

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI ŞEBEKELERDE EV ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI

TUĞBA SARIKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. SİBEL ZORLU PARTAL

EŞ DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. ARİF KARAKAŞ

İSTANBUL, 2016

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI ŞEBEKELERDE
EV ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI

Tuğba SARIKAYA tarafından hazırlanan tez çalışması 21.04.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Sibel ZORLU PARTAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Danışman

Yrd. Doç. Dr. Arif KARAKAŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. K. Nur BEKİROĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sibel ZORLU PARTAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. A. Derya KOCABAŞ
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Günümüzde artmakta olan enerji ihtiyacına karşın geleceğin şebekesi mevcut eskimiş elektrik altyapısından daha fazlasını içerecek ve gelişen bilgi teknolojisini bünyesine katacaktır. Bu gereksinimlere bağlı olarak geleceğin şebekesi olarak adlandırılan Akıllı Şebekeler, elektriği bilgi teknolojisiyle birleştirerek her an kontrol edilebilir, tahmin edilebilir ve mevcut problemlere eş zamanlı olarak cevap verebilir bir şebeke olacaktır.

Akıllı şebekelerle birlikte şebekelerde enerji yönetimi ve enerji verimliliği de sağlanmış olacaktır. Akıllı şebekeler dahilinde bulunan talep cevap sistemi, tüketicilerle elektrik şebekesinin haberleşmesinde arayüz görevi yapacaktır. Tüketicilerle eş zamanlı haberleşme halinde bulunan akıllı şebeke, tüketicilerin elektrik üretimlerini ve tüketimlerini eş zamanlı olarak izleyecek ve denetleyebilecektir.

Bu çalışmada ev enerji yönetimi sistemleri tezinkonusu olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda MATLAB/Simulink programında yenilenebilir enerji kaynaklarıyla kendi elektriğini üretebilen ve depoladığı enerjinin fazlasını şebekeye satabilen bir akıllı ev modeli oluşturulmuştur. Akıllı evin yüklerinin kontrol edilebildiğini varsayarak, belirlemiş olduğumuz belirli yüklerin kontrolünün şebekeden gelen mesajlarla kontrol edildiği bir algoritma oluşturulmuştur. Hem değişken tarifeli fatura sistemi, hem de yüklerin şebekeden gelen talep mesajı doğrultusunda kullanımının ötelenebildiği ve kontrol edildiği bir sistemle ev enerji yönetimi araştırmaları yapılarak, enerji verimliliği analizi yapılmıştır. Elde edilen enerji verimliliği analizi sonuçları karşılaştırmalı olarak grafiğe yansıtılmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanmasında emeği geçen ve çalışmalarım boyunca yardımlarını benden esirgemeyen ve katkılarıyla beni yönlendiren başta hocam Yrd. Doç Dr. Sibel Zorlu ve Yrd Doç. Dr.Arif Karakaş'a, her türlü desteği için çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs, 2016

Tuğba SARIKAYA

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
AKILLI ŞEBEKELER GENEL BAKIŞ	6
2.1 Akıllı Şebekelerde Olması Gereken Özellikler	7
2.1.1 Akıllı Şebekelerin Amaçları	8
2.1.2 Akıllı Şebeke Bileşenlerini Oluşturan Teknolojiler	8
2.1.3 Gelişmiş Elektrik Bileşenleri	9
2.1.4 Ölçüm ve Algılama	9
2.1.5 Gelişmiş Arayüz Yapısı ve Hızlı Karar Mekanizması	10
2.1.6 Gelişmiş Entegre Haberleşme	11
2.2 Akıllı Şebekelerin Alt Birimleri	12
2.2.1 Yığın Üretim	12
2.2.1.1 Yenilenebilir Enerjiler	14
2.2.2 Akıllı Şebekelerde İletim Hattı	15
2.2.3 Akıllı Dağıtım	16
2.2.4 Operasyon Çalışma Alanı	17

2.2.4.1	Gelişmiş ölçüm altyapısı(AMI).....	19
2.2.4.2	Akıllı Sayaçların Özellikleri:.....	20
2.2.5	Piyasa Çalışma Alanı	20
2.2.6	Müşteri Çalışma Alanı	22
2.2.6.1	Elektrikli Araçlar	22
2.2.7	Servis Sağlayıcılar.....	23
BÖLÜM 3		
BİNA OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ		26
3.1.1	Müşteri Yerleşim Ağı.....	26
3.1.2	Mahalle Alan Ağı (NAN)	27
3.1.3	Geniş Ağ (WAN)	28
3.2	Akıllı Şebekelerin Haberleşmesinde Kullanılan Yöntemler	29
3.2.1	Akıllı Şebekelerde Kullanılan Kablosuz Haberleşme Yöntemleri	30
3.2.1.1	ZigBee.....	30
3.2.1.2	6loWPAN	32
3.2.1.3	EnOcean	33
3.2.1.4	Wi-Fi	34
Wi-Fi'nin Avantajları		35
3.3	Wi- Fi Dezavantajları	35
3.3.2	Akıllı Şebekelerde Kullanılan Kablolu Haberleşme Yöntemleri	37
3.3.2.1	PLC.....	37
3.3.2.2	WLAN,.....	39
3.3.2.3	WIMAX	39
3.3.2.4	DSL.....	40
BÖLÜM 4.....		41
BİNA OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ		41
4.1	Akıllı Evlerde Kontrol Parametreleri	42
4.2	Akıllı Evlerin Sınıflandırılması	42
4.3	Akıllı Ev Otomasyonlarında Kullanılan Cihazların İletişimi.....	44
4.4	Akıllı Ev Otomasyonunda Kullanılan Teknolojiler	44
4.4.1	RF TEKNOLOJİSİ.....	44
4.4.2	KNX	45
4.4.2.1	Knx Sisteminde Kullanılan Temel Elemanlar	46
4.4.2.2	KNX Sistemlerinde Adresleme ve Yazılım	47
4.4.2.3	Knx Sistemi Avantajları:.....	47
4.4.2.4	Knx Sistemi Dezavantajları	48
4.4.3	Z-Wave.....	48
4.4.3.1	Ağ Katmanı	48
4.4.3.2	Denetleyiciler	50
4.4.3.3	Köleler	51
4.4.3.4	Ağ Düğüm Tipleri.....	55
BÖLÜM 5.....		58

AKILLI EV ENERJİ YÖNETİMİ SİMÜLASYONU	58
5.1 Sistemin Modellenmesi	60
5.1.1 Güneş Panellerinin Seçimi	62
5.1.2 Akü Grubu Seçimi	63
5.1.3 Rüzgar Türbini Seçimi	63
5.2 Evdeki Yüklerin Akıllı Ev Enerji Yönetim Sistemleriyle Kontrol Edildiği Yöntem.....	74
BÖLÜM 6.....	79
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR.....	84
EK-A.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	94

SİMGE LİSTESİ

Ghz	Giga Hertz
Kbps	Kilobitsaniye
kW	Kilowatt
PB	Batarya gücü
PSEB	Şebekeye aktarılan güç
PTOPLAM	Yenilenebilir enerjilerden elde edilen enerji
PY	Yüke aktarılacak güç

KISALTMA LİSTESİ

ADSL	Asymetric Digital Subscriber Line
AMI	Advanced Measurement Infrastructure
BAN	Building Area Network
CHP	Combined Heat Power
CLIC	Current Limiter Curcuit
CNT	Controllable Network Transformer
CSC	Convertable Static Compansator
DCS	Distributed Control System
DMS	Distrubution Management System
DSL	Digital Subscriber Line
DSM	Demand Side Management
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DSTATCOM	Distributed Static Compensator
EIB	European Installation Bus
G2V	Grid to Vehicle
GYG	Gelişmiş Yük Yönetimi
HAN	Home Area Network
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditationing
IAN	Industrial Area Network
ISO	International Organization Standardization
MCS	Measurement Control System.
MCS	Measurement Control System
MM	Measurement Module
PEV	Plug in Electric Vehicle
PHEV	Plug in Electric Vehicle
RF	Radio Frequency
RTO	Remote Transfer Operator.
RTU	Remote Terminal Unit
	Supervisory Control and Data
SCADA	Acquisition
SCCL	Short Circuit Current Limiter
SM	Service Modul

SSTS	Solid State Transfer Switcher
STATCOM	Statik Şönt Kompansatör
ToU	Time of Use
UPFC	Unified Power Flow Controller
V2G	Vehicle to Grid
WAN	Wide Area Network
WIFI	Wireless Fidelity
	Worldwide Interoperability for Microwave
WIMAX	Access
WPAN	Wireless Personal Area Network



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Yiğın üretim	13
Şekil 2. 2 Akıllı şebekelerde iletim(National Institute of Standards and Technology)...	16
Şekil 2.3 Operasyon çalışma alanı.....	19
Şekil 3.1 Akıllı şebeke altyapısı (NIST).....	28
Şekil 3.2 Akıllı şebeke ağ sistemi.....	29
Şekil 3.3 ZigBee Katmanları.....	31
Şekil 3.4 6loWPAN Katmanları.....	32
Şekil 3.5 Enocean ağ geçidi ile KNX entegrasyonu(KNX)	34
Şekil 4.1 Knx sistem yapısı(KNX).....	46
Şekil 4.2 Knx Şekil Yapısı.....	47
Şekil 4.3 Rotasız ağ.....	52
Şekil 4.4 Z-Wave ağı.....	53
Şekil 4.5 İki düğüm arasındaki maksimum yönlendirme	53
Şekil 4.6 Ağ örgü örneği	54
Şekil 4.7 Örnek yön tablosu	54
Şekil 4.8 Örnek yön tablosu	54
Şekil 4.9 Çoklu kuvvetlendirici kullanarak yönlendirme.	55
Şekil 5.1 Akıllı ev enerji yönetimi benzetim modeli.....	60
Şekil 5.2 Simülasyonda kullanılan bir yıllık güneş verileri.....	63
Şekil 5.3 Bir yıllık rüzgar verisi.....	64
Şekil 5.4 Aylara göre karşılaştırmalı fatura sonuçları.....	65
Şekil 5.5 Simülasyon sonuçları	66
Şekil 5.6 Bir yıl boyunca tüketicinin şebekeden çektiği enerji miktarının aylara göre gösterimi	67
Şekil 5.7 Bir yıl boyunca tüketicinin aylara göre tüketim değerleri	67
Şekil 5.8 Bir yıl boyunca yenilenebilir enerjilerden karşılanan tüketim değerleri	68
Şekil 5.9 Bir yıl boyunca tüketicinin aylara göre bataryadan karşıladığı tüketim değerleri	68
Şekil 5.10 Ağustos ayı boyunca şebekeden çekilen elektrik enerjisinin saatlere göre dağılımı.....	69
Şekil 5.11 Ağustos ayı boyunca bataryanın saatlere göre şarj durumu.....	69
Şekil 5.12 Ağustos ayı boyunca bataryadan çekilen gücün saatlere göre dağılımı	70

Şekil 5.13 Ağustos ayı boyunca tüketicinin saatlik elektrik tüketim değerleri	70
Şekil 5.14 Ocak ayı boyunca şebekeden çekilen elektrik enerjisi saatlik verileri	71
Şekil 5.15 Ocak ayı boyunca saatlik elektrik tüketim değerleri	72
Şekil 5.16 Ocak ayı boyunca bataryadan çekilen gücün saatlik dağılımı	72
Şekil 5.17 Ocak ayı boyunca bataryanın şarj değişimi	73
Şekil 5.18 Gerçeklenen simülasyon sonuçlarının aylara göre dağılımı	74
Şekil 5.19 Bir haftalık karşılaştırmalı öteleme sonuçları	76
Şekil 5.20 Bir aylık karşılaştırmalı öteleme sonuçları	77



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2 .1 Akıllı Haberleşme teknolojileri.....	9
Çizelge 2 .2 Ölçüm ve algılama teknolojileri	10
Çizelge 2 .3 Gelişmiş arayüz teknolojileri.....	10
Çizelge 2 .4 Gelişmiş ölçüm ve algılama teknolojileri	11
Çizelge 2 .5 Yığın üretim bileşenleri	13
Çizelge 2 .6 İletim Bileşenleri	16
Çizelge 2 .7 Dağıtım bileşenleri	17
Çizelge 2 .8 Operasyon çalışma alanı bileşenleri	18
Çizelge 2 .9 Piyasa çalışma alanı bileşenleri.....	21
Çizelge 2 .10 Müşteri çalışma alanı bileşenleri	22
Çizelge 2 .11 Akıllı Servis Sağlayıcı Bileşenleri	24
Çizelge 3 .1 Akıllı şebekelerde kullanılan haberleşme teknolojileri.....	30
Çizelge 4 .1 Z-Wave cihazları.....	51
Çizelge 4 .2 Z-Wave cihaz model özellikleri	56

AKILLI ŞEBEKELERDE EV ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI

Tuğba SARIKAYA

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sibel ZORLU PARTAL

Eş Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Arif KARAKAŞ

100 yıl öncesine dayanan mevcut elektrik şebekeleri artık günümüz ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Günümüzün artan elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek yeni bir şebeke ihtiyacı vardır. Bu sebeple akıllı şebekeler tüm dünyada yoğun araştırma ve geliştirme konusu olmuştur.

Akıllı şebekeler enerji interneti olarak tarif edilmektedir. Enerji teknolojisinin bilişim teknolojisiyle birleşmesiyle birlikte şebekede iki yönlü enerji ve bilgi akışı sağlanacaktır. Bu tezde akıllı şebeke modeli açıklanırken Amerikan Uluslararası Standartlar ve Teknolojiler Enstitüsü tarafından yayınlanan akıllı şebeke modeli baz alınmıştır.

Haberleşme altyapısı gelişmekte olan akıllı şebekelerin vazgeçilmez bir parçasıdır. Yaygın ve ölçeklenebilir haberleşme altyapısı oluşacak olan akıllı şebekenin inşası, hem de işletilmesi için oldukça önemlidir. Akıllı şebekelerin altyapısında birçok farklı haberleşme teknolojisinden yararlanılacaktır ve birbirleriyle haberleşmesi sağlanabilecektir.

Geleceğin enerji sistemi yalnızca tüketicilerin elektrik beslemesini sağlayan elektrik sistemleri olmayacak, aynı zamanda tüketicilerin ürettiği temiz enerjinin şebekeyedahil edimesine izinveren sistemlerden oluşacaktır. Yüksek hızlı, güvenilir, güvenli veri iletimini sağlayan haberleşme ağı, güç sistemlerini etkin ve akıllıca yönetecektir.

Bu çalışmada akıllı şebeke uygulamalarının altyapıları ve en yaygın kullanılan akıllı şebeke teknolojileri ele alınmış, akıllı şebekelerin amaçları, gereklilikleri ve yararları analiz edilmiştir. Bunlara ilave olarak, akıllı şebekelerin haberleşme altyapısında kullanılabilecek olan teknolojiler detaylandırılmıştır. Ev alan ağı (HAN), mahalle alan ağı (NAN) ve geniş alan ağı (WAN) gibi farklı ağ bileşenlerini içeren akıllı şebekelerin haberleşme alt yapıları incelenmiş ve kablolu ve kablosuz ağ teknolojileri detaylı olarak ele alınmıştır.

Bu tez çalışmasında yenilenebilir enerjilerden faydalanan ve evdeki bazı cihazların kullanımını şebekeyle haberleşerek izleyen bir akıllı ev simülasyon modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Bu simülasyon modelinde yenilenebilir enerjilerden üretilen enerjinin kullanılması ve tüketicinin yüklerinin yönetiminin sağlanması ile enerji verimliliği analizleri yapılarak tüketicinin faturasına yansımaları gösterilmiştir. Güneş ve rüzgar türbini modellerini içeren modelde üretilen enerjinin tüketicinin elektrik ihtiyacını karşılaması, fazlasının batarya sistemlerinde depo edilmesi ve fazlasının şebekeye satılması işlemleri aşamalı simülasyon üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması aşağıda belirtilen yaklaşım ve yöntemler ile gerçekleştirilmiştir:

- Simülasyon ortamında rüzgartürbini modeli ve güneş paneli modeli ve tüketici verileri tanımlanarak akıllı ev modeli oluşturulmuştur.
- Matlab /Simulink ortamında tüketici yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği güçle ihtiyacı olan elektrik enerjisini karşılayıp, ürettiğinin fazlasıyla batarya sistemlerini şarj ederek şebekeye satan model oluşturulmuştur. Tüketici verileri de modellenmiş, her ay için simülasyon sonuçları alınarak bir yıllık sonuç verisi oluşturulmuştur.
- Tüketim faturası hesaplanmış, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlara göre analiz sonuçları grafik üzerinde gösterilmiştir.

Simülasyonun ikinci kısmında Matlab/Simulink ortamında hazırlanan enerji yönetim algoritmasıyla, tüketicinin yüklerinin kontrol edilip şebekeden gelen talep durumuna göre, tüketiminin daha sonraki zaman dilimlerine kaydırılması hedeflenmiştir. Bir aylık elde edilen sonuçlarda enerji verimliliği ve tüketicinin faturasında olan değişim detaylı olarak grafik üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı şebekeler, akıllı şebekeler haberleşme altyapısı, haberleşme teknolojileri, akıllı şebeke çalışma alanları, akıllı şebeke teknolojisi, yeşil enerji kaynakları, bina otomasyonu, ev enerji yönetim sistemi, akıllı şebekeler ev çalışma alanı.

HOME ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS FOR SMART GRID

Tuğba SARIKAYA

Department of Electrical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Sibel ZORLU PARTAL

Co-Adviser: Assist. Prof. Dr. Arif KARAKAŞ

Our current electric power grid was built over 100 years ago based on simple demand and supply requirement. Today, we are stretching its current capacity and we need better grid for aging infrastructure. Thus, Smart Grids has become intensive research and development topic, across the world for last few years.

Smart grid is described as the Energy Internet: Where Energy Technology meets Information Technology and characterized by two-way flows of power in electrical networks and information in communication networks. Depending on this definition, in this thesis, Firstly, we focused on smart grid infrastructure. We described smart grid infrastructure which based on NIST Smart Grid model. And also, Smart Grid purposes, requirements and benefits are described, most common Smart Grid Technologies are mentioned.

Communication infrastructure is one of the most important part of Smart Grid. Common and scalable communication infrastructure is essential to success of the emerging smart grid. A scalable and pervasive communication infrastructure is crucial in both construction and operation of a smart grid.

The function of next-generation electric power systems is no longer a system that only supplies energy to end users, but also allows consumers to contribute their clean energy back to the grid in future. One of the important features of the smart grid is the integration of high-speed, reliable and secure data communication network to manage the complex power systems effectively and intelligently. In this paper, we focus on the SG communications infrastructure which consists of different network components, such as Home Area Networks (HANs), Neighborhood Area Networks (NANs) and Wide Area Networks (WANs). We also summarize major wired communication technologies.

At the last part of our thesis, we created a smart home simulinkmodel, which produces own clean energy by using wind turbines and solar pannels. We assumed, the model communicates with Smart Grid via smart devices in thehome. We demonstrated the changes in consumer's bill by analyzing energy efficiency. According to simulation model, generated electrical energy is stored in battery groups and surplus production of electric energy is sold back to grid. The thesis study is realized with the help of following methods:

- We defined a smart home simulation model which includes renewable energy sources that are wind turbine and solar, panels. Smart home produces its own generated energy to reduce the dependence on the grid. Consumer fulfills the requiremet energy for own loads and surplus production electricity is used to charge batteries and is sold to grid. We repetated simulation outcomes every month for one year.
- We calculated consumer bill for both renewable energy used and not used situations. Simulation results are demonstrated on a grafic.
- At the second part of simulation, we devoped an algorithm to create sample to demand response that is an important part of smart grid model. Algoritm separates loads into two groups which are shiftable and unshiftable loads. We chosed some big loads that will be contolled by smart grid and will be shifted in case of receving smart grid shifting message.

Keywords: Smart Grid, Smart Grid communication infrastructure, Smart Grid communication Technologies, smart grid domains, gren energy sources, building automation, home energy management systems, smart home domains.

1.1 Literatür Özeti

Elektrik insan yaşamının vazgeçilmez bir parçasıdır. Artan elektrik tüketimi ve hızla gelişen teknolojiyle daha fazla elektrik enerjisine olan ihtiyaç artmaktadır[1]. Günümüzün güç sistemleri, 1883 yılında Tesla'nın yayınladığı tasarım esaslarına dayanmaktadır ve yaklaşık olarak yüz yıllık bir süreden fazladır değişime uğramamıştır. Kendi zamanının teknoloji koşullarına göre tasarlanan merkezi üretim, talep kontrolü ve tek yönlü iletim sistemleri kullanıma uygun olmasına karşın, günümüz ihtiyaçlarının karşılanmasında yeterli olamamaktadır[2]. Günümüzde eskimiş elektrik alt yapıları, yetersiz tasarım ve işletim uygulamaları ve çevresel faktörler sebebiyle elektrik enerjisinin son kullanıcıya kadar iletilmesinde problemler yaşanmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple sistemlerimizin güvenliği,tekrar sorgulamamız gereken sorunların başındadır.

