ülkelerin mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeleri gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçmek bu zorluğun üstesinden gelmek için yeterli olmayacaktır, bunun yanı sıra tüketicilerin de enerji tüketimini optimize etmesi gerekmektedir. Bunu başarmanın bir yolu, daha kontrollü bir tüketim elde etmek için akıllı şebeke ve mikro şebeke sistemleri geliştirmektir. Böylece fosil yakıt kullanımı mümkün olabilecek en az seviyelere indirilebilir [2]. Daha verimli enerji tüketimine ulaşmak ortalama kullanıcı için basit bir işlem değildir. Kullanıcılar enerji tüketimlerini öğrenebilmek için, ay sonunda faturadaki kullandıkları enerji miktarını kontrol edebilirler. Fakat bu sadece bir önceki ay kullandıkları enerjinin tahminen hesaplanmış miktarıdır ve anlık tüketimi vermez. Tüketicinin enerji verimini arttırabilmesi için kullanım alışkanlıklarının analiz ve düzenlenmesini sağlayacak cihazlara ihtiyacı vardır. Yani gün içinde kullandıklarının ve anlık kullanımlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda bazı evsel enerji yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Şu anda mevcut ürünler çoğunlukla güç ölçerler veya ev aletleri modüllerinden oluşmaktadır ve bu sayede kullanıcılara ev veya bireysel cihazlarla ilgili enerji tüketimi bilgisi vermekte ve bazı durumlarda yükleri manuel olarak planlama imkânı sunmaktadır. Bu ürünler genellikle pahalı ve kapalı sistemlerdir, tüketici tercihlerine çok az uyum sağlamakta ve nadiren bir otomasyon türü sunmaktadır.

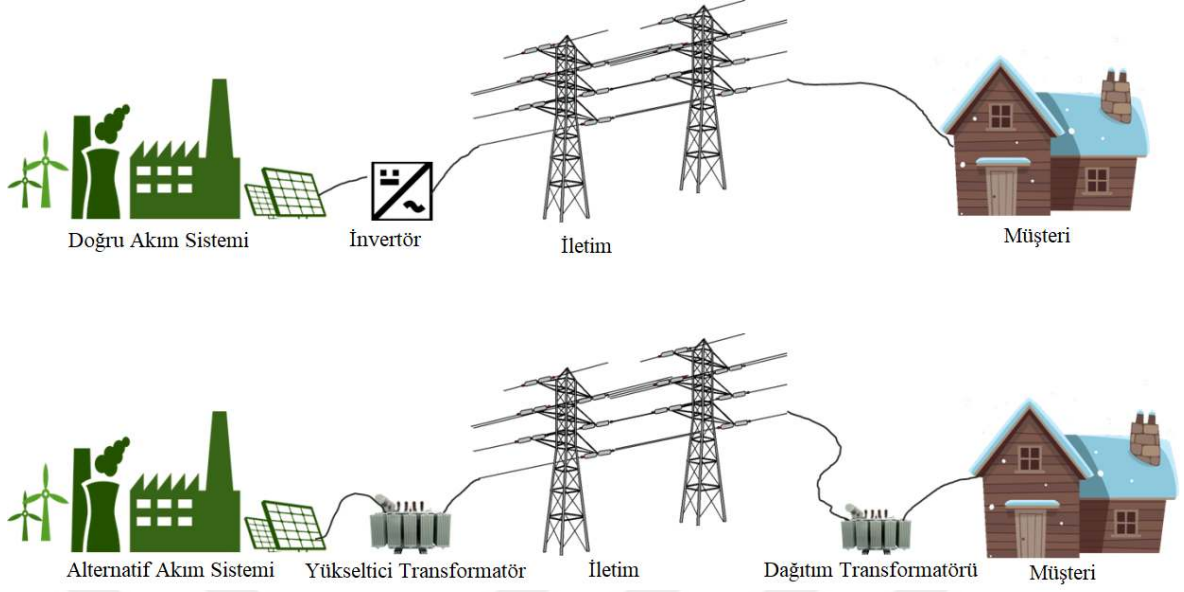
Akıllı evlerde kullanılan elektriksel cihazların enerji tüketiminin kontrol edilmesi ile sistemin enerji verimliliğini arttırmanın yanında tüketilen enerjinin arz talep dengesinin sağlanmasına yardımcı olabilecektir. Bu sayede, yüksek talep gerektiren durumlarda yük talebi kontrolü sağlanabilecektir. Bunun sağlanabilmesi için en basit ve kullanışlı sistem ise mevcut akıllı şebeke ağı ile bağlantı sağlayabilecek evsel bir kontrol ve haberleşme ağından

oluşturmaktır. Böylece enerji sürekliliğinin yanında, güç tüketimi analizleri ile elektrik cihazlarını otomatik tanıma ve arıza tespitine ek olarak küresel enerji yönetimi de sağlanabilecektir [3].

Bu çalışmada akıllı şebekeler için akıllı ölçüm sistemi ve kablosuz uzaktan izleme sistemi tasarımı ve uygulaması önerilmektedir. Elektrik enerjisi tüketiminin etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi için kullanıcıların, harcadıkları enerji miktarlarını anlık olarak takip edebileceği bir sistemin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistemi oluşturan farklı yapı mimarileri ile uygun bir veri iletim yöntemi oluşturulmuş, bileşenlerin yapı içerisindeki davranışları ve kullanım yöntemleri incelenmiştir. Akıllı ev ve akıllı elektrik şebekeleri için Node-RED ağ tabanlı IoT (nesnelerin interneti) yapısı kurulumu yapılarak bir uygulama geliştirilmiştir. IoT yapısı, izleme ve kontrol için çeşitli sensör ve aktüatörlerden oluşmaktadır. IoT 'de cihazların birbirleri ile iletişimde MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) haberleşme protokolü kullanılarak, akım sensörleri ile elektrikli ev aletlerinin tükettiği güç ölçümü yapıldıktan sonra yapılan ölçümler kaydedilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti' nin (TEEAVS) geliştirilmesi ile birlikte veri madenciliği veya makine öğrenmesinde yapılmakta olan araştırmalar için kolay erişilebilir bir veri setinin elde edilmesi planlanmıştır.

1.2. Geleneksel Elektrik Şebekesi

Daha iyi, parlak ve arındırıcı yaşam elektrikle elde edilir. Thomas Edison, Charles Brush ve Werner von Siemens, 1870 ve 1880 yıllarında Doğru Akım (DC) sistemlerinde sektöre öncülük etmişlerdir. DC elektrik sistemleri Edison tarafından kullanırken, bu sisteme karşılık Alternatif Akım (AC) sistemleri Tesla ve diğerleri tarafından destekleniyordu. Üç fazlı AC güç sistemi 1880'li yılların dördüncü çeyreğinde geliştirildi ve 1890'larda tüm şehirler ve bölgelerde kullanılmaya başlandı. AC güç sisteminin kullanımı, elektriğin sürekli olarak daha fazla tüketici için daha uygun maliyetli ve kullanışlı hale getirilmesine yardımcı oluyordu [3]. Geleneksel elektrik şebekesi, üretim, iletim ve dağıtım olmak üzere üç bölüme ayrılabilir.

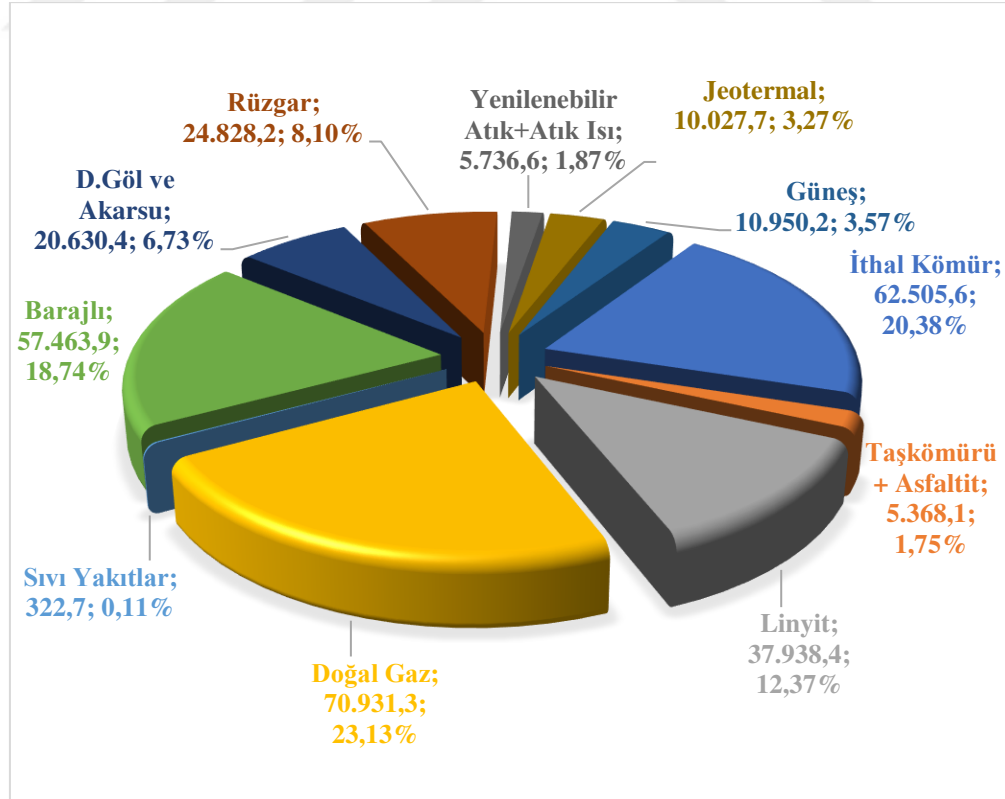


Şekil 1. Doğru Akım (DC) ve Alternatif Akım (AC) Sistemleri.

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerinden elde edilen bilgiye göre, Tablo 1'de gösterildiği gibi Türkiye'de toplam elektrik üretimi 306,703,1 GWh'dir. Üretim kısmı esas olarak çeşitli geleneksel enerji kaynaklarını elektrik enerjisine dönüştüren büyük enerji santrallerinden oluşmaktadır. Bunun yaklaşık %23,13' si doğal gazdır. Diğer kaynaklar ise ithal kömür, taş kömürü ve asfaltit, linyit, sıvı yakıtlar, barajlar, göller ve akarsular, yenilenebilir atıklar ve atık ısı, jeotermal, güneş olarak sıralanabilir ve bunlar için oranlar sırasıyla %20,38, %1,75, %12,37, %0,11, %18,74, %6,73, %8,10 ve %1,87, %3,27, %3,57 olarak Şekil 2' de verilmiştir [4].

Tablo 1. 2020 yılında Türkiye’ de kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi.

Kaynak	Üretim (GWh)
İthal Kömür	62.505,6
Taş Kömürü + Asfaltit	5.368,1
Linyit	37.938,4
Doğalgaz	70.931,3
Sıvı Yakıtlar	322,7
Barajlı	57.463,9
D.Göl ve Akarsu	20.630,4
Rüzgar	24.828,2
Yenilebilir Atık + Atık Isı	5.736,6
Jeotermal	10.027,7
Güneş	10.950,2
TOPLAM	306.703,1



Şekil 2. 2020 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı.

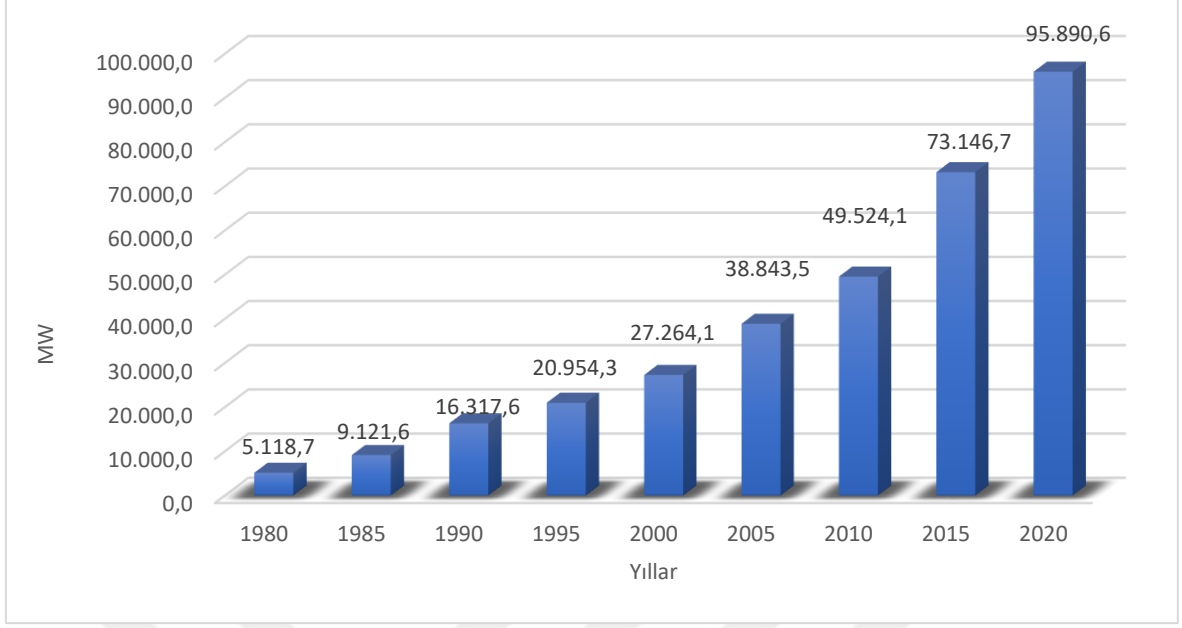
Geleneksel yakıtlardan enerji üretimi bazı zorluklara neden olmaktadır. Her şeyden önce çevre açısından zararlıdır. Enerji üretiminden kaynaklanan küresel ısınma emisyonları iklimi etkilemektedir. Ayrıca fosil yakıtlar bizi enerji üretimi açısından da yurtdışına bağlamaktadır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için alternatif enerji kaynakları ülkemizde desteklenmektedir. Türkiye'deki yenilenebilir enerji potansiyeli, coğrafi konumu itibarıyla fosil yakıtlardan daha yüksektir.

En yaygın alternatif elektrik enerji kaynaklarından biri olan hidroelektrik, Türkiye'de enerji üretiminde önemli bir role sahiptir ve bu durum Tablo 2' de 2020 yılı verilerinde görülmektedir [5].

Tablo 2. 2020 yılında Türkiye' de yenilenebilir enerji üretimi.

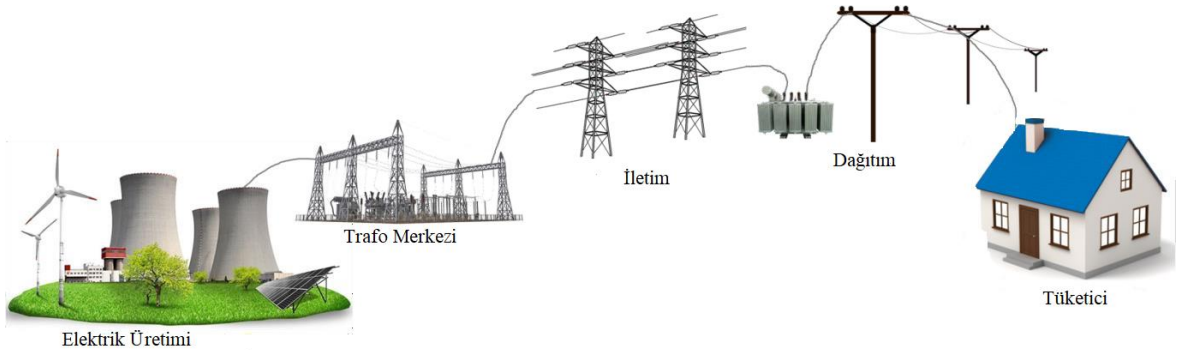
KAYNAK	ÜRETİM (GWh)	YÜZDE (%)
Yenilenebilir Atık + Atık Isı	5.736,6	4,4
Rüzgar	24.828,2	19,2
Güneş	10.950,2	8,4
Barajlı	57.463,9	44,4
D.Göl ve Akarsu	20.630,4	15,9
Jeotermal	10.027,7	7,7
TOPLAM	129.637	100%

Türkiye, 10.950,2 GWh' lik toplam potansiyeli ile teknik güneş enerjisi kapasitesi açısından dünyanın en zengin ülkelerinden biridir. Bunun yanında, güneş enerjisi gibi, jeotermal potansiyelin sadece 10.027,7 GWh/yıl kısmı hesaba katılmaktadır. ("Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri," 2020). Dünya ile karşılaştırıldığında, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kapasitesinin oldukça önemli olduğu açıkça görülmektedir. Bununla birlikte, ülkemizde alternatif enerji kaynaklarının kullanımını artırmak ve enerji bağımlılığını azaltmak amacıyla 2023 yılına kadar elektrik enerjisi üretiminin %30' unun alternatif enerji kaynaklarından sağlanması hedeflenmektedir [6].



Şekil 3. Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi [4].

Geleneksel elektrik şebekesi, elektriğin üreticilerden müşterilere gönderilmesinden oluşan bir ara bağlantıdır. Bu yapı, Şekil 4' te gösterildiği gibi enerji santralleri, yükseltici transformatörler, iletim hatları, dağıtım hatları, düşürücü transformatörler, güç anahtarları ve tüketicilerden oluşmaktadır. Uzun mesafeli elektrik iletimi daha verimli ve daha ucuz olduğu için yüksek gerilim ile yapılmaktadır. Santrallerden üretilen elektrik, elektriği tüketicilere taşımak için iletim hatlarından dağıtım elektrik hatlarına iletilmektedir. Bu nedenle yüksek gerilim, evlerin ve işyerlerinin kullanımı için daha güvenli olan alçak gerilime ayarlanarak müşterilere yerel dağıtım elektrik hatları ile ulaştırılmaktadır [7].



Şekil 4. Geleneksel elektrik şebekesi [7].

Elektrik santralleri genellikle tüketiciden uzak olduğundan, elektrik kişisel veya

endüstriyel olarak üretim noktasından müşterilere taşınmak ve dağıtılmak zorundadır. Tablo 3' de enerji üretim tesisi sayısı ve enerji üretim tesis türleri verilmiştir [4].

Türkiye'de hidroelektrik santrali, doğalgaz santrali, rüzgâr enerjisi tesisi, güneş enerjisi santrali, kömür santrali, jeotermal santral ve diğer santrallerin sayısı Tablo 3'de verilmiştir [4].

Tablo 3. Türkiye' de kurulu enerji üretim tesisi türü ve sayısı.

Enerji Üretim Tesisi Sayısı	Enerji Üretim Tesisi Türü
682	Hidroelektrik
333	Doğalgaz
275	Rüzgar
6939	Güneş
40	Kömür
54	Jeotermal
144	Diğer Güç Santralleri

Elektrik şebekesi yüksek gerilim (YG), Orta Gerilim (OG) ve Alçak Gerilim (AG) seviyesi içerir. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) verilerine göre Türkiye iletim şebekesi haritası Şekil 5' te gösterildiği şekilde yayınlamıştır [4].



Şekil 5. Türkiye elektrik iletim şebekesi.