Dünyanın enerji tüketiminin günümüzden itibaren 2030 yılına kadar %50 oranında artacağı beklenmektedir[3]. Özellikle son yıllarda elektrik gücüne ihtiyacın artmasına karşın enerji kaynakları azalmaktadır[1]. Dolayısıyla geleceğin elektrik şebekeleri Tesla'nın tasarımından çok daha fazlasına sahip olmalıdır. 2030 yılına kadar beklenen enerji ihtiyacıyla, mevcut karbon emisyonlarının arttırılmadan bu enerji ihtiyacındaki büyümenin nasıl karşılanabileceği soruları, cevaplanması gereken sorulardır[3].

Akıllı şebekelerin tek bir tanımı olmamakla birlikte, Avrupa Akıllı Şebekeler Komisyonuna göre akıllı şebekeler 'kendisine bağlı tüm kullanıcıların eylemlerini sisteme aktaran, tüketicilerin kendi elektrik enerjisini ürettiği, tükettiği, ayrıca ekonomik olarak verimli, daha az kayıplı, yüksek kaliteli, güvenli beslenme ve elektrik ağıdır[4]. Akıllı şebekeler aynı zamanda sayısal teknolojiyi elektrik ağı ile birleştirerek, elektrik iletim ve dağıtımını iyileştiren

ağdır.[5] Akıllı şebekeler, elektrik enerjisini etkin, sağlam ve güvenilir şekilde iletmek için bilgi teknolojisinden yararlanan şebekelerdir. Beyni olan elektrik, enerji interneti elektronet gibi isimlerle anılmaktadır. Daha kapsamlı bir ifadeyle enerjinin iki yönlü akışını sağlayan, iki yönlü haberleşme sistemi kullanan, kontrol yeteneği olan yeni işlevler ve bir dizi uygulamayı gerçekleştirebilecek, modernize edilmiş elektrik şebekeleridir [6].

İnternet sistemi gibi akıllı şebekeler de kontrol, otomasyon ve bilgisayarlar sistemlerinden oluşan ve birlikte çalışan ekipmanlarının yeni teknolojilerle donatılmasından oluşacak şebekelerdir. Bu teknolojiler elektrik şebekeleriyle birlikte çalışacak ve hızla değişen elektrik talebimize dijital olarak cevap verecektir[4]. Örneğin akıllı şebekelerin kullanımıyla tüketiciler ne kadar elektrik kullandıklarını eş zamanlı olarak anlık görüntüleyebilecek, enerjiyi hangi zaman aralıklarında tükettiklerini ve kullanımları sonucu ne kadar ücret ödemeleri gerektiğini görüntüleyebileceklerdir. Aynı şekilde sera gazı emisyonlarını hesaplayabilecek ve yayılımını azaltabileceklerdir. Daha fazla yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılacak ve tüketiciler yeşil enerji kaynaklarından elde ettikleri elektriğin fazlasını şebekeye satabileceklerdir [7].

Bu sebeple, bu çalışmamızın amacı, gelişen yeni teknolojilerle birlikte gerçekleştirilecek yeni şebeke modeli üzerinde araştırma yapmak ve bu elde ettiğimiz verileri açıklamaktır. Geleceğimizin şebeke modeli olan akıllı şebekeler, üretimden tüketime kadar her bir parçası ayrı ayrı bir araştırma konusu olabilecek, çok kapsamlı bir modeldir. Bu çalışmamızda akıllı şebeke modelini ayrıntılı olarak açıklanmış olup, akıllı şebekelerin önemli bir parçası olan ve gelecekte biz tüketicileri çok yakından ilgilendirecek olan enerji yönetimi çözümleri ele alınmıştır. Bununla ilgili araştırmamızda Matlab/Simulink programında yeni bir enerji yönetim algoritmasıyla yazılarak, tüketici yüklerini kontrol edilmesinden tüketicinin ve şebekenin sağlayacağı faydalar ve verimlilik gösterilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Enerji günlük yaşamda ve yaşam kalitesinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Artan enerji ihtiyacı sorunu bir yana, enerjinin de doğru kullanılması günümüz iklim değişikliği sorunlarıyla karşı karşıya olan dünyamızda oldukça önemlidir. Artan elektrik tüketimi ve hızla gelişen teknolojiyle birlikte daha fazla elektrik gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu artan ihtiyaçların karşılanmasında günümüzün eskimiş elektrik alt yapıları, yetersiz tasarım ve işletim uygulamaları ve çevresel faktörler sebebiyle yetersiz kalmaktadır. Bu sorunlara çözüm olarak düşünülen akıllı şebekeler, sayısal teknolojiyi elektrik ağı ile birleştirerek enerjinin akıllı, verimli ve etkin olarak kullanılmasını sağlayacaktır.

Akıllı şebekeler elektrik üretimi ve talebini anlık olarak görüntüler. Sistem rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi gibi dağıtık enerji kaynaklarının şebekede daha fazla yer almasına izin verirken tüketicilerin de kendi enerjilerini üreterek depolayabilmesine ve ürettiklerinin fazlasını şebekeye satmasına olanak sağlamaktadır. Akıllı şebekelere bağlı ev enerji yönetim sistemlerinin görevi tüketicilerle, elektrik enerjisi üreticileri arasında haberleşme arayüzü oluşturmaktır. Talep cevap sisteminin içinde yer alan ev enerji yönetim sistemleri kullandığı teknolojilerle pik yüklerin düşürülmesini sağlayarak, elektrik üreticilerinin tüketicilerin tüketim alışkanlıkları üzerinde bir etkisi sağlanmış olacaktır. Pik yüklerin düşürülmesi sağlanarak elektrik santrallerinin pahalı ve verimsiz kullanılmasının önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Ev enerji tüketicilerinin kullandığı yüklerin kontrolünün sağlanmasıyla şebekede büyük bir verimlilik elde edilecek olsa da bu sistemlerin uygulanabilirliği tüketicinin akıllı şebeke sistemlerine etkin katılımına bağlıdır.

Bu tezdeki amaç akıllı şebekelerde yer alan kendi elektriğini üretebilen ve fazlasını şebekeye satabilen bir akıllı ev modeli oluşturmaktır. Bunun içinde Matlab/Simulink ortamında bir model oluşturulmuştur. Oluşturduğumuz modelde tüketici rüzgâr türbini ve güneş panellerinden elde ettiği elektrik enerjisiyle ihtiyacı olan elektrik enerjisini karşılar. Ürettiği elektrik enerjisinin fazlasını ise batarya sistemlerinde depolar şebekeye satar. Dağıtık enerji üretimine örnek teşkil eden modelde tüketicilerin yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak aynı zamanda üretici konumuna geldiği şebeke modelinde, elde edilecek şebeke verimliliğini ve tüketici faturasında oluşacak iyileşmeyi göstermek tezin esas amacıdır.

Akıllı şebekelerde talep cevap sistemleri tüketicilerin oluşturduğu pik yüklerin kontrolü iki yöntemle sağlanır. Bunlardan ilki direk yüklerin kontrolü, bir diğeri de değişken tarifeli

ücretlendirme uygulanarak kontrolün sağlanmasıdır. Direk yüklerin kontrolü, gelişmiş yazılım ve kontrol teknolojileriyle donatılmış olan akıllı evlere kontrol mesajları gönderilip, tüketimin sınırlandırılmasının talep edilmesi vasıtasıyla, tüketici yüklerinin kontrol edilmesini ve talep cevabının karşılanmasını kapsar. Tüketici yüklerinin kontrolü akıllı sayaçlar ve gelişmiş bina otomasyon teknolojileri vasıtasıyla sağlanır. Yüklerin anlık olarak izlenmesi ve kontrolü sağlanır. Ev enerji yönetim sistemleriyle burada asıl amaçlanan, şebekede oluşacak pik yüklerin azaltılmasına yardımcı olmak, tüketicinin kullandığı büyük yüklerin kullanımını gerekli olduğu zamanda kısıtlayarak enerji verimliliğini sağlamaktır.

1.3 Hipotez

Modern elektrik şebekesi birçok akıllı haberleşme ve kontrol teknolojisinin bir arada kullanılmasını sağlayacak, tüketicilerin elektrik tüketimlerini anlık olarak görüntüleyebilecek sistemlerdir. Sistem aynı zamanda dağıtık enerji kaynaklarını bünyesinde barındırdığından rüzgar türbinlerinin ve güneş panellerinin şebekeye direk bağlantısını sağlayarak tüketicilerin de kendi elektriğini üretmesine imkân sağlayacaktır.

Akıllı şebekelerin içinde yer alan ev alan ağı talep cevabı ve talep tarafı yönetiminin gelişmesini sağlamaktadır. Akıllı ev sistemleri ve talep tarafı yönetim sistemi arasında arayüz oluşturan ev enerji yönetim sistemleri enerji tüketiminin kontrolü için oldukça gerekli bir sistemdir. Etkili enerji tüketimi yönetimi akıllı şebekelerin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.

Bu çalışmada MATLAB®, Simulink® programı üzerinde rüzgar ve güneş enerjisinden kendi elektriğini üretebilen ve ürettiğinin fazlasını şebekeye satan akıllı ev modellemesi yapılmış, kullanıcının tüketim verileri ve yenilenebilir enerjilerden elde edilen enerji verileri aylık periyodlarla bir yıl boyunca hesaplanmış ve elde edilen enerji verimliliği, tüketicinin fatura hesabı yapılarak grafik üzerinde yansıtılmıştır. Üretilen enerjinin fazlası bataryaları şarj işleminde kullanılmış ve şebekeye satılmıştır. Akıllı şebekelerle birlikte yaygınlaşacak olan dağıtılmış enerji kaynaklarına örnek teşkil edilmiş olup, enerji yönetim ve kontrol metodlarından biri olan tarifeli fatura hesabının tek tarifeli fatura hesabıyla karşılaştırılması grafik üzerinde yansıtılarak enerji verimliliği ve tüketicinin sağlayabileceği kazanç gösterilmiştir.

İkinci aşamada bir diğer enerji yönetim metodu olan yük kontrol yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde tüketicilerin büyük yük çeken ve kullanımının şebekeden gelen talep doğrultusunda sonraki zaman dilimine ertelenebileceği kontrol yöntemi kullanılır. Tüketicinin yükleri ötelenebilen ve ötelenemeyen yükler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Oluşturduğumuz yük kontrol algoritması tüketicinin talep ettiği elektrik tüketimini akıllı şebekenin belirleyeceği değerle karşılaştırarak, elektrik tüketiminin şebekenin belirleyeceği değerde tutulması sağlanır. Belirlenmiş olan ötelenebilen yükler kullanılmaya başlamadan önce, enerji yönetim algoritması tüketicinin kullanacağı toplam güç değerinin hesaplar ve şebekenin belirlediği değerle karşılaştırır. Şebekenin güç sınırları karşılanıyorsa o yükün kullanılmasına izin verirler. Belirlenen güç tüketim sınırı aşıyorsa o yükün kullanılması enerji yönetim sisteminin bir sonraki enerji kontrol zaman dilimine ötelenir. Böylelikle belirli zaman aralıklarıyla tüketicinin kullanmak istediği güç miktarı şebekenin isteği doğrultusunda kontrol edilir ve şebekenin belirlediği güç miktarı yakalanmaya çalışılır. Bunun içinde belirlenmiş olan ötelenebilecek yüklerin enerji yönetim algoritmasından kullanım için onay alması gerekmektedir. Ötelenebilen büyük yüklerin kontrolü sağlanarak şebekelerde özellikle puant saatlerde oluşabilecek pik yüklerin önüne geçilerek enerji verimliliği sağlanacaktır. Uygulanan tarifeli fatura sistemiyle de tüketicinin faturasını hesapladığımızda kayda değer tasarruf sağlanmıştır ve grafik üzerinde gösterimi yapılmıştır.

Algoritmada, ötelenemeyecek olan yükler olarak elektrikli araç şarj aleti, çamaşır makinası, bulaşık makinası ve çamaşır makinası belirlenmiştir. Şebekenin her saat başında tüketicinin enerji yönetim sistemine tüketebileceği maksimum güç miktarının bilgisinin iletildiğini varsayan bir benzetim modeli oluşturulmuştur. Simülasyon modeli statik bir model olması sebebiyle şebekenin belirlediği güç verileri saatlik olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan algoritmaya göre enerji yönetim sistemi tüketicinin enerji yönetim algoritması şebekenin belirlediği tüketilebilecek maksimum güç miktarını, tüketici faturalarının hesaplanmasında üçlü tarife kullanılmıştır.

Akıllı ev enerji yönetim sistemleri gelişmiş yazılım ve donanım altyapısıyla tüketicinin enerji tüketimini azaltarak, akıllı şebekenin talep gerektiğinde enerji tüketimini sınırlayabilecek sistemlerdir [54].

AKILLI ŞEBEKELER GENEL BAKIŞ

Günümüzün elektrik şebekesi 1890'lara dayanmaktadır ve teknolojinin de gelişmesiyle son 10 yılda önemli bir gelişme kaydetmiştir. Her ne kadar elektrik şebekesi mühendislik harikası olsa da, günümüzde yapılan yüksek elektrik tüketim değerleriyle kapasite sınırlarını zorlamaktayız. Amerikan hükümetinin 2008 yılında uluslararası enerji araştırmalarına göre, dünyanın enerji tüketimi 2005'ten 2030 yılına kadar %50 artacaktır. Dolayısıyla geleceğin güç şebekeleri günümüzdeki şebeke yapısından çok daha fazlasına sahip olacaktır. Elektrik şebekesini ileriye taşımak için dijital ve bilgisayar destekli, gelişmiş teknolojiyle donatılmış yeni bir elektrik şebekesine ihtiyaç vardır. Tüm elektrik şebekesini nörol ağ gibi saracak olan akıllı şebekeler, güç şebekesindeki tüm noktaların uyanık, tepkili, adaptif, maliyet açısından uygun, çevre ile dost, esnek, kuvvetli ve her sistemle bağlantı sağlayabilecek bir yapıda şebeke olması sağlanacaktır[56].

Günümüzde artan yenilenebilir enerji üretimiyle birlikte gelişen gerçek zamanlı fiyatlandırmanın yapıldığı serbest piyasada, akıllı sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Akıllı sistemler vasıtasıyla yenilenebilir elektrik üretiminin şebeke üzerinde neden olduğu olumsuz etkiler en aza indirilebilecektir.

Günümüzde ise özellikle yenilenebilir elektrik üretiminin önem kazanması ile birlikte, gerçek zamanlı fiyatlandırmanın yapıldığı serbest piyasa sisteminde akıllı sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Böylelikle talep de gerçek zamanlı olarak kısmen dengelenebilecek ve tevzilenemeyen fakat öngörülebilir yenilenebilir elektrik üretiminin şebeke üzerinde neden olduğu olumsuz etkiler en aza indirilebilecektir. Tüm bunların sonucunda ise CO₂ salınımı önemli ölçüde azalacağından, çevre dostu bir teknoloji olduğu da söylenebilir. Amerika'da

yapılan araştırmalara göre, böyle bir yapıya sahip olunması karbon emisyonlarını %25 oranında aşağı çekecektir. CO₂ açısından ise 160 milyon hektar ormanın daha temiz bir hava için çalışabilmesini sağlayacaktır. Bu yaklaşık 130 milyon aracın yollardan çekilmesi ile eşdeğerdir. Akıllı bir şebeke, tek bir noktadan olmayan birçok avantajı birlikte getiren bir yolculuktur[57].

Dijital teknolojileri kullanan akıllı şebekeler, nihai tüketicisi ve üretici arasında iki yönlü veri sağlar ve iletim hatlarını sürekli izleyerek hızlı cevap verir. Akıllı şebekelerin bileşenleri;

- Akıllı retim
- Akıllı İstasyonlar
- Akıllı Dağıtım
- Akıllı Sayaçlar
- Bütünleştirilmiş Haberleşme
- İleri Kontrol Metotları olarak sıralanabilir [20].

2.1 Akıllı şebekelerde Olması Gereken zellikler

Kendini iyileştirme: şebekedeki elektrik bozukluklarını hızlı bir şekilde denetler ve cevaplar, oluşabilecek aksaklıkları nihai tketicisiye minimum etki edecek şekilde yansıtır.

İletilşim: Tüketicisi ve şebeke arasında haberleşmeyi sağlar. İki yönlü enerji ve bilgi akışı sağlanır.

Güvenlik: şebekedeki güvenliğin sağlanması şebekedeki bozuklukları ve yükümlülükleri hafifletir. Akıllı şebeke siber ve fiziksel saldırılara karşı hemen cevap verir. İnsan kaynaklı hataları, doğal felaketleri, koruma hatalarını, güvenlik hatalarını ve açıklarını hızlıca belirler.

Optimizasyon: Kullanılan varlıkların geliştirilmesi, yapılan işlemlerde ve bakım maliyetlerinde etkin bir azalma sağlanır.

Uyumluluk: Merkezi elektrik üretimi, dağıtık elektrik üretimi, enerji depolama birimlerinden oluşan şebekenin uyumlu çalışmasının sağlanması.

Entegrasyon: Süreç optimizasyonu, bilgi teknolojisinin şebekeye entegrasyonu, sistemde iyileştirme ve sistem yönetiminin standartlaşması[8]

2.1.1 Akıllı Şebekelerin Amaçları

- Dijital bilgi ve sistem korumalarının daha fazla yer alması
- Şebeke operasyonlarının optimizasyonun sağlanması, siber güvenlik önlemlerinin alınması.
- Dağıtık enerji kaynakların yaygınlaşması, yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekede daha fazla yer alması.
- Talep tarafı temiz enerji kaynaklarının şebekeye dâhil edilmesi ve tüketici talebinin cevaplanması.
- Akıllı ev aletleri ve tüketici cihazlarının sistemle haberleşmesi.
- Depolama ve pik akımlarını düzenleyen akıllı teknolojilerin sisteme dâhil edilmesi, hibrit ve elektrikli araçların yaygınlaşması.
- Birlikte çalışılabilen gelişmiş haberleşme sistemlerinin sağlanması.[9]

2.1.2 Akıllı Şebeke Bileşenlerini Oluşturan Teknolojiler

21.yüzyılın şebekesi olarak tanımlanan akıllı şebekeler, karmaşık ağ yapısı, donanım, yazılım, haberleşme ve kontrol teknolojilerinin tamamını içeren kompleks bir şebeke olacaktır. Hem üreticiler hem de tüketiciler için yüksek seviyede izleme ve kontrol imkânı sağlanacaktır [10]. İyi kalitede ve eş zamanlı anlık veri birikimi sağlanacaktır. Bu toplanan verilerin bilgisayarlar tarafından analizi yapılarak, sistemin çok hızlı karar alınması sağlanacaktır. Akıllı şebekeler oluşabilecek senaryoları öngörerek engelleyebilecek ve oluşan arızalarda kendini onarabilecektir. Tüm bunlar ise gelişmiş bir ölçüm alt yapısı ile mümkün olacaktır.

- Talep yönetimi
- Yenilenebilir kaynakların şebekeye daha fazla entegrasyonu
- Kaynakların verimli kullanımı (Hem üretim hem tüketim tarafında)
- Enerji tasarrufu ve fiyat avantajı
- Sistem dengesi konularında faydalar sağlayacağı düşünülmektedir[5].

2.1.3 Gelişmiş Elektrik Bileşenleri

Gelişmiş bileşenler akıllı şebekelerin elektriksel davranışlarını oluşturur. Bağımsız uygulamalarda kullanılabilir, birbirlerine bağlanarak mikro şebekelerde olduğu gibi karmaşık bir sistem de yaratabilir [14].

Çizelge 2 .1 AkıllıHaberleşme teknolojileri

Gelişmiş yük altında kademe değiştirici(OLTC)	Tek Çevrim Kontrol Denetleyicisi
Gelişmiş Koruma Röleleri	Programlanabilir Haberleşme Termostatları
Kontrol edilebilir ağ trafoları(CNT)	Gerçek Zamanlı Talep Cevaplama ve Dağınık Enerji Kaynağı Kontrol Cihazı
Dönüştürülebilir Statik Kompansatör (CSC)	Kısa Devre Akım Sınırlama (SCCL)
Akım sınırlayıcı İletken (CLIC)	Akıllı Sayaç
Birleşik Güç Akış Denetleyicisi (UPFC)	D-VAR ya da DSTATCOM
FACTS	Dağıtılmış Seri Empedans Cihazı Akıllı Kablolar Sınıfı
Yük Kumanda Alıcısı	Orta Gerilim Statik Transfer Anahtarı
Sayaç Veri Yönetimi	Dar bant PLC SoC IC Çözümleri
Katıhal Transfer Anahtarı (SSTS)	Statik Şönt Kompansatör (STATCOM)
Statik Seri Senkron Kompansatörü	Statik Var Kompansatörler
Tristör Kontrollü Seri Kompansatörler	

2.1.4 Ölçüm ve Algılama

Algılama ve ölçüm bileşenleri modern elektrik şebekeleri için önemli bileşenlerdir. Gelişmiş ölçüm ve algılama teknolojileri elde ettiği verileri bilgiye çevirir ve elektrik güç sistemi yönetimini gerçekleştirir. Kısa süreli anlık sayaç okumaları sağlanır, tahmini faturaları ortadan kaldırır ve enerji hırsızlığı önlenir [14].

Çizelge 2 .2 Ölçüm ve algılama teknolojileri

Gelişmiş Ölçüm Altyapısı	Kesinti Yönetim Sistemi
Batarya İzleme Sistemi	Güç Kalitesi İzleme Sistemi
Kablo İzleme Sistemi	Var İzleme Sistemi
Devre Kesici İzleme Sistemi	Sıcaklık İzleme Sistemi
Akım Sensörü	Trafo İzleme Sistemi
Fiber Optik Sensör	Geniş Alan Ölçüm Sistemi
Trafo Göstergeleri	Kablosuz Durum İzleme

2.1.5 Gelişmiş Arayüz Yapısı ve Hızlı Karar Mekanizması

Geliştirilmiş arayüz ve karar teknolojileri karmaşık elektrik şebekesi verilerini bilgi haline dönüştürür ve operatör çalışanları tarafından daha kolay yönetilmesi sağlanır. Gelişmiş veri görüntüleme teknikleri ile aşırı veriden oluşabilecek sorunlar önlenir ve operatörlere tanımlama, analiz etme ve ortaya çıkan sorunları gidermede kolaylık sağlanır [14].Gelişmiş arayüz teknolojileri aşağıda yer alan tabloda sıralanmıştır.

Çizelge 2 .3 Gelişmiş arayüz teknolojileri

Tüketici Ağ Geçidi	Enerji Nakil Hattı Analiz Yazılımı
Dağıtılmış Enerji Kaynakları Denetleyicisi	Gerçek Zamanlı Dijital Simülatörü (RTDS)
Şebeke Dostu Cihazlar Ve Denetleyicisi	Akıllı Aletler Arayüzü (SAI)
Mikro Şebeke Kontrol Yazılımı	Sistem Görselleştirme Yazılımı

2.1.6 Gelişmiş Entegre Haberleşme

Gelişmiş haberleşme sistemleriyle dinamik ve gerçek zamanlı bilgi alışverişi sağlanır. Bu sistemlerle tüketicilerin elektronik aletleriyle interaktif etkileşimi sağlanmış olur[14].Aşağıda yer alan tabloda gelişmiş ölçüm ve algılama teknolojileri sıralanmıştır.

Çizelge 2 .4 Gelişmiş ölçüm ve algılama teknolojileri

Geniş bant Kablo	Güç Hattı İletişimi (PLC)
Geniş bant Güç Hattı (BPL)	Radyo Frekansı ile Tanımlama Cihazları (RFID)
Hücresele (3G)	Yaygın Spektrum (SS) Radyo Sistemleri
Hücresele (CDMA ve TDMA)	Üç GPP (3GPP) (LTE)
Dijital Abone Hattı (DSL)	Çok küçük açıklıklı terminaller (VSAT)
Fiberden Eve (FTTH)	Wavenis Kablosuz
Entegre Dijital Geliştirilmiş Ağ (IDEN)	Wi-Fi
İnternet Protokolü (IPv4 ve IPv6)	WiFiber
Düşük güç WPAN (6lowpan) üzerinden IPv6	Mikrodalga Erişimi için Kablosuz çalışabilirlik (WiMAX)
Kiralık Hatlar ve Çevirmeli Sistemler	Ev Otomasyonu için X10, UPB, INSTEON, Z-Wave, Zigbee
Çoklu Adresi (MAS) Radyo	ZigBee
Çağrı Ağları	

2.2 Akıllı Şebekelerin Alt Birimleri

Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknolojiler Enstitüsü'nün (NIST) oluşturmuş olduğu akıllı şebekeler modeli, akıllı şebekelerin tanımlanmasında üst düzey çerçeve sağlamakta ve akıllı şebekeleri yedi çalışma alanına ayırmaktadır. Bunlar yığın üretim, iletim, dağıtım, müşteriler, operasyon alanları, piyasa ve servis sağlayıcılarıdır. Tüm etki alanları enerji/elektrik ve haberleşme ağ bağlantılarıyla birbirine bağlanmaktadır. Akıllı şebekeler modeli açıklarken NIST akıllı şebeke modeli esas alınmıştır [11].

2.2.1 Yığın Üretim

Gelecekte planlanacak olan elektrik üretimi, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının birlikte daha etkin kullanılmasıyla sağlanacaktır[2]. Akıllı şebekelerde elektrik üretimi petrol, kömür, nükleer fizyon, güneş, rüzgar, gelgit enerji kaynaklarının tamamından yararlanılarak elde edilecektir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları şebekede daha geniş yer bulacak ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek enerjinin fazlası için elektrik depolama sistemlerinden daha fazla yararlanılması öngörülmektedir. Bu yeni üretim metodunda elektrik üretiminin fazla olduğu zamanlarda enerji depolanacak ve kaynak sıkıntısı çekildiği anlarda tekrar şebekeye verilecektir. İletim hattına bağlı yığın üretim, piyasa çalışma alanı ile de haberleşme halindedir. İnternet üzerinden piyasa arayüzü vasıtasıyla piyasa çalışma alanı ile haberleşilir. Üretim kapasitesi, diğer çalışma alanlarının enerji durumu gibi konular yığın çalışma alanının temel haberleşme konularıdır. Yığın çalışma alanı birimleri uzaktan iletim ünitesi, PLC, izleme ekipmanları, hata kaydedicilerinden oluşur [12].

Yığın elektrik üretim sistemi Yerel Alan Ağı/Geniş Alan Ağı gibi birçok IT sistemini biraraya getirmektedir. Aynı zamanda üretim sistemini yerinde yönetebilmek için alan ekipmanları gerekmektedir.

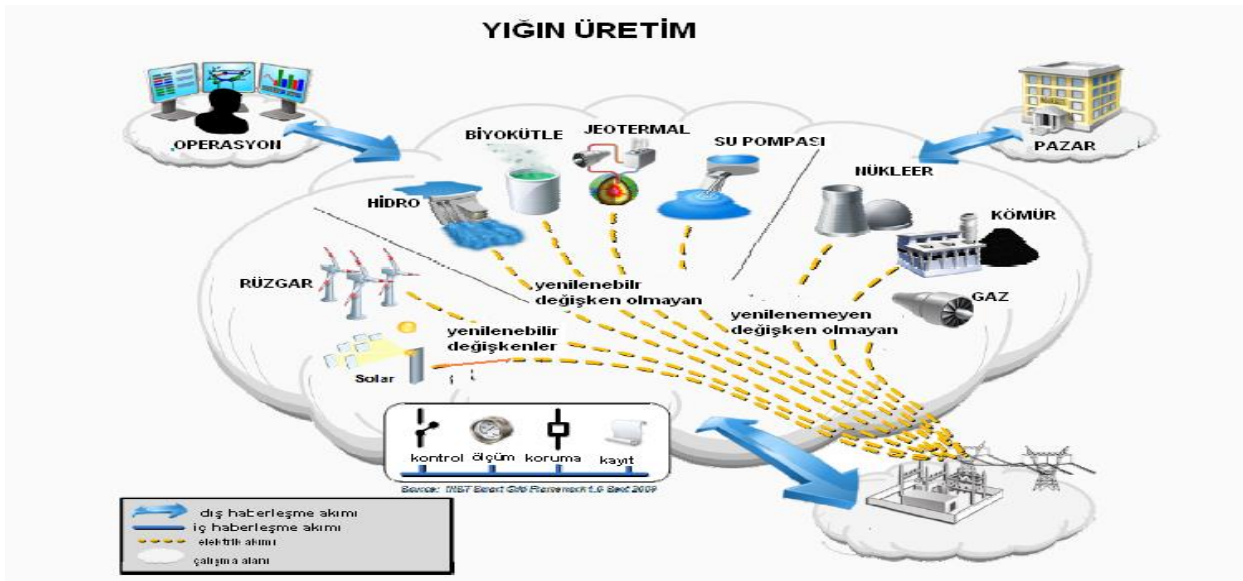
Bir yığın elektrik üretim yönetimi aşağıda listelenen önemli fonksiyonları yerine getirmektedir.

- Enerji Yönetim Sistemi/SCADA gerçek zamanlı görüntüleme ve üretim sistemini coğrafik olarak kontrol edilmesi.
- Dağıntık kontrol sistemi (DCS) gerçek zamanlı yönetim, üretim varlıklarının kontrolü

- Üretim şirketlerinin, üretim filosunun kontrolü
- Gelişmiş elektrik üretim uygulamaları

Çizelge 2 .5 Yığın üretim bileşenleri

ÖRNEK UYGULAMALAR	TANIM
Kontrol	Operasyon çalışma alanı, elektrik akımını kontrol eden ve sistem güvenilirliğinin yönetimini sağlayan aktörler tarafından yönetilir.
Ölçüm	Ölçüm, elektrik akımını ve sistem durumunu görünebilir hale getiren aktörler tarafından yapılır.
Koruma	Sistemdeki elektrik kesintilerini tespit eder. Malzemelerdeki hasarları hızlıca belirleyen, hatalara hızlı cevap veren aktörler tarafından gerçekleştirilir.
Kayıt	Diğer çalışma alanlarıyla ve aktörlerle haberleşerek, finansal, mühendislik, operasyonel ve tahmin amaçlı yorumlar yapar.
Varlık yönetimi	Varlık yönetimi ekipmanların bakımı, cihazların yaşam ömürlerinin hesaplanması, bakım işlemlerinin kayıt edilmesi ve aktörlerin birlikte çalışmasıyla sağlanır. Operasyon kayıtlarının tutulması gelecekte oluşacak operasyonel ve mühendislik kararları için kaynak olacaktır.



Şekil 2.1 Yığın üretim

2.2.1.1 Yenilenebilir Enerjiler

Günümüzün çevresel farkındalığı modern akıllı şebekeler teknolojisinin gelişmesinin zeminini hazırlamıştır [15]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye artan entegrasyonu tüm dünyada hız kazanmıştır. Her ülkenin kendine ait çalışmalarının ve raporlarının bulunmasının yanında, ülkeler arası ölçekte yenilenebilir enerji projeleri de yapılmaktadır. Bunların en önemlilerinden biri, Türkiye'nin de dâhil olduğu DESERTEC olarak bilinen projedir. Projenin tanıtım cümlesi oldukça çarpıcıdır. "İnsanoğlunun 1 yılda tükettiği enerjiyi çöller, 6 saat içerisinde güneş enerjisinden almaktadır". Bu tür projeler açıkça göstermektedir ki gelecekteki enerji yapısında yenilenebilir enerji kaynaklarının katkısı oldukça yüksek olacaktır. Ayrıca adalaşan enerji yapıları yerine elektrik enerjisinin bulunabilirliğinin ve güvenilirliğinin arttığı uluslararası enerji yapıları oluşturulacaktır. Ayrıca bu yapılar, ülkeler arası enerji piyasasının oluşmasını da sağlayacaktır [16].

En çok yararlanılan yenilenebilir enerji kaynakları hidroelektrik, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisidir. Geçen yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları enerji üretiminde giderek daha fazla yer alan kaynaklar olmuştur. Hatta linyit ve kömür enerji kaynaklarıyla yarışabilir hale gelmiştir ancak, doğalgaz ile enerji üretiminin altındadır. Diğer gelişen yenilenebilir teknolojiler ise dalga ve gelgit enerjisi, biokütle dönüşümü enerjisi, kombine ısı ve güç(CHP) ve küçük ölçekli hidroelektrik santralleridir (Bölge başına 10 MW). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde tahminlerin çok çeşitli olmasına karşın, araştırmacılara göre küçük ölçekli hidroelektrik kaynakları hala kullanılmayan yüksek bir potansiyele sahiptir [20].

Rüzgâr ve güneş enerjisinin düşük seviyede şebekede yer alması yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye olan etkisini sınırlar. Ancak bu enerji kaynakları şebekede daha fazla yer aldıkça, sistem güvenilirliğin sağlamak için daha gelişmiş kontrol yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kontrol yöntemleri iletim sistemlerini daha etkin kullanmayı gerektirmekte, talep cevabı ve akıllı enerji depolanmasını içermelidir [21].

Akıllı şebeke ile yapılmış bir elektrik altyapısında sistem yöneticisi sürekli olarak haberleşme ortamında sağlanan verilere göre değişiklikleri yönetir. Diyelim ki sistemde o zaman dilimi içinde rüzgâr gücü oldukça fazla ise, o zaman hidroelektrik santralinden gelen gücü kesip, rüzgâr santralini sisteme dâhil edebilmektedir. Su sürekli orada mevcut

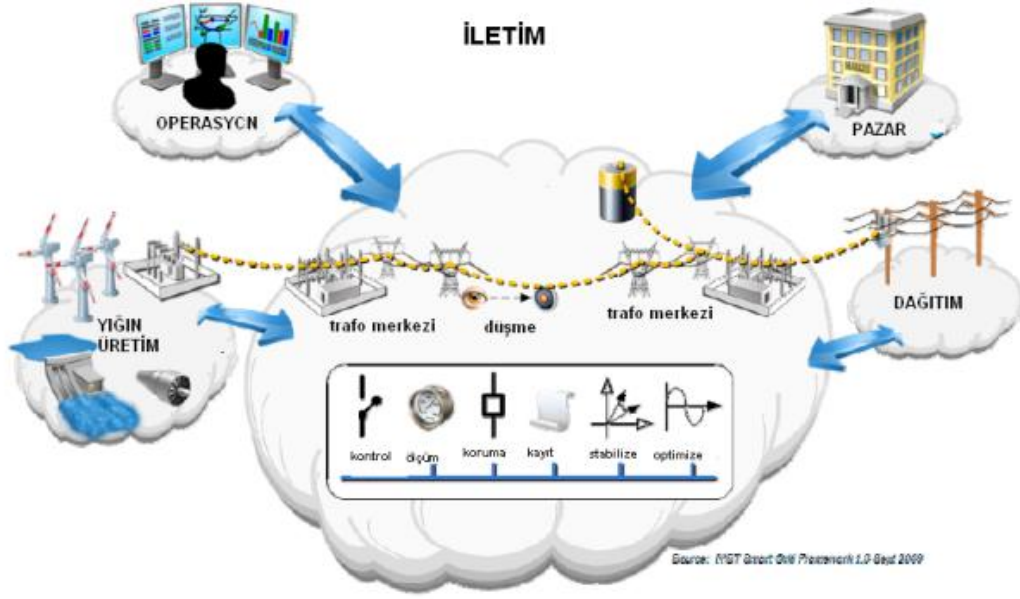
olduğundan istendiği zaman da hidroelektrik santral devreye alınarak, gelen elektriği sisteme dâhil edebilmektedir. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının optimumderecede kullanabilmesini sağlamaktadır. Kömür veya doğalgazla çalışan santrallerde ise yük düşünün kontrolü sağlanır. Sistem yeteri kadar akıllı değilse, bunları kontrol etmenin imkânı yoktur.

Rüzgar ve fotovoltaik hücrelerin doğasında olan öngörülemezlik, Mikro şebekeler ICT gibi sistemlerle desteklenmelidir [15]. Böyle gelişen teknolojiler sürdürülebilir standartların gelişmesinde önemli rol oynayacaktır.

Akıllı evler, akıllı şebekeler içerisinde önem arz etmektedir. Bu kavram içinde evlerin çatılarında güneş enerjisini elektriğe çevirecek sistemler kurulabilmektedir. Bir site ya da bir apartman akıllı şebekelerle, kendi kurduğu yenilenebilir enerji ile elektrik üretebilecektir. Buralarda üretilen elektrik günün belli saatlerinde kendi ihtiyacından fazla olması durumunda şebekeye satılabilecek. Mevcut elektrik şebekeleri hem teknik olarak, hem de yasal düzenlemeler nedeniyle çift yönlü akıma izin vermemektedir. Akıllı şebekelerle teknik altyapısını sağlayacak bir yapı sunulmuştur. Çift yönlü elektrik akımına imkân sağlayacak sistemler kurulduğunda tüketici kendi ihtiyacı için elektrik üretirken fazlasını sisteme verebilme ve ürettiği fazla elektriği satma imkânına kavuşmuş olacaktır [2].

2.2.2 Akıllı Şebekelerde İletim Hattı

Üretilen elektrik trafolar ve iletim hattı aracılığıyla iletilmektedir. İletim hattı uzaktan iletim operatörü(RTO) tarafından işletilip yönetilmektedir. Uzaktan iletim operatörü (RTO) aynı zamanda talep ve besleme arasındaki dengeyi sağlayabilmek için bölgesel iletim hatlarının stabilizesini sağlamakla görevlidir. İletim etki alanı küçük ölçekli enerji üretimi ve depolanmasını da destekler. Kendini iyileştirme fonksiyonu ve gelişmiş geniş alan durum farkındalığı ile birçok bilginin şebekeden alınıp kontrol merkezine iletimini gerçekleştirir. Aynı zamanda uzak trafolardaki cihazlara cevap mesajları yollar. Böylece trafolar ve kontrol merkezi arasındaki iki yönlü haberleşme sağlanır [12].



Şekil 2. 2 Akıllı şebekelerde iletim(National Institute of Standards and Technology)

Çizelge 2 .6 İletim Bileşenleri

İLETİM ETKİ ALANLARI İÇERİKLERİ	TANIM
Trafo	Sistem trafolarından oluşur.
Depolama	Enerji depolama ünitesinin şarj durumunu kontrol eder.
Ölçüm ve Kontrol	Sistemi kontrol eder ve optimize etmek için tüm ölçüm, kayıt ve kontrol sistemlerini içerir.

2.2.3 Akıllı Dağıtım

Akıllı dağıtım sistemi iletim ve müşteri alanlarını, elektrik ve haberleşme sistemlerini bir arada kullanarak bunların birbiriyle bağlantısını sağlar. Dağıtım fiderleri ve trafolardan yararlanarak elektriği ulaştırır. Dağıtım enerji kaynakları, elektrikli araçlar, gelişmiş ölçüm aletleri, diğer sensörler gibi haberleşme özelliği olan cihazlarla haberleşme halindedir. Akıllı dağıtım talep ve enerji uygunluğuna göre enerjiyi tüketicilere iletir. İzleme ve kontrol yaparak elektrik şebekesinin kararlılığını ve kalitesini korur [12].

Akıllı şebekelerde dağıtım çalışma alanı operasyon çalışma alanı ile daha yakından haberleşme kurar. Operasyon çalışma alanıyla birlikte güç akışını kontrol eder. Piyasa çalışma

alanı dağıtım çalışma alanı ile haberleşerek yerel tüketim ve üretimi yönetir. Piyasa güçlerine bağlı olarak tüketim davranış şekillerinin değişmesi sağlanır, dağıtım çalışma alanı ve daha geniş şebeke ortamında elektriksel ve yapısal değişiklikler meydana getirilir [13].

Çizelge 2 .7 Dağıtım bileşenleri

DAĞITIM UYGULAMALARI	TANIM
Trafo merkezi	Trafo içinde kontrol ve izleme yapar.
Depolama	Depolama ünitelerinin şarj ve deşarj durumlarını kontrol eden bir sistemdir.
Dağıtık Üretim	Şebekenin dağıtım tarafında konumlandırılmış dağıtılmış elektrik üretimidir.
Ölçüm ve Kontrol	Şebekeyi korumak ve şebeke operasyonlarının optimizasyonunu sağlamak amacıyla kurulan tüm ölçüm ve kontrol sistemlerini, kayıt ve kontrol sistemlerini içerir.

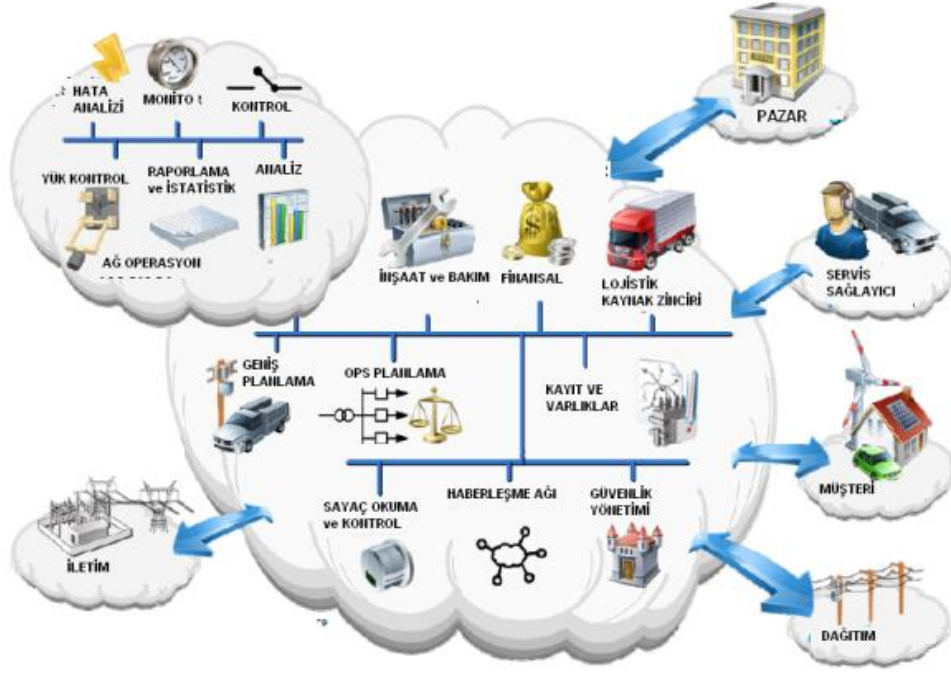
2.2.4 Operasyon Çalışma Alanı

Operasyon çalışma alanı tüm elektrik sisteminin düzgün çalışmasından sorumludur. Günümüzde bu özelliklerin büyük kısmı dağıtım şirketleri tarafından sağlanmaktadır. Akıllı şebekeler elektrik şirketlerine dış kaynaklı servis sağlayıcısı olmakla beraber, zamanla gelişmeye açık bir sistemdir. İletim sisteminin etkinliğinin ve güvenilirliğinin sağlanması, dağıtım sisteminin yönetimi (DMS), dağıtım sisteminin analiz edilmesi ve işletilmesi başlıca görevleri arasındadır [13].