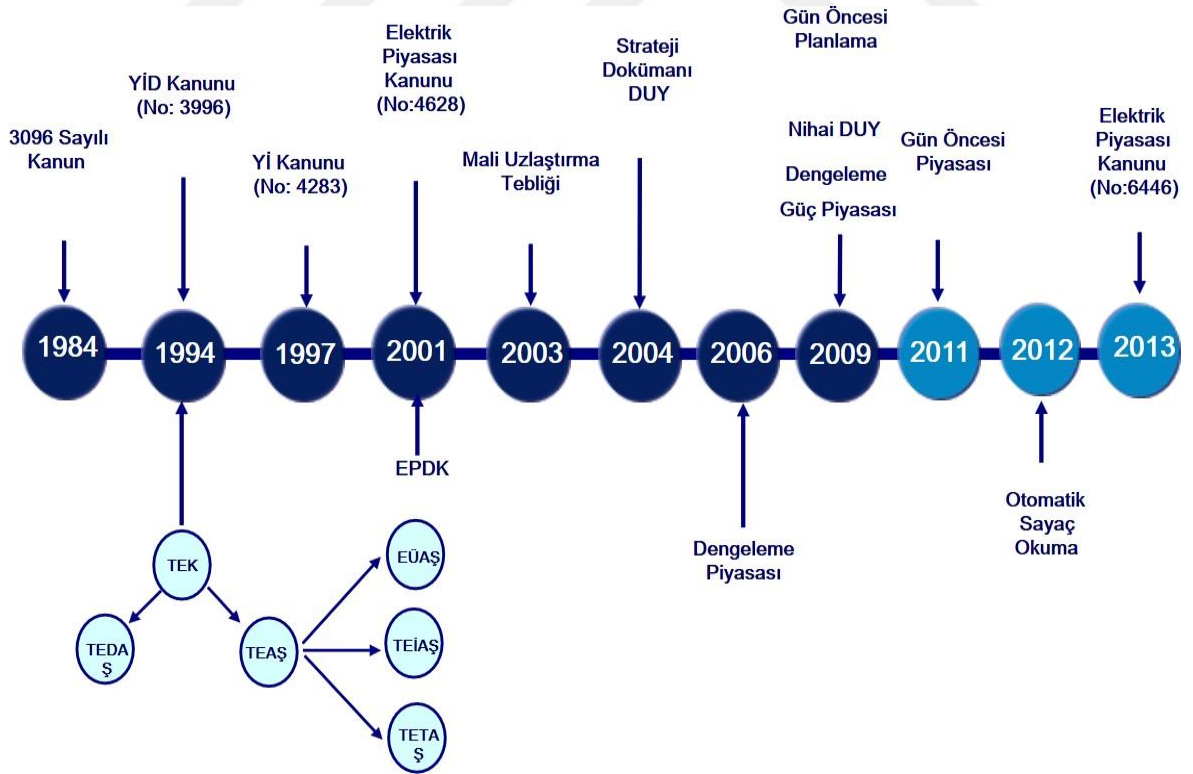
Türkiye'de dağıtım ve iletimle yükümlü olan kurum ve kuruluşların amacı güvenilir ve sürdürülebilir enerji temini sağlamaktır. 1980'li yıllarda Türk elektrik dağıtım sistemi liberal ve sürdürülebilir bir ekonomik kalkınmaya ulaşmak için ayrışma sürecinden geçmiştir. 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu (TEK), elektriğin üretimi, iletimi ve dağıtımından sorumlu olup, 1984 yılına kadar dikey entegre kanuni tekel olarak yürütülmüştür. 1984'te uygulanan bir yasayla özel sektör 3096 sayılı yasaya dahil edilmiştir. Bu yatırımların önemli bir çoğunluğu;

- Yap-İşlet-Devret (YİT)
- Yap-Sahip Ol-İşlet (YSİ)
- İşletme Haklarının Devri (İHD)

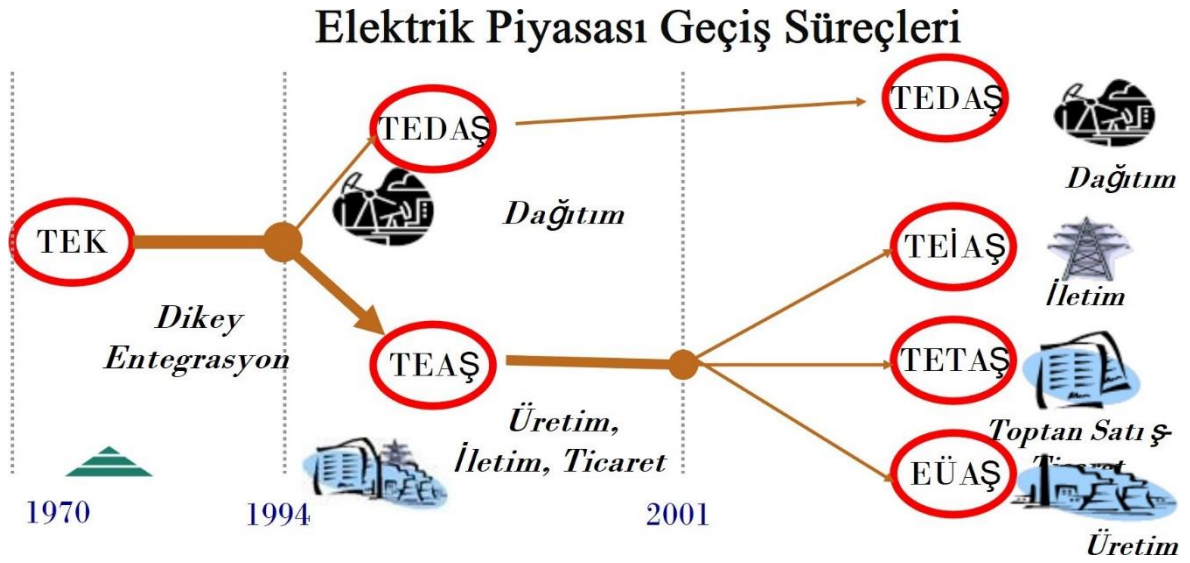
YİT onayı kapsamında özel bir şirket tarafından 49 yıla kadar (uygulamanın başlangıcında 99 yıla kadardı) bir santral kurulur ve yönetilirdi. Bununla birlikte, İHD anlaşması ile kamuya ait mevcut bir tesis işletilirdi (Çetin & Oğuz, 2007). TEK'in dikey entegre değer zinciri, 1994 yılında üretim, iletim, dağıtım ve satış faaliyetlerine ayrılmak üzere Türkiye Elektrik Üretim İletim Şirketi (TEİAŞ) ve şu anda özelleştirilen dağıtım sektörü Türkiye Elektrik Dağıtım Şirketi (TEDAŞ) olmak üzere ikiye ayrılmıştır [8].

Şekil 6’ da, Türkiye'nin 2001 yılında Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) ile Yeni Ekonomik İstikrar Programı'na başladığı görülmektedir. Bununla birlikte, TEAS, Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) ve Kamu Toptan Satış Şirketi (TETAŞ) olmak üzere üç yeni alt sektör olarak, üretim, iletim ve toptan satış olarak ayrıştırılmıştır. EÜAŞ bu program kapsamında linyit ve doğalgaz ve hidroelektrik ve termik santral olmak üzere altı ana gruba ayrılmıştır [9].

EPDK'nın ana hedefi, verimli, güvenilir, düşük fiyatlı ve sürdürülebilir bağlantı için şeffaf, rekabetçi ve uygun maliyetli enerji sektörü piyasası olduğundan, önceki girişimlerin aksine elektrik enerjisi piyasasını yeniden yapılandırmıştır [10]. 2003 yılında fiyata dayalı bölgesel bir tarife başlatılmıştır. Böylece daha az kontrolsüz kullanım bölgelerinde yöntem maliyeti düşmüştür. Fakat bazı bölgelerin aksine, Türkiye'nin bir kısmında daha fazla yasadışı kullanım bulunmaktadır [11]. Bu nedenle, uygulama hükümet tarafından sona erdirilmiştir (Uluslararası Enerji Ajansı, 2009). Elektrik Piyasası Dengeleme ve İskan Yönetmeliği'nin, Şekil 6 ve 7 ‘den de görüldüğü gibi 2004 yılında ülkede elektrik üretimi ve dağıtımında açık piyasa düzenlemelerini hayata geçirmiştir [12].



Şekil 6. Türkiye'de elektrik piyasası süreçleri



Şekil 7. Türkiye'de elektrik piyasası süreçleri

Şekil 8' de görüldüğü gibi Türkiye'de elektrik dağıtım sektöründe 21 dağıtım bölgesi bulunmaktadır. TEDAŞ özelleştirme süreci 2013 yılı güz döneminde tamamlanmıştır. 30 Eylül 2013 tarihinde imzalanan son devir sözleşmesi ile birlikte TEDAŞ özelleştirme süreci sona ermiştir. Böylelikle elektrik dağıtım sektörünün tamamı özelleştirilmiş, yaklaşık 13 milyar dolar ihale bedeliyle 30 yıllık lisans haklarıyla, özel sektöre devredilmiştir. Bunların dahilinde, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin hissedarı olduğu ve dağıtım, perakende satış ve perakende satış hizmeti yürütülen bölgeler Tablo 4' de belirtilen tarihlerde ihale tutarları karşılığında özel şirketlere devri gerçekleşmiştir [13].



Şekil 8. Türkiye' de elektrik dağıtım bölgeleri

Tablo 4. Dağıtım Şirketlerinin Özelleştirme Durumu [13].

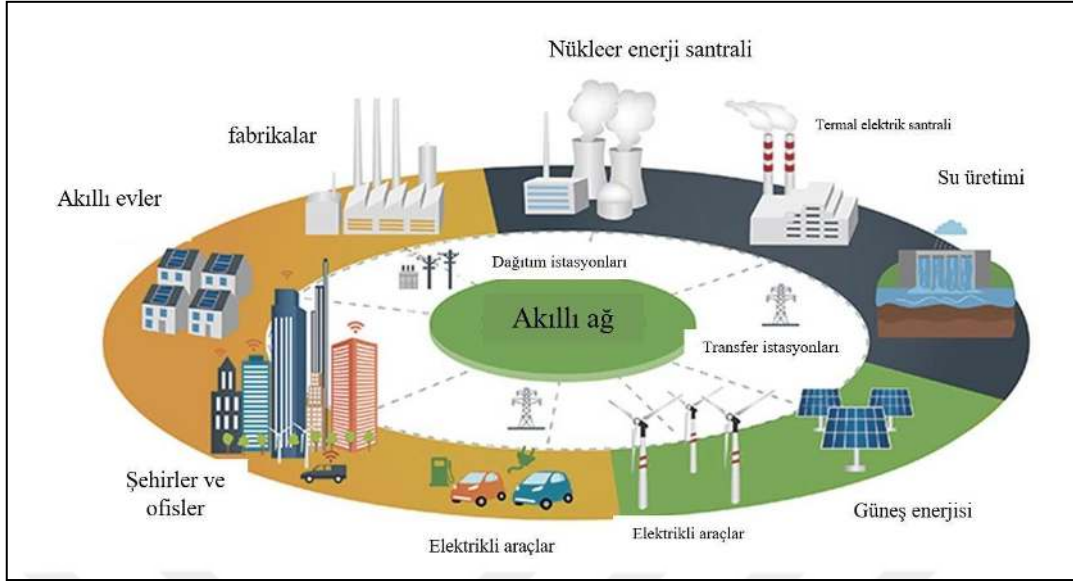
Elektrik Dağıtım Şirketi	Yatırımcı	Özelleşme Tarihi	İhale Tutarı (\$)
Göksu	Akedaş	23.06.2000	60.000.000
Menderes	Aydem	17.07.2008	110.000.000
Başkent	Enerjisa - Verbund	28.01.2009	1.225.000.000
Sakarya	Akcez	11.02.2009	600.000.000
Meram	Alorko - Cengiz	30.10.2009	440.000.000
Osmangazi	Eti Gümüş	31.05.2010	485.000.000
Çamlıbel	Limak - Cengiz - Kolin	31.08.2010	258.500.000
Uludağ	Limak - Cengiz - Kolin	31.08.2010	940.000.000
Çoruh	Aksa Elektrik	30.09.2010	227.000.000
Yeşilirmak	Çalık Enerji	29.12.2010	441.500.000
Fırat	Aksa Elektrik	31.12.2010	230.250.000
Trakya	IC Holding	30.12.2011	575.000.000
Akdeniz	Limak - Cengiz - Kolin	28.05.2013	546.000.000
Boğaziçi	Limak - Cengiz - Kolin	28.05.2013	1.960.000.000
Gediz	Elsan - Tümaş - Karaçay	29.05.2013	1.231.000.000
Aras	Kiler Alışveriş Hiz.	28.06.2013	128.500.000
Dicle	İşkaya - Doğu	28.06.2013	387.000.000
Ayedaş	Enerjisa	01.09.2013	1.227.000.000
Toros	Enerjisa	01.09.2013	1.725.000.000
Vangözü	Türkerler	01.09.2013	118.000.000

1.3. Akıllı Şebekeler

Elektrik enerjisi endüstrisi, bu yüzyılın başından beri devrim niteliğinde bir dönüşüm gerçekleştirmektedir. Gelişen teknolojiyle değişen toplumumuzun gereksinimlerini karşılamak için akıllı şebeke kontrol teknolojilerini kullanarak yaygınlaşmaya çalışmaktadır. Üstün güvenilirlik ve öncelikli tercih, müşteriler tarafından talep edilmektedir ve elektrik güç tüketim modellerini araştırmak ve değiştirmek için bu sebepler yeterli olmaktadır. Akıllı Şebeke kontrolü, yukarıda belirtilen nihai hedefleri elde etmek için hayati bir öneme sahiptir

Akıllı şebeke, dijital bilgi ve iletişim teknolojisini getiren modernize edilmiş elektrik şebekesini ifade etmektedir [14]. Akıllı Şebeke, geleneksel elektrik ve dijital teknolojiye sahip bilgi sistemlerinden gelen geleneksel tek yönlü akış yerine, bir kamu hizmeti ve müşteriler arasında iki yönlü bir iletişim ve enerji akışı oluşturmaktadır. Akıllı şebeke, akıllı bir elektrik şebekesi olarak tanımlanmaktadır, çünkü entegre akıllı şebeke karşılıklı bağlantıları verimli bir şekilde ekonomik, sürdürülebilir ve güvenli elektrik tedariki sağlamak ve böylece güvenilirliği, kullanılabilirliği, verimliliği, ekonomik performansı ve daha yüksek güvenliği en üst düzeye çıkarmaktadır [15]. Bu modern elektrik güç şebekesi, tüketicilerin enerji tüketimleri üzerinde daha fazla denetim sahibi olmalarına izin veren umut verici bir teknolojidir. Geleneksel şebeke, elektriğin enerji üretim tesislerinden tüketicilere bağlandığı tek yönlü iletişim hizmeti sunduğundan, akıllı elektrik şebekesi, akıllı şebeke zekâsı nedeniyle geleneksel şebekeye kıyasla öne çıkmaktadır.

Akıllı şebekeler, çeşitli otomasyon (iletim ve dağıtım) sistemlerinin bir elektrik enerjisi sisteminin bütününün koordineli, üretken ve verimli bir şekilde yönetilmesi, güvensizlik terimlerini “kendini iyileştiren” davranışlarla aşan, enerji piyasası ve şebeke ihtiyaçlarını karşılayan bir elektrik enerjisi sistemi, milyonlarca son kullanıcıya hizmet veren ve gelişen dijital ekonomiye enerji sağlamak için gereken, zamanında, güvenli ve uygun veri akışını sağlayan keşfedilebilir bir iletişim platformuna sahip bir elektrik enerjisi sistemi olarak tanımlanabilmektedir. Avrupa Birliği’nin tanımına göre akıllı şebeke, tüm elektrik şebekesinin daha verimli, güvenli ve ekonomik şekilde olması için sistemin kontrol ve koordine eden akıllı şebeke sistemi olarak tanımlanmaktadır. ABD Enerji Bakanlığı’nın tanımına göre akıllı şebeke, elektrik enerjisinin üretim noktasından son kullanıcıya iletilmesine kadar tüm süreçlerde, elektrik şebekesinin güvenilirliği, verimliliğini, güvenliğini artırabilmek için kullanılan teknoloji olarak tanımlanmaktadır. IEEE (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) ise akıllı şebekeyi; elektriğin üretimi, dağıtımı ve tüketimi aşamalarında kontrol, iletişim ve bilgi teknolojilerinin sisteme entegre bir şekilde kullanımıyla oluşan elektrik ağı olarak tanımlamaktadır [16].



Şekil 9. Akıllı Şebeke

Tablo 5. Akıllı şebekeler ve geleneksel şebekeler arasındaki farklılıklar

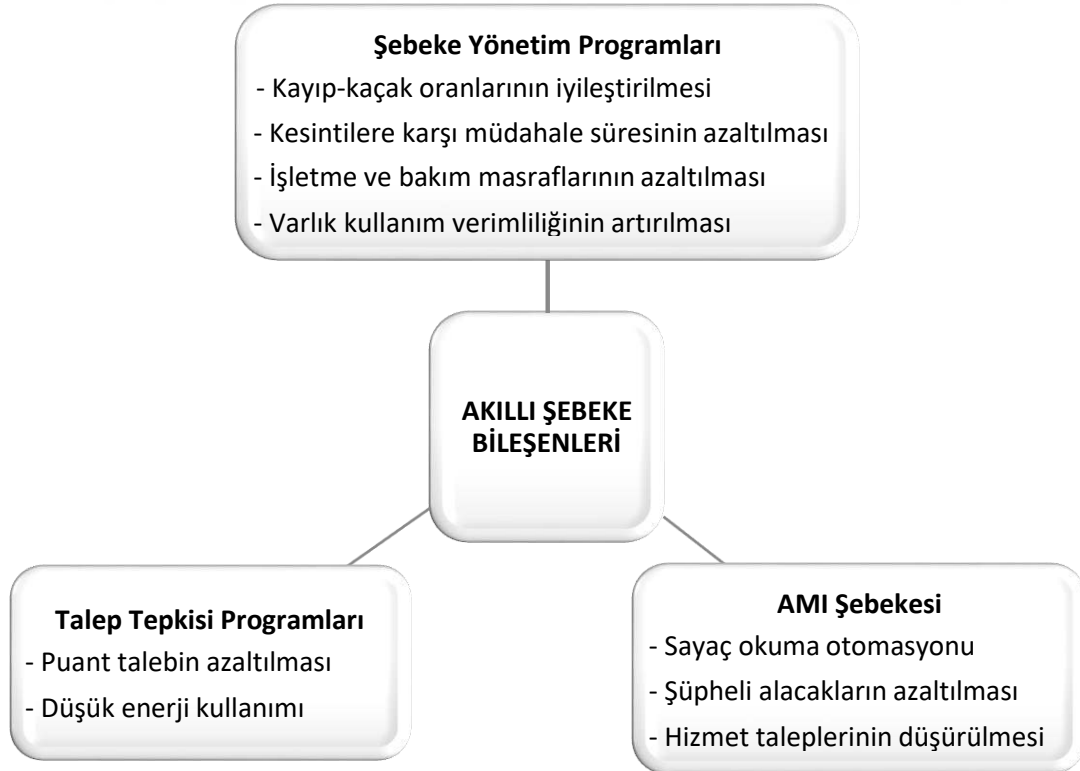
Geleneksel Şebeke	Akıllı Şebeke
Elektromekanik	Dijital
Tek Yönlü İletişim	Çok Yönlü İletişim
Daha Az Kullanıcı Seçeneği	Daha Fazla Kullanıcı Seçeneği
Merkezileştirilmiş	Dağıtılmış
Sınırlı Kontrol ve Monitor	Otomatik Kontrol ve Monitor
Birkaç Sensör	Daha Çok Sensör
Radyal Topoloji	Ağ Topolojisi
Arızalar ve Kesintiler	Uyarılabilir ve Ada Çalışması
Yavaş veya Yanıt Yok	Son Derece Hızlı Tepki
Kısıtlı Kontrol	Yaygın Kontrol

Akıllı Şebeke sisteme üç ana başlıkta toplanabilir [17]:

Akıllı altyapı sistemi: Akıllı şebeke, dijital bilgi ve iletişim teknolojisiyle modernize edilmiş elektrik şebekesini ifade etmektedir. Akıllı Şebeke, geleneksel elektrik teknolojiye sahip bilgi sistemlerinden gelen geleneksel tek yönlü akış yerine, iki yönlü bir iletişim ve enerji akışı oluşturmaktadır.

Akıllı yönetim sistemi: Akıllı şebekede kontrol ve gelişmiş yönetim sağlamaktadır. Akıllı Şebeke Yönetimi, akıllı ölçümün geliştirilmesiyle mümkündür. Bu sayede son kullanıcılara, kullanım süresi fiyatları, ayrıntılı enerji kullanımı ve detaylı faturalama gibi zamana dayalı fiyatlandırma opsiyonları sunmaktır. Bu sayede elektrik şebeke altyapısını ve bazı teknik sebeplere dayalı oluşan hat kayıplarını daha iyi belirlemelerini, yönetmelerini sağlamaktadır.

Akıllı koruma sistemi: Akıllı şebeke, akıllı bir elektrik şebekesi olarak tanımlanmaktadır, çünkü entegre akıllı şebeke karşılıklı bağlantıları verimli bir şekilde ekonomik, sürdürülebilir ve güvenli elektrik tedariki sağlar ve böylece güvenilirliği, kullanılabilirliği, verimliliği, ekonomik performansı ve daha yüksek güvenliği en üst düzeye çıkarmaktadır.



Şekil 10. Akıllı şebeke bileşenleri [18].

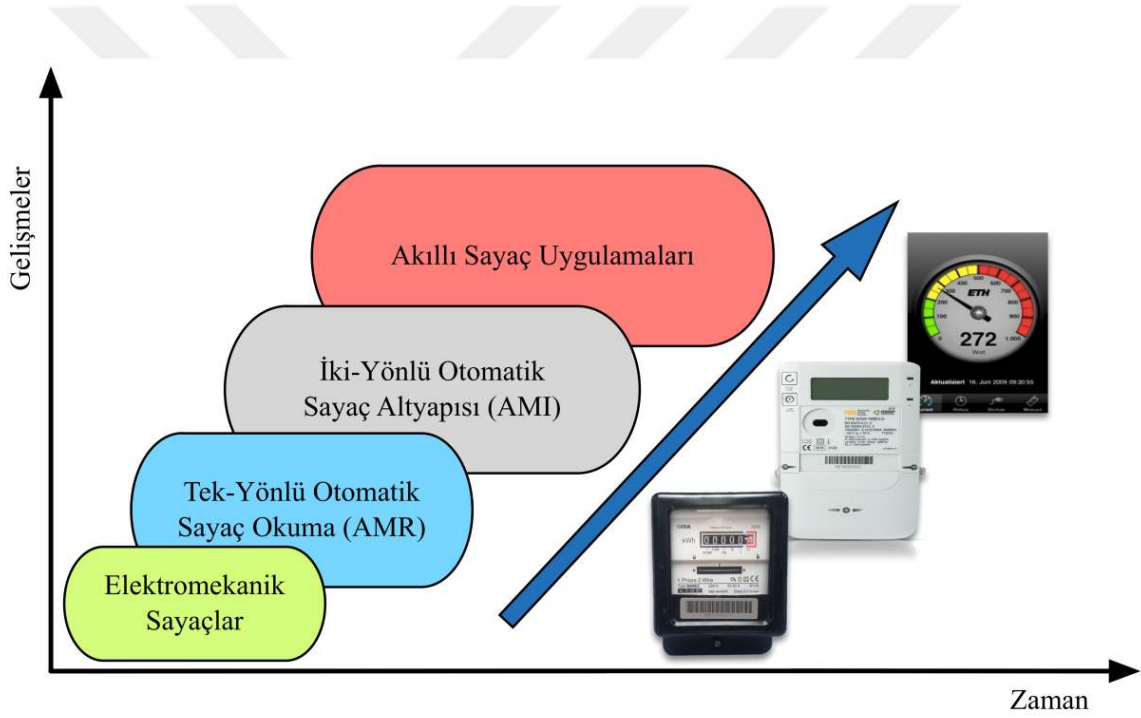
Akıllı Şebeke, akıllı sayaçların geliştirilmesi ile birlikte, geleneksel elektrik şebekesinin sensörler ve kontrol mekanizması uygulanarak mümkün hale getirilmiştir. Akıllı elektrik şebekeleri kendilerini uyarlayabilir, yapılandırabilir, güvenilir ve verimli bir şekilde tahmin edebilir. Zamanlamalardaki belirsizlikleri, talep tarafı yük yönetim tasarımının gerekliliğine ve yanıtına cevap verebilir. Akıllı şebeke teknolojileri, son kullanıcı katılımıyla faturalandırmayı iyileştirilmesi ve elektrik şebekesinin verimli kullanılmasının hesaba katılması gerekir. Akıllı şebeke kontrolü, enerji güvenilirliğini ve kalitesini artırma, iletim tıkanıklığında azalma, kendi kendine teşhis, kendi kendini iyileştirme, kesinti ve zorunlu kesintilerde azalma, hibrit ve elektrikli araçların yönetiminde hem güç şebekesine hem de enerji tüketicilerine çeşitli kolaylıklar sağlar [19].