Operasyon çalışma alanının bir diğer görevi ise, iletim çalışma alanı içinde yer alan enerji yönetim sistemi, dağıtım çalışma alanında yer alan dağıtım yönetim sistemiyle birlikte, iletim ve dağıtım çalışma alanları arasında etkili ve uygun çalışma ortamının sağlanmasıdır. Dağıtım ve iletim çalışma alanları hakkında bilgi almak için izleme yapar, komşu alan ağı, geniş alan ağları vasıtasıyla kontrolü sağlar. Hata yönetimi, bakım, analiz ve ölçüm görevlerini yerine getirir. SCADA sistemi kullanılarak, gereken bilgi sistemden alınır [12].

Çizelge 2 .8 Operasyon çalışma alanı bileşenleri

ÖRNEK UYGULAMA İÇERİKLERİ	TANIM
İzleme	Aktörlerin bağlantı ve yük durumunu, ağ topolojisini, anahtar ve kesici durumlarını, kontrol ekipmanlarının durumunu denetleme ve ağ işlemlerini görüntüleme görevi yapar.
Kontrol	Ağın kontrolünü bu çalışma alanındaki aktörler koordine eder. Geniş alan kontrolü, trafo kontrolü, yerel alan otomatik ve manuel kontrol sistemlerinden meydana gelir.
Hata Yönetimi	Hata yönetimi aktörleri hataların yerini tespit edebilir, tanımlayabilir, sistemden ayırır ve onarabilir. Müşterileri bilgilendirebilir ve gerektiğinde işgücü sevk eder, istatistikleri derler.
Analiz	Operasyon analiz aktörleri, eş zamanlı olarak operasyonlardan elde ettiği bilgileri paylaşır.
İstatistik ve Raporlama	Operasyonel İstatistik ve Raporlama aktörleri çevrimiçi verileri arşivler, sistem verimliliği ve güvenirliliği ile ilgili analizleri gerçekleştirir.
Hesaplama	Eş zamanlı ağ hesaplamalarını sistem operatörleri sağlar. Elektrik sisteminin güvenilirlik ve güvenliğini denetler.
Eğitim	Çalışanlara gereken eğitim verilir, sistemin simülasyon gerçekleştirir.
Kayıtlar ve Varlıklar	Kayıt ve varlık yönetimi aktörleri trafoları izler ve verileri raporlar, ağ donanım envanterlerivasiyasıyla coğrafik görüntü ve veri sağlar. Varlıkların kayıtları tutulur, varlık yatırım planlaması yapılır.



Şekil 2.3 Operasyon çalışma alanı

2.2.4.1 Gelişmiş ölçüm altyapısı(AMI)

Gelişmiş ölçüm alt yapısı müşterilerin tükettiği elektrik bilgilerini toplamak, ölçmek ve analiz etmek üzere tasarlanmıştır. Aynı zamanda dinamik ve otomatik elektrik ücretlendirmesinin de yolunu açmaktadır [17]. Gelişmiş ölçüm altyapı'nın ana fonksiyonu tüketicilerin şebekedeki rolünü artırmak, sistemin yük ile bağlantısının kurulmasını sağlamak, tüketicilerin elektrik şebekesi operasyonlarını desteklemektir.

Akıllı sayaçlar müşterilerin evlerindeki ev aletlerini izleyebilir ve kontrol edebilir, aynı zamanda dağıtım şebekesinin tanınal bilgilerini toplayabilir. Diğer akıllı sayaçlarla haberleşebilir. Sayaçlardan elde edilen veriler kimlik tanımlaması, verilerin zaman tanımlanması, elektrik tüketim değerleri parametrelerini içerir. Akıllı sayaçların ileriye yönelik olarak güncellenme ve programlanma özellikleri mevcuttur.

Şebekeden yapılan tüketimlerin faturalandırılması, tüketicilerin kendi dağıtık enerji kaynaklarından elde ettiği ve depoladığı elektriği kullanması durumunda faturalandırılmayacaktır. Akıllı sayaçlar maksimum elektrik tüketimini sınırlandırabilir, müşteriler dilediğinde elektrik beslemelerini akıllı sayaçlar vasıtasıyla uzaktan kesebilir [18].

2.2.4.2 Akıllı Sayaçların Özellikleri:

Akıllı sayaçlar yük tarafı ve akıllı şebeke ağı arasında bilgi alışverişi sağlamak için arayüz görevi görür. Asıl görevi saatlik ücretlendirme, güç kalitesinin denetlenmesi, uzaktan anahtarlama fonksiyonlarının yerine getirilmesi ve ön ödeme fonksiyonlarının gerçekleştirilmesidir.

Haberleşme ekipmanları ile iki yönlü bilgi aktarımı sağlanır. Elektrik şirketleri ve tüketiciler arasında haberleşme ağı kurulur. Kablosuz haberleşme, RS-485 gibi haberleşme standartları ve yöntemleri kullanılabilir.

Sayaç veri yönetim sistemleri, veri tabanını analiz eder, diğer bilgisistemleriyle etkileşimi yönetilir [8].

Enerji tüketimi akıllı sayaçlarda belirli periyodlarla okunmaktadır. Veri trafiğine göre takip sıklığı değişken olabilmektedir. Akıllı sayaçlarda çoğunlukla 15 dakikalık okuma yapılır. Bu okuma işlemi gündüz 4 saat, gece 8 saatlik aralıklarla tekrarlanır ve kamu hizmet kuruluşlarına iletilir. Bant genişliği akıllı sayaçlarda öncelikli faktördür. Her bir sayacın 10 kbps veri transferi ve 2-10 saniye gecikme aralığı vardır [19].

2.2.5 Piyasa Çalışma Alanı

Piyasa çalışma alanı elektrik beslemesi ve talep arasında dengeyi sağlar. Bu çalışma alanı nihai tüketiciye elektrik beslemesi sağlayan perakendeciler, yığın elektrik sağlayıcıları, tedarikçilerden elektriği satın alıp perakendecilere satan tüccarlar, daha küçük dağıtık enerji kaynaklarını birleştiren ve elde ettiği elektriği satan toplayıcıları kapsar. Yığın elektrik üreticileri, dağıtık enerji kaynakları ve piyasa arasındaki etkili haberleşme, üretim ile talebin örtüşmesine bağlıdır [12].

Piyasa, şebeke varlıklarının satış işlemlerinin gerçekleştirildiği çalışma alanıdır. Piyasa çalışma alanı aktörleri alım satım fiyatlarını belirler, güç sistemi arasındaki besleme ve talep dengesini sağlar. Piyasa çalışma alanı sınırları kontrolün yapıldığı operasyon çalışma alanı, elektrik tedarik çalışma alanları (üretim, iletim, vb.) ve müşteri çalışma alanlarından oluşur. Tüketim ve üretim arasındaki etkili denge piyasaya bağlıdır.

Piyasa çalışma alanı için haberleşme güvenilir olmak zorundadır. İzlenebilir ve denetlenebilir olmalıdır. Bütünlüğün sağlanması, teklifi reddetme gibi sorunlar yaşanmaması için elektronik ticaret standartlarının taşınması gerekir [12].

Çizelge 2 .9 Piyasa çalışma alanı bileşenleri

ÖRNEK UYGULAMA ALANLARI	TANIM
Piyasa Yönetimi	Piyasa yönetimi, toptan elektrik satışlarının yapıldığı piyasa için gerekli ISO standartlarını içerir. Vadeli piyasalar için iletim, talep ve cevaplanma sistemleri, servis ve toptan satış piyasaları mevcuttur.
Perakendeci	Perakendeciler nihai kullanıcılara elektriği satarlar. Gelecekte dağıtık enerji kaynaklarını satacak olan müşteriler ve piyasa arasında aracı olabileceklerdir. Birçoğu toptan satış piyasasının da katılımını sağlamak amacıyla ticaret organizasyonlarıyla bağlantılıdır.
Dağıtık Enerji Kaynaklarının Eklenmesi	Toplayıcılar küçük katılımcıları bir araya getirerek, dağıtık enerji kaynaklarının daha büyük piyasada yer almasına aracılık ederler.
Ticari Yatırımcılar	Ticari yatırımcılar piyasa içinde yer alan önemli katılımcılardır. Birçok şirketin enerji alım satımı öncelikli ticari faaliyetler arasındadır.
Piyasa Operasyonu	Düzgün bir piyasa fonksiyonu yaratılır, fiyat teklif akışları, denetimin dengelenmesi ve daha fazlasını içerir.
Yardımcı Operasyonları	Yeni piyasalar sağlar, frekans desteği sağlanır, voltaj desteği ve FERC, NERC, ISO tarafından tanımlanmış diğer yan hizmetlerden oluşur. Bu piyasalar bölgesel ya da ISO temellidir.

2.2.6 Müşteri Çalışma Alanı

Aşağıdaki çizelgede müşteri çalışma alanına dair bileşenler yer almaktadır.

Çizelge 2 .10 Müşteri çalışma alanı bileşenleri

ÖRNEK UYGULAMALAR	TANIM
Bina ve Ev Otomasyonu	Aydınlatma, ısı kontrolü gibi binanın birçok otomasyon özelliklerini kontrol eden sistemlerdir.
Endüstriyel Otomasyon	Üretim ve depolama gibi endüstriyel süreci kontrol eden sistemdir. Bina ve ev otomasyonu ile karşılaştırıldığında daha farklı sistemleri gerektirir.
Mikro Üretim	Her türlü dağıtık enerji üretimini birleştirerek, bünyesinde barındıran üretimlerdir. Güneş, rüzgar, hidroelektrik gibi enerji kaynaklarından faydalanır. Müşteri tarafında üretilen dağıtık enerji görüntülenilir, sevk edilebilir, haberleşme ile kontrol edilebilir.

2.2.6.1 Elektrikli Araçlar

Elektrikli araçlar Plug-in elektrikli araçlar(PEV) ve Plug-in Hibrit araçlar(PHEV) olmak üzere iki gruba ayrılır ve gelecekte fosil yakıt kullanan araçların yerini alması beklenmektedir. Fosil yakıt kullanan araçlara göre elektrikli araçlar şarj edilebilir. Bir ya da birden fazla elektrik motorundan oluşabilirler.

Elektrikli araçlar bataryalarını şarj ederken araçlar akıllı şebeke ile bağlantı kurarlar. Bu şebekeden-araca şarj (G2V) olarak tanımlanır. Bu şarj süreci evde tamamlanabildiği gibi halka açık şarj ünitelerinden de sağlanabilir. Genellikle şarj halka açık şarj ünitelerinde yapıldığından şebekeye ek olarak pik güç talebi yaratabilir. Diğer taraftan da elektrikli araçlar enerji deposu olarak kullanıldığından şebekede oluşabilecek pik talebi azaltacaktır. Bu yöntem araçtan-şebekeye elektrik iletimi olarak isimlendirilir (V2G). Böylelikle elektrikli araçlarla, akıllı şebeke arasında iki yönlü akım sağlanır. Dolayısıyla akıllı şebeke ve elektrikli araç arasında yoğun veri alışverişi vardır [17].

Elektrikli araçların trafiğe girişinde yüzde 50 oranında sağlanacak artışla, ABD karbon emisyonunda 0,1 gigaton oranında azalma sağlanabileceği ön görülmüştür. Yenilenebilir

kaynaklardan üretilen elektriğin araçlarda kullanılması halinde de karbon emisyonu seviyesi iki kat daha düşerek, 0,2 gigaton seviyesinde emisyon azalımı sağlanabilecektir. Elektrikli araçların getireceği en büyük avantajlar ise; elektrikli otomobil bataryalarının otomobil kullanımındaki ömrünü tamamladıktan sonra akıllı şebekenin depolama ve gerilim düzenleme işlevlerinde kullanılabilir olmalarıdır [2].

Elektrikli araçların depolama yapabilmesi ve puant zamanlarda sisteme destek olabilmesi sayesinde hem sistemin güç ihtiyacı azalacak, hem de elektrik fiyatları etkilenecektir. Elektrik sistemindeki atıl kapasite trafikteki araçların %73'ünün ihtiyacını karşılayacak miktardadır. ABD, elektrikli araçlar sayesinde 2050 yılında ülkedeki toplam günlük petrol tüketimini 4 milyon varil azaltmayı hedeflemektedir [11]. Ülkemizdeki petrolde olan dışa bağımlılık değerlendirildiğinde elektrikli araçların yaygınlaşması ile enerji ithalatı miktarlarında önemli azalmalar gerçekleşecektir. Daha yeşil bir gelecek sunan akıllı şebekeler konusunda çevre örgütlerinin halkın bilgilendirilmesinde yardımcı olmaları gerekmektedir. Bu teknolojiler sayesinde herkesin kendi karbon üretimini kontrol edebileceği bilinci, çevreye duyarlı tüketicileri akıllı şebekeler konusuna ilgi duymasını sağlayacaktır[2].

2.2.7 Servis Sağlayıcılar

Servis sağlayıcı çalışma alanı piyasa, operasyon ve müşteri çalışma alanları ile haberleşme halindedir. Operasyon çalışma alanı ile haberleşmesi, sistemin kontrolü ve durum farkındalığı yaratmak için önemlidir. Piyasa ve müşteri çalışma alanı ile haberleşme akıllı servislerin gelişmesiyle yaratılacak ekonomik büyüme için gereklidir. Örneğin servis sağlayıcılar piyasa ile iletişim halinde olarak müşterilere arayüz sağlayabilir.

Elektrik servis sağlayıcıları, bugünkü gibi üçüncü şahıslar tarafından gerçekleştirilebilir, ya da yeni iş modellerine göre yeni katılımcılar tarafından gerçekleştirilebilir. Gelişmekte olan servisler önemli ekonomik büyümeler yaratacaktır. Servis sağlayıcıların öncelikli sorunları temel arayüzleri ve standartları geliştirmektir.

Servis sağlayıcıları sistemlerinin geliştirilmesi yeni ve yenilikçi servisler yaratılmasını sağlayacaktır. Akıllı şebekelerle birlikte yeni gereksinimlerini karşılayacak ürünler ve fırsatlar doğacaktır. Dinamik piyasa odaklı ekosistem sağlanacak ve kritik güç altyapısı yaratılacaktır.

Servis sağlayıcıların Akıllı Şebekelerde yer almasının sağlayacağı faydalar:

- Üçüncü şahıslar için büyüyen piyasa, katma değer hizmeti sağlayacak, müşteriler, kamu hizmet sağlayıcılar ve diğer paydaşların kullanacağı ürünler daha rekabet edilebilir maliyetlerde olacaktır.
- Diğer akıllı şebeke çalışma alanlarının ticari hizmet tutarları azalacaktır.
- Güç tüketiminde azalma ve müşterilerin ürettikleri elektrik miktarında artma sağlanacak ve müşteriler güç tedarik zincirinde aktif rol oynayabileceklerdir.

Çizelge 2 .11 Akıllı Servis Sağlayıcı Bileşenleri

ÖRNEK UYGULAMALAR	TANIM
Tüketici Yönetimi	Müşterilerle bağlantı sağlayarak, müşteri ilişkilerini yönetmek ve müşterilerin sorunlarına çözüm getirmek.
Kurulum ve yönetim	Akıllı şebeke ile haberleşmeyi sağlayacak olan müşteri tarafındaki cihazların kurulumu ve bakımının sağlanması.
Bina yönetimi	Binanın enerjisini izlemek, kontrol etmek ve akıllı şebeke sinyallerine karşılık vermek.
Ev yönetimi	Evin enerjisinin izlenmesi ve kontrol edilmesi, akıllı şebeke sinyallerinin cevaplanması ve ev sakinlerine daha az etkinin yansıtılması.
Faturalandırma	Müşteri fatura bilgilerinin yönlendirilmesi, fatura beyanlarının gönderilmesi, ödeme işlemleri.
Hesap yönetimi	Tedarikçi işletmelerinin ve müşteri iş hesaplarının yönetimi.

Akıllı şebeke haberleşme altyapısı, beklenen akıllı şebeke fonksiyonlarını destekleyen ve performans gerekliliklerini karşılayan sistemlerdir. Yapısal olarak çok sayıda elektrikli cihazları birbirine bağlamakta ve karmaşık birçok cihaz haberleşmelerini de yönetmektedir. Akıllı şebekeler her biri ayrı bölgeden sorumlu ve birbirine bağlı hiyerarşik bir altyapı üzerine kurulmuştur [1]. Bu haberleşme ağında birçok haberleşme teknolojisi birlikte yer almaktadır. Kablolu ağlardan (bakır kablo, fiber optik, güç hattı taşıyıcıları (PLC) vb.), kablosuz ağlara (Zigbee, Wimax, hücresel ağ vb.) kadar birçok haberleşme teknolojisini bir arada bulundurmaktadır [2]. Haberleşme altyapısında karşılaşılabilecek temel zorluklar olarak; tasarım, donanım ve programlama açısından pahalı olması, veri iletiminde gecikmeler yaşanabilmesi sıralanabilir. Sonuç olarak bu eklenen yeni haberleşme ağı vasıtasıyla, elektrik şebekesinin kontrolü sağlanabileceği gibi, aynı zamanda çift yönlü elektrik güç sisteminin güvenliği sağlanacaktır. Haberleşme ağı üretimden dağıtıma kadar tüm elektrik şebekesini kapsayacak nitelikte olacaktır [2].

Akıllı şebekeler sadece tek tip haberleşme ağından oluşmamaktadır. Her bir telekomünikasyon hizmet sağlayıcısının kendine özgü farklı topografyaları, düzenleyici rejimleri ve yerleşik haberleşme sistemleri vardır. Akıllı şebekelerden beklenen ise, farklı haberleşme teknolojilerinin uyumlu bir şekilde çalışabildiği, hibrit ve çok katmanlı bir ağlardan oluşmasıdır.[1]. Akıllı şebekeler haberleşme ağı; geniş alan ağı, mahalle alan ağı ve müşteri alan ağı olmak üzere üç ana katmandan oluşur. [3] Müşteri alan ağı kendi içerisinde üçe ayrılmaktadır, bina ağı, sanayi ağı ve ev alan ağı [2].

Bu üç ana segment birçok ağ geçitleriyle birbirine bağlıdır. Ev alan ağı ile komşu alan ağı arasındaki akıllı sayaçlar, komşu alan ağı ve geniş alan ağı arasındaki toplayıcılar, akıllı haberleşmenin ağ geçitleridir. Akıllı sayaçlar, evin elektrik tüketim verisini toplar, ev alanı ağ geçitine iletir. Toplayıcılar ise, akıllı sayaç ve rölelerden gelen verileri toplar ve operatör kontrol merkezine iletir. Bunun tersi olarak da, kontrol merkezinden gelen bilgi, geniş ağ, komşu ağ, ev ağı boyunca yol izleyip, ters yönde bilgiyi iletir. Akıllı elektronik aletlere ve tüketici cihazlarına mesajlar olarak ulaşıp, elektrik şebekesinin ve müşterilerin kullandığı enerji tüketimi denetlenir ve elektrik şebekesinin optimizasyonu sağlanır [3].

BİNA OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

3.1.1 Müşteri Yerleşim Ağı

Müşteri yerleşim ağları, ev alan ağı (HAN), bina alan ağı (BAN) ve endüstriyel alan ağı (IAN) olarak üçe ayrılır [4]. Ev alan ağı servis modülü (SM), ölçüm modülü (MM) ve ölçüm kontrol sistemlerinden oluşur. (MCS) Servis modülü (SM) müşterilere enerji tüketimini gerçek zamanlı görüntüleme imkânı sağlar, ölçüm modülü (MM) müşterinin ev tüketimini kaydeder. Ölçüm kontrol sistemi (MCS) ise, ölçüm modülü ve servis modülünden elde edilen verileri toplar ve kontrolünü sağlar [5].

Ev alan ağı ev içindeki birçok cihazdan gelen sensör bilgilerini toplar ve kontrol bilgilerini evdeki akıllı cihazlara iletir. Akıllı ev cihazları (ısıtıcılar, klimalar, çamaşır makinaları, kurutucular, dondurucular, mutfak ocakları, bulaşık makinaları, elektrikli araç şarjları) izlenebilir ve konut kontrol merkezinden kontrol edilebilir.

Ev alan ağı ısıtıcıları ya da klimaların pik saatlerdeki kullanımı kontrol edilebilir, ev içi ekranlarıyla müşterilerin tüketim miktarı görüntülenebilir, kart ile aktive olan ödeme planları hazırlanabilir [3]. Ev alan ağı, ev otomasyonu aracılığıyla izleme yapar ve uygulamaları kontrol eder. Ev otomasyon ağı çok çeşitli olan uygulamaları gerçekleştirmek için birçok sensör ve hareketlendirici içerir. Aydınlatma kontrolü, uzaktan kontrol, akıllı enerji, emniyet ve güvenlik uygulamaları, ev otomasyon uygulamalarından bazılarıdır. Aydınlatma kontrolüne bir örnek vermek gerekirse, aydınlık kontrol uygulamalarında bir anahtar ya da hareketlendirici sayesinde ışık uzaktan kontrol edilebilir ya da sensör bilgisine göre otomatik açıp kapatılabilir, bununla birlikte gelen talep cevabı isteğine göre aydınlatma kontrolü sağlanabilir. Benzer ağlar, bina/iş alan (BAN) ağında ve sanayi ağ alanında da (IAN) geçerlidir. Müşteri yerleşim ağı için temel gereklilikler düşük maliyet, basitlik ve güvenli haberleşme olarak sıralanabilir. Kablolulu, kablosuz birçok haberleşme teknolojisinden yararlanılabilir [4].

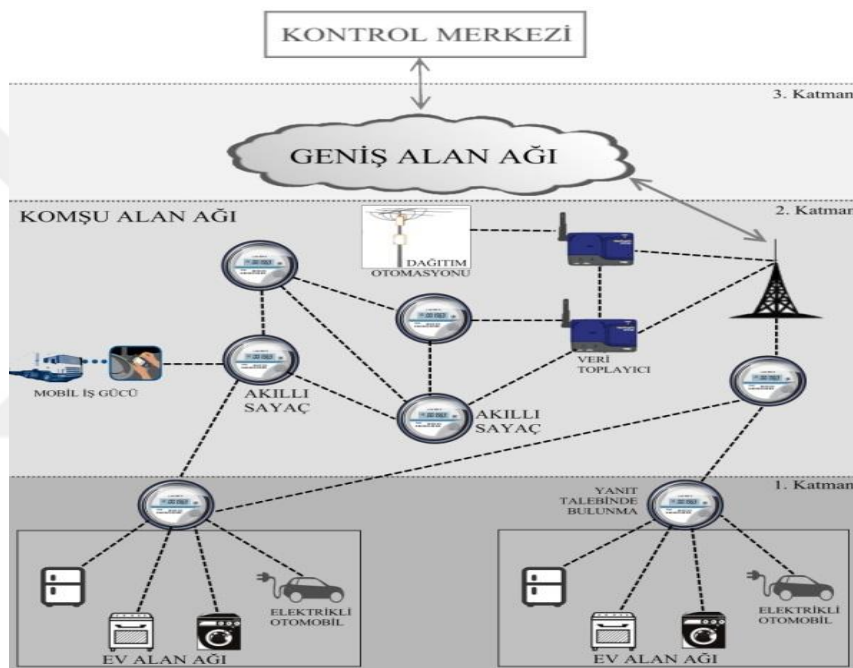
HAN/BAN/IAN için kablosuz ağlar kabloluya nazaran daha çok tercih sebebidir. Daha az cihaz kullanılmakta ve kurulum maliyetleri düşürülmektedir. Ayrıca ev otomasyon ağları hacmi yüksek düğüm yoğunluğu içerir ve bu durumda kablolu yaklaşım pratik olmayabilir. Diğer taraftan da evde yansıtıcı yüzeylerin olması, telefon, mikrodalga fırınlar, WLAN gibi birçok kablosuz cihazların bulunması sinyal girişime neden olabilir. Ev içindeki her bir cihazdan elde edilen verilerin ve ev alan ağı içindeki her bir cihazın haberleşme gereksinimleri farklı olabilir [6].

Haberleşme gereksinimlerine göre cihazlar dört gruba ayrılırlar. İlk grup lambalar, telefon şarj aletleri ve dizüstü bilgisayar gibi küçük yük çeken cihazlardır. Bu cihazların yönetilmesi toplam yük profilinde belirgin bir azalma sağlamayacaktır. Kontrol merkezleri bu cihazlar için sadece şebekeye bağlı olup olmadığı bilgisine ihtiyaç duyacaktır. Bu gruptan sağlanacak minimal haberleşme yeterli olacaktır. İkinci grup kontrol edilemeyen fırın gibibüyük yük aletleridir. Bir fırın ihtiyaç duyulduğu zamanda kullanılmaktadır. Dolayısıyla şebeke tarafından kontrol edilmesi mümkün değildir. Bu grupta daha minimal haberleşme bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Üçüncü grup yükler ise; klimalar, bulaşık makinaları, kurutucular gibi kontrol edilebilen büyük yük aletleridir. Kontrol merkezleri bu gruptan beklenen yük, kullanım süresi, uygun olma süresi gibi detaylı bilgi ister. Önceki uygulamaların aksine bu grup operasyona başlamadan önce kontrol merkezinden işleme başlaması için onay bekler. Çünkü bu grup aletler ve kontrol merkezi arasında yoğun bir haberleşme gerekir. Son grup elektrikli araçlardır. Elektrikli araçlar çok büyük bir yük gereksinimi duyarlar ve gelişmiş yöntemlerle bu cihazları yönetmek çok önemlidir. Bu müşteri alan ağının kapsamı binlerce metrekare alanda olmalıdır. Veri hızının düşük olması beklenmektedir; yaklaşık 1–10 Kbps. Ev alan ağı için mümkün olabilecek standartlar IEEE 802.15.4 ve IEEE 802.11, Z-Wave, ya da güç hattı iletişim gibi patentli kablosuz yığınlardır [2].

3.1.2 Mahalle Alan Ağı (NAN)

Bir komşu alan ağı akıllı sayaçlarla geniş alan ağının yoğunlaştırıcıları arasında haberleşmeyi sağlayan ağıdır. Birçok evden topladığı verileri geniş alan ağına (WAN)'a iletir. Komşu ağının son noktası her bir evin akıllı sayacıdır ya da çatıdaki çoklu daire üniteleridir. 1–10 kilometre kare alanda etkilidir ve 10–100 kbps haberleşme hızı ile desteklenir [3].

Komşu alan ağı için olası standartlar ve protokoller kablolu ya da kablosuz ağ temelli olabilir.[30]Kablosuz ağ tarafında IEEE 802.11s, WiMAX ve 3G,4G,LTE gibi cep telefonu hücre standartları güçlü adaylardan bazılarıdır. Kablolu ağ tarafında güç hattı haberleşmesi(PLC),Ethernet, DOCSIS kullanım için uygun çözümlerdir. Komşu ağ için tekli atlama yaklaşımı uygun olduğu gibi, çoklu atlama yaklaşımı da uygundur. Mesela WiMAX akıllı şebekeden veri alır ve direkt olarak kontrol işlem servisine ya da sisteme iletir. Bu durumda her bir akıllı sayaç WiMAX radyo yayınına sahip olacak veya kendi okumalarını bir WiMAX radyo ağı olan ağ geçidine (IEEE 802,11 ya da 802.15.4)iletecektir. Diğer taraftan RF ağ çözümünde veri birçok ağ geçidinden geçerek iletim hattına ulaşacaktır [2].



Şekil 3.1 Akıllı şebeke altyapısı (NIST)

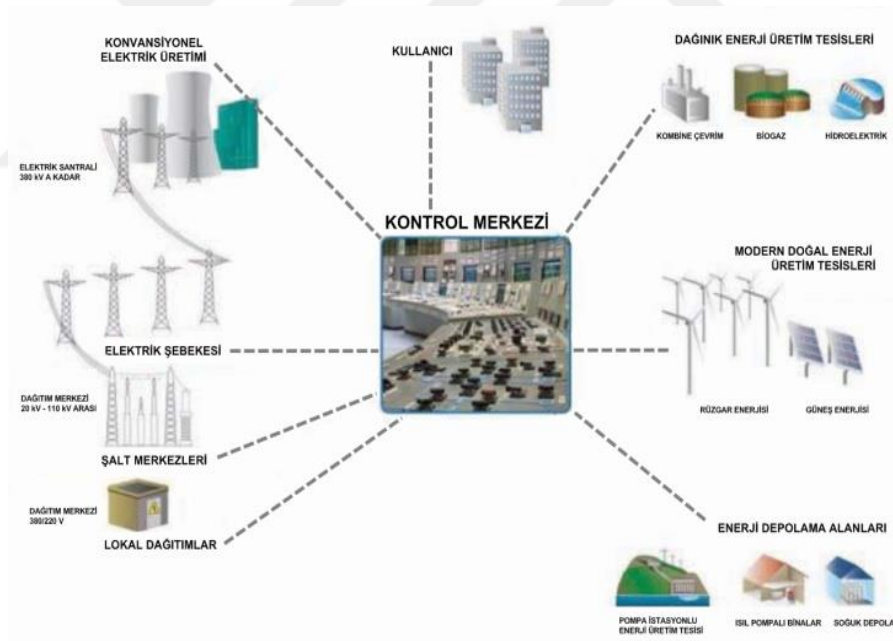
3.1.3 Geniş Ağ (WAN)

Geniş alan ağı akıllı şebeke haberleşinde omurga görevi görür. Uzun menzilli mesafeleriyle, kontrol merkezinden komşu alan ağına kadar alanı kapsar [4]. Geniş alan ağı komşu ağdan gelen verileri toplar ve kamu hizmet sağlayıcısı özel ağına iletir. Ayrıca elektrik santralinin, dağıtık enerji kaynağı istasyonları, trafo merkezleri, iletim ve dağıtım şebekeleri, kontrol merkezlerinin uzak mesafedeki farklı veri toplama noktaları boyunca haberleşmesini sağlar. SCADA, uzak terminal ünitesi (RTU)ve diğer sensörlerle otomasyon ve dağıtım cihazlarıyla haberleşir. Böylece birçok cihazın yönetim ve kontrolü, trafo otomasyonu, ölçüm

faturalandırma, elektrik kesintisi yönetimi, talep ve yük yönetimi gibi birçok sistemin desteklenmesi sağlanır [4].

Geniş alan ağı çok geniş bir alanı kaplar. Binlerce kilometre kare alanı kapsar. Binlerce cihazın verilerinin toplandığından 10–100 Mbps arası veri transferine ihtiyaç vardır [3].

Geniş alan ağı iki tip ağ içerir çekirdek ağ ve iletim ağı. Çekirdek ağı kamu hizmet sağlayıcı ve trafo merkezlerinin ağını birbirine bağlarken, iletim ağı, komşu alan ağını çekirdek ağa bağlar. Kablosuz ağ düşünüldüğünde daha önce komşu alan ağı için anılmış benzer protokoller geniş alan ağın toplama sistemi için de geçerli olacaktır.(WiMAX, 3G,GPRS, RF Mesh vb). Toplama sistemi komşu alan ağının bir parçası olarak görülebilir. Kablolu ağ düşünüldüğünde ise, DSL ya da pasif optik ağı(PONs)kullanılabilir. Çekirdek ağ için IP/MPLS ve fiber (SONET) kablolu teknolojiler kullanılabilir [2].



Şekil 3.2 Akıllı şebeke ağ sistemi

3.2 Akıllı Şebekelerin Haberleşmesinde Kullanılan Yöntemler

Akıllı şebekelerde kullanılan kablolu ve kablosuz haberleşme yöntemleri aşağıda sıralanmıştır.

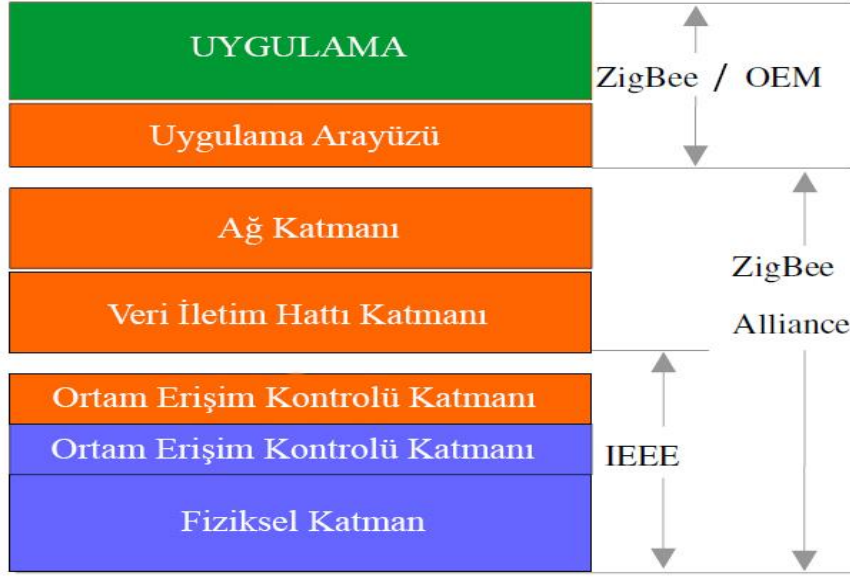
Çizelge 3 .1 Akıllı şebekelerde kullanılan haberleşme teknolojileri

Teknoloji	Çalışma Frekansı	Veri Hızı	Menzil
GSM	900-1800 MHz	14.4 Kbps'e kadar	1-10 km
GPRS	900-1800 MHz	170 Kbps'e kadar	1-10 km
3G	1.92-1.98 GHz 2.11-2.17 GHz	384 Kbps-2Mbps	1-10 km
WiMAX	2.5 GHz, 3.5 GHz, 5.8 GHz	75 Mbps'e kadar	10-50km (LOS) 1-5km (NLOS)
PLC	1-30 MHz	2-3 Mbps	1-3 km
ZigBee	2.4 GHz-868-915 MHz	250 Kbps	30-50 m
Z-Wave	868-908 MHz	40 Kbps'e kadar	30 m (iç) 100 m (dış)
EnOcen	315-868 MHz	125 Kbps	30 m (iç) 300 m (dış)
6LoWPAN	868 MHz – 2,4 GHz	250 Kbps	10-100 m

3.2.1 Akıllı Şebekelerde Kullanılan Kablosuz Haberleşme Yöntemleri

3.2.1.1 ZigBee

ZigBee standardı 2002 yılında kurulan ZigBee Alliance tarafından geliştirilmiştir. ZigBee Alliance katılmak isteyen herkese açık ve kar amacı gütmeyen bir kurumdur. ZigBee üreticiden bağımsız olarak düğümlerin haberleşmesine izin verir [9]. Zigbee küresel standartlara dayanan güvenilir, düşük maliyetli ve düşük güçlü radyo ağıdır[4]. Zigbee yüksek seviyeli haberleşme protokolünü kullanan IEEE 802.15.4–2003 standartlarına dayanır [5]. ZigBee standardı IEEE 802.15.4'ün Fiziksel Katman (PHY) ve Ortam Erişim Kontrolü (MAC) protokollerini benimsemiştir [10,11]. [Şekil 5]



Şekil 3.3 ZigBee Katmanları

Lisanssız 868Mhz, 915 Mhz, 2,4 GHz frekans aralığında, DSSS modülasyon tekniğiyle çalışır. 20–250 Kbps veri aralığı sunar. 10-100m aralığında mesafeyi kapsar. Batarya süresi ve iletimin sağlanması bağlı olduğu topolojiye göre değişir. 128 bit AES şifreleme kullanılır. [12]

ZigBee olarak adlandırılan teknoloji diğer WPAN, bluetooth gibi teknolojilere kıyasla daha basit ve ucuz olarak nitelendirilmektedir. ZigBee, düşük veri hızı, uzun pil ömrü ve güvenli ağ gerektiren RF uygulamaları için düşünülmektedir [5].

ZigBee Amerikan Ulusal Standart ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından ev ağı için en uygun haberleşme standardı olarak seçilmiştir. Akıllı sayaçlar, akıllı ev aletleri ve ev içindeki göstergelerin birbirleriyle haberleşmesi çok önemlidir ve Zigbee teknolojisi bu sebeple uygun bulunmuştur [13].

Avantajlar:

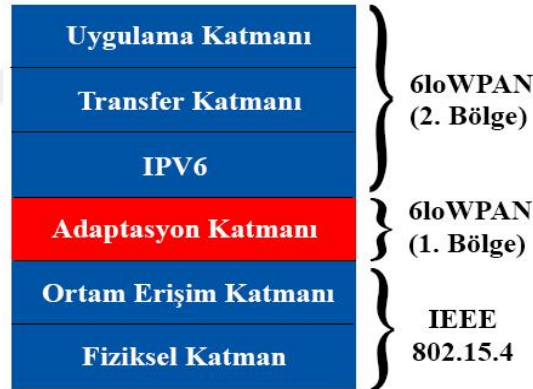
ZigBee 2,4 Ghz bant içinde 16 kanala sahiptir. Her biri 5 Mhz bant genişliğindedir. 1 ile 100 metre arasında kapsama alanı olup, veri iletim hızı 250 Kb/s veri oranındadır. ZigBee doğalgaz, su ve elektrik kamu sağlayıcıları için birtakım avantajlara sahiptir. Yük kontrolü ve yükün azaltılması, gerçek-zamanlı ücretlendirme programları ve izleme ve ileri ölçümleri destekler [13].

Dezavantajlar:

ZigBee'nin bazı uygulamalarında bazı problemler yaşanmaktadır. Düşük işleme kapasitesi, küçük hafıza boyutu, düşük gecikme gereksinimleri, ZigBee'nin dezavantajları arasındadır [13]. Diğer haberleşme teknolojileriyle aynı frekans spektrumunu paylaşmaları (Wifi gibi) sebebiyle girişim problemleri yaşanabilmektedir [4].

3.2.1.2 6LoWPAN

6LoWPAN kelimesi, Internet Engineering Task Force (IETF) çalışma grubunun adı ve "IPv6 over low power Wireless Personal Area Networks" kısaltmasıdır. IEEE 802.15.4 standardına dayalı olarak, cihazlar arasında IPv6 bağlantılı kablosuz ağ sağlayan bir ağ teknolojisidir. 6LoWPAN fiziksel katmanı, ortam erişim katmanı, adaptasyon katmanı, IPV6, transfer katmanı ve uygulama katmanından oluşmaktadır [Şekil 6] [14]. Çalışma frekansı 868 MHz – 2,4 GHz arasındadır. Veri iletim hızı 250 Kb/s veri oranındadır. 10-100m aralığında kapsama alanı sağlar.



Şekil 3.4 6LoWPAN Katmanları

Büyük, ölçeklenebilir ağları desteklemek için örgü teknolojisini kullanır. Yönlendiriciler aracılığıyla, modüller üzerinden atlamalı şekilde, en kısa yoldan en iyi sinyalin iletimi sağlanır. Ethernet, Wi-Fi, GPRS ve uydu gibi diğer IP ağlarına bağlanabilir. 6LoWPAN'ın uygulama alanları şöyle sıralanabilir:

- Akıllı şebekeler
- Ev ve bina otomasyonu

- Endüstriyel otomasyon
- Sağlık otomasyonu ve lojistik
- Geliştirilmiş enerji verimliliği
- Gerçek zamanlı çevresel izleme
- Güvenlik vesavunma sistemleri
- Otomotiv otomasyonu

Avantajlar:

IPv6 üzerine inşa edilmiş olması 6LoWPAN'a bir standart, hafiflik ve her yerden kolay erişim imkanı sağlar. Çeşitli açık kaynak (UIP ve lwIP) ve ticari IP yığınlarında ZigBee kadar küçük ya da daha küçük bellek alanları mevcuttur.

Dezavantajlar:

IP'nin üstündeki tabakalar için bir veri tanımlamaz. UDP katmanı en yaygın taşıma katmanıdır, ama uygulama katmanı için herhangi bir çerçeve yoktur. Aynı frekanstaki haberleşme teknolojileriyle çakışma problemleri yaşanabilmektedir [15].