Akıllı şebeke teknolojilerinin, verimli, doğru ve güvenilebilir bir şekilde çalışabilmesi zaman isteyen bir süreç olacaktır. Akıllı şebekenin mevcut elektrik şebekesini değiştirmesi gerekmemektedir. Bu değişim, teknolojik ve finansal yatırım gerektirdiği için çok ciddi ekonomik boyutlara ulaşacağından böyle bir süreç imkansız olurdu. Bunun yerine, Akıllı şebeke, geleneksel şebekeyi mümkün olduğunca değiştirmeden, yeni teknoloji uygulayarak mevcut şebekenin uygun hale getirilmesidir. Aynı zamanda, hükümetlerin mevcut şebekelerini akıllı şebekeye dönüştürmek için bir destekleyici politikalar geliştirmesi gerekmektedir.

1.4. Akıllı Sayaçlar

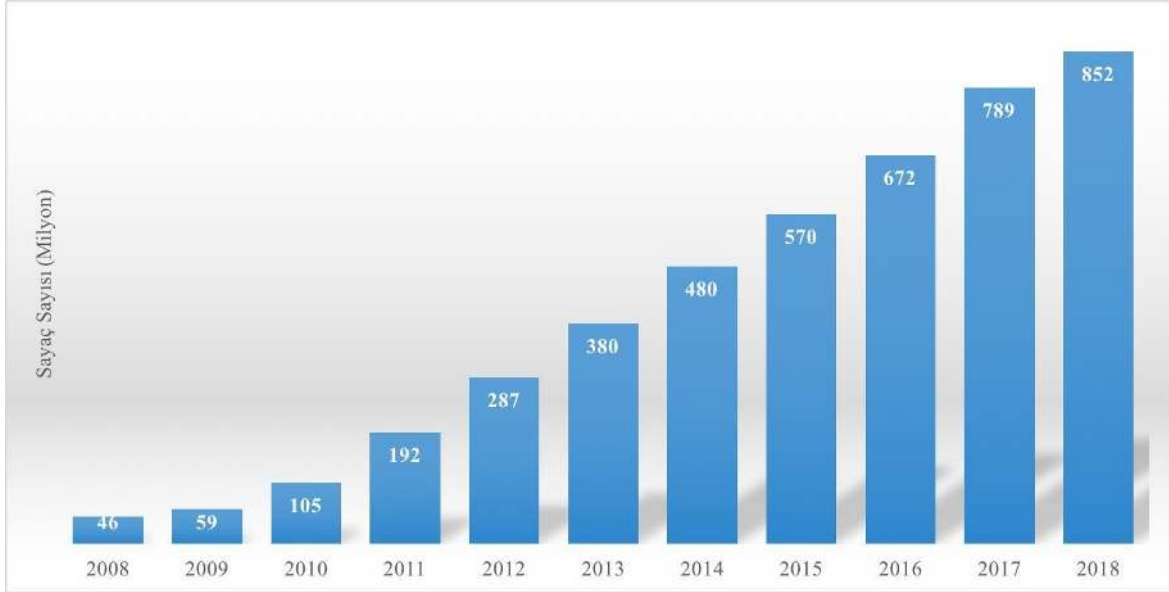
Elektrik sayaçları, elektrik şebekesiyle son kullanıcı arasındaki ilişkiyi kurmak için en gerekli uygulamaların başında gelmektedir. Modeli veya çalışma prensibi ne olursa olsun, her elektrik sayacı, belirlenmiş zaman süresi içerisinde elektrik enerjisini ölçmek için kullanılmaktadır. Sayaç bu işleviyle, mevcut elektrik şebeke için yeterli olsa da akıllı şebekelerde elektrik sayaçlarından beklentiler çok daha fazladır. Elektriğin keşfinden, 1990'lı yıllara kadar yalnızca belirli zaman içerisinde kullanılan toplam elektrik miktarını ölçebilen mekanik sayaçlar kullanılmaktaydı. Sayaç okuma, sayaçların bulunduğu yerlerin dolaşarak tüketim değerlerinin tespit edilmesi ve bu değerlerin faturalandırmasıyla yapılmaktaydı. Bu alanda yapılan çalışmalar, akıllı şebekelerin teknolojik gelişmesine neden oldukları gibi elektrik sayaçlarının bu sisteme entegre bir biçimde gelişmesine katkı

sağlamaktadır. Bu gelişmeler, sayaç okuma işini kolaylaştırmayı sağlayan ve tek yönlü haberleşme sağlayan Otomatik Sayaç Okuma cihazlarının kullanılmasıyla başlamaktadır. Geline bu noktada, akıllı şebekenin ihtiyaç duyduğu ve gelişmesinde önemli rol oynayan ve iki yönlü iletişim sağlayarak haberleşmede kullanılan Otomatik Sayaç Altyapısı ortaya çıkmıştır. Otomatik sayaç altyapısı ile birlikte, sayaçlar uzaktan haberleşme sağlanabilen ve istenilen periyotlarda okuma yapabilen cihazlar haline gelmiştir. İlerleyen dönemde, akıllı ölçüm, genellikle müşterinin yerinde bir ölçüm cihazının kullanılması ve detaylı faturalandırma bilgilerinin müşteriye düzenli olarak verilmesi beklenmektedir. Elektrik sayaçlarının teknolojik gelişmelerle birlikte zaman içerisinde geçirdiği değişim Şekil 11 'de gösterilmektedir [20].



Şekil 11. Elektrik sayaçlarının zaman içerisindeki gelişimi

Elektrik sayaçlarında gerçekleşen bu değişim göz önüne alındığında, akıllı sayaçlar, son şebeke ve kullanıcı arasındaki iki yönlü bilgi alışverişini gerçekleştirebilen araçlar olarak tanımlanmaktadır. Akıllı sayaçların dünya genelinde hızla yaygınlaşması Şekil 12' de görülmektedir [21].



Şekil 12. Dünya genelinde gerçekleşmiş ve planlanmış akıllı sayaç kurulumları.

Akıllı şebekelerde kullanılan akıllı sayaçlar için haberleşme altyapısının kurulması zor bir işlemdir. Bu haberleşme altyapısının; verimli, güvenilir ve sürdürülebilir olması gerekmektedir. Akıllı şebekeler için önemli araştırma alanlarından biri de haberleşme altyapısı konusu, haberleşme sistemleri üzerine çalışmalar yapılmaya devam etmektedir.

1.5. Talep Tarafı Enerji Yönetimi

Bir turizm seyahat şirketinin, ikram menüsünden sadece bir adet bisküvi çıkartarak, yılda binlerce dolar kar elde edebilmesi şeklinde hesaplamaların araştırılmasının sebebi ölçek ekonomisi kavramıdır. Bu örnekten hareket edilerek elektrik şebekesindeki tüketicilerin, tüketim alışkanlıklarında yaptıkları küçük değişiklikler sayesinde toplamda büyük kazançlar sağlanabilmektedir.

Akıllı şebekelerde, üreticiler ile tüketiciler arasında iki yönlü bir haberleşme altyapısı vardır. Enerji tüketiminin yöneltmesi ya da bu tüketimin azaltılmasına talep tarafı yönetimi denir. Talep tarafı yönetimi, harcanan enerjinin tüketicilerin sayaçları aracılığıyla kontrol edilmesidir. Bu altyapıdaki amaç, tüketilen enerji miktarının azaltılması değildir, sistemin enerji verimliliğini artırmanın yanında ihtiyaç olunan enerjinin arz talep dengesinin sağlanmasıdır [22].

Tüketiciler, belirli bölgelerde yılın belli zamanlarında ya da gün içinde aynı zaman

aralığında yoğun bir tüketim eş zamanlı olarak yapılırsa, şebekede istenilmeyen bir artış olur ve bu durum arz talep dengesinin bozulmasına sebep olur. Eğer bölgenin elektrik şebekesi, eş zamanlı artış olan tüketimin karşılayacağı kabiliyete sahip değilse, bu durum elektrik kesintilerine neden olabilir. Örneğin, ülkemizde küresel ısınmanın etkisiyle yaşanan iklim değişikliklerinin neden olduğu hava sıcaklığındaki artışla klima kullanımında ve dolayısıyla elektrik tüketiminde bir artış meydana gelmiştir. Bu sebeple kısmi elektrik kesintileri yaşanmıştır. Talep yönetiminin temel amacı, bu durumun yaşanmasına engel olmaktır. Bu durumların engellenmesinin en etkili yolları, kullanıcıda farkındalık oluşturarak harcanan enerji miktarlarının azaltılması ya da tüketimde arz ve talep dengesinin oluşturulması sağlanmalıdır [23].

1.6. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Bileşenleri

1.6.1. Nesnelerin İnterneti (IoT) Kavramı

IoT için birçok tanım vardır. Yeni gelişen bir alan olduğu için yorum farklılıklarını da beraberinde getirmektedir. Tanımlardan bazıları; nesnelerin internetini, geleneksel internet altyapısı içinde entegre sensör ya da veri takibi yapan cihazların, sistem içerisinde tanınmalarını ve kontrolünü sağlayabilen akıllı bağlantı olarak tanımlarken, bazıları ise IoT'nin internet ile birbirlerine bağlı olan elektronik cihazları temsil ettiğini ifade eder fakat nesnelerin interneti başlığı altında çok daha fazla ve kapsamlı tanımlar mevcuttur. Mevcut tanımlardan nesnelerin internetinin en kapsamlı ifade eden tanım şudur; "IoT, nesneler, hayvanlar veya insanlara benzersiz belirteçlerin ve verileri, bir ağ üzerinden insan-insan veya insan-bilgisayar etkileşimi gerekmeksizin, otomatik olarak aktarma kabiliyetinin verildiği bir senaryodur. IoT, sanal olarak her şeyin, bir veya daha fazla küçük bilgisayar veya akıllı sensörle dolu olduğu, hepsinin internete veri akışı gönderdiği bir dünyadır" [24].



Şekil 13. Nesnelerin İnterneti

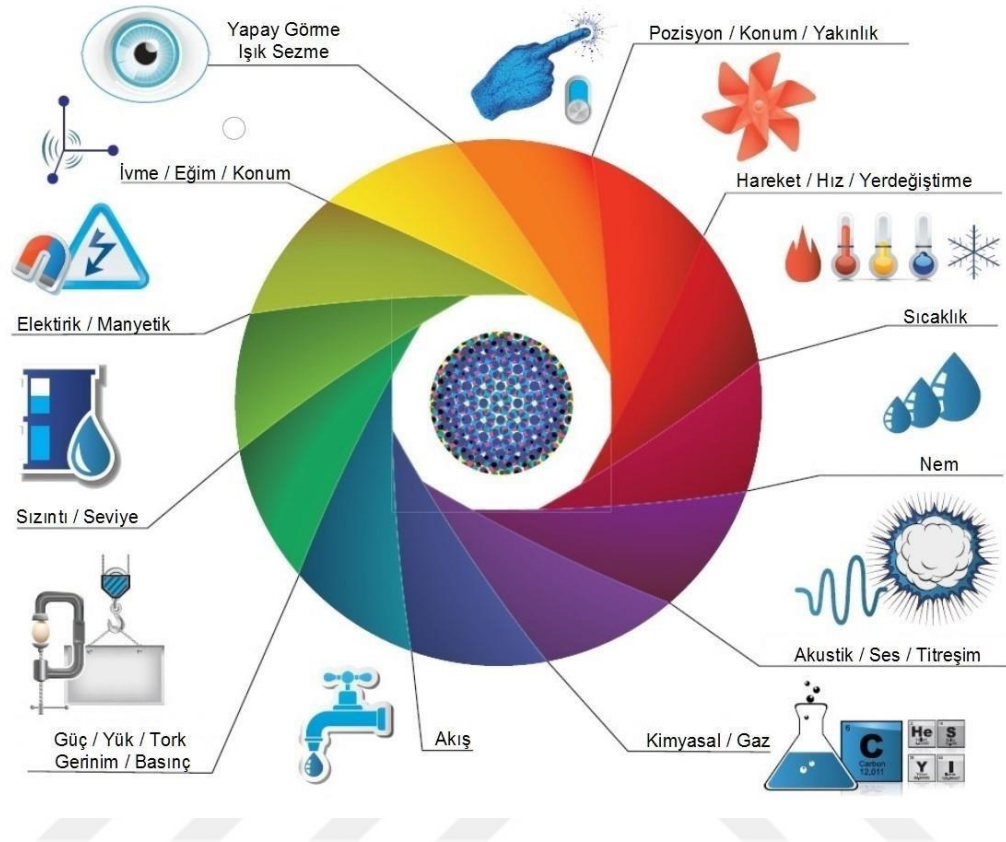
1.6.2. Nesnelerin İnterneti (IoT) Bileşenleri

Nesnelerin internetinin yapısı veri işleme cihazları, bulut servisi sağlayıcılar, veriyi aktarma yolu ve mikrodenetleyicilerden oluşmaktadır.

1.6.3. Sensörler

Sensörler, fiziksel ortam ile elektronik cihazları birbirine bağlayan bir aracı görevi görmektedirler. Sistemdeki sensör veya sensör grupları yapısı gereği ortamda hangi değişkene duyarlı ise sistem dışındaki değişkeni algılamakta ve elde ettiği veriyi sistemin karar verme birimine göndermektedir. Örneğin, akıllı şehir alanında yapılan bir IoT uygulamasında, tüketicin elektrik kullanımının sürekli olarak ölçülerek kaydedildiği sensör ya da sensör grupları olması gerekmektedir.

Kaynak : <https://www.postscapes.com/what-exactly-is-the-internet-of-things-in-fographic/>

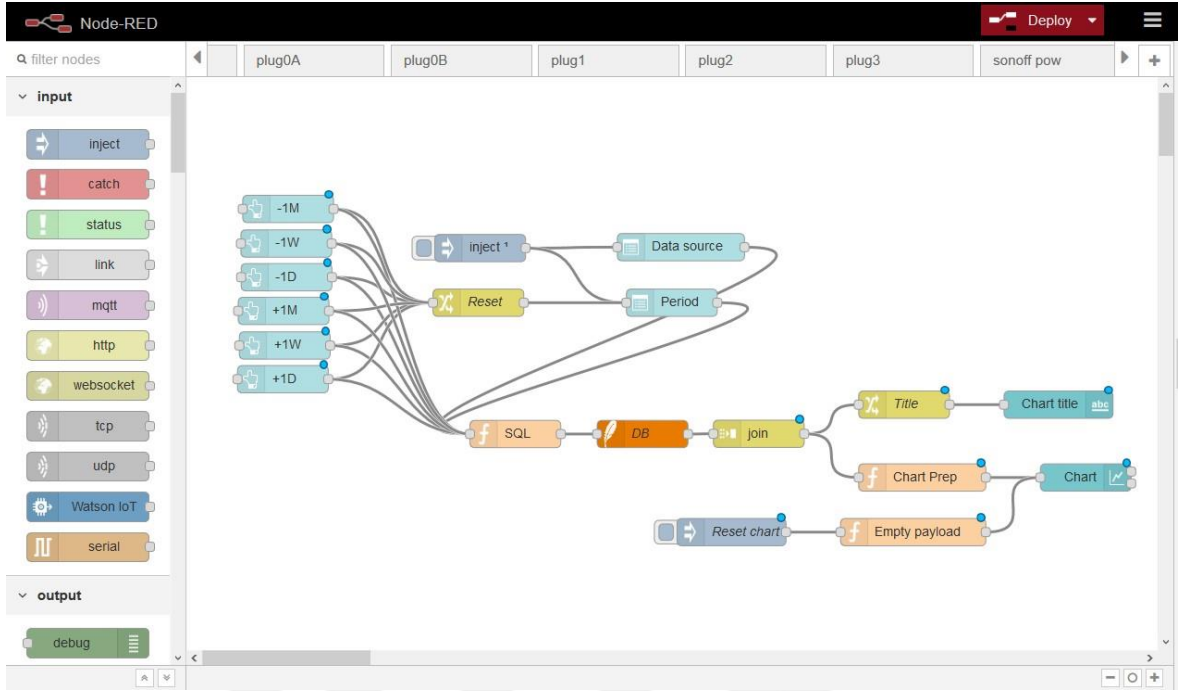


Şekil 14. Sensörlere genel bakış

1.6.4. Bulut Servis Sağlayıcı

Bulut teknolojisi, cihazların birbiriyle koordine bir şekilde paylaşımların yapılmasını sağlayan internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adıdır. Günümüzde farkında olmadan çok sık kullanılan bir uygulamadır. Mobil uygulamalara (facebook, twitter gibi) yüklenen fotoğraf ve videolar kullanılan uygulamanın bulut sunucularına aktarılmaktadır. Gmail gibi elektronik posta servisleri de kullanıcılarına üye olunduktan sonra bu hizmeti sağlamaktadır.

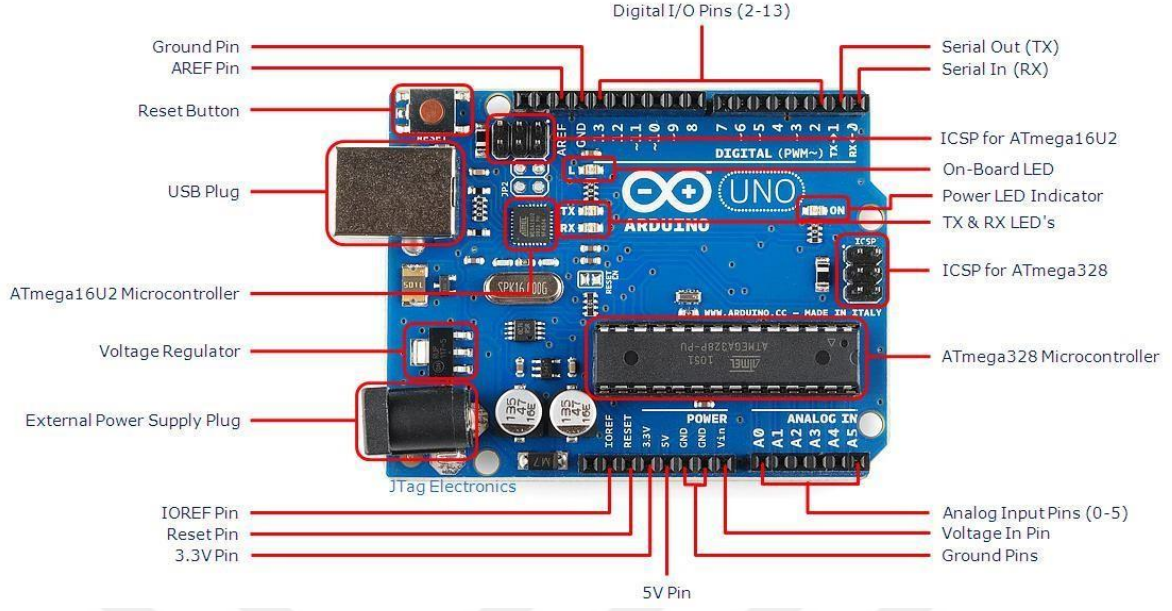
Nesnelerin interneti, veri depolama ve bu depolanan verileri kullanılabilir duruma getirilip takip ve karar sisteminin oluşturulması bulut tabanlı uygulamalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bulut servis sağlayıcı üzerinde oluşturulan ve kontrol edilebilen bu sistem doğrudan eyleyicilere komut verebileceği gibi verilerin kullanıcı arayüzü ile takibi yapılarak kullanıcının bilgilendirilmesi sağlanabilmektedir. Şekil 15’ de Node-RED kullanıcı arayüzü gösterilmektedir.



Şekil 15. Node-RED kullanıcı ara yüzü

1.6.5. Mikrodenetleyici

Mikrodenetleyici dışarıdan gelen bir veriyi, hafızada bulunan komutları, sırasıyla işleyerek çalıştırmaktadır. Bu çalışma; komutun kullanılan program hafızasından sırasıyla alınıp getirilmesi, kodunun çözülmesi, komutun uygulanması şeklinde sıralanmaktadır. Mikrodenetleyicilerde, RAM, ROM (Hafızalar), I/O (Giriş/Çıkış Birimi), Timer (Zamanlayıcı) vb. birimler tek entegre içinde bulunmaktadır. Bu özelliği mikrodenetleyicileri mikroişlemcilerden ayıran özelliğidir. Mikroişlemciler kişisel bilgisayarlarda tek bir chip şeklinde kullanılmaktadırlar. Diğer birimler hafıza (RAM, ROM vb.), Giriş/Çıkış birimleri (Port vb.) mikroişlemci dışında bulunan farklı entegrelerdedir [25]. Şekil 16' da bir mikrodenetleyici örneğinin kısımları gösterilmektedir.



Şekil 16. Arduino mikrodnetleyici

1.6.6. Veri Transfer ve Haberleşme Teknolojileri

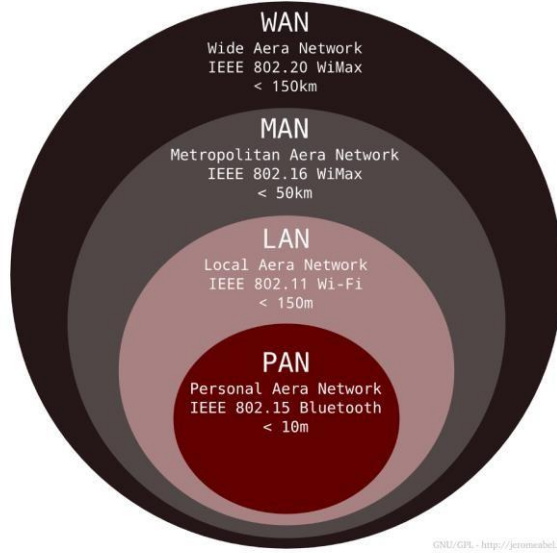
Nesnelerin interneti ile bulut bilişimi arasındaki iletişimi sağlayan haberleşme teknolojisi makinalar arası haberleşmedir. İletişim teknolojisinin seçiminde çevre şartları, ekonomik boyut, tüketilecek güç, haberleşmenin sağlanacağı iletim mesafesi vb. parametreler dikkate alınması gerekmektedir.

1.6.6.1. Ağ Tanımları

Bilgisayarların kendi aralarında yazılım ve donanım paylaşımı, bilgi paylaşımı, destek kolaylığı ve merkezi yönetim gibi sebeplerden dolayı iletişim sağlanması için birbirlerine bağlandığı yapı ağ olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde mevcut olan ağ yapıları aşağıda tanımlanmıştır [26]. Şekil 17' de PAN, LAN, MAN, WAN karşılaştırması görülmektedir.

- PAN (Personel Area Network): Yaklaşık 10 metre çapında bir alanı kapsayan, bireyin kişisel alan içerisinde bulunan cihazların oluşturduğu ağıdır. Örneğin, telefon ile akıllı bileklik arasında uygun bir veri paylaşım ağı kurulmasıdır.
- CAN (Campus Area Network): Üniversitelerin kampüsü içinde belli bir alanı kapsayan öğrenci ve öğretim üyelerinin kullandığı ağıdır.

- LAN (Lokal Area Network): Bilgisayarların donanımsal cihazları (yazıcılar, klavye vb.) arasında belirli bir alan içerisinde birbirleriyle bağlanmasıyla oluşan ağıdır. Bu bağlanma kablolu ya da kablosuz olabilir.
- MAN (Metropolitan Area Network): İçerisinde birden çok LAN sistemi kapsayan, coğrafi ölçekte LAN ve WAN arasında büyüklüğe sahip bir ağ sistemidir. Tek bir kuruma veya kuruluşu ait olabildiği gibi kamuya açık bir hizmet şeklinde de olabilir. Bir şehri tamamen kaplayacak büyüklüğe ulaşabilir.
- WAN (Wide Area Network): Coğrafi olarak en geniş alanı kapsayan ağ çeşididir. Dünya üzerine yayılmış ağ yapılarını ifade eder.
- GAN (Global Area Networks): Çok sayıda WAN ağının birbirine bağlanmasıyla oluşan tüm coğrafyaya dağılmış ağı temsil etmektedir.



Şekil 17. PAN, LAN, MAN, WAN karşılaştırması

1.6.6.2. Kablosuz (Wireless) Ağ Teknolojisi

Wi-Fi, kablosuz cihazları bir ağ erişim noktasına bağlamak için 2,4-5 GHz frekans bandında çalışmakta ve yaklaşık 20 metrelik bir iç mekân menziline sahiptir ve yüksek miktarda veriyi işleyebilmektedir. Wi-Fi'nin büyük bir avantajı, entegre anten cihazına sahip kolayca programlanabilen bir mikro denetleyici olan düşük maliyetli ESP8266 ile kullanımının kolay olmasıdır. Bu cihaz birçok geliştirici tarafından benimsenmiştir ve Arduino ile birçok uygulama geliştirilmektedir. [27].

1.6.6.3. Kablosuz (Wireless) Ağ Teknolojilerinin Karşılaştırılması

Nesnelerin interneti ekosisteminde, cihazların birbirleri ile bağlantıları bazı sorunları beraberinde getirmektedir. Kısa mesafeli bağlantı teknolojilerinde mesafelerin yetersiz ve geniş kapsama alanına sahip olan hücresel iletişim ağlarının ise yüksek enerji tüketmektedir. Bu problem, Düşük Enerjili Geniş Alan Ağı (LPWAN) ile mesafe kısıtlaması, kısa dalga radyo teknolojilerine (bluetooth, zigbee vb.) göre daha iyi ve hücresel iletişim ağı kadar (2G, 3G, 4G, 5G) enerji tüketmeyen ağ teknolojisini ortaya çıkarmıştır [28].

LPWAN, teknolojisi her geçen gün daha yaygın hale gelmektedir. En yaygın olarak gösterilen LPWAN teknolojisine sahip üç iletişim teknolojisi incelenmiştir [29]. Bunlar;

- SigFox, cihazların düşük enerji tüketimiyle ikili faz kaydırma anahtarlama (Binary Phase-Shift Keying-BPSK) ile Ultra-Dar Bant (UNB) modülasyonunu 200 kHz bandını kullanmaktadır. Her mesaj 100 Hz genişliğindedir ve bölgeye bağlı olarak saniyede 100 veya 600 bit hızında veri aktarım hızı elde edilmektedir. Bu sebeple, gürültüye karşı hassas değildir ve uzun mesafelerde de istenilen iletim sağlanabilmektedir [30].
- Lora, geniş bir ağda tercihen batarya ile kullanılan ölçüm noktaları için geliştirilmiş kablosuz haberleşme teknolojisidir. Lora, bölgesel hizmet alanlarında akıllı şebekelere yönelik IoT (nesnelerin interneti) için gereken güvenli ve iki yönlü iletişimi hedeflemektedir. Lora, uzun mesafe alanında kullanılır ve lisanssız spektrum teknolojisi kullanan haberleşme sistemidir. Kapsama alanı, şehir merkezlerinde yaklaşık 2 km, daha kırsal alanlarda ise menzili 2 ila 10 km arasında değişmektedir.
- Dar Bant IoT (NB-IoT), hücresel telekomünikasyon bantları teknolojisi kullanılarak çok farklı cihazların ve servislerin birbirlerine bağlanmasını sağlamak için geliştirilmiş bir kablosuz haberleşme teknolojisidir. NB-IoT, GSM altyapısını kullanmaktadır. NB-IoT, küçük veri paketi boyutu, düşük güç tüketimi, yüksek iletim gücü, lisanslı bant kullanımı ile girişim riskinin minimize edilmesi ve üst seviye güvenlik yaklaşımı özelliklerine sahiptir.

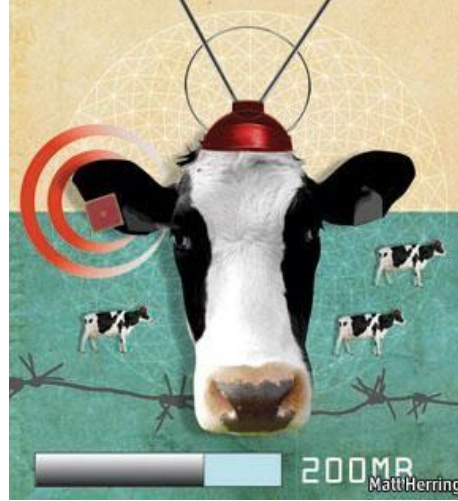
	İletişim Teknolojisi Adı						
Parametre	WiFi	WiMAX	GSM	Zigbee	Bluetooth	LoRa	Ant+
Frekans Bandı	2.4-5 GHz	2-66 GHz	865 MHz-2.4GHz	868/915 MHz	2.4 GHz	868/900 MHz	2.4GHz
Veri Hızı	1Mb/s-6.75 Gb/s	1Mb/s-1Gb/s (Sabit Sistem) 50Mb/s-100Mb/s (Mobil Sistem)	2G: 50Kb/s-100Kb/s 3G: 200Kb/s 4G: 0.1Gb/s-1Gb/s	40-50Kb/s	1-24Mb/s	0.3-50Kb/s	20 Kb/s
Etki/İletim Mesafesi	<100 m	<50 km	GSM şebekesinin olduğu her yer	<100m	<10m	<40 km	<10m(?)
Enerji Tüketimi	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Orta	Çok Düşük	Çok Düşük

Şekil 18. Kablosuz Ağ Çeşitleri Karşılaştırma Tablosu [31].

1.7. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları

Nesnelerin interneti, teknolojik gelişmelerle ilişkili dinamik bir alan olması geniş bir alanda kullanılabilmesi nedeniyle geliştirilen uygulamaların sayısı her geçen gün artmaktadır.

Farklı bir uygulama örneği olarak, Şekil 19’ da görülen ineklerin interneti örneği verilebilir. Geliştirilen kolay ve sade ara yüz ile hayvanın sağlık durumunun takip edilmesi ile kaybolma ve çalınma riskinin azaltılması gibi ineğin günlük yaşamsal hareketleri ile ilgili tüm bilgiler takip edilebilmektedir [32].



Şekil 19. İneklerin İnterneti

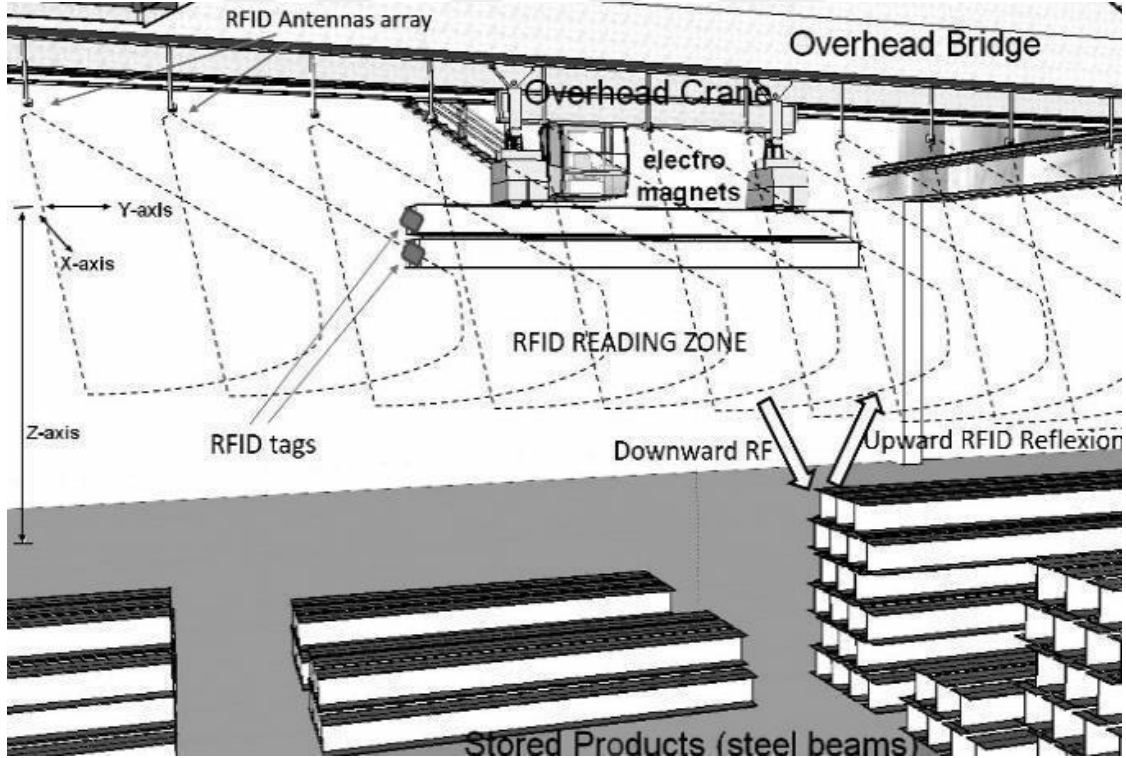
Veri toplama sisteminde kullanılan algılayıcıların maliyetlerinin azalması, Düşük Enerjili Geniş Alan Ağı (LPWAN) kablosuz iletişim teknolojilerinin gelişmesi ve yaygın bulut bilişim ağı ile nesnelerin interneti yakın gelecekte hayatın her alanında karşımıza çıkacaktır. Nesnelerin interneti (IoT), üç ana başlık altında toplanabilir [31].

- Endüstriyel alanında IoT
- Akıllı Şehir alanında IoT
- Sağlık alanında IoT

1.7.1. Endüstriyel Alanda IoT

1.7.1.1. Lojistik ve Ürün Takibi Uygulamaları

Endüstriyel alanında ilk örnek, Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) etiket sistemi ile lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde verilebilir. Bu sistem 1977 yılında Kevin Ashton tarafından geliştirilmiştir. Radyo frekansı etiketleme sistemi ile her çeşit nesnelerin takibinin yapılması, üretim planlaması, ürünlerin stok durumunun izlenmesi gibi veriler izlenebilir [31].



Şekil 20. RFID Uygulaması

Şekil 20’ de çelikhane içinde yer alan çeşitli uzunluk ve tonajlarda görülen çelik parçalar, çelikhane içinde bulunan 120 farklı alanda bulunmaktadır. Yapılan çalışmada çelik parçaların konumları, parça özellikler gibi bilgileri Radyo Frekansı ile Tanıma

sistemiyle elde edilen veriler kullanılan ara yüzü aracılığıyla takibi yapılabilmektedir [33].

1.7.1.2. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Alanı Uygulamaları

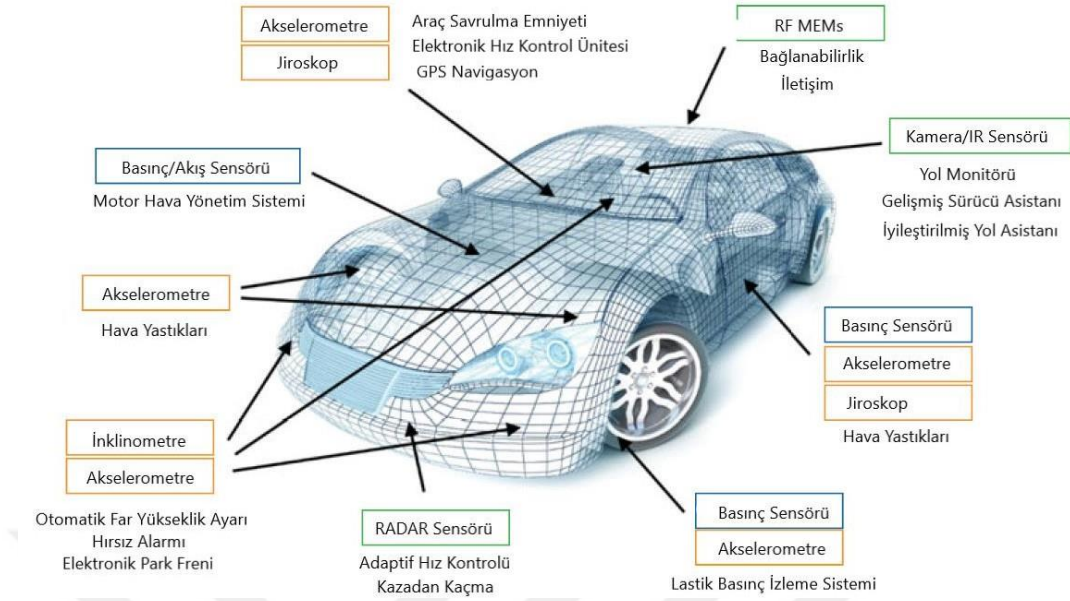
Akıllı tarım uygulamalarında, bitkilerin ek besin gibi ihtiyaçlarını toprak analizi yapan sensörlerle, su ihtiyacını sıcaklık ve nem sensörleri ile bilgilerin toplanıp analizi yapıldıktan sonra otomasyon cihazlarıyla takviyelerin yapılması, uzaktan görüntüleme sistemlerle hasat vaktinin belirlenmesi ve otonom hasat işlemi gibi birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Büyükbaş, küçükbaş hayvancılığında et, süt ve yan ürünlerin verimli hale getirilmesinde kullanılmaktadır. Ortamdaki sensörler ile hayvanların anlık olarak takibi yapılarak sonrasında oluşabilecek hastalık gibi olumsuz şartların ortadan kaldırılması mümkün olabilmektedir.

1.7.1.3. Endüstriyel Uygulamalar

Sanayi Devrimi, buhar gücüyle işleyen makineler ve araçlar makineleşmiş endüstriyi doğurması, elektrik gücünün yardımıyla teknolojik devrimini gerçekleştirmesiyle, 3. Sanayi Devrimi'ne zemin hazırladı. Endüstriyel alanın yanında bilişim teknolojilerinin sanayide hayata geçmesiyle 3. Sanayi Devrimi başladı. Nesneleri internetiyle birlikte 4. Sanayi Devrimi'nin çıkması beklenmektedir.. Özellikle otomotiv endüstrisinde araçlarda artan yazılım ve buna bağlı diğer sektörlerde önemli bir konuma sahip olacaktır.

Mevcut teknolojiyle araçlarda kullanılan sensörler, aracın bireysel olarak durumunu gösterebilmektedir. Nesnelerin interneti teknolojisiyle birlikte tüm araçlar birbiriyle iletişim halinde olmasıyla müşterek hız kontrolü, kazaların önlenmesi, elektronik park için ödeme sistemleri gibi birçok uygulamayı da geliştirebilecektir [34].

Kaynak: **Sensor Analysis for the Internet of Things, Morgan&Claypool Publishers, 2018**



Şekil 21. Nesnelerin interneti tabanlı araba örneği

Şekil 21’ de gösterilen otomotiv teknolojilerinde yer alan basınç sensörü, RADAR sensörü, akselerometre, inklinometre, LİDAR teknolojileri ile araç sürekli veri üretmektedir. Bu verilerin kablosuz haberleşme yoluyla buluta aktarılarak analizinin yapılarak diğer araçlarla paylaşılması ve akıllı şehir kapsamında, bu bilgiler şehir altyapısı bağlantısıyla akıllı bir sistem elde edilecektir.

1.7.2. Akıllı Şehirler Alanda IoT

Akıllı ulaşım; önümüzdeki yıllar içerisindeki teknolojik gelişmeler insanları bazı gereksinimleri satın almaya doğru yönleltecektir. Seyahat etmek isteyen bir kişi, telefonu ya da vb. cihazındaki uygulamayı kullanarak insansız hava aracı ile farklı bir konuma bu sayede gidebilecektir. Karayolu ile seyahat eden bir kişi oto pilot özellikli aracından şehir içi trafik yoğunluğunun az olduğu güzergahı kullanarak seyahat edebilecektir. Güncel bir örnek olarak, yandex navigasyon anlık trafik bilgilerini sağlayarak güzergâh üzerinde bulunan otoparkların ücretlerini ve tercih edilme oranını gösteren bir uygulamayı hayata geçirmiştir [35].

Akıllı ev; IoT cihazlar izleme, konfor ve güvenliği artırmak amacıyla ev ve binalarda elektrik, elektronik ve mekanik sistemleri kontrol etmek için kullanılabilir. Akıllı aydınlatma, otomatik ısı ayarı, gözetim/güvenlik sistemleri, duman/gaz sensörleri

ile yangın/zehirlenmeye karşı önlem, ev eğlence paketlerinin yönetimi gibi birçok şey bu alan içinde düzenlenebilir. Örnek olarak Amazon Echo yukarıda sayılan özellikleri yapabilecek özelliklere sahip bir IoT cihazıdır. Philips Hue, akıllı aydınlatma için; Nest ise otomatik ısı ayarı için son kullanıcıya sunulmuş somut ürünlerdir.

Akıllı elektrik şebekesi; enerji teknik-siyasi-ekonomik gelişmelere yön veren güçtür ve enerji yönetimi sürdürülebilir gelecek için kritik bir önem taşımaktadır. 21. Yüzyılda yenilenebilir enerji kaynaklarının artması ile geleneksel elektrik dağıtım şebekesi, akıllı şebekelere dönüşmek zorunda kaldı. Geleneksel enerji dağıtımında, elektrik sadece birkaç ana merkezden üretilmekte ve tek yönlü dağıtılmaktaydı. Fakat yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretim faaliyetleri büyük bir alana yayılıp, enerji akışı üretici ve tüketici barolarak çift yönlü hale gelmiştir. Bu enerjinin yönetimi ise akıllı bir sistem ile mümkün olabilir.

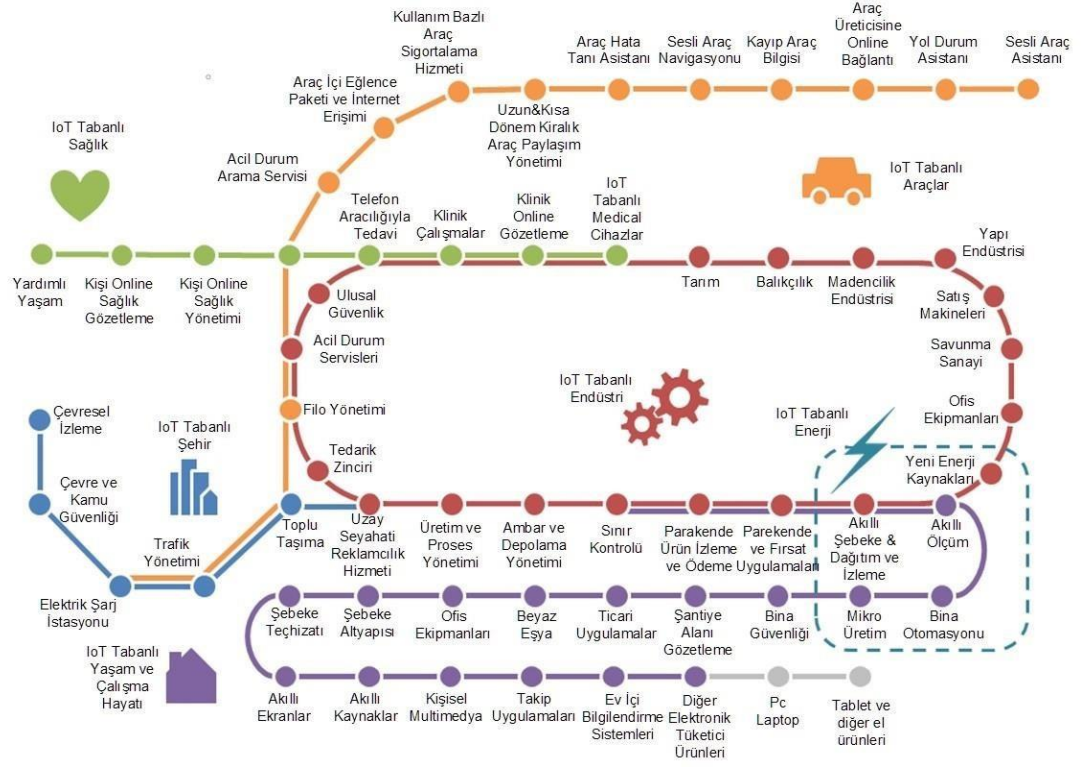
1.7.3. Sağlık Alanında IoT

Medikal ve sağlık hizmeti alanında nesnelerin interneti uygulamalarıyla büyük ölçüde etkilenecek sektörler içerisinde yer almaktadır. Gelişmiş sensör teknolojileri ile kişilerin kan basıncı, nabız, sıcaklık vb. bilgiler gerçek zamanlı anlık olarak izlenebilmektedir.