3.2.1.3 EnOcean

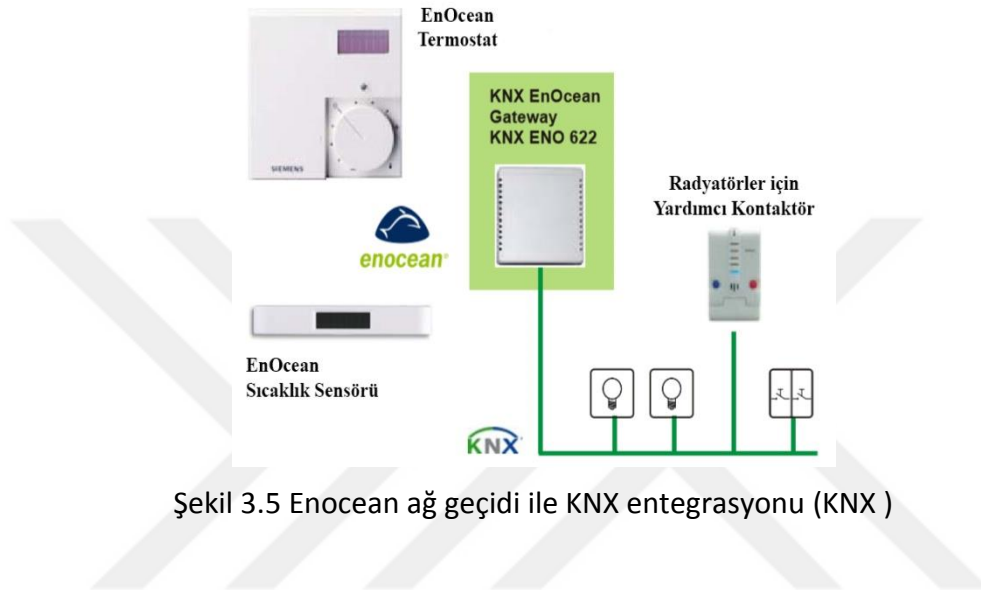
EnOcean standardı Mart 2012'de düzenlenerek yeniden yayınlandı. Çalışma frekansı Avrupa'da ASK (Amplitude Shift Key) kullanımı ile 868 MHz, Kuzey Amerika'da ise 315 MHz'dir. EnOcean protokolü, fiziksel katman, veri hattı katmanı ve ağ katmanı olmak üzere 3 ana katmandan oluşur. Fiziksel katmanda ASK kullanılarak her iki frekansta (315 MHz ve 868 MHz) veri iletim hızı 125 Kb/s olmak üzere, güvenli veri iletimi gerçekleşir. EnOcean'ın en önemli özelliği ultra-düşük güç tüketimidir.

Bu standardın temel avantajı kablosuz ve kısa süreli kurulumudur. EnOcean genellikle bina otomasyonunda kullanılmaktadır. Ayrıca akıllı evler, lojistik, endüstri ve taşımacılıkta da kullanılmaktadır. EnOcean cihazlarının pil tüketimi düşüktür. Ayrıca üstün performans sağlayan ve bakım gerektirmeyen cihazlardır. Kapsama alanı 30 metreye kadardır. Ağ üzerinde iletilen çoklu sinyallerin çarpışma riski vardır. Ancak EnOcean bu çarpışma ve parazitleri azaltır [16]. EnOcean alıcı-vericileri 1 μ s 'nin altında anahtarlama yapabilen özgün RF osilatörü kullanır. Bu alıcı-vericilerde güneşsiz günlerde de çalışabilen güneş panelleri

bulunur. Kapsama alanı iç mekanda 30 metre ve dış mekanda 300 metredir. Bu alan repeaterlar ile genişletilebilir.

Avantajlar:

Mevcut ağ geçitleri sayesinde KNX otomasyon sistemlerine entegre edilebilir. Düşük güç tüketimi sağlar [Şekil 6].



Dezavantajlar:

EnOcean ürünleri, diğer kablosuz haberleşme protokollerinin ürünlerine nazaran daha pahalıdır [17].

3.2.1.4 Wi-Fi

Wi-Fi popüler adıyla wireless ağı kullandığı radyo dalgalarıyla kullanıcılarına yüksek hızlı kablosuz internet sağlar. Kullandığı 2,4 gigahertz (12 cm) UHF and 5 gigahertz (6 cm) SHF radyo bandıyla elektronik cihazları internet ağına bağlar.

Wi-Fi Alliance Wi-Fi' yı kablosuz yerel alan ağı olarak tanımlar (WLAN). Wi-Fi 802,11 standartlarını kullanır. Wi-Fi, Wi-Fi Alliance'a bağlı ticari bir markadır. Wi-Fi sertifikalı markalar sadece Wi-Fi ürünlerinde kullanılır. Bunun içinde Wi-Fi Alliance uyumluluk testini geçmiş olma şartı aranır.

Kişisel bilgisayarlar, video- oyun konsolları, akıllı telefon, tablet bilgisayar gibi birçok cihaz Wi- Fi bağlantısıyla internet erişimi sağlar. Bu cihazlar kablosuz ağ erişim noktası üzerinden internet gibi bir ağ kaynağına erişim sağlar. Böyle bir erişim noktası 20 metre gibi iç ve dış kapsama alanına sahiptir. Böyle bir erişim noktası kapsama alanı radyo dalgalarını engelleyen tek bir oda olacağı gibi, çok sayıda çakışan erişim noktaları aracılığıyla birçok kilometrekare alanı kapsayabilir.

Wi-Fi kablolu ağlara kıyasla daha az güvenli olabilir. Web sayfalarının kullandığı TLS güvenli olabilir ancak, şifrelenmemiş internet erişimi kötü amaçlı kullanıcılar tarafından ele geçirilebilir. Bu sebeple Wi-Fi adapte edilmiş birçok şifreleme teknolojisine sahiptir. Erken dönemlerde Web şifreleme sisteminin kırılabilirdiği kanıtlanmış oldu. Daha sonrasında daha yüksek kalite protoller olan WPA, WPA2 eklenmiş oldu.

Wi-Fi'nin Avantajları

Wi-Fi akıllı şebeke uygulamaları için birçok fayda sunmaktadır.

- Dünya çapında ağ testi yapılmış, olgunlaşmış teknoloji.
- Kişisel alan, ev alan ağı, hatta geniş alan ağı için bile uygunluk.
- WPA2™ güvenliği
- Düşük bant genişliği/ düşük güç dizaynı, yüksek kazanç/yüksek performans sistemleri
- Güvenilir, sağlam ve yönetilebilir gelişmiş mekanizma.
- Günümüzde ve gelecekte devam edecek olan inovasyon özelliği.

3.3 Wi- Fi Dezavantajları

- **Güvenlik**

Kablolu ağlara nazaran daha az güvenli olması sebebiyle kablosuz ağlar çeşitli şifreleme teknolojilerini kullanmayı seçebilir.

- **Kapsama Aralığı**

-Klasik 802.11g ağının genellikle çekim alanı onlarca metre kare aralığındadır. Ev alanı için yeterli bir çekim aralık olsa da, daha geniş alanlarda kapsam alanı yeterli

olamayabilmektedir. İlave kapsama alanına ulaşabilmek için tekrarlayıcılar ya da ilave erişim noktaları gerekmektedir. Bu öğelerin eklenmesi maliyeti artırabilmektedir.

- **Güvenilirlik**

Her radyo frekans iletiminde olduğu gibi, kablosuz ağ sinyalleri çok çeşitli girişim problemiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bunun yanı sıra ağ yöneticisinin kontrolü dışında karmaşık yayılma etkileri görülebilir.

- **Hız**

Çoğu kablosuz ağların hızı (1-54 Mbps) en yavaş kablolu ağdan(100Mbps) daha yavaştır.

3.3.1.1 Hücresel Ağ İletişim

Hücresel ağ, hücreleri oluşturmak için çok miktarda verici temel istasyonu kullanan radyo ağıdır. Hücresel sistem, kapsama ve kapasiteyi artırması için frekansların tekrar kullanılmasına izin verir. Telekomünikasyon endüstrisi hücresel teknolojiyi dört jenerasyona ayırır; 1G, 2G (GSM), 3G (UMTS), ve 4G (WiMAX ve LTE). Ara ürün fonksiyonları ise; 2.5G (GPRS ve EDGE) ve 3.5G (HSPA). Hücresel sistemler genelde 850, 900, 1800 ve 1900 MHz frekans bantlarında çalışır [4].

Hücresel ağlar akıllı şebekeler ve kamu hizmet sağlayıcılar arasındaki haberleşme için iyi bir seçenektir. Hücresel ağ çözümleri aynı zamanda akıllı sayaçların geniş bir çevreye yayılmasına olanak sağlar. 2G, 2.5G, 3G, WiMAX ve LTE teknolojileri akıllı sayaçların kullanımının yayılmasında yardımcıdır. Sayaç ve akıllı şebeke arasındaki veriler tipik olarak 15 dakikada bir kullanılır [13]. Dolayısıyla Akıllı şebekeler ve kamu hizmet kuruluşları arasında çok miktarda veri alışverişi olacak ve yüksek veri hızı gerektiren haberleşme sistemleri gerektirmektedir[3].

Dijital hücresel ağın kısa mesaj servis (SMS) fonksiyonunun kullanılması transformatörlerin performanslarının izlenmesi ve kontrol edilmesi için düşük maliyetli transformatör otomasyonu sağlar. Ancak transformatörlerin çevrimiçi kontrolü ve izlenmesi gerektiğinden SMS teknolojisi servis kalitesini sağlayamaz [21].

Avantajları:

Hücresele ağlar hâlihazırda kullanılmaktadır. Dolayısıyla kamu hizmet sağlayıcılarının haberleşme altyapısı için ekstradan ücret ödemesine gerek yoktur. Küçük aralıklarla olması nedeniyle çok miktarda veri toplanacaktır. Hücresele ağlar bu amaçla yeterli bant genişliği sağlarlar. Akıllı sayaçların hem kırsal hem de kentsel alanı kapsayan geniş bir alanda kullanılacak olması hücresele ağların %100 kapsama oranını sağlaması hücresele teknolojiler için avantajdır. GSM ve GPRS teknolojileri, gelişmiş ölçüm cihazları, talep cevaplama, ev alan ağı uygulamalarını (HAN) destekler [13].

Dezavantajları:

Elektrik şebekeleri kritik uygulamalarında haberleşmenin sürekli olması gerekmektedir. Diğer taraftan hücresele ağ servisleri tüketici piyasası tarafından paylaşıldığı için, bu durum haberleşme ağı sıklığına, aynı zamanda acil durumlarda ağ performansında düşmeye neden olabilir. Bu nedenle kamu hizmet sağlayıcılarının kendi özel haberleşme ağını inşa etmesi gerekebilir [22].

3.3.2 Akıllı Şebekelerde Kullanılan Kablolı Haberleşme Yöntemleri**3.3.2.1 PLC**

PLC teknolojisi iki yönlü haberleşmenin sağlanması için mevcut elektrik hattı kablo altyapısı üzerinden bir modülasyonlu taşıyıcı sinyalin eklenmesiyle sağlanmaktadır. PLC iki ana gruba ayrılmaktadır. Dar bantlı PLC ve geniş bantlı PLC. Dar bantlı PLC 3–500 Khz çalışma aralığındadır. Bu çalışma aralığı CENELEC, ARIBand, FCC standart aralıklarını içerir. Geniş bant PLC 2–250 MHz çalışma aralığında bir teknolojidir. Birkaç yüz Mbps'e kadar veri işlenebilir. Geniş bant PLC için IEEE1901, TIA—1113 (HomePlug 1,0), ITU-TG. hn(G.9960/G.9961), HD-PLC, standartları geliştirilmiştir [18].

PLC enerji yönetimi akıllı sayaçlar, ev/bina otomasyonu, aydınlatma kontrolü, HVAC kontrol, sokak aydınlatmaları kontrolü gibi daha birçok kontrol ve komuta uygulamaları için ideal adaydır. Ayrıca kırsal alanlarda başka mevcut haberleşme altyapısı olmaması nedeniyle kırsaldaki akıllı şebeke uygulamaları için uygundur [4].

Orta gerilim Şebeke ve trafoların otomasyonunda PLC önemli bir uygulamadır. Buradaki ana görev düşük veri oranı içeren haberleşmenin kullanıldığı, trafonun yerinin belirlenmesi, izole edilmesi ve restorasyonudur. Bu da PLC bazlı teknoloji için ideal senaryodur.

Dağıtık enerji, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı uygulamalarda, elektrik kesintisi durumunda sistemin ayrılması problem yaratmaktadır. Bu durumdan kaçınmak için PLC bazlı dar bantlı sistemlerin orta gerilim güç hattının denetlenmesi, izole edilmesi ve ayrılması için kullanılması uygundur [19]. Yine PLC bazlı akıllı sayaçlar da önemli uygulamalardan biridir.

Gelişmiş ölçüm altyapısı (AMI) yüksek veri hızı gerektirmeyen dolayısıyla dar bantlı PLC uygulaması için uygundur. Düşük frekanslı dar bant genişlikli PLC'ler yüksek frekanslı geniş bantlı PLC'lere göre avantajlı sayılabilir. Trafoların endüktif doğası nedeniyle düşük frekanslı sinyaller OG/AG trafolardan yüksek frekanslı sinyallere göre daha kolay geçer [18].

Elektrikli araçların araç ve Şebeke arasındaki haberleşmelerde PLC'lerin başarılı olduğu görülmüştür [20]. SAE J2931TM ve J2836TM teknik özellikleri araçtan Şebekeye olan haberleşme özelliklerini içerir ve SAE J2931TM elektrikli araçların Şarj uygulamalarının haberleşme protokolünü içerir. Veri hızının yüksek olmasına gerek yoktur. Dolayısıyla darbantlı PLC'ler uygun çözüm içerir.

Avantajları:

PLC' ler akıllı Şebekeler için umut verici teknolojiler arasında görülmektedir. PLC ağındaki standartlaşma çabaları, etkin maliyet, yaygın doğası, geniş bir kesim tarafından kullanılacak altyapısı PLC'leri güçlü ve popüler yapan özellikleridir. Diğer yandan, veri iletimi PLC üzerinden RF izolasyonsuz yayınlanır. Dolayısıyla güvenlik beklentileri kritiktir. Gizlilik, kimlik doğrulama, bütünlük ve kullanıcı müdahalesi akıllı Şebeke haberleşmesinin kritik sorunlarından bazılarıdır.

Dezavantajları:

Güç hattı ağlarındagüçlü doğasına rağmen, bazı teknik sorunlar mevcuttur. Güç hattı iletiminde gürültü ve zorlu ortamlar haberleşme kanallarının modellenmesini zorlaştırmaktadır. Düşük bant genişlik karakteristiği (20 kb/s komşu alan ağı) yüksek bant genişliği gerektiren uygulamalarda PLC teknolojisinin yetersiz kalmasına neden olacaktır. Dahası ağ topolojisi, güç hattına bağlanacak olan cihazların sayısı ve tipi, alıcı ve verici

arasındaki kablo mesafesi ve bunların hepsi sinyallerin kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ancak bunun yanında PLC teknolojisi ve diğer kablosuz teknolojilerle birlikte geliştirilen hibrit teknolojiler daha uygun teknolojiler olarak görülmektedir[13].

3.3.2.2 WLAN,

WLAN yüksek hızlı kablosuz internet ve haberleşme ağı teknolojisidir. Genellikle WiFi olarak bilinir ve çoğunlukla 802,11, 802.11a, 802.11b, 802.11ve 802.11n standartlarını içeren IEEE 802,11 serisi standartlarını kullanır. 2.4 GHz ve 5 GHz lisansız ISM frekans bandında çalışır.802.11x standartları veri hız oranları 2 Mbps den 600Mbps'e kadar tanımlanır ve 100 metreye kadar kapsama sağlanabilir. WLAN haberleşme teknolojisi ev ve mahalle alan ağı için uygun haberleşme teknolojisidir[4].

Wifi kablosuz genişbant ağı sağlamak amacıyla IEEE802.11x standartları kullanılır. Ancak 100 metre gibi düşük aralığa sahip olması ve bölgesel kurulumunun pahalı olması zorluklarından dolayıdır. Wifi, geleneksel konveksiyonel kablo, fiber optiğe kıyasla daha düşük seviyede servis sağlar ve güvenlik için şifreleme gerektirmektedir [21].

WLAN dağıtım trafosu otomasyonu ve koruması, dağıtık enerji kaynaklarının izlenmesi ve kontrolü, özellikle veri hızı gereksinimleri ve radyo girişimlerinin az olduğu uzak bölgede yer alanküçük transformatör merkezleri uygulamaları için düşünülebilir[12].Trafo merkezi çevresinde kablosuz haberleşme için, sensörlerle düşük fiyatlı uygulama yapılabilir. Son teknoloji kullanılır. Ağ bileşen hatası olsa dahi, bağlantının sürdürülmesinde güvenli sistem sağlanır. Uygulama perspektifinde avantajlı sayılsa da pahalı bir uygulama olması dezavantajıdır [13].

3.3.2.3 WIMAX

WiMAX'in asıl amacı kablosuz erişiminin geniş alanlarda uzak erişimle çalışabilirliğini sağlamaktır.2001 yılında IEEE 802,16 standardının ilk taslağı yayınlanmıştır. WiMAX ile 48 km' ye kadar 70Mbps veri hızı sağlanmıştır. Lisanslı spektrumlar daha yüksek güç ve uzun mesafelere iletim sağlar. 802.16 standartları birden çok elektrik satıcısıyla haberleşmeyi sağlar. WiMAX sayesinde görüş alanı dışındaki, hareket halindeki araçlarla haberleşir. Aynı şekilde iletim ve dağıtım haberleşme sistemlerinin belkemiği olarak hizmet verir [21].

Uzun mesafeleri kapsamı ve yüksek veri hızı WiMAX teknolojisini otomatik ölçüm altyapısı (AMI) için uygun model yapar. Gerçek zamanlı ücretlendirme modelini destekler. Gelişmiş ölçüm altyapısı için uygun bir toplama sistemi oluşturur [21].

WiMAX kullanılarak sağlanan iki yönlü haberleşme; hızlı kesinti algılama ve şebekenin restorasyonu için kullanılabilir [12].WiMAX gelişmiş ölçüm, dağıtım otomasyonu, SCADA,talep cevabı,gerçek zamanlı elektrik kesintisi belirleme,hata denetleme ve gerçek zamanlı servis onarımı gibi kamu hizmet sağlayıcısının tüm gereksinimlerini karşılayabilir[3].

Dezavantajları:

WiMAX kulesinin radyo frekans donanımı oldukça pahalıdır, bununla birlikte WiMAX kulesinin yerleştirilmesinde düzenlemeler yapılarak altyapı için gereken maliyetler düşürülmeli ve sistem kalitesi sağlanmalıdır (QoS).Gelişmiş ölçüm altyapısı uygulamaları için daha düşük frekanslarda kullanımı özellikle kent alanlarında oldukça uygundur.

3.3.2.4 DSL

DSL dijital veri iletim teknolojisidir ve telefon hatlarında kullanır. Üç DSL sistemi vardır:

- Asimetrik DSL (ADSL) farklı veri hızında iki yönlü akıntı yönünde (downstream at up to) 8Mbps ve akıntı yönünün tersinde upstream at up to 800 kbps kadar veri sağlar.
- Yüksek hızlı DSL (HDSL) sistemi 3,6 km mesafede 2.048 Mbps veri hızını destekler.
- Çok yüksek veri hızlı DSL(VDSL) çok hızlı veri iletim hızı sağlar (100 Mbps)[4].

Avantajları:

Yaygın olarak kullanımı, düşük maliyet, veri iletiminde yüksek bant genişliği en önemli özellikleridir. Bu özellikleri DSL'i akıllı ölçüm ve akıllı şebeke uygulamalarında veri iletimi için önemli bir aday yapıyor [13].

Dezavantajları:

DSL teknolojisinin güvenilirlik ve potansiyel arıza süreleri kritik görev uygulamalarında yetersiz olmasına neden olmaktadır. Uzaklık problemi ve standartlaşma eksikliği ek problemlere neden olabilir. DSL tabanlı kablolu haberleşme sistemleri haberleşme kablolarının kurulmasını ve düzenli bakımını gerektirir. Kırsal kesimlere sabit alt yapının kurulması sebebiyle yüksek maliyet gerektirmektedir [13].

BİNA OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

Değişen yaşam koşulları ve gelişen teknolojiyle birlikte insanoğlunun ihtiyaçları değişmekte ve artmaktadır. Günlük yaşamda yapılan rutin işlemlerin, ev içerisindeki sistemler ile otomatik yapılması düşüncesi akıllı ev sistemlerinin gelişmesine sebep olmuştur. Kullanıcıların hayatlarını kolaylaştıran ve kullanıcının taleplerini merkeze alan ev otomasyonu amaçlanmaktadır.

Akıllı ev otomasyon sistemi ev sakinlerine daha konforlu, tasarruf sağlarken kullanıcının hayatını kolaylaştıran olanaklar sunarken, herhangi bir operatöre ihtiyaç duymadan işlemleri gerçekleştiren sistemlerdir. Sistemin üç temel amacı vardır. Bunlardan ilki ekonomik olması, ikincisi sistemin bir düzen ve görsellik algısı yaratması ve üçüncüsü ise otomasyonun kendini denetleyen ve düzelten yapıda olmasıdır. Yazılım ve donanımın bir arada kullanılarak bilgi akışının kontrol edildiği sistem olan bina otomasyonları, gelecekte sistemde olabilecek ekleme ve değişiklikleri sadece yazılımda yapılacak güncellemeler ile gerçekleştirebilecek sistemler olarak tanımlanacaktır [44].

Akıllı ev birçok sensör ve aktuatörü içeren bir ağdan meydana gelir. Aydınlatma kontrolü, uzaktan kontrol, akıllı enerji, emniyet ve güvenlik uygulamaları, ev otomasyon uygulamaları vb. uygulamalar akıllı ev yönetimin temel konularıdır [45].