1.7.4. Nesnelerin İnterneti Uygulama Haritası

İhtiyaca göre gerekli algılayıcılar, mikrodenetleyiciler ve toplanan veriyi analiz eden bir yazılım ile herhangi bir alanda IoT uygulaması yapılabilmektedir. Bu yüzden çeşitlendirirken yaygın olan uygulama örnekleri seçilmiştir. Şekil 22’ de nesnelerin interneti yaygın olan uygulama alanlarına ait özet bulunmaktadır.

Kaynak : [Machina Research, 2015](#)



Şekil 22. IoT Örnek Uygulama Alanları Haritası

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntem

Yapılan çalışmada, çeşitli cihazlardan toplanan elektrik kullanım bilgilerini içeren ve enerji ayrıştırma (Disaggregation) araştırmalarını ilerletmeyi amaçlayan Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti (TEEAVS) adlı bir veri kümesi oluşturulmaya çalışılmıştır. Enerji ayrıştırması, ev kullanıcılarının enerji tüketimlerini ev içerisindeki temel yükler bazında ayrıştırılmasını sağlayan bir yöntemdir. Ayrıca enerji ayrıştırma konusunda veri toplama sistemi için donanım ve yazılım kurulumları açıklanmıştır. Çalışmamızın gerçekleştirilmesinde dört önemli kriter yer almaktadır.

- Mikrodenetleyici kart seçimi
- Prototip ihtiyacına uygun sensör seçimi
- Haberleşme yolu (Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth vb.)
- Bulut Yazılım

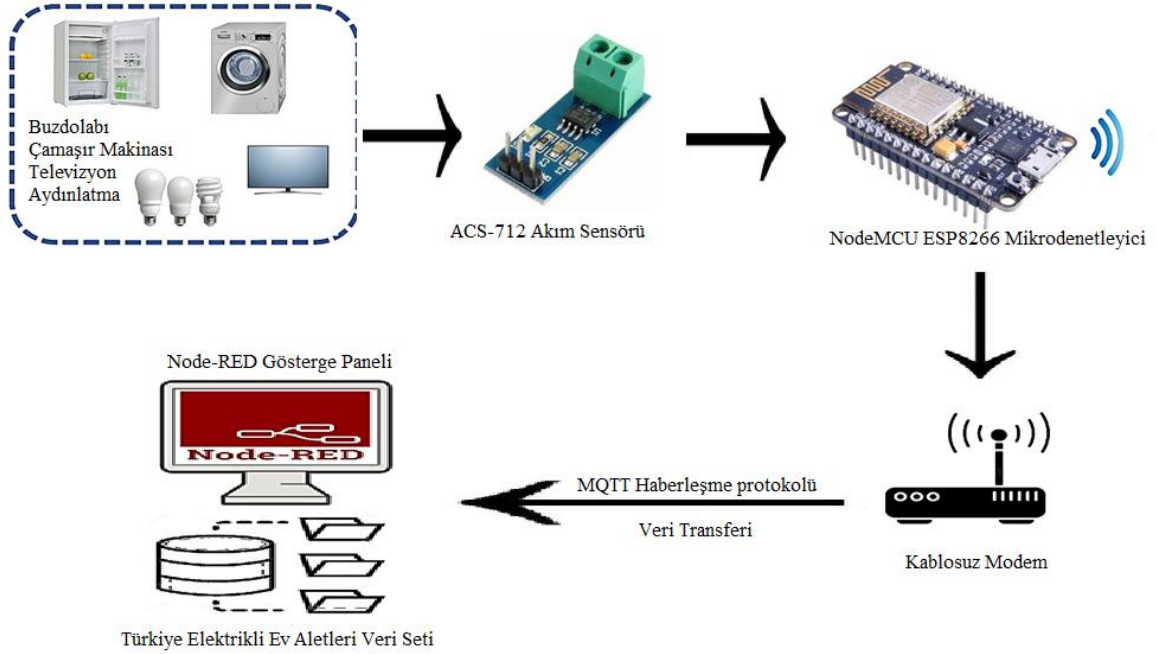
Mikrodenetleyici kart olarak NodeMCU ESP8266 Wi-Fi modülü seçilmiştir. NodeMCU ESP8266 üzerinde dahili anten bulunmaktadır. Bu sayede herhangi bir modüle ihtiyaç duymadan, ortamdaki Wi-Fi ağına rahatlıkla bağlanabilmekte, veri paketi transferleri yapabilmektedir. NodeMCU, düşük maliyeti sebebiyle nesnelerin interneti uygulamalarında çok yaygın kullanımı olan, gömülü Wi-Fi modüle sahip bir IoT denetleyicisidir. Prototipte gerçek zamanlı takibin yapılabilmesi için akım sensörleri kullanılmıştır. ACS-712 (30A modül) akım sensörü ile cihazların harcadıkları enerji takip edilmiştir.

Yapılan literatür çalışmasında Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti ile ilgili daha önce bir çalışma yapılmadığı görülmüştür. Uluslararası makalelerde, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü Üniversitesi tarafından 6 farklı ev için birkaç haftalık elektrikli ev aletlerinin tükettiği güç verilerini içeren REDD (Reference Energy Disaggregation Dataset) adı verilen veri seti kullanılmış [42], söz konusu veri setinin de tamamı erişime açık olmadığından bir kısmı akademik çalışmalarda kullanılabilmektedir. Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti ile birlikte ülkemizde yapılan çalışmalarda kullanılabilecek

yerli bir veri kümesi amaçlanmış olup, ülkelere göre oluşabilecek farklılıkların (kullanılan cihaz farklılıkları, kullanım alışkanlıkları gibi) önüne geçilebilecek ve daha verimli sonuçlar elde edilebilecektir.

Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti oluşturulurken, kullanılan cihazların belirlenmesinde, endüktif yük profillerine sahip ve analizi zor olan buz dolabı, çamaşır makinesi, televizyon ve rezistif yük profiline sahip lambalar tercih edilmiştir. Her evde oldukları ve tüketim davranışları birbirinden farklı olduğu için bu cihazlar seçilmiştir. Örneğin, buzdolabı sürekli güç tüketirken, çamaşır makinesi ve televizyon sadece kullanıldıkları zaman güç tüketir.

Elektrikli ev aletlerinden sağlanan veriler Şekil 23’ de gösterildiği gibi Wi-Fi ile bulut yazılıma gönderilerek izleme sistemi oluşturulmuştur. Bulut yazılım olarak <https://nodered.org> kullanılmıştır. Bu çalışma için tercih edilen çamaşır makinası, buzdolabı, aydınlatma, televizyon ve sayaç için harcadıkları enerji bilgisi, anlık olarak bulut yazılım aracılığıyla gösterge tablosunda (dashboard) gösterilmiştir.



Şekil 23. Türkiye Elektrik Ev Aletleri Veri Seti Blok Şeması

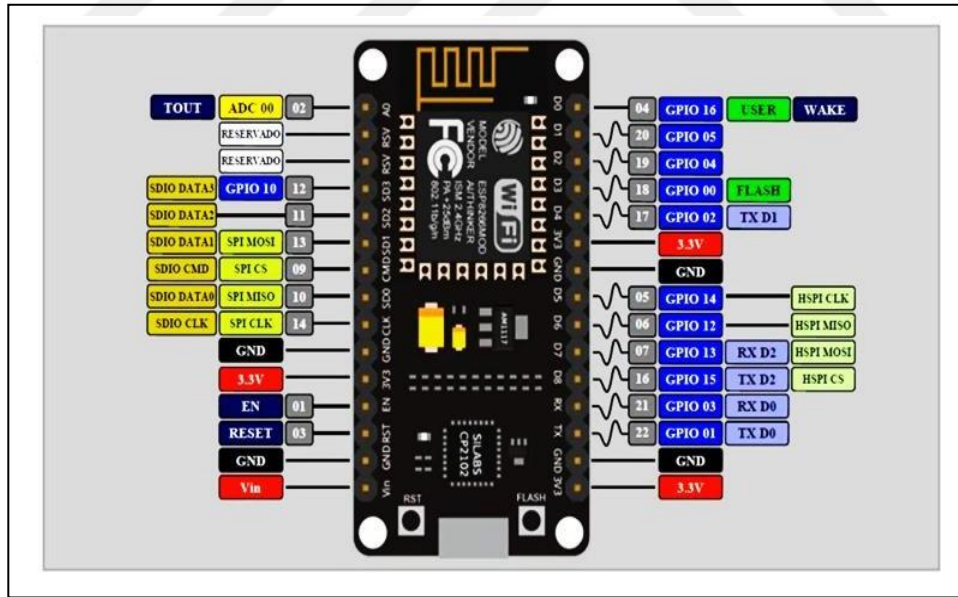
2.1.1. Mikrodenetleyici Kart Seçimi

Arduino Uno/Nano açık kaynaklı mikrodenetleyici kartı, esnekliği, düşük maliyeti ve bu platform için geliştirmeyi kolaylaştıran sade ve anlaşılabilir yazılıma sahip olduğu

için ilk seçenek olarak düşünülmüştür.

Bu cihazlar çok esnektir ve kullanımı kolaydır, birden fazla sensör ve aktüatör ile arayüz oluşturmak için 14 dijital giriş ve çıkış pini ve 6 analog giriş içermektedirler. Diğer birçok mikrodnetleyicide gerekli olan, harici bir programlayıcıya ihtiyaç duymadan doğrudan bilgisayara bağlanabilen bir USB bağlantı noktası içerirler. Her iki Arduino modeli de önceden yüklenmiş Arduino önyükleyici ile birlikte gelen ve Arduino IDE (Arduino entegre geliştirme ortamı) [36] tarafından doğrudan programlanabilen Atmel firmasının üretmiş olduğu bir ATmega328P mikrodnetleyici tarafından desteklenmektedir.

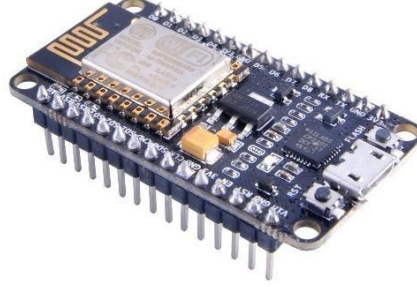
NodeMCU, Espressif Systems tarafından tasarlanan Wi-Fi özellikli ESP8266 modülünü içermektedir. Yakın zamanda geliştirilen bu mikrodnetleyici, bazen sadece Arduino kartları için bir iletişim modülü olarak kullanılmaktadır. Ancak bu çip kendi genel amaçlı Şekil 24’ de gösterilen giriş ve çıkış (GPIO) pinleri ile donatılmış olarak geliştirildiğinden, işlemci ve bellek kapasitesi açısından Arduino'dan daha güçlü olduğundan bağımsız bir cihaz olarak kullanılabilir [37].



Şekil 24. NodeMCU ESP8266 pin haritası

ESP8266, genellikle “ESP-” terimi ve ardından gelen bir dizi karakterle tanımlanan birden çok modül konfigürasyonunda mevcuttur. Farklı modüller, boyut, mevcut pim sayısı ve flash bellek boyutu açısından giriş ve çıkış pinlerine göre değişmektedir. ESP-01, en ucuz versiyon olmasına rağmen 512KB'lik azaltılmış bir flash belleğe sahiptir. ESP-12,

on bir kullanılabilir GPIO pini ve 4MB flash belleğe sahiptir [38]. Üstün özellikleri nedeniyle, ESP-12 varyasyonu, sensörler ve aktüatörlerle bağlantı gerektiğinde, özellikle de ESP-01'in erişilebilir bir ADC pinine sahip olmadığı düşünüldüğünde en iyi seçimdir.



Şekil 25. NodeMCU ESP8266

Şekil 25' de görülebileceği gibi, ESP-12 modülü, bir bilgisayara bağlantı için herhangi bir arabirim bağlantı noktası veya bir programlayıcıya bağlanmak için pimler içermez, bu nedenle bu modül genellikle sırayla bir geliştirme kartına lehimlenir. Projelerde kullanıma uygun hale getirmek için. ESP-12 için çok sayıda farklı geliştirme kartı vardır ve bunlardan en bilinenlerinden biri, ESP8266 açık kaynak topluluğu tarafından geliştirilen NodeMCU anakart ailesidir [39]. Bu anakartlar ailesi, kolayca programlanabilmesini sağlayan bir USB-Seri yonga (CH340G veya CP2102) ve çoğu devre tahtasıyla uyumlu olan bir pin arabirimi içermektedirler. NodeMCU, orijinal olarak ilk tercih olarak LUA yazılımı ile oluşturulmuş olmasına rağmen, derleyicide bazı basit değişikliklerden sonra daha sade ve anlaşılabilir Arduino IDE ve C ++ kullanılarak programlanabilmekte ve çoğu Arduino kütüphanesini kullanarak kullanımı kolaylaştırmaktadır.

Tablo 6. Arduino ve NodeMCU karşılaştırılması

Kategori	Arduino Uno/Nano	NodeMCU
GPIO Pin	14	11
Analog giriş	6 (8 for Nano)	1
PWM Pin	6	9
Çalışma gerilimi	5V	3.3V
Pin Maksimum Akım	40mA	12mA
Mikroişlemci	ATmega328P (8-bit)	ESP8266 (32-bit)
İşlemci Frekansı	16MHz	80MHz
Program Hafızası	32Kb	4MB
SRAM	2KB	64KB
EEPROM	1KB	-----
Wi-Fi	Hayır	Evet

Tablo 6 incelendiğinde, ESP8266 modülünün eski ATmega328P' den çok daha güçlü olduğu ve çok daha büyük bir belleğe ve yerleşik Wi-Fi özelliklerine sahip olduğu, bu durum NodeMCU ESP8266' yı nesnelerin interneti uygulamaları için Arduino' ya (ek bir harici Wi-Fi modülü gerektirir) göre daha çok tercih edilmektedir. Yukarıdaki nedenlerden dolayı ve maliyetleri düşürmek için, sistemimizde NodeMCU ESP8266 kartı kullanılacaktır.

2.1.2. Akım Sensörü

Bu çalışmada akım sensörleri ile elektrikli ev aletlerinin tükettiği güç ölçümü yapmak için ACS-712 (30A akım ölçer modül) akım sensörü kullanılmıştır. Küçük boyutları, yüksek hassasiyet ve alternatif akımların ölçülmesinde başarılı olması nedeniyle tercih edilmiştir. Şekil 26' de kullanılan sensör görülmektedir.



Şekil 26. ACS-712 Akım sensörü

Allegro MicroSystems tarafından tasarlan ACS-712 Akım Sensörü, Hall Effect'e dayalı IC entegre cihazına sahiptir. ASC-712 Akım Sensörü Hall Etkisine dayanmaktadır. IP + ve IP – pinlerini dahili olarak bağlayan bir bakır şerit bulunmaktadır. Bu bakır iletken bir miktar akım akarken, Hall Etkisi sensörü tarafından algılanan bir manyetik alan üretilir. Hall Effect sensörü daha sonra bu manyetik alanı uygun voltaja dönüştürmektedir. Bu yöntemde, giriş ve çıkış tamamen yalıtılmıştır. Bu çıkış AC veya DC seçimine göre değişmektedir. ACS-712 IC, 8 uçlu bir SOIC paketinde mevcuttur ve Şekil 27' de pin diyagramını göstermektedir [40].



Şekil 27. ACS-712 Pin diyagramı

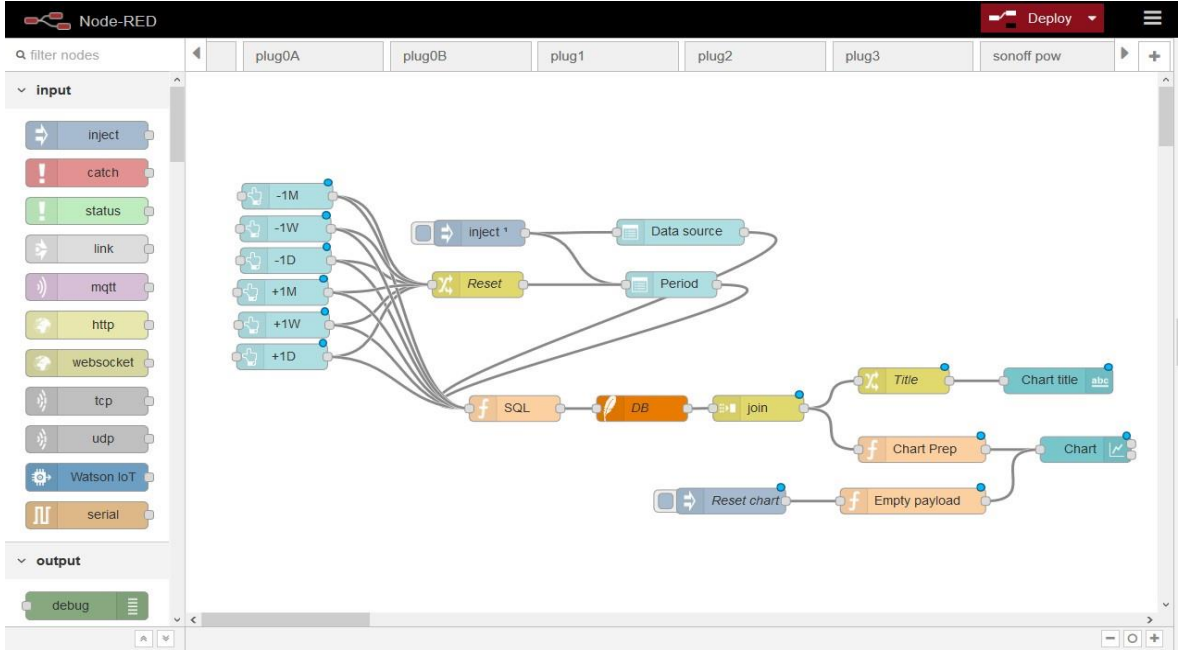
2.1.3. Bulut Bilişim Seçimi

Nesnelerin interneti teknolojisinin önemli parçası olan bulut bilişim hizmetleri, kolay ve sade ara yüzü sayesinde çeşitli cihazlardan toplanan elektrik kullanım bilgilerini içeren verilerin görselleştirilmesi, izleme ve takibinin yapılması, takibi yapılan verilerin yönetimi, farklı cihazların verilerinin aynı bilgi kümesinde yönetimi, cihaz yönetimi, uygulama geliştirme gibi birçok uygulama alanı bulunmaktadır (Ray, 2016).

Bu çalışmada, kullanımı kolay ve sade bir yazılıma sahip Şekil 28' de görülen Node-

RED (<https://nodered.org>) bulut bilişim tabanı kullanılmıştır.

Node-RED, donanım cihazlarının, bulut tabanlı sistemlerin, veri tabanlarının ve Uygulama Programlama Arayüzü bağlantısını basitleştiren, Node.js üzerine inşa edilmiş açık kaynaklı, akış tabanlı bir programlama aracıdır. İlk olarak IBM tarafından geliştirilen bu araç, bir yıldan daha kısa bir süre sonra 2013' ün sonlarında açık kaynaklı hale getirilmiştir ve halihazırda çeşitli şirketler ve ürünler tarafından kullanılmaktadır [41].

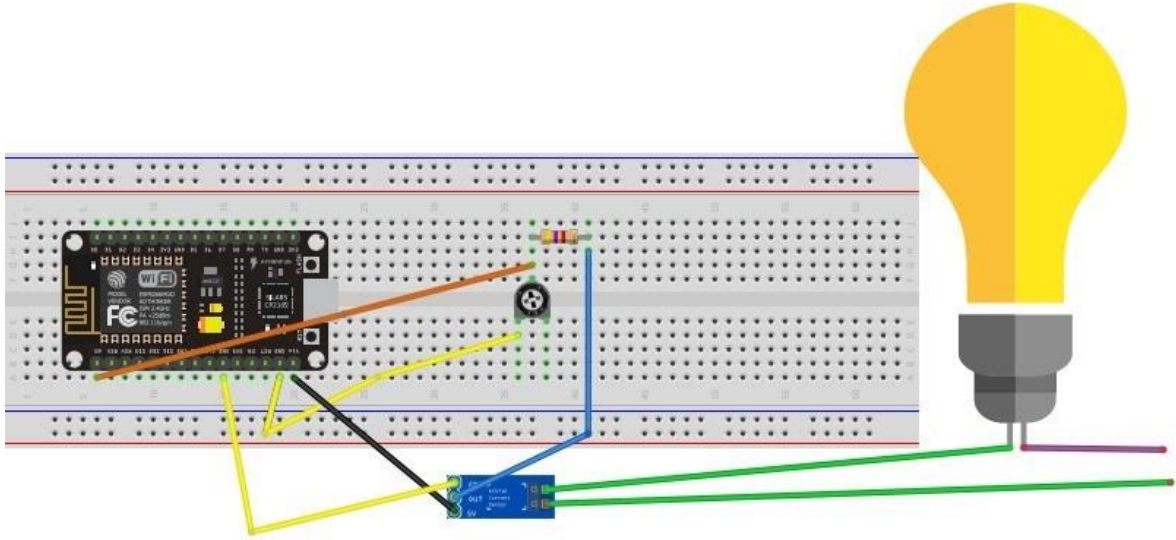


Şekil 28. Node-RED Kullanıcı ara yüzü

2.2. Nesnelerin İnterneti (Iot) Tabanlı Veri Toplama Sistemi

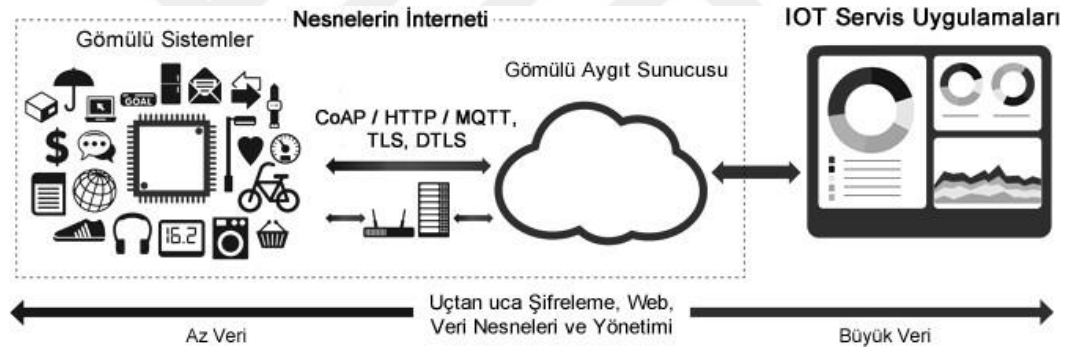
Nesnelerin İnterneti (IoT) yapısı, izleme yapabilmek için sensör ya da sensör gruplarından oluşmaktadır. Kurulan sistemde nesnelerin interneti teknolojisi kullanılarak evsel elektrikli cihazların tükettiği güç ölçümü, akım sensörleri ile yapılmıştır. Daha sonra cihazların tükettiği güç kaydedilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Uzaktan izleme yapmak için kullanacağımız devre bağlantı şeması Şekil 29' de gösterilmiştir. Aşağıda çalışmamızda kullanacağımız malzemeler verilmektedir.

- NodeMCU ESP8266 Mikrodenetleyici Kart
- Modem (Wi-Fi)
- Ubuntu 18.04 LTS (Linux İşletim Sistemi)
- ACS-712 (30A modül) Akım Sensörü



Şekil 29. Devre Bağlantı Şeması

Nesnelerin interneti tabanlı uzaktan izleme sisteminin yapısı aşağıdaki gibidir.



Şekil 30. IoT mimarisinin genel yapısı

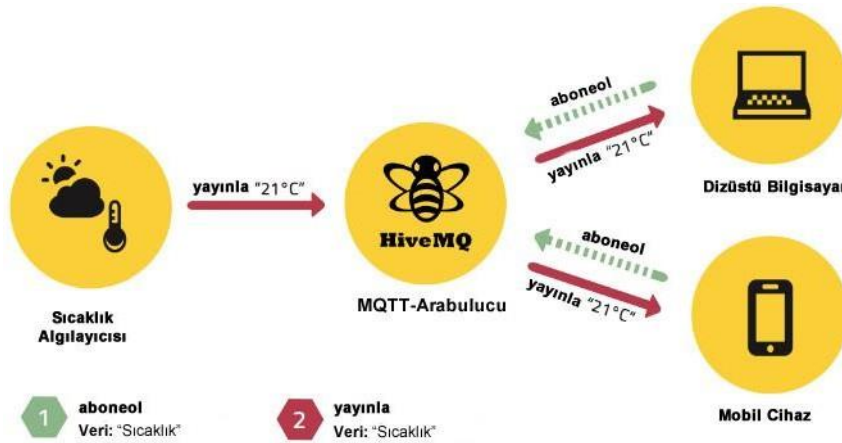
IoT haberleşme protokolleri temel olarak iki kategoride toplanmaktadır.

- İstemci/Sunucu (Client / Server)
- Yayınla/Abone ol (Publish / Subscribe)

İstemci/Sunucu yönteminde İstemci, Sunucuya bağlantı isteğinde bulunur. İstenilen verilerin tamamı Sunucu'da olduğu için İstemci tarafından yapılan isteğe yanıt verir. Örneğin; İstemci algılayıcı düğümden herhangi bir nem veya sıcaklık bilgisi okumak istediğinde Sunucu istemcinin önceden var olup olmadığını ve aygıtın adres bilgisini öğrenmesi gereklidir.

Yayınla/Abone ol yönteminde ise arada bir arabuluculuk vardır ve konu çerçevesinde arabuluculuk görevini üstlenmektedir. İstemciler (tüketici) Sunucu' dan gelen verileri üye oldukları konu çerçevesinde aradaki arabuluculuk üzerinden okuyabilmektedir. Örneğin; bir cihaz sıcaklığı her dakika örnekleyebilmekte ve ölçüm sonuçlarını her saat başında yayınlatabilmektedir. Bu bilgiyi kullanacak olanlar arabulucu düğüm üzerinden okurlar ve veriyi üreten ile doğrudan ilişki kuramazlar. Eğer İstemci/Sunucu yönteminde haberleşme altyapısı detaylı analiz edilmişse çok iyi sonuç verir. Sunucunun bir IP adresi bulunur ve ilgili bir portu dinleyebilir. İstemci bu porta bağlanarak istekte bulunabilir. Örneğin; Arabulucu mesafesi aralığı büyük düğümün ve ağıtın ağ adresi yenileniyor ise veya sürekli ağa bağlı değilse sadece bu gibi durumlarda aradaki arabulucu iletişimin sürmesini yönetebilir. IoT destekli basit bir cihaz için belli bir adrese bağlanıp elindeki verileri yayınlanmak üzere ona aktarması kolaydır.

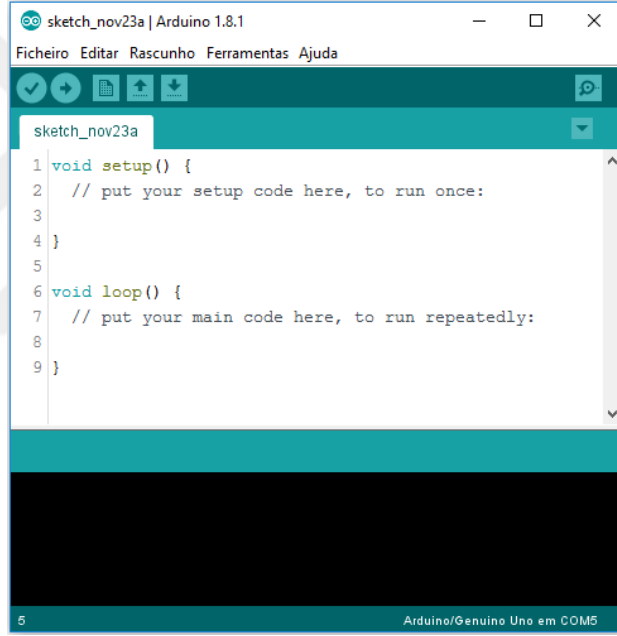
Telemetri Mesaj İletim Protokolü (MQTT) şekil 31' da görüldüğü gibi nesnelerin interneti kapsamında internette yaygın olarak kullanılan makinalar arası (M2M) mesaj teknolojisinde kullanılan, yayıncı (publisher) ve abone (subscriber) mantığına dayanan cihazlar arası milisaniyeler mertebesinde iletişime olanak sağlayan bir haberleşme protokolüdür. MQTT teknolojisi sensörlerden veri alınan yapılarda, (akıllı ev sistemler gibi) cihaz haberleşmelerinin sağlandığı yerlerde haberleşme protokolü olarak kullanılmaktadır. MQTT arabulucu (broker), yayıncıdan mesajı alarak abonelere mesajlar göndermektedir. Mesaj gönderirken, MQTT arabulucu (broker) mesajı alacak olan aboneyi filtrelemek için konuyu (topic) kullanır. MQTT' de asenkron bir haberleşme kullanılmaktadır.



Şekil 31. MQTT protokolü çalışma mimarisi

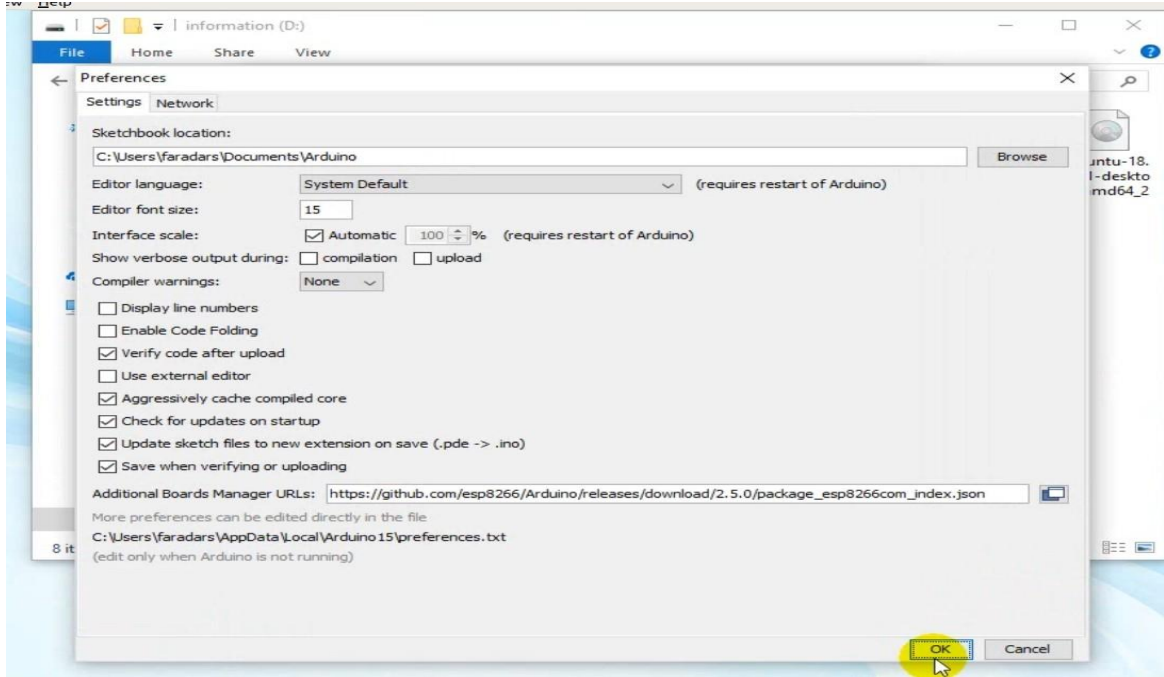
Arduino IDE Şekil 32’ de bir dizi C/C++ fonksiyonunu kullanarak çeşitli mikro denetleyicileri programlamak için kullanılabilen açık kaynaklı bir yazılımdır. Arduino IDE ile kolayca programlanabilen bir mikrodenetleyici olan NodeMCU ESP8266 üzerinde dahili anten bulunmaktadır. Bu sayede herhangi bir modüle ihtiyaç duymadan, ortamdaki Wi-Fi ağına rahatlıkla bağlanabilmektedir.

Wi-Fi, kablosuz cihazları bir ağ erişim noktasına bağlamak için 2,4-5 GHz frekans bandında çalışmaktadır, yaklaşık 20 metrelik bir iç mekân menziline sahiptir ve yüksek miktarda veriyi işleyebilmektedir. Çoğu ev, ofis ve hatta kamusal alan kullanan en yaygın kablosuz standardıdır. Hızlı veri aktarım hızları, onu dosya aktarımları ve medya akışı için mükemmel hale getirmektedir.



Şekil 32. Aurdino IDE arayüzü

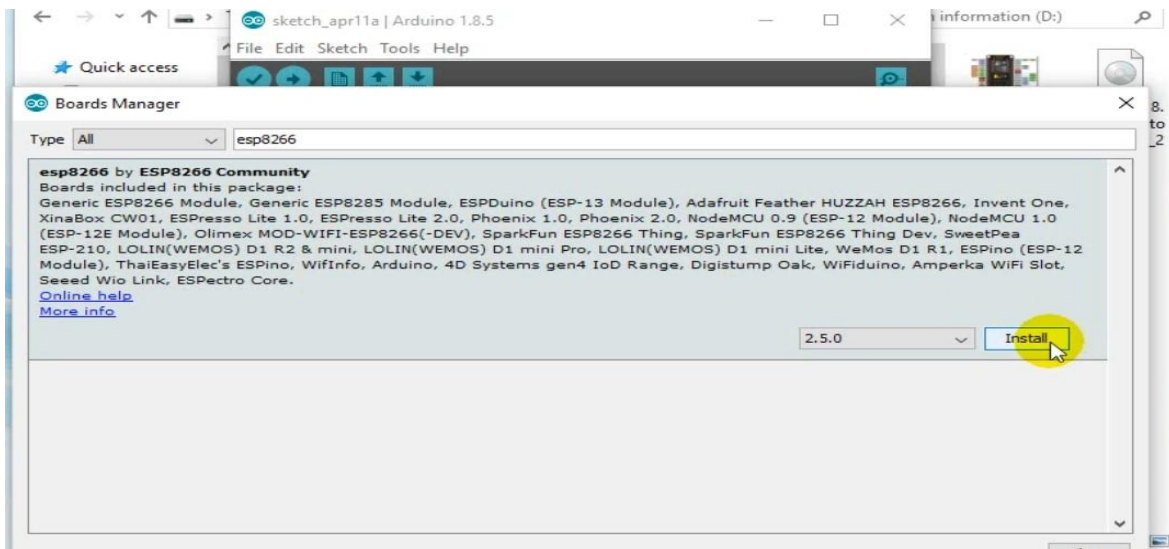
Arduino IDE kurulumu gerçekleştirildikten sonra sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılmıştır. (<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>)



Şekil 33. Arduino IDE, NodeMCU kurulumunun yapılması

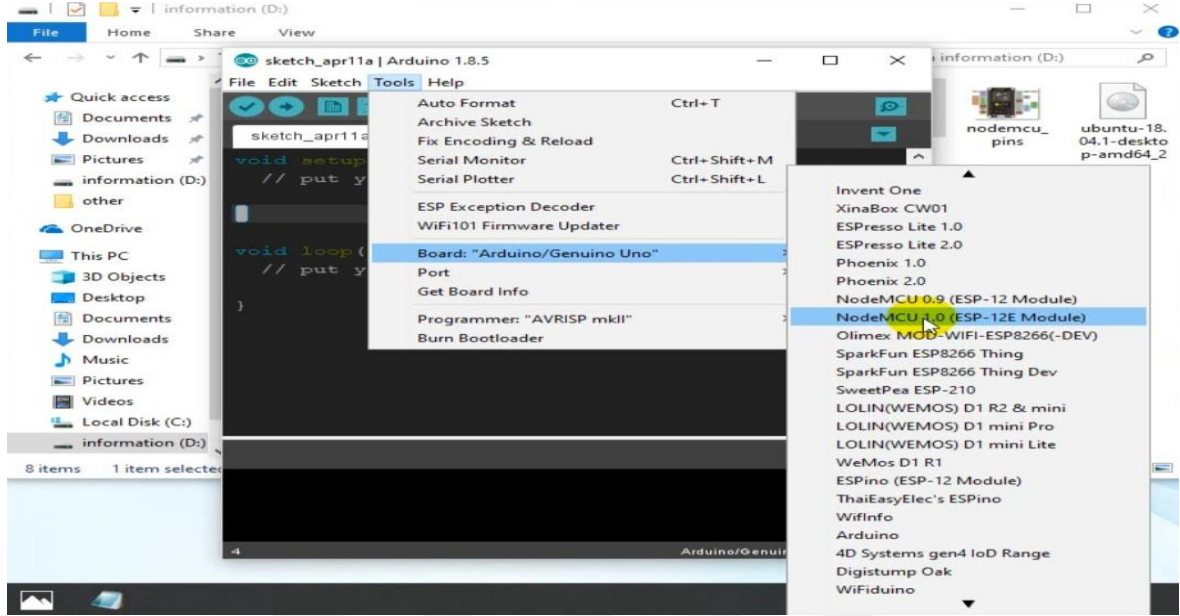
Şekil 33’ de gösterildiği üzere NodeMCU, Arduino IDE içerisinde mevcut değildir bu yüzden NodeMCU kartını manuel olarak eklenmesi gerekmektedir.
(https://github.com/esp8266/Arduino/releases/download/2.5.0/package_esp8266com_index.json)

Aşağıdaki gibi ESP8266 kütüphanesi eklenmiştir.



Şekil 34. Arduino IDE, ESP8266 kütüphanesinin kurulumu

Aşağıdaki gibi board eklenmiştir ve NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) kullanılmıştır.



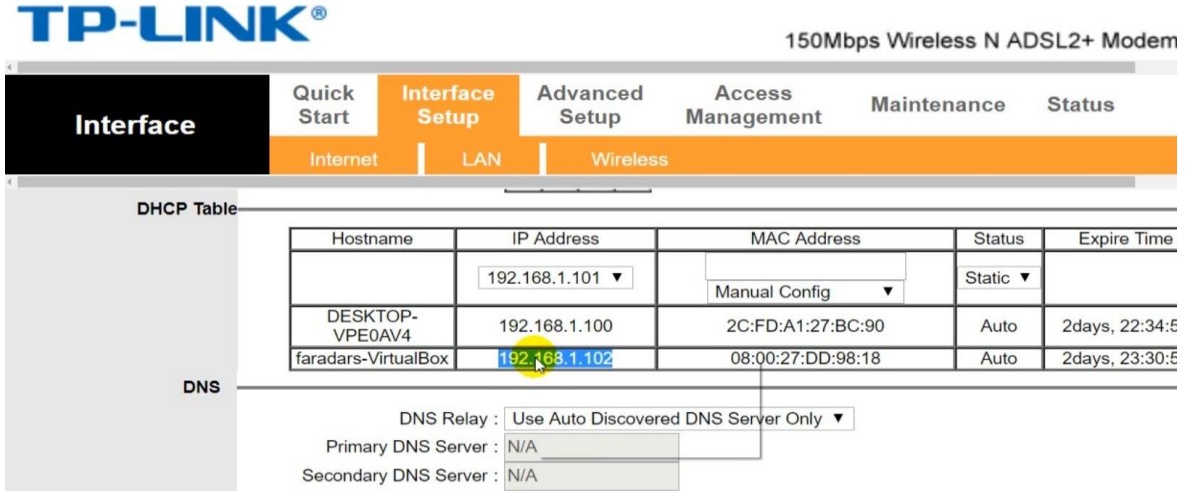
Şekil 35. ESP8266 kod yükleme işlemi

NodeMCU, NGINX ağ sunucusu üzerinden Node-Red'e bağlanabilmesi için Mosquitto adlı bir MQTT arabulucu (broker) yükleyebilmek için aşağıdaki terminal komutları kullanılmıştır:

```
sudo apt install mosquitto mosquitto -v
```

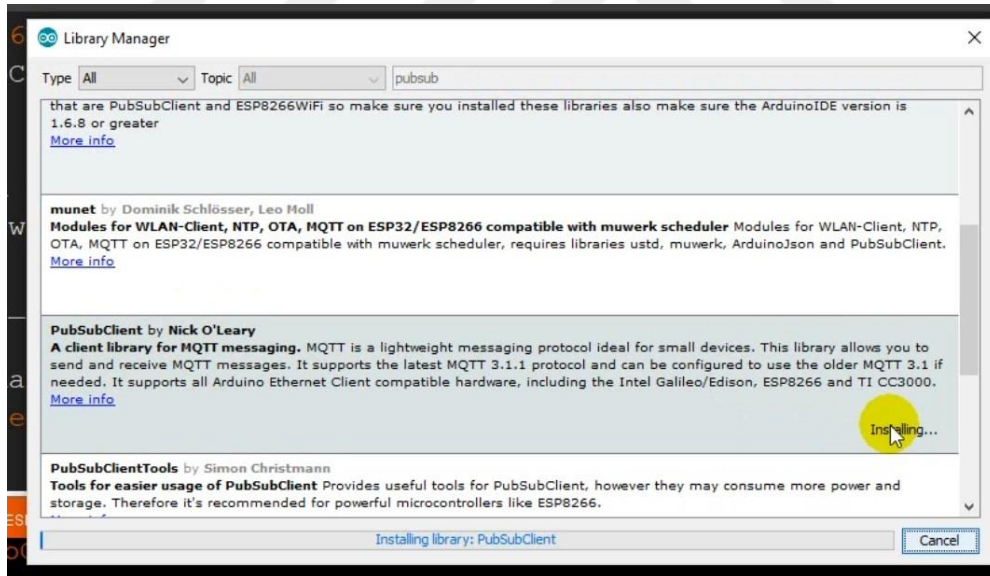
Mosquitto yöneticisi portu 1883 olarak ağımda (network) bulunmaktadır. Cihazlar arabulucuya (broker) mesaj yollamak için ağ sunucusuna erişebilmeleri gerekir, bu nedenle bir Wi-Fi Modem kullanılmıştır. Kablosuz Modem, LAN kablosu aracılığı ile ağ sunucusuna bağlanacaktır. Daha sonra cihazlar Wi-Fi üzerinden ağ sunucusuna bağlanmıştır

Modeme her bağlanıldığında IP değişmemesi için Şekil 35' de gösterildiği gibi IP "static" yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada IP 192.168.1.61 kullanılarak local host 1880 olan Node-Red'e bağlandı. İnternet tarayıcısında 192.168.1.61:1880 yazarak Node-Red ortamımıza girilebilmesi gerekmektedir. NodeMCU, Wi-Fi Modeme bağlandıktan sonra MQTT arabulucuya (broker) bağlanılmıştır.



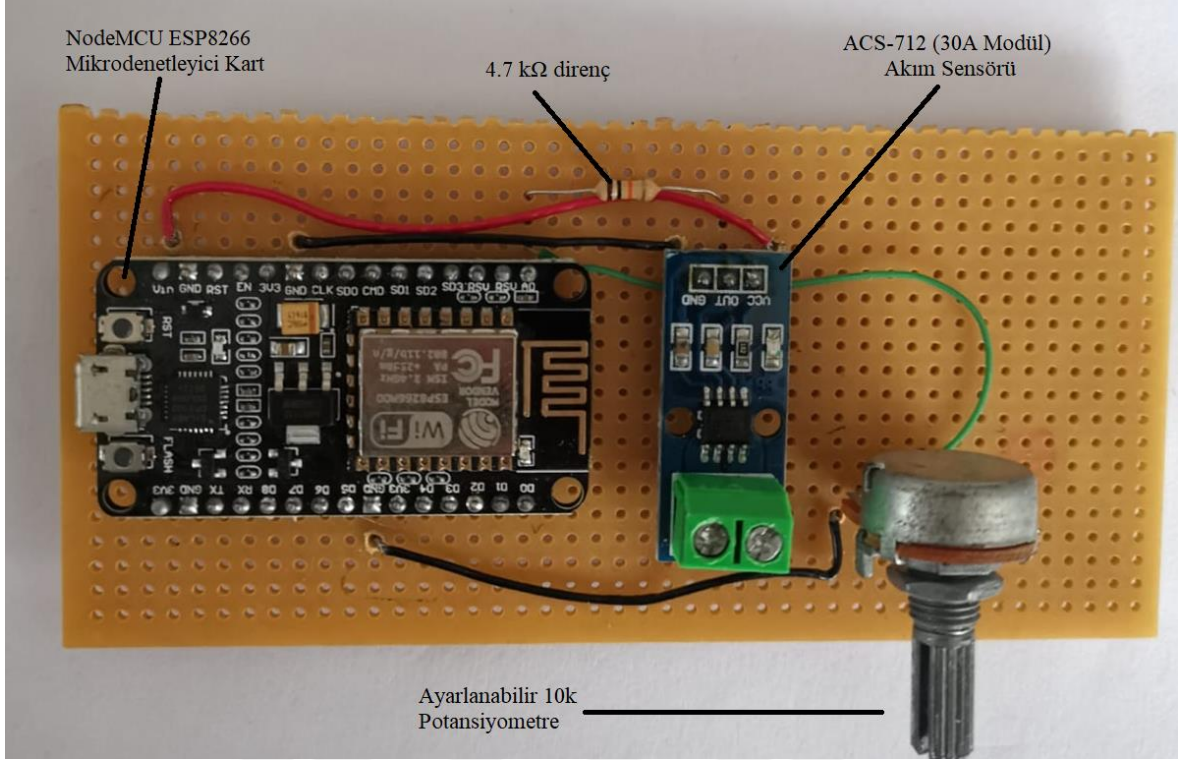
Şekil 36. Modemin IP ayarının “static” yapılması

MQTT haberleşme protokolü kullanımı için “PubSubClient.h” kütüphanesi aşağıda gösterildiği şekilde yüklenmiştir.