İlk olarak 1980 yılında akıllı ev fikrinin önerilmesini takiben, ilk akıllı ev 1984 yılında Amerika'da ev konforunu geliştirmek üzere hayata geçirilmiştir. 1990 yılında 10 imalatçı bir araya gelerek akıllı ev otomasyonu sistemlerinde standartlaştırma oluşturmak amacıyla, EIB Derneğini (EIBA) kurarak, INSTABUS teknoloji standartları oluşturulmuştur [46].

Ülkemizdeki ise ilk akıllı bina uygulaması Atatürk Havalimanında uygulanmıştır. Bu sistemde sadece izleme yöntemi esas alınmıştır. Akabinde kablo sistemleriyle birlikte sağlanan kontrol sistemleri, kablosuz ağlar ve mobil kontrol uygulamaları dahil edilmek üzere akıllı bina uygulamaları geliştirilmiştir [45].

Akıllı ev otomasyonunda en sık rastladığımız kontrol yöntemleri ise;

- Telefon ile kontrol,
- İnternet üzerinden kontrol,
- PLC ile kontrol,
- Bilgisayardan kontrol,
- X-10 teknolojisidir [47].

4.1 Akıllı Evlerde Kontrol Parametreleri

Akıllı evlerde kontrolü amaçlanan temel parametreler aydınlatma, sıcaklık, güvenlik, televizyon, ses sistemi, sulama sistemi, perde kontrolü, bahçe/garaj kapı kontrolü vb. elektronik cihaz ve sistemlerinin kontrolüdür. Kullanıcılar akıllı ev otomasyonu sistemi üzerinden bu parametreleri kontrol edebilirler. Böylelikle yaşam kalitesini ve verimliliği artırmak amacıyla kurulan akıllı ev sistemleri, gelişen kontrol yöntemleriyle birlikte enerji tüketimini düşürebilecektir.

Gelişen teknoloji ve gelişmiş kontrol sistemleriyle, gelecekte akıllı evlerde kullanılacak olan sistemler, sadece sisteme ilave edilecek yazılımla değiştirilebilir, güncellenebilecektir. Binaya uygun olan bir tesisat tasarımı ve ona uygun bir otomasyon sisteminin tasarımı ile bina otomasyon sistemlerine sahip olmayan mahallerde büyük masraflı değişikliklerin önüne geçilecektir[48].

4.2 Akıllı Evlerin Sınıflandırılması

Akıllı evleri üç ana kategoride toplamak mümkündür. Bunlar; kontrol edilebilir evler, programlanabilir evler ve zeki evler.

Kontrol edilebilir evler, ev içindeki cihazların kontrolüne dayanan, temel kontrol yöntemidir. Programlanabilir evler ise, kontrol edilebilir evlere göre bir üst teknolojidir ve basit

sensörlere ve zamanlama ayarlarına göre tepki verebilir. Zeki evler ise programlanabilir evlere göre daha gelişmişlik özelliği gösterir.

Kontrol edilebilir evler, yalnızca ev içindeki eşyaların kontrolüne odaklanılan evlerdir. Bu tür evlerde teknolojik akıllı aletlerin kontrolü esas alınmıştır. Programlanabilir evlerde önceden belirlenmiş senaryolara göre kontrol yapılmaktayken, zeki evlerde senaryo girişi yapılmaz ve yapay zekâ teknolojilerinden faydalanarak kontrol sağlanır. Zeki evlerin çalışma prensibi sıklıkla gerçekleşen senaryoları incelemeye ve buna uygun olarak program geliştirebilme kabiliyetine dayanır. Ev içinde sıklıkla gerçekleşen hareketler belirlendikten sonra, bir daha aynı durum ile karşılaşıldığında önceki kullanımlara uygun eylemler yapılır [49].

Akıllı Evlerin Sağladığı Avantajlar

Binalarda yapılan yüksek maliyetli ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi tesisatların kontrolü önem kazanmaktadır. Bu sistemlerle yaratılan programlama yeteneği sayesinde bina otomasyon sistemleri bilhassa çok katlı veya geniş alana yayılmış binalarda avantaj sağlamaktadır. Bina otomasyon sistemlerinin işletmeye getireceği faydalar ve maliyet avantajlarını sıralarsak:

- Yakıt ve elektrik enerjisi binalarda en çok bedel oluşturan ücretlerdir. Ev otomasyon sistemleri ihtiyaçları da göz önüne alınarak enerji tüketim bedellerini düşürür. Binada mevcut ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma tesisat ve ekipmanları ancak ihtiyaç olduğu zaman sistem tarafından devreye sokulur. Bu belirli bir çalıştırma/durdurma zaman programına göre olabileceği gibi, ölçülen sıcaklık, hava kalitesi, nem değerlerinin belirlenen değerlerin altına düşmesi veya üzerine çıkması durumlarına göre otomatik olarak yapılabilecektir.
- Çok katlı ve çok geniş bir alana yayılmış binalarda sahadaki ekipmanların kontrolü ve kullanıcının konfor şartının sağlanması, ortamda sürekli olarak değişen insan sirkülasyonu, ortam sıcaklık ve hava kalite değerlerini sabit bir değerde tutmaya çalışmak, klasik bir sistemde hem zaman kaybı hem de işgücü fazlalığı olarak karşımıza çıkacaktır. Tüm sistemin tek bir noktadan kontrolünün ve gözleminin yapılabilmesi ise, işgücü açısından büyük tasarruf sağlayacaktır [48].

- Kullanıcı, grafik göstergeleri ve kullanma talimatlarını kullanarak, evini ve binasını izleyebilecek, mekanik ve elektrik sistemlerine hâkim olarak ve bu sistemlerin etkin yönetimini sağlayacaktır.
- Sistemde meydana gelen arızaların tespitiçabucak fark edilip, giderilmesi sağlanacaktır.

4.3 Akıllı Ev Otomasyonlarında Kullanılan Cihazların İletişimi

Akıllı ev otomasyonunda kullanılabazlarda bulunan elektronik devre kartları vasıtasıyla herhangi bir elektronik cihazın izlenebilmesi ve kontrolü sağlanır. Cihazlarda kullanılan haberleşme yöntemleri aşağıda sıralanmıştır;

Seri haberleşme: Çoğunlukla asenkron seri haberleşme kullanılır. Seri haberleşmede veri iletimi çift yönlüdür. Her iki uçta veri gönderip alınabilir.

Seri haberleşme kanalı gömülü sistemler arası ve elektronik birimler arası birçok haberleşme biçimi için çok uygundur. Ayrıca, aynı sistemi kullanmayan birimler arası bağlantı noktası için yine uygun bir seçimdir.

Ethernet: ISO tarafından belirlenen ve farklı sistemlerin birbiriyle haberleşebilmesini sağlayan katmanlardan oluşan, farklı haberleşme ortamlarının tek adres yapısında birleştiği veri bağı katmanından meydana gelen sistemdir.

Modem: Sisteme eklenebilecek modem, internete bağlanabilmeyi ve haberleşmeyi sağlamaktadır[47].

4.4 Akıllı Ev Otomasyonunda Kullanılan Teknolojiler

Bir önceki bölümlerde akıllı şebekelerin hayata geçirilmesiyle faydalanacağımızteknolojiler detaylıca açıklanmıştır. Akıllı şebekelerin tüketici tarafını kapsayan, akıllı ev otomasyonu birçok teknolojiyi bünyesinde barındırır. Bu teknolojilerden önemli olan belli başlı teknolojileri aşağıda sıralanmıştır:

4.4.1RF TEKNOLOJİSİ

Kablosuz (RF) Teknolojisi 3 Hz ile 300 GHz spektrum içerisinde elektromanyetik dalgaların iletmesinden oluşur. İki nokta arasındaki veri ek maliyet ücretleri getirilmeden rahatlıkla

taşınmaktadır. Taşıyıcı dalgalar aracılığıyla gerçekleştirilen bu yöntem geniş dalga spektrumlarını da içerebilir. En çok kullanılan dalgalar kızıl ötesi, lazer ve radyo dalgalarıdır.

RF teknolojisinde haberleşme standardı olarak RS485 standardı belirlenmiştir. Ev cihazlarının haberleşmesinde sıklıkla Transmitter Modül kullanılmaktadır.

4.4.2KNX

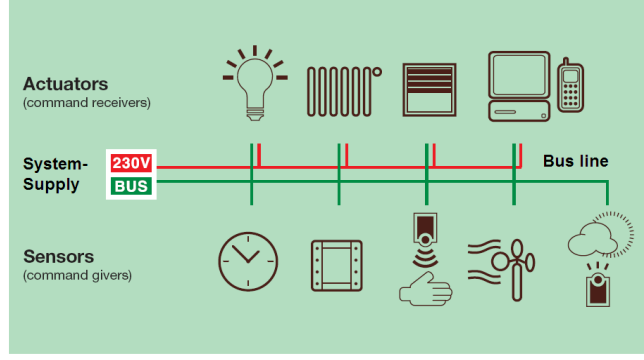
Akıllı bina protokollerinden biri olan KNX, 1990 yılında 15 farklı üreticinin bir araya gelerek birlikte oluşturduğu akıllı bina yönetim sistemi protokolüdür. 150'den fazla imalatçı üyesi 4.500 den fazla malzeme grubunun bünyesinde bulunduran, bir bina otomasyon sistemidir. KNX Bina Otomasyon Sistemi, bugüne kadar dünya üzerinde 35.000 den fazla elektrik projecisi ve uygulamacısı tarafından kullanılmıştır [50].

Klasik elektrik tesisatı için farklı her fonksiyonda ayrı kablo çekilmesi gereklidir. Bununla birlikte herhangi bir yenilenme durumunda tesisatın genişletilmesi oldukça zordur. KNX sistemleri revizyon durumlarında oluşacak yeni yapıya, uygun olarak programlanabilir. Sistemde her eleman bir adresle ifade edilir. Kurulu sistem rahatlıkla genişletilebilir ve sistemdeki her elemanın kendi adresi vardır.

Bir güç kaynağı ve bus hattından oluşan sistem, sensörler ve aktörlerle kombine olarak çalışmaktadır. Bir bilgisayar ya da merkezi bir işlemciye ihtiyaç duymadan, sistem içindeki elemanlar birbirleriyle haberleşerek işlevini yerine getirir. Bu da sistem üzerinde yaygın bir kontrol ve otomasyon imkânı sağlar.

KNX sistemini kısaca özetlersek:

- Sistemdeki her eleman bir adresle ifade edilir.
- Sistem ihtiyaçlar doğrultusunda rahatlıkla genişletilebilir.
- Kurulu sistemde, mevcut tesisata hiç dokunmadan değişiklikler yapılabilir [50].



Şekil 4.1 Knx sistem yapısı(KNX)

4.4.2.1 Knx Sisteminde Kullanılan Temel Elemanlar

- Sistem Cihazları
- Güç Kaynakları, hat birleştiricileri, USB Arayüzü, RS-232 Arabirimi

Algılayıcılar (Sensörler)

Knx sistemi sürücü ve algılayıcı kombinasyonlarından meydana gelir. Sensörler; hareketsensörleri, gaz-duman sensörleri, ısı/sıcaklık sensörleri, çeşitli alarm sensörleri, merkezi kontrol sunan dokunmatik otomasyon anahtarları ve dokunmatik otomasyon panelleri vb. cihazlardan meydana gelirler. Bir bus hattına 24 sensöre kadar bağlama sağlanarak, veri alınabilir.

Varlık Dedektörleri

Varlık detektörleri için bus kablosu kullanılır. Varlık detektörleri gün ışığı sensörleriyle birlikte çalışır. Hem aydınlatma yönetimi hem de alarm sistemi olarak kullanılabilir.

Sürücüler

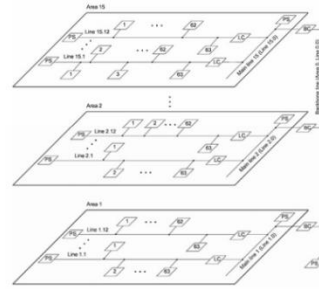
Sensörlerden alınan verilere göre açma kapama işlevini gerçekleştiren cihazlardır. Sürücüler, sensörlerden aldıkları verilere ve programlara göre işlevleri gerçekleştirerek, genellikle açma kapama yapan ürünlerdir.

Farklı üreticilerin ürettiği, farklı yük tiplerini kontrol eden, kontak sayısı, akım kapasitesi, program parametreleri vb. birçok sürücü bulunmaktadır. Sadece tek bir işlevi gerçekleştiren sürücüler olduğu gibi, birden farklı işlevi gerçekleştiren sürücüler de bulunabilmektedir. Sürücüler genellikle, pano tipi ürünler olduğu gibi, buat ya da anahtar kasalarına sığabilecek boyutlarda az yer kaplayan saha tipi ürünler de olabilir [51].

4.4.2.2 KNX Sistemlerinde Adresleme ve Yazılım

Knx sistemlerinde her cihaz bir kimlik numarası ile ifade edilir (güç kaynakları hariç). Knx çerçevesinde adresleme için 16 bit ayrılır.

- Her 4 bit bir bölge oluşturur.
- Her bir hat 4 bitle ifade edilir.
- Her hata 8 bite kadar cihaz bağlanır.
- Buradan hareketle özetlersek;
- 15 bölgeye kadar adresleme yapılabilir.
- Her bölgeye maksimum 12 hat bağlanabilir.
- Her bir hat 64 cihaza kadar adresleme yapılabilir.



Şekil 4.2 Knx Şekil Yapısı

4.4.2.3 Knx Sistemi Avantajları:

KNX kontrol ve otomasyon sistemi standartlaşmış birçok malzeme grubuyla en çok tercih edilen otomasyon sistemlerinin başında gelmektedir. Açık kaynaklı oluşu, farklı sistemlere uyum sağlayabilmesi, az bakım gerektiren, sorunsuz bir sistem olması avantajları arasında sayılabilir. KNX sisteminin faydalarını sıralayacak olursak:

Knx protokolüyle altyapısı hazırlanan bir projede, tek bir üretici ve markaya bağımlı kalmaksızın bu protokolü destekleyen birçok farklı markayı içeren ürün grupları, bir arada rahatlıkla kullanılabilir. Merkezi gözlem ve kontrollerle operasyon ve enerji maliyetleri düşürülür [52].

4.4.2.4 Knx Sistemi Dezavantajları

Knx sisteminin dezavantajlarından olarak, sistemin adreslemesinin yapıldığı Ets Programının kurulum ve yapılandırılmasının zor olması, özel üretilen KMX/EIB kablo maliyetlerinin yüksek olması sıralanabilir [47].

4.4.3 Z-Wave

Z-Wave, ZenSys tarafından geliştirilen ve Z-Wave Alliance tarafından bina otomasyonları için desteklenen kablosuz bir protokoldür. İki yönlü radyo sistemi ile tanımlanır. Z-Wave'in temel amacı kontrol ünitesi tanımlamak ve bir ya da birden fazla düğüm arasında güvenilir veri iletimi sağlamaktır.

Örgü ağ yapısı sayesinde ağ koordinatörünün direk ulaşamadığı cihazlara diğer cihazlar üzerinden ulaşarak sinyali güçlendirir ve gerekli cihaza ulaşır.

Koordinatör, ağa ihtiyaç duymadan düşük enerjili RF iletişim teknolojisi sayesinde, tüm örgü ağlarını destekler, 868,42MHz frekans bandında çalışır. Wi-Fi ve 2,4 GHz frekans aralığına kadar diğer kablosuz teknolojilerden kaynaklanan girişimden etkilenmez.

Kontrol uygulamaları için özel olarak tasarlanan, AES125 şifreleme, IPV6 ve çok kanallı çalışma ile 100kbps'e kadar veri hızını destekler. IEEE 802,11, 802,15 ve 802,16 aileleri olarak, NIST/SGIP katalog standartlarıyla aynı konumu paylaşılır.

4.4.3.1 Ağ Katmanı

Ağ katmanı üç alt katmana bölünmüştür:

Ortam Erişim Katmanı:

MAC katmanı kablosuz haberleşme donanımını kontrol eder. Bu katmanın işlevini son kullanıcılar görmez ve bundan dolayı kullanıcıyla az ilintilidir.

Taşıma Katmanı:

Bu katman iki kablosuz düğüm arasındaki mesajlaşmanın hatasız bir şekilde gerçekleşmesini kontrol eder. Son kullanıcı bu katmanın fonksiyonlarına müdahale yetkisi yoktur, fakat sonuçları gözlemlenebilir.

Yönlendirme Katmanı:

Bu katman gerektiğinde diğer düğümlerden faydalanarak, bir mesajın göndericiyle istenen alıcı arasındaki iletimini kontrol eder. Yönlendirme katmanının işlevi son kullanıcılar tarafından gözlemlenebilir ve optimize edilebilir.

Ortam Erişim Katmanı ve İletim Katmanı

Çoğu kablosuz haberleşme ağında gönderici ve alıcı arasındaki haberleşme, basit mesajlaşma prensibinedayanır. Mesajın kaybolması durumunda (Girişim ya da alıcının uzakta olması sebebiyle), alıcı herhangi bir geribildirim mesajı almaz. Bu durum, kararlılık sorunlarına yol açabilir.

Z-Wave'de alıcı, göndericinin her komut göndermesiyle, komut alındı bilgisini göndericiye ulaştırır. Böylece haberleşmenin başarılı olup olmadığı bilgisi sağlanmış olur.

Bu yaklaşım klasik mesajlaşma servisine benzetilebilir. Alındı geribildirimini vermeyen mesajlar, standart hedeflere gönderilen iletilerdir. Okundu mesajı gönderen mesajsistemi, iletimin çoğunlukla başarılı olduğu, doğru bir şekilde alıcıya iletildiği sistemlerdir. Fakat doğru bir şekilde iletilmesinin garantisinin olmaması ve bazı belirsizlikler dezavantajlarıdır.

Z-Wave alıcı-verici bilgilendirme mesajının alındığını garantilemek için 3 sefere kadar mesajı yollar.3 kere de başarısız olduktan sonra Z-Wave tekrar mesaj göndermez ve kullanıcıya hata mesaj raporu iletilir.

Bir ağ en az birbiriyle haberleşen iki düğümden meydana gelir. Bu düğümlerin birbiriyle haberleşmesinin sağlanabilmesi için ortak bir ortam iletişimine ihtiyaç duyulur. Haberleşme protokolleri kimlik tanımlamasına ihtiyaç duyar. Böylece diğer bilinmeyen kablosuz haberleşme kaynaklarından gelen mesajları ve farklı düğüm noktalarından gelen mesajları ayırt eder.

Bununla birlikte ağdaki her bir düğümün, kendi kimlik denetleme sistemi vardır. Z-Wave protokolü tüm ağ organizyonunu iki ana adres altında toplar.

- Tüm düğümler bir mantıksal ağa bağlı genel kimlik adrese sahiptir.
- Bu sebeple 4 byte uzunluğu kullanılır.
- Düğüm Adresi, her bir düğümün ağ içindeki adresidir. Uzunluğu ise 1 byte'dır=8 bit

- Farklı ev adresine sahip düğümlerin birbiriyle haberleşmesi mümkün değildir.(Farklı kablolarla bağlı gibi davranır)Ancak aynı düğüm adresine sahip olabilirler.Fakat aynı ev adresine sahip düğümler aynı düğüm adresine sahip olamaz.

4.4.3.2 Denetleyiciler

Diğer Z-Wave cihazlarını kontrol eder.Z-Wave denetleyicileri, uzaktan kumanda, ağ geçiti ya da denetleyici özelliği olan duvar anahtarı gibi formlardan oluşabilir.

Denetleyicinin ev adresi kullanıcı tarafından değiştirilemez ve bu denetleyiciye dâhil edilmiş tüm cihazlar için genel ev adresi olur. Modern denetleyiciler her resetleme işlemi yapıldığında köle düğüm noktalarından doğabilecek sorunları önlemek için rastgele ev adresi atar.

Ağı inşa etmeye başlayan denetleyici birincil denetleyici olur ve kendi ev adresini diğer cihazlara atar. Büyük bir ağda birçok denetleyici birlikte çalışır, ancak daima diğer denetleyicileri denetleyen birincil denetleyici bulunur.

Birincil denetleyici kendi ev adresini atayarak diğer düğümleri ağın içerisine dâhil eder. Eğer düğüm bu birincil denetleyicinin ev adresini kabul ederse ağa dâhil olur.

Birincil denetleyici ev adreslerini atayabildiği gibi, bu yeni cihazlara özel düğüm adresi de atayabilir.

Eğer köleler farklı bir yere taşınırsa komşu düğümlerle bağlantısı kesilebilir. Bu nedenle denetleyiciden kölelere doğru ilerleyen mesaj aktarımı için mesafe önemlidir.

Denetleyici kölenin(uzaktan kumanda vb.) yerinde değiştirildiği, uzaklaştırıldığına da bozulduğubilinemez. Sadece bu düğüm başarısız düğümler listesine alınabilir.

Yeri değiştirilmiş düğümü bulmak için, denetleyici bilinen tüm düğümlerden komşu düğüm listelerini güncellemesini isteyebilir. Eğer düğüm en az bir düğümün komşu listesine girerse, denetleyici yönlendirme tablosunu günceller ve düğümü başarısız düğümler listesinden çıkarır.

Böyle bir durum çok fazla veri trafiğine sebep olabileceği için bu işlemde her düğümün başarısız düğümler listesine alınmasıyla, bu işlem tekrarlanmaz.