Şekil 37. “PubSubClient.h” kütüphanesinin yüklenmesi

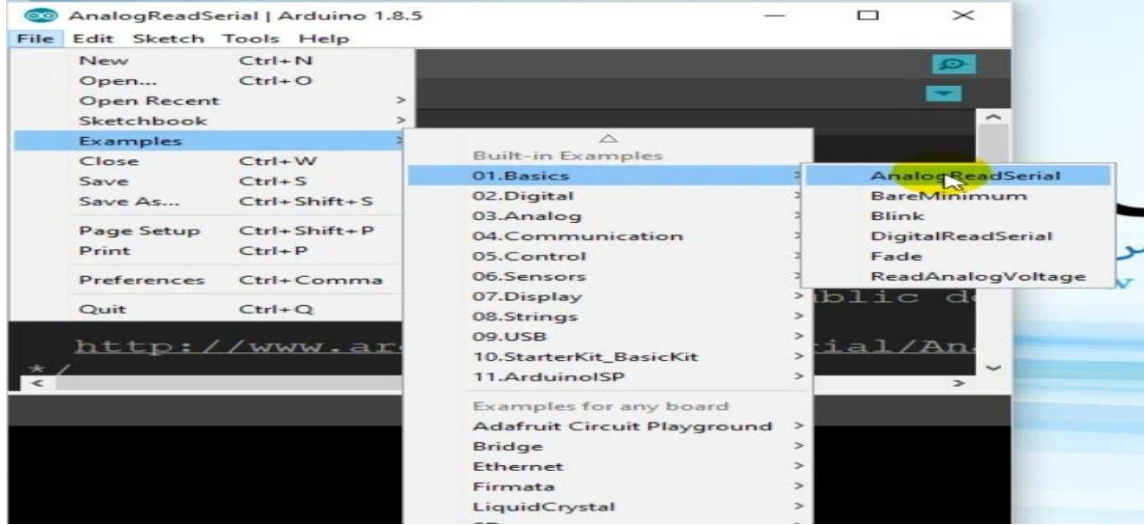
ACS-712 akım modül ile NodeMCU, Wi-Fi bağlantı devresi Şekil 38’ de gösterildiği gibi kurulmuştur. Bu sayede okunan güç değerleri Wi-Fi üzerinden MQTT haberleşme protokolü kullanılarak, Node-Red sunucumuza aktarılacaktır.



Şekil 38. Uzaktan izleme yapmak için kurulan devre

Bazı işlemcilerin çalışma gerilimleri ve algılayıcıların çıkış gerilimleri farklı olmaktadır. Bazıları NodeMCU gibi 3.3V, bazıları 5V, bazı sensörler 3.3V, bazıları ise 5V ile çalışmaktadır. Bu sebeple gerilim bölücüleri kullanılmaktadır. ACS-712 akım sensörü 5V ile çalışmaktadır. Akım sensörünün çıkışının NodeMCU'ya bağlantısı yapılmadan önce çıkış geriliminin 3.3V aralığında olacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Burada giriş gerilimi 5V ve çıkış gerilimi 3.3V olarak belirlenen değerlerdir ve bölücünün R1 ile R2 direnç değerlerini hesaplamak gerekmektedir.

Devre kurulumu gerçekleştirildikten sonra Şekil 39' de gösterilen sensör değerlerini test edilerek aşağıdaki gibi AnalogreadSerial kodu ACS-712 için test edilmiştir.



Şekil 39. Arduino IDE üzerinde ayarlanabilir direnç düzenlemesi

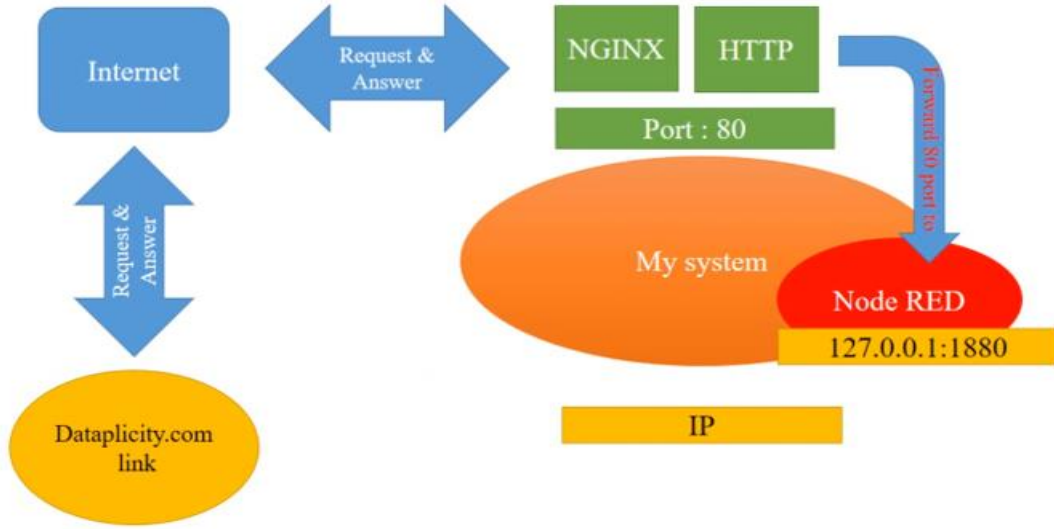
2.3. Nesnelerin İnterneti ile Uzaktan Veri İzleme Sistemi Kurulumu

Bu çalışmada akıllı şebeke uygulamalarına yönelik nesnelerin interneti tabanlı uzaktan izleme sistemi tasarlanmıştır. Sistemin yazılım kısmında, akış tabanlı bir programlama aracı olan Node-RED kullanılmıştır. Node-RED, donanım cihazlarının, bulut tabanlı sistemlerin, veri tabanlarının ve Uygulama Programlama Arayüzü bağlantısını basitleştiren, Node.js üzerine inşa edilmiş açık kaynaklı, akış tabanlı bir programlama aracıdır. İlk olarak IBM tarafından geliştirilen bu araç, bir yıldan daha kısa bir süre sonra 2013'ün sonlarında açık kaynaklı hale getirilmiştir ve halihazırda çeşitli şirketler ve ürünler tarafından kullanılmaktadır [7].

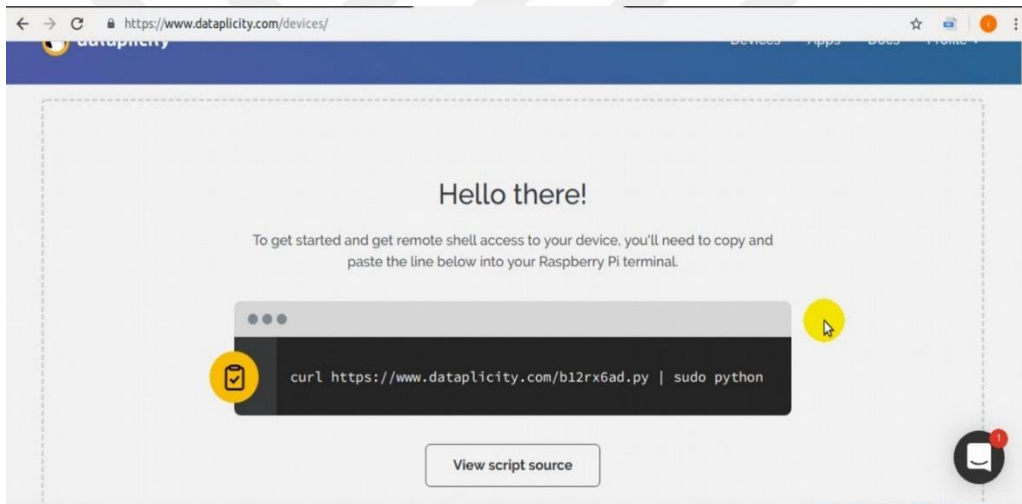
Kurulum için öncelikle nodejs.org adresi üzerinden kullanılan bilgisayarın işletim sistemiyle uyumlu versiyonu indirilip kurulduktan sonra terminale “node -v” komutu ile NodeJS’ in kurulumu yapılmıştır.

Linux için; “sudo npm install -g --unsafe-perm node-red”,

komutu çalıştırılıp Node-Red kullanılabilmesi için gerekli dosyalar çalışma yapılan bilgisayara yüklenmiştir. Ardından terminale “node-red” yazılarak Node-Red’ in <host>:1880 portunda çalışması sağlandı. Herhangi bir internet aracı kullanılarak http://127.0.0.1:1880 adresine giriş yapılarak Node-Red sistemine bağlanılabilmektedir. İnternet üzerinden herhangi bir tarayıcı kullanılarak nesnelerin interneti tabanlı tasarladığımız sistemi kullanabilmek için şekil 40’ de bağlantı noktası yönlendirme yapısı kullanılmıştır.



Şekil 40. Node-Red Port Yönlendirme Yapısı



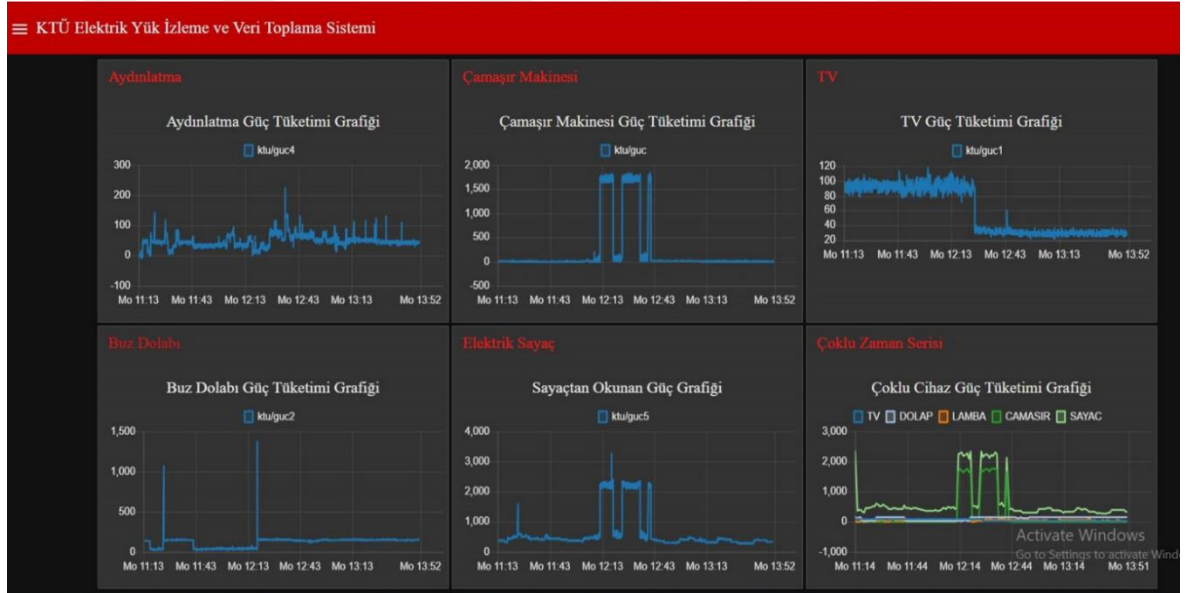
Şekil 41. Dataplicity Port Yönlendirme Platformu

Yukarıdaki şekilde görülen sayfadaki alana mail adresi girildikten sonra sitenin vermiş olduğu kodu komut satırında çalıştırılmıştır. Açılan sayfada (diğer Linux cihazları) aktif hale getirilerek Linux terminal ortamına girilmiştir. Açılan sayfada Şekil 40'da gösterildiği gibi tuşu enable edildikten sonra mavi linke tıklayarak bu sayfada daha önce kurulumu yapılan Node-red sunucusuna istek gönderilmiştir. Sistemde henüz ağ sunucusu kurulu olmadığından dolayı erişim gerçekleşmeyecektir. Bu nedenle Node-Red uygulamasına internette erişebilmek için Nginx ağ sunucunun kurulumu yapılmıştır. Daha sonra Nginx sunucusu yeniden başlatılabilmesi için aşağıdaki komut kullanılmıştır:

systemctl restart nginx

Sistem yeniden başlatıldıktan sonra link kullanılarak herhangi bir noktadan ve herhangi bir internet tarayıcı kullanılarak kurulumu gerçekleşen uygulamaya bağlanılabilmektedir. Bunun için kullanıcı adı ve şifre alınması (veya kullanılması) gerekmektedir. Bu işlemler sırasında Node-Red uygulaması durdurulup, kullanıcı adı ve şifre oluşturulmuştur.

Bu çalışma için tercih edilen çamaşır makinası, buzdolabı, aydınlatma, televizyon ve sayaç için harcadıkları enerji bilgisi, anlık olarak bulut yazılım aracılığıyla (Node-RED) gösterge tablosunda (dashboard) gösterilmiştir. Şekil 42’ de dikey eksenle cihazların tükettiği güç (W) ve yatay eksenle zaman (gün ve saat) olacak şekilde gösterilmiştir.

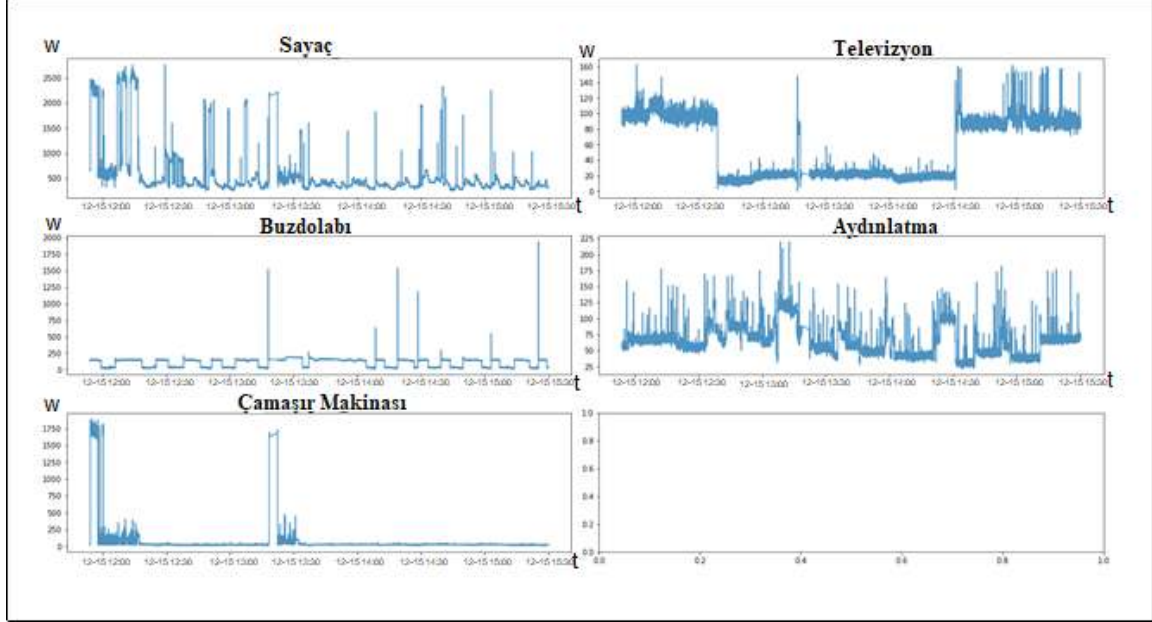


Şekil 42. KTÜ Nesnelerin İnterneti Tabanlı Uzaktan İzleme ve Veri Toplama Sistemi

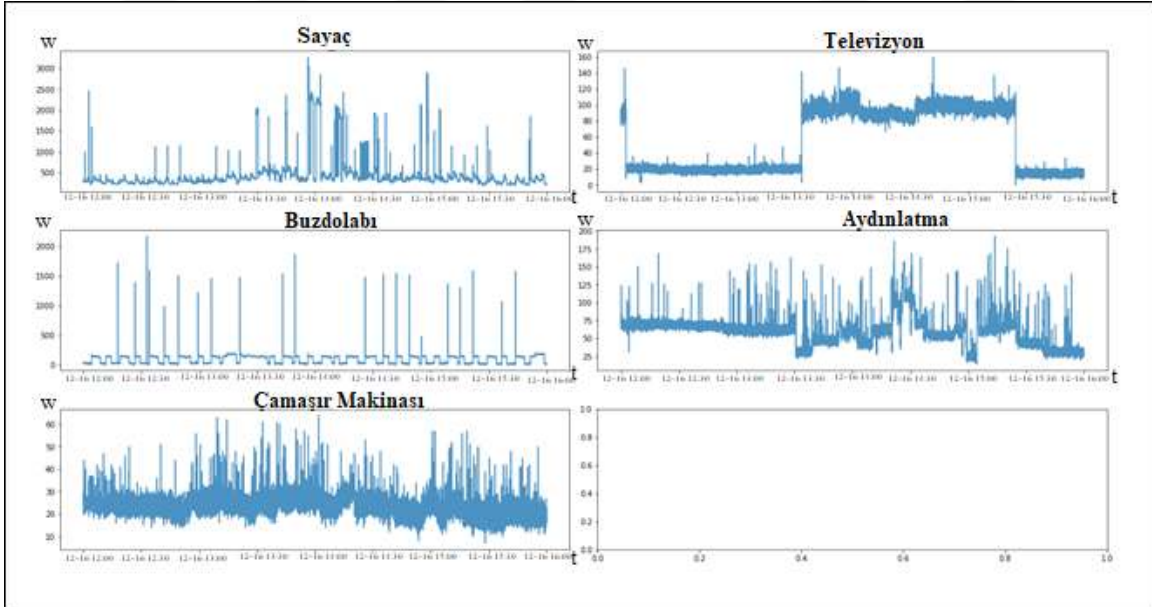
2.4. Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti Oluşturulması

Bu çalışmada, Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti olarak adlandırılan, akıllı ölçüm sistemi ve kablosuz uzaktan izleme sistemi tasarımı ile evsel cihazların harcadıkları enerjinin kaydedilerek veri seti oluşturulmuştur. Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti, belli bir zaman aralığında beş kişilik bir ailenin yaşadığı bir ev için kullanılan cihaz alışkanlıklarına bağlı elektrik tüketiminden oluşmaktadır. Cihazların elektrik tüketimine bağlı grafikler Şekil 43, Şekil 44, Şekil 45, Şekil 46’ da gösterilmiştir. Bu çalışmada toplanan TEEAVS verileri için aşağıda gösterildiği gibi bir veri çerçeveleri

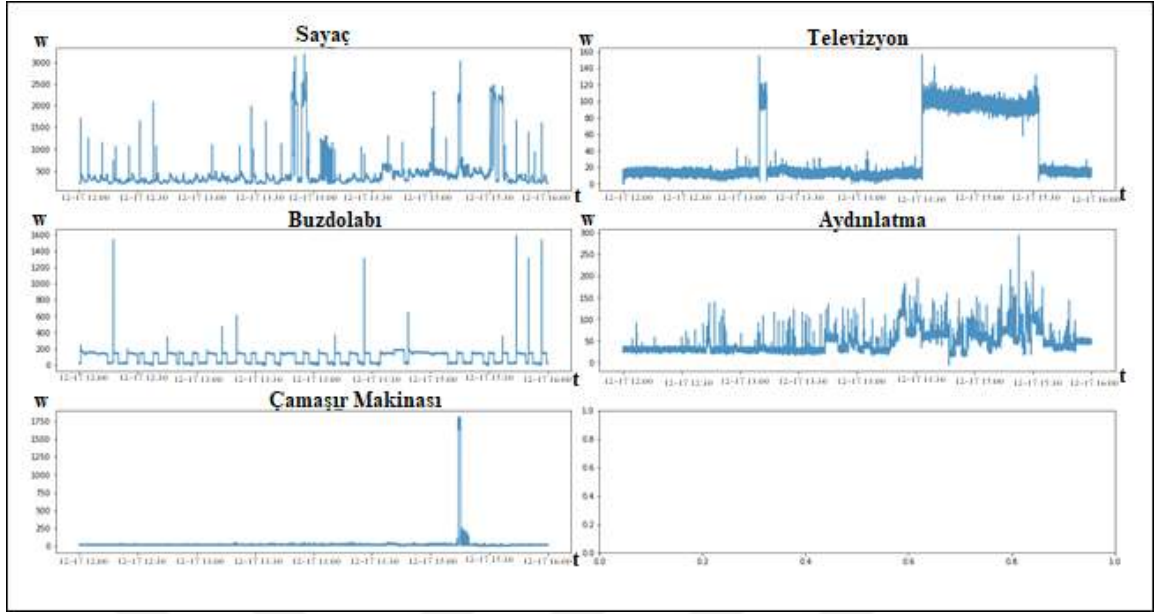
oluşturulmuştur. Veri çerçeve yapıları veri analizi işlemlerinde oldukça faydalı olmaktadır.



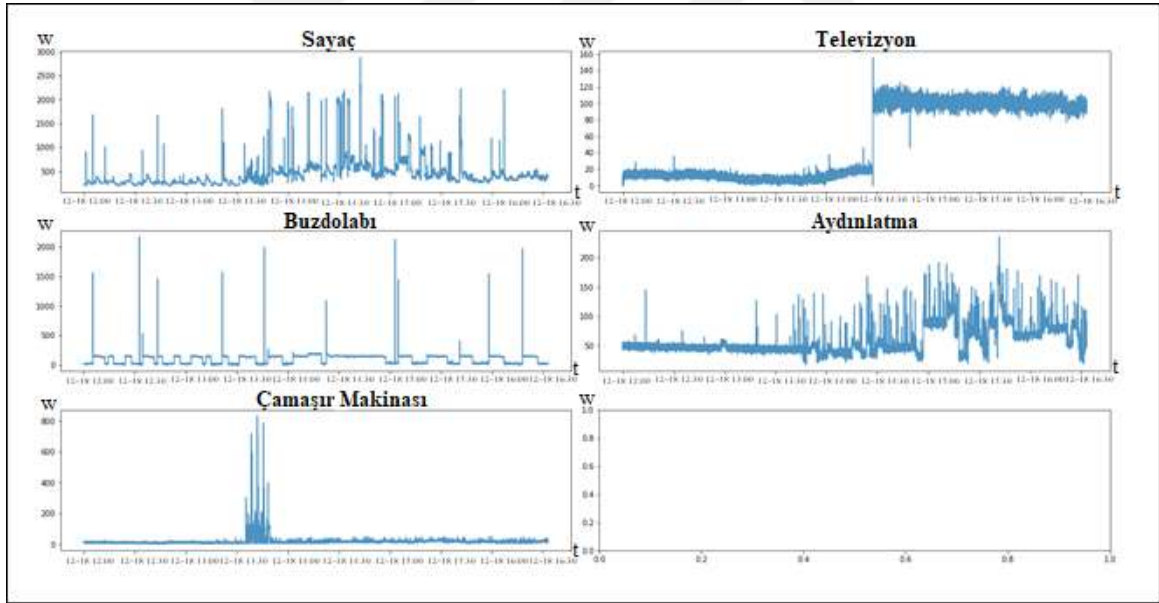
Şekil 43. TEEAVS' nin tarihi 2020-12-15 olan cihazların tükettiği güç verilerinin çizimi



Şekil 44. TEEAVS' nin tarihi 2020-12-16 olan cihazların tükettiği güç verilerinin çizimi



Şekil 45. TEEAVS' nin tarihi 2020-12-17 olan cihazların tükettiği güç verilerinin çizimi



Şekil 46. TEEAVS' nin tarihi 2020-12-18 olan cihazların tükettiği güç verilerinin çizimi

Tablo 7. Veri Kümesindeki Ev için 2020-12-15 tarihli veri çerçevesi gösterimi

	Sayaç (W)	Televizyon (W)	Buzdolabı (W)	Aydınlatma (W)	Çamaşır M. (W)
2020-12-15 12:00:00	2580.0	98.0	24.0	57.0	1680.0
2020-12-15 12:00:02	2594.0	93.0	24.0	49.0	1688.0
2020-12-15 12:00:04	2588.0	97.0	24.0	53.0	1686.0
2020-12-15 12:00:06	2569.0	102.0	29.0	56.0	1677.0
2020-12-15 12:00:08	2577.0	87.0	29.0	53.0	1679.0
2020-12-15 12:00:10	2566.0	91.0	17.0	50.0	1671.0
2020-12-15 12:00:12	2572.0	103.0	24.0	52.0	1677.0
2020-12-15 12:00:14	2572.0	91.0	24.0	57.0	1678.0
2020-12-15 12:00:16	2577.0	90.0	24.0	50.0	1683.0
2020-12-15 12:00:18	2581.0	99.0	17.0	50.0	1689.0
2020-12-15 12:00:20	2594.0	96.0	17.0	51.0	1697.0
2020-12-15 12:00:22	2597.0	90.0	29.0	52.0	1697.0
2020-12-15 12:00:24	2577.0	100.0	24.0	48.0	1668.0
2020-12-15 12:00:26	2588.0	92.0	24.0	49.0	1688.0
2020-12-15 12:00:28	2577.0	95.0	24.0	86.0	1687.0
2020-12-15 12:00:30	2579.0	99.0	24.0	87.0	1688.0
2020-12-15 12:00:32	2580.0	95.0	24.0	87.0	1699.0

Tablo 8. Veri Kümesindeki Ev için 2020-12-16 tarihli veri çerçevesi gösterimi

	Sayaç (W)	Televizyon (W)	Buzdolabı (W)	Aydınlatma (W)	Çamaşır M. (W)
2020-12-16 12:00:00	389.0	96.0	18.0	58.0	16.0
2020-12-16 12:00:02	394.0	97.0	14.0	50.0	10.0
2020-12-16 12:00:04	389.0	87.0	14.0	53.0	15.0
2020-12-16 12:00:06	395.0	103.0	19.0	55.0	12.0
2020-12-16 12:00:08	378.0	86.0	19.0	54.0	14.0
2020-12-16 12:00:10	364.0	81.0	23.0	51.0	18.0
2020-12-16 12:00:12	363.0	93.0	25.0	50.0	13.0
2020-12-16 12:00:14	366.0	99.0	25.0	59.0	12.0
2020-12-16 12:00:16	367.0	96.0	25.0	55.0	11.0
2020-12-16 12:00:18	368.0	97.0	25.0	52.0	19.0
2020-12-16 12:00:20	366.0	96.0	27.0	53.0	13.0
2020-12-16 12:00:22	367.0	100.0	29.0	54.0	15.0
2020-12-16 12:00:24	362.0	100.0	25.0	47.0	22.0
2020-12-16 12:00:26	370.0	96.0	26.0	46.0	25.0
2020-12-16 12:00:28	375.0	96.0	24.0	96.0	24.0
2020-12-16 12:00:30	364.0	98.0	14.0	97.0	20.0
2020-12-16 12:00:32	377.0	95.0	18.0	95.0	27.0

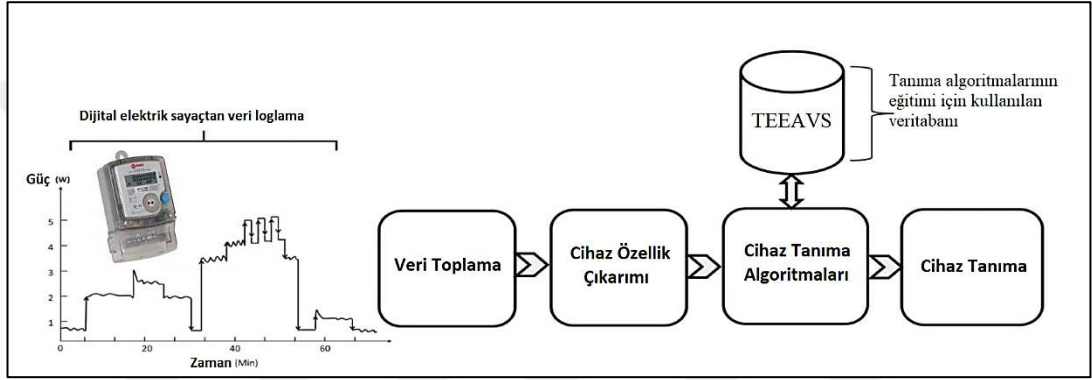
Tablo 9. Veri Kümesindeki Ev için 2020-12-17 tarihli veri çerçevesi gösterimi

	Sayaç (W)	Televizyon (W)	Buzdolabı (W)	Aydınlatma (W)	Çamaşır M. (W)
2020-12-17 12:00:00	1619.0	97.0	254.0	87.0	36.0
2020-12-17 12:00:02	1633.0	91.0	245.0	89.0	20.0
2020-12-17 12:00:04	1672.0	93.0	238.0	83.0	19.0
2020-12-17 12:00:06	1657.0	108.0	255.0	96.0	22.0
2020-12-17 12:00:08	1660.0	100.0	241.0	93.0	22.0
2020-12-17 12:00:10	1666.0	96.0	217.0	90.0	18.0
2020-12-17 12:00:12	1628.0	103.0	224.0	95.0	20.0
2020-12-17 12:00:14	1485.0	102.0	248.0	87.0	18.0
2020-12-17 12:00:16	1487.0	97.0	244.0	90.0	16.0
2020-12-17 12:00:18	1368.0	93.0	217.0	96.0	21.0
2020-12-17 12:00:20	1398.0	91.0	218.0	91.0	23.0
2020-12-17 12:00:22	1386.0	94.0	219.0	95.0	25.0
2020-12-17 12:00:24	1385.0	100.0	214.0	98.0	22.0
2020-12-17 12:00:26	1370.0	95.0	204.0	99.0	21.0
2020-12-17 12:00:28	1375.0	95.0	244.0	96.0	24.0
2020-12-17 12:00:30	1364.0	99.0	263.0	97.0	20.0
2020-12-17 12:00:32	1377.0	91.0	266.0	97.0	18.0

Tablo 10. Veri Kümesindeki Ev için 2020-12-18 tarihli veri çerçevesi gösterimi

	Sayaç (W)	Televizyon (W)	Buzdolabı (W)	Aydınlatma (W)	Çamaşır M. (W)
2020-12-18 12:00:00	1889.0	23.0	1654.0	46.0	26.0
2020-12-18 12:00:02	1894.0	21.0	1635.0	49.0	24.0
2020-12-18 12:00:04	1899.0	27.0	1624.0	51.0	23.0
2020-12-18 12:00:06	1895.0	22.0	1629.0	46.0	22.0
2020-12-18 12:00:08	1878.0	19.0	1689.0	43.0	22.0
2020-12-18 12:00:10	1894.0	18.0	1677.0	40.0	19.0
2020-12-18 12:00:12	1901.0	23.0	1688.0	45.0	24.0
2020-12-18 12:00:14	1889.0	21.0	1685.0	47.0	29.0
2020-12-18 12:00:16	1889.0	20.0	1655.0	44.0	25.0
2020-12-18 12:00:18	1897.0	26.0	1688.0	48.0	22.0
2020-12-18 12:00:20	1896.0	23.0	1705.0	47.0	26.0
2020-12-18 12:00:22	1872.0	20.0	1725.0	44.0	21.0
2020-12-18 12:00:24	1877.0	21.0	1716.0	46.0	27.0
2020-12-18 12:00:26	1896.0	22.0	1725.0	43.0	31.0
2020-12-18 12:00:28	1855.0	27.0	1700.0	47.0	33.0
2020-12-18 12:00:30	1853.0	18.0	1698.0	46.0	30.0
2020-12-18 12:00:32	1850.0	15.0	1697.0	45.0	28.0

Bu çalışmada evde kullanılan 4 cihazın tükettiği güç ölçümü ve sayaç üzerinde tüketilen toplam yük verileri 2 saniye aralıklarla 4 ay boyunca kaydedilerek yerli bir veri seti oluşturulmuştur. Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti ile birlikte ülkemizde yapılan çalışmalarda kullanılabilecek yerli bir veri kümesi amaçlanmış olup, ülkelere göre oluşabilecek farklılıkların (kullanılan cihaz farklılıkları, kullanım alışkanlıkları gibi) önüne geçilebilecek ve daha verimli sonuçlar elde edilebilecektir. Cihazların tüketimini sayaç üzerinden belirleyebilmek için Şekil 47’ da cihaz sınıflandırma tekniklerinin kullanılmasıyla birlikte, kullanıcı sadece sayaç üzerinden daha fazla bilgi alabilir.



Şekil 47. Yapay Zeka ile cihaz sınıflandırma işlem akışı

Akıllı ölçüm bağlamında, ev aletlerini TEEAVS bilgilerinin bir fonksiyonu olarak yerli cihaz sınıflandırma için kullanılabilir. Bu talep tarafındaki ağır yükler sırasında ayrıntılı geri bildirim ve farkındalık sağlayarak kullanıcıların enerji talebini azaltarak üretim varlıklarının daha verimli kullanılmasını sağlar. Böylece, son kullanıcılar, pahalı akıllı soket sensörlerine ihtiyaç duymadan ayrıntılı faturalandırma elde edebilecektir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ekonomik büyüme, sanayileşme, yaşam koşullarındaki iyileşme ve artan konfor ile beraber enerji ihtiyacı da her yıl artmaktadır. Bu gelişmeler doğrultusunda son yıllarda ülkemizde ve dünyada akıllı şebekelere verilen önem artmaktadır. Akıllı şebeke, modern bilgi sistemi ile geleneksel elektrik şebekesinin bir kombinasyonudur. Ölçüm ve uzaktan izleme işlemleri akıllı şebekeler için oldukça önemli olan işlemlerdir. Enerji verimliliğinin artırılması ve elektrik şebekesinin buna uygun olarak verimli şekilde yönetilmesi için yüksek doğruluklarda tahminlerin yapılması ve bu tahminlerin karar alma süreçlerinde kullanılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında düşük maliyetli donanım ve açık kaynaklı yazılıma dayalı akıllı şebekeler için akıllı ölçüm sistemi ve kablosuz uzaktan izleme sistemi tasarımı ve uygulaması önerilmektedir. Elektrik enerjisi tüketiminin etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi için evsel elektrik cihazlarının gerçek zamanlı takibi yapılarak enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Akıllı ev ve akıllı elektrik şebekeleri için Node-RED ağ tabanlı nesnelerin interneti yapısı kurulumu yapılarak bir uygulama gerçekleştirilmiştir. IoT 'de NodeMCU tabanlı modüller arasında bir iletişim sistemi uygulamak için MQTT mesajlı bir Wi-Fi ağı kullanılarak, akım sensörleri ile elektrikli ev aletlerinin tükettiği güç ölçümü yapıldıktan sonra yapılan ölçümler kaydedilerek bir veri seti oluşturulmuştur.

Uygulanan sistemin açık mimarisi nedeniyle, gelecekte performansını ve kullanılabilirliğini iyileştirmek için çeşitli yönler araştırılabilir. Gelecekte yapılması planlanan çalışmalardan bazıları şunlardır:

Cihazların tüketimini akıllı sayaç üzerinden belirleyebilmek için tüketim ayrıştırması tekniklerinin kullanılmasıyla birlikte, kullanıcı sadece sayaç üzerinden daha fazla bilgi alabilir ve yük algoritması ile kontrol edilebilmesi için hangi cihazların akıllı prizlere bağlanması gerektiğini belirleyebilir.

Akıllı ve ekonomik enerji kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin yanı sıra verimli enerji kullanımı ile gerçekleşebilecektir. Enerji verimliliği sadece daha az elektrik kullanımı ile değil; aynı zamanda sistemlerin ve sosyal davranışların değişmesi ile de bağlantılıdır. Pozitif davranış değişiminin ev sakinlerine evdeki cihazların ne kadar enerji kullandığını gösteren bildirimler sağlanarak başarabildiğini belirtilmektedir.

Cihaz kullanım kayıtları cihazların durumlarını kontrol etme ve hatalı çalışan cihazları tespit etme noktasında da faydalıdır.

Enerji ve sürdürülebilirlik sorunları, veri madenciliği ve makine öğrenmesi yaklaşımları kullanılarak ele alınabilir. Ancak, kamuya açık veri kümelerinin olmaması nedeniyle bu tür sorunlar yavaş çözölmektedir. Bu çalışmada, akıllı şebekelerde enerji ayrıştırma araştırmalarını ilerletmeyi amaçlayan evlerden toplanan elektrik kullanım bilgilerini içeren TEEAVS sunulmuştur. Türkiye Elektrikli Ev Aletleri Veri Seti' nin (TEEAVS) geliştirilmesi ile birlikte veri madenciliği veya makine öğrenmesinde yapılmakta olan araştırmalar için kolay erişilebilir bir veri seti sağlanacaktır.



4. KAYNAKLAR

1. www.iea.org/statistics/statisticssearch/ International Energy Agency. 14 Haziran 2017.
2. Çukurçayır, M. A., Sağır, H., Enerji sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynakları. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20 (2008), 257-278.
3. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J. ve Pout, C., A review on buildings energy consumption information, Energy and buildings, 40 (2008) 394-398.
4. www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri/ Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri, 2020.
5. Özcan, E., Danışan, T., ve Tamer, E., Hidroelektrik santrallarda bakım çizelgeleme için hibrid bir model önerisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35 (2020)1815-1828.
6. Yılmaz, E. A., Öziç Can H., Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli ve gelecek hedefleri, ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 8 (2018), 525-535.
7. Colak, I., Bayindir, R., Fulli, G., Tekin, I., Demirtas, K., ve Covrig, C. F., Smart grid opportunities and applications in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 33 (2018), 344–352.
8. Asan, G., Tasaltin, K., Market efficiency assessment under dual pricing rule for the Turkish wholesale electricity market, Energy Policy, 107 (2017) 109– 118.
9. Camadan, E., Erten, I. E., An evaluation of the transitional Turkish electricity balancing and settlement market: Lessons for the future, Renewable and Sustainable Energy Reviews, (2011), 1325–1334.
10. Şirin, S. M., A panel data analysis on the costs of Turkish electricity distribution companies, Energy Strategy Reviews, 18 (2017), 250–259.
11. Pehlivanoğlu Gürbüz, K., Smart grid applications and technologies in distribution systems, Master's thesis, Middle East Technical University, Institute of Science and Technology, Ankara, 2019.
12. Çetintaş, H., Bicil, İ., Elektrik Piyasalarında Yeniden Yapılanma ve Türkiye Elektrik Piyasasında Yapısal Dönüşüm, Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 2 (2015), 115-120.
13. Ertılav, M., Aktel, M., TEDAŞ Özelleştirmesi, Journal of Alanya Faculty of Business Alanya İisletme Fakültesi Dergisi, 7 (2015), 15-18.

14. Pehlivanoglu Gurbuz, K., Smart grid applications and technologies in distribution systems, Master's thesis, Middle East Technical University, Institute of Science and Technology, Ankara, 2019.
15. Keyhani A., Design of smart power grid renewable energy systems, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2011.
16. Kirmizioğlu, E., Ülkemizin 2023 Stratejik Vizyonu Doğrultusunda Akıllı Şebekeye Geçilmesi İçin Öneriler, Uluslararası İstanbul Akıllı Şebekeler Kongre ve Fuarı, İstanbul, 2014, 143-147.
17. Chen, S. Y., Song, S. F., Li, L. X., ve Shen, J., Survey on smart grid technology, Power system technology, 33(2009), 1-7.
18. Yu, Y., Luan, W., Smart grid and its implementations, Proceedings of the CSEE, 29 (2009), 1-8.
19. Grid, M., The Smart Grid – Benefits and Challenges, Energy, (2008), 1–18.
20. Farhangi, H., The path of the smart grid, IEEE Power and Energy Magazine, 8 (2010), 18-28.
21. Gellings, C.V., The concept of demand-side management for electric utilities, IEEE Proceedings, 73 (1985), 1468-1470.
22. Gellings, C. W., Parmenter, K. E., Demand-side management, In Energy Management and Conservation Handbook, (2016), 399-420.
23. Huq, M. Z., Islam, S., Home area network technology assessment for demand response in smart grid environment. In 2010 20th Australasian Universities Power Engineering Conference, IEEE, (2010) 1-6.
24. Gonzalez, M. H., Internet of Things Offers Great-Opportunities and Much Risk, ISACA Journal Volume, 2 (2015) 9-11.
25. Badamasi, Y. A., The working principle of an Arduino, In 2014 11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO), IEEE, (2014) 1-4.
26. Edwards, J., Bramante, R., Networking Self-Teaching Guide, Wiley Publishing, New York, 2009.
27. Tanenbaum, A. S., Computer Networks, Pearson Education Publishing, New Jersey, 2003.
28. Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F. ve Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. ICT express, 5 (2019), 1-7.

29. Sinha, R.S., Wei, Y. ve Hwang, S.H., A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT, *ICT Express*, 3 (2017), 14-21.
30. Hanes, D., Salgueiro, G., Grossetete, P., Barton, R. ve Henry, J., *IoT fundamentals: Networking technologies, protocols, and use cases for the internet of things*, Cisco Press, Indiana, 2017.
31. Borgia, E., *The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues*, *Computer Communications*, 54 (2014), 1-31.
32. Kutup, N., *Nesnelerin İnterneti; 4H Her yerden, Herkesle, Her zaman, Her nesne ile Bağlantı*, XVI. Türkiyede İnternet Konferansı, Kasım 2011, İzmir, Bildiriler Kitabı, 45-51.
33. Valente, F. J., Neto, A. C., *Intelligent Steel Inventory Tracking with IoT-RFID*, *IEEE International Conference on RFID Technology & Application (RFID-TA)*, (2017) 158-163.
34. Stanley, M., Lee, J., *Sensor Analysis for the Internet of Things*, Morgan & Claypool Publishing, California, 2018.
35. Wolmar, C., *Driverless Cars: On a Road to Nowhere?*, London Publishing Partnership, Bon Marché Centre, 2020.
36. Lockridge, G., Dzwonkowski, B., Nelson, R. ve Powers, S., *Development of a low-cost arduino-based sonde for coastal applications*, *Sensors*, 16 (2016), 528.
37. Baysal, K., Özcan, M. O., Özdüven, F. F. ve Beynek, B. (2018). *Neslerin İnterneti Tabanlı Bir Sera Sistemi Takibi*, *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 8 (2018), 49-56.
38. Schwartz, M., *Internet of Things with ESP8266*, Packt Publishing Ltd., Birmingham 2016.
39. Parihar, Y. S., *Internet of Things and Nodemcu*, *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6 (2019), 1085.
40. Sutikno, T., Purnama, H. S., Pamungkas, A., Fadlil, A., Alsofyani, I. M., ve Jopri, M. H., *Internet of things-based photovoltaics parameter monitoring system using NodeMCU ESP8266*, *International Journal of Electrical & Computer Engineering*, 11 (2021), 2088-8708.
41. Tabaa, M., Chouri, B., Saadaoui, S., ve Alami, K., *Industrial communication based on modbus and node-RED*, *Procedia computer science*, 130 (2018), 583-588.
42. Schirmer, P. A., Mporas, I., ve Paraskevas, M., *Energy disaggregation using elastic matching algorithms*, *Entropy*, 22 (2020), 7.

ÖZGEÇMİŞ

Lise öğrenimini OF Şehit Ahmet Türkkkan Çok Programlı lisesinde tamamladı. 2016 yılında Çukurova Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği (İngilizce) bölümünden mezun oldu. 2018 yılında KTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği (Elektronik) Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2017 yılından itibaren TEDAŞ 9. Bölge (Trabzon) Müdürlüğünde çalışmaktadır. Yabancı dil olarak iyi derecede İngilizce bilmektedir.