Kullanıcı denetleyici üzerinden böyle bir tarama yaptırabilir. Birincil denetleyici üzerindeki özel bir tuşla bu işlem yapılabilir ya da PC denetleyicilerden özel diyalog komutlarıyla bu işlem gerçekleştirilebilir (Ağımı onar gibi).

Denetleyiciler tüm ağ topolojisine hâkimdir ve haberleşmeyi sağlayabilmek ve her zaman geçerli rota bulabilmek için yardımcıları saptayabilir.(Yönlendirme tablosunun doğru ve güncellenmiş olduğunu farz edersek.)

Denetleyiciler sabit ve taşınabilir olmak üzere iki gruba ayrılır. Sabit denetleyicinin ağ içinde belli bir konum vardır ve taşınmaz.

Eğer sabit denetleyici uzaklaştırılırsa ağın tekrardan yapılandırılması ve taranması gerekir. Taşınabilir denetleyici ise her zaman kendi kapsama aralığı içindeki düğümlerle bağlantı kurmaya çalışır. Eğer başarısız olursa yönlendirme işlemini yapabilmek için geçici bir yönlendirme tablosu oluşturur.

4.4.3.3 Köleler

Denetleyiciler tarafından kontrol edilen cihazlardır. Denetleyiciler kendi fabrika ayarlarından gelen ev adresine sahiptir. Köleler kendi ev adresine sahip değildir. Denetleyicilerin kendisi ev adresine sahiptir. Böylece bu ev adresini diğer cihazlara devredebilir ve Z-Wave ağına ekleyebilir.

Çizelge 4 .1 Z-Wave cihazları

	<i>Tanım</i>	<i>Denetleyici</i>	<i>Köle</i>
Ev Adresi	Ev adresi Z-Wave ağının genel kimlik tanımlarıdır.	Ev adresleri fabrika ayarlarına atanır.	Fabrika ayarında ev adresi atanmaz.
Düğüm Adresi	Düğüm adresi düğümün bireysel kimlik adresidir.	Denetleyici düğüm kimlik adresine sahiptir. Genellikle (0x01).	Birincil denetleyici atar.

32 bit uzunluktaki bir ev adresi, 256 farklı düğüm adresleyebilir ve 4 milyar Z-Wave cihazına kadar adresleme yapabilir. Bir düğüm farklı ev adresi ya da düğüm adresi alamaz. Ancak

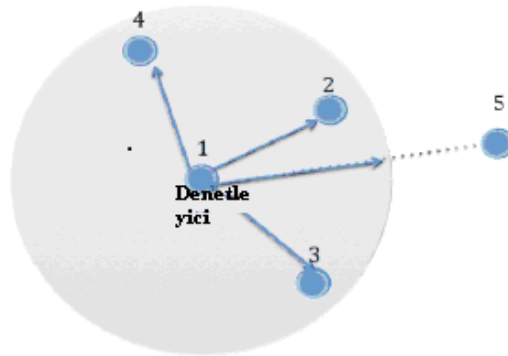
köprü denetleyici olarak adlandırılan cihazlar iki farklı ağı birbirine bağlayabilir, daha yüksek katmanlı ara bağlantısı ile iki bağımsız düğümden oluşur. Fakat bireysel Z-Wave ağında tek bir düğüm olarak görülür.

Bazı adresler ağda iç haberleşme ve özel fonksiyonlar için ayrıldığından maksimum 232 farklı düğüm ağda yer alabilir.

Eğer bir düğümü ağdan silerseniz, bu terminolojide 'çıkarma' olarak adlandırılır. Düğümün ağdan çıkarma sürecinde ev adresi ve düğüm adresi cihazdan silinir. Cihaz fabrika ayarına döndürülür(Denetleyiciler kendi ev adresine sahip ve köleler herhangi bir ev adresine sahip değildirler).

Bölümlendirme ve Yönlendirme

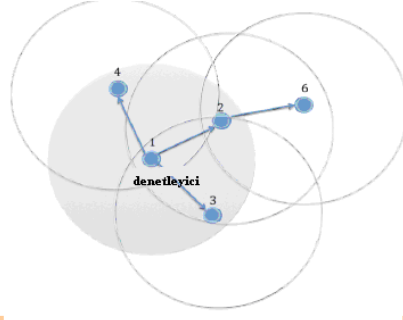
Klasik kablosuz ağda merkezi denetleyici ağdaki diğer düğümlerle direkt haberleşebilir. Bu daima direkt kablosuz haberleşme bağlantısı gerektirir. Herhangi bir bozulma durumunda düğüme ulaşmak için bir rota yoktur.



Şekil 4.3 Rotasız ağ

Kablosuz haberleşme ağı, yönlendirilmemiş ağı temsil eder. 2,3 ve 4 numaralı düğümler 1 numaralı denetleyicinin kablosuz haberleşme aralığında kalan düğümleri gösterir. 5 numaralı düğüm kablosuz haberleşme aralığının dışında olduğundan denetleyiciye ulaşamaz.

Ancak, Z-Wave'in haberleşmesi daha esnektir ve bu düğümlere ulaşma izni verir. Z-Wave düğümleri denetleyicinin kapsama alanı dışına da mesajları iletebilir ve yineleyebilir.

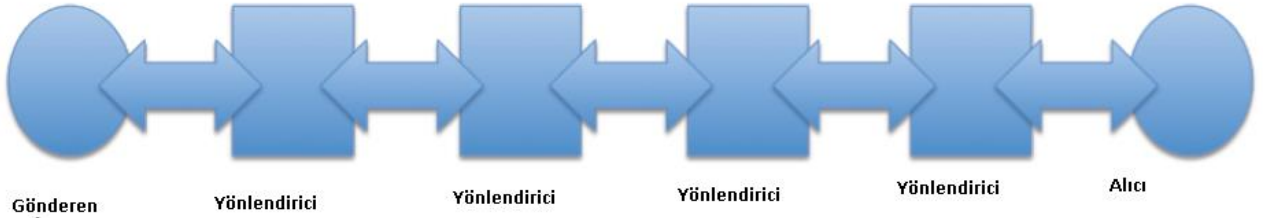


Şekil 4.4 Z-Wave ağı

Düğüm1, düğüm 2,3,4 ile direk haberleşebilir. Diğer taraftan düğüm 6 kablosuz haberleşme aralığının dışında olmasına rağmen, düğüm 2'nin kablosuz haberleşme aralığında yer alması sebebiyle denetleyici düğüm 6'yla düğüm 2 aracılığıyla bağlantı kurar. Düğüm 1 ile düğüm 2 arasında direkt bağlantı kesildiği zaman düğüm 6 ile olan bağlantı düğüm 2 vasıtasıyla yapılır ve düğüm 3 sinyal yükseltici görevi yapar.Daha fazla düğümün olması kapsama alanını genişletir.

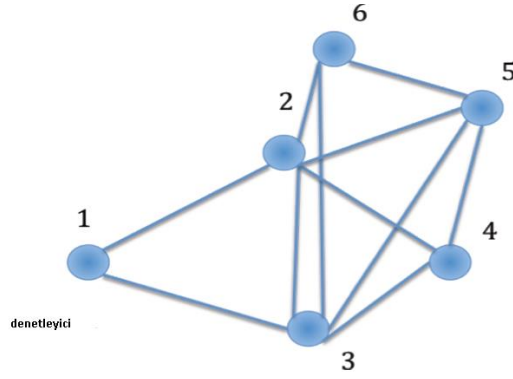
Z-Wave 4 düğümüne kadar tekrarlanan mesajları iletebilir. Böylece ağın genişlemesi ve kararlılığının artmasını sağlar.

Z-Wave ağında bu rotalar nasıl inşa edilir?



Şekil 4.5 İki düğüm arasındaki maksimum yönlendirme

Her bir düğüm bir sonraki düğümü belirlerken direkt bağlantı kurabileceği düğümü seçer. Bunlara komşu düğümler denir. Düğümlerin ağına dâhil sırasında düğümler kendi komşu listesini denetleyiciye bildirirler. Bu bilgiyi kullanarak denetleyici olası rotaların tablosunu çıkarır. Kullanıcı bu yönlendirme tablosuna erişebilir.



Bir denetleyici ve beş düğümden oluşan Z-Wave ağ örgü topolojisini gösterir. Düğüm 1 birincil denetleyicidir. Düğüm 2 ve 3 ile direkt bağlantı kurabilir. Düğüm 4, 5 ve 6 ile direkt bağlantı yoktur. Düğüm 4'e olan bağlantı düğüm 2 ya da 3 vasıtasıyla sağlanır.

Kaynak Düğüm	to 1	to 2	to 3	to 4	to 5	to 6
Kaynak Düğüm 1	X	1	1	0	0	0
Kaynak Düğüm 2	1	X	1	1	1	1
Kaynak Düğüm 3	1	1	X	1	1	1
Kaynak Düğüm 4	0	1	1	X	1	0
Kaynak Düğüm 5	0	1	1	1	X	1
Kaynak Düğüm 6	0	1	1	0	1	X

Şekil 4.7 Örnek yön tablosu

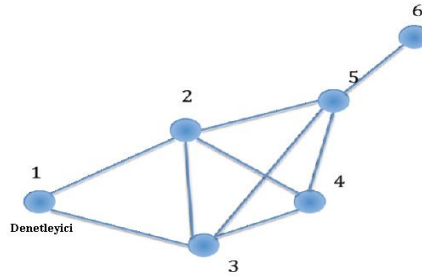
Tablodaki satırlar kaynak düğümleri, sütunlar hedef düğümleri gösterir. A'1' hücrede iki düğümün komşu olduğunu gösterir.

Kaynak Düğüm	to 1	to 2	to 3	to 4	to 5	to 6
Kaynak Düğüm 1	X	1	1	0	0	0
Kaynak Düğüm 2	1	X	1	1	1	1
Kaynak Düğüm 3	1	1	X	1	1	1
Kaynak Düğüm 4	0	1	1	X	1	0
Kaynak Düğüm 5	0	1	1	1	X	1
Kaynak Düğüm 6	0	1	1	0	1	X

Şekil 4.8 Örnek yön tablosu

Düğüm 1'den düğüm 3 aracılığıyla düğüm 4'e yol gösterilmektedir. Düğüm 1 ve düğüm 4 arasındaki işaret '0'dır. Bunun anlamı düğümler komşu değildir ve direkt olarak bağlantı kuramazlar. Burada izlenecek yol; öncelikle düğüm1 ve düğüm4 ile direkt komşu olan düğüm3 aracılığıyla sağlanır.

Örneğin düğüm 6 ağı geri kalanıyla düğüm5'i kuvvetlendirici olarak kullanarak bağlantı kurabilir. Çünkü denetleyicinin düğüm 5 ile bağlantısı yoktur. Aşağıdaki rotalardan birini tercih edebilir. 1 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6 ya da 1 -> 2 -> 5 -> 6.



Şekil 4.9 Çoklu kuvvetlendirici kullanarak yönlendirme.

4.4.3.4 Ağ Düğüm Tipleri

Daha önce de belirtildiği üzere Z-Wave iki farklı düğüm tipinden meydana gelir:

- Denetleyiciler
- Köleler

Yönlendirme köleleri rota belirleme görevi olan birimlerdir. Standart köleler ve yönlendirme köleleri vardır.

Üç farklı düğüm tipi, üç farklı görev üstlenir. Bu üç düğüm arasındaki en belirgin özellik yönlendirme tablosu bilgisi ve ağa mesaj gönderme yeteneğidir.

Çizelge 4 .2 Z-Wave cihaz model özellikleri

	Komşular	Rota	Olası özellikler
Denetleyiciler	Tüm komşuları bilir.	Tüm yönlendirme tablosuna erişebilir.	Bir rota varsa, rotadaki tüm cihazlarla haberleşebilir.
Köleler	Tüm komşuları bilir.	Yönlendirme tablosu bilgisi yoktur.	Sadece mesaj aldığı düğümü cevaplandırabilir. Bu nedenle talep edilmeden mesaj gönderemez.
Yönlendirme köleleri	Tüm komşularını bilir.	Yönlendirme tablosu hakkında kısmi bilgi	Kendisine düğümlerden gelen mesajları cevaplandırabilir ve aynı rotadaki düğümlere mesaj gönderebilir.

Bu karşılaştırmadan belli temel kurallar elde edilir:

- Her Z-Wave cihazı, mesaj alabilir ve onay mesajı gönderebilir.

Yönlendirme tablosu denetleyiciye dâhildir. Bu noktada tüm denetleyiciler aynı yönlendirme tablosuna sahip. Eğer daha sonra daha fazla düğüm noktası eklemesi olursa birincil denetleyici güncelleme yapar ancak ikincil denetleyicide eski durum etkin olabilir. Bu durumda ikincil denetleyiciler manuel olarak güncellenmelidir.

Eğer bir düğüm ağdan çıkarsa, yönlendirme tablosundaki girdileri silinir. Eğer ikincil denetleyici ağdan çıkarsa, bu durumda eski ev adresinin silinmesinin yanı sıra yönlendirme tablosundaki yeri de silinir.

Birincil denetleyiciler cihaz dâhil edildiğinde her zaman güncel durumu gösterirler.

Normal işlem sırasında düğüm,

- İşlemden çıkarılabilir(hasarlanmışsa).
- Farklı bir yere taşınabilir.

Her iki durumda da yönlendirme tablosu geçerli değildir ve hasarlanmış ya da taşınmış düğümle bağlantı kurulamayabilir.(Eğer düğüm şans eseri denetleyicinin kapsama alanında bir yere taşındıysa veya eski komşularının kapsama alanındaysa hata oluşmayabilir.) Düğümde herhangi bir bağlantı hatası oluştuğunda hata mesajı oluşur.

Buna paralel olarak denetleyici bunu başarısız düğüm olarak işaretler ve başarısız düğümler listesine alır. Başarısız düğüm listesinde olmak düğümün her zaman hasarlı olduğu anlamına gelmez. Herhangi bir başarılı bağlantı kurulduğunda tekrar düğüm, yönlendirme tablosuna alınır. Eğer daha sonra herhangi bir bağlantı kurulamazsa ağdan uzaklaştırılabilir. Bu otomatik olarak gerçekleşmez, kullanıcının isteğine bağlıdır.

Avantajlar:

Gerçek ağ topolojisi ve tüm düğümlerin bilgisini statik denetleyicide depolamıştır ve mobil pilli cihazlara göre daha iyi korunur. Tüm denetleyiciler yeni cihazlara bütünleşmiş olabilir.

Dezavantajlar:

Eski sürümler bu fonksiyonları destekleyemeyebilir. Ekleme denetleyicileri sadece kablosuz bağlantısı varsa cihaz ekleyebilir. Hasar görmüş SIS yeni bir ağ kurulumuna neden olabilir.

Çünkü SUC/SIS fonksiyonu birçok sabit denetleyiciye eklenmiştir ve bu özelliğin aktive edilmesi gerekir. Statik denetleyici SUC/SIS özelliği olduğu müddetçe birincil denetleyici mevcut olabilir. Bu yapılandırma ağlarda tipik bir özelliktir.

AKILLI EV ENERJİ YÖNETİMİ SİMÜLASYONU

Azalan enerji kaynakları ve artan enerji talepleri sebebiyle mevcut elektrik üretimi günümüzün enerji ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu ihtiyaç göz önüne alınarak tasarlanan yenilenebilir enerji kaynakları, günümüzde şebeke ağında daha fazla yer almaya başlasa da enerji talebiyle ilgili olarak önümüzde bulunan problemlere tam olarak çözüm olamamaktadır. Bu sebeple gelişmiş teknolojiye bünyesine alarak geliştirilen akıllı şebekeler, artan talep ve güç ihtiyacına çözüm olarak önerilmiştir.

Akıllı şebekeler projesinde ev enerji yönetim sistemleri önemli bir yer tutmaktadır. Ev enerji yönetim sistemi; evde yer alan akıllı cihazların, ev enerji yönetim sistemlerinden faydalanarak izlendiği, evin gerekli olan enerji talebinin ise, şebeke ile ev enerji yönetim sistemlerinin karşılıklı veri alışverişiyle kontrol edildiği enerji sistemleridir.

Bu tezde hazırlanan simülasyonla, tüketicinin enerji tüketimini belirli aralıklarla kontrol eden, tüketicinin şebeke tarafından belirlenen değerler aralığında tüketim yapmasını sağlayan ve tüketimi belirli bir değer aralığında tutan ev enerji yönetim algoritması tasarımı amaçlanmıştır. Böylece tüketiciler, şebekenin belirleyeceği tüketim değerlerini aşmayarak tüketim değerlerini belirli sınırlarda tutabilecek, enerji verimliliklerini sağlarken tüketim giderlerini de azaltabileceklerdir.

Gerçekleştirilen simülasyonla, tüketim verilerinin şebekenin atadığı değer arasında tutulması amaçlanmıştır. Atanan değerler aşıldığındaysa, tüketicinin daha önceden belirlemiş olduğu yüklerin tüketimi yine önceden belirlenen sıralamaya göre ertelenmiştir. Simülasyon çalışması, Matlab/Simulink ortamında modellenmiştir. Simulink modelinde, güneş paneli ve rüzgar türbininden oluşan yenilenebilir enerji

kaynakları grubu, üretilen fazla enerjinin depolandığı batarya grubu, tüketicinin tüketim verilerini saatlik aralıklarla izleyen bir enerji yönetim algoritması modellenmiştir. En verimli ve ekonomik modeli analiz etmek amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen depolanmış enerjinin kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlar analiz edilerek değerlendirilmiş, tüketicinin elde edeceği verimlilik ve tüketicinin faturasında olan değişim grafik üzerinde gösterilmiştir.

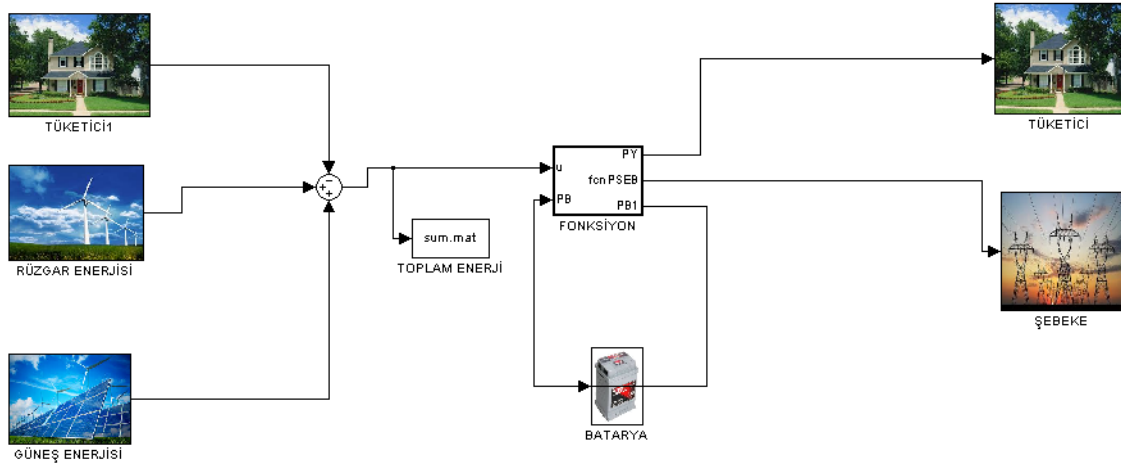
Simülasyon iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde güneş paneli, rüzgar türbini ve batarya grubundan oluşan akıllı ev simülasyonu oluşturulmuştur. Bir yıllık yük verileri kullanılmıştır. Bir yıl boyunca tüketim alışkanlıklarının incelendiği ve beşer dakikalık aralıklarla verilerin alındığı Kanada tüketim verileri kullanılmıştır. Modelde, tüketici güneş ve rüzgardan elde ettiği enerjiyle akıllı evinin elektrik ihtiyacını karşılayabilmekte ve üretmiş olduğu enerjinin fazlasını şebekeye satabilmektedir. Bu bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarından kendi elektriğini üreten ve fazlasını şebekeye satan bir akıllı evin, şebekeye ve kendi elektrik faturasında sağlayacağı faydaların elektriksel ve ekonomik analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, tüketim verilerinin akıllı şebeke tarafından izlenmesi sonucu gerekli görüldüğü takdirde şebekeden gelen uyarı mesajı doğrultusunda tüketimin ileri bir zamana ertelendiği, akıllı ev enerji yönetim modeli oluşturulmuştur. Ev içerisinde yer alan cihazların tükettiği güç verileri oluşturulmuş, saatlik aralıklarla tüketim değerleri izlenmiştir. Şebekenin göndereceği uyarı mesajıyla akıllı evin tüketim değerleri kısıtlanacağı için, ev içerisinde bulunan cihazlarda tüketimin ertelenebileceği ve tüketiminin durdurulamayacağı yükler iki gruba ayrılarak belirlenmiştir. Bu yüklerden ilk grubu, kritik yükler olarak tanımlanan televizyon, bilgisayar, buzdolabı gibi şebekeden gelen uyarı mesajıyla tüketiminin ötelenmesi mümkün olmayan yükler oluşturmaktadır. İkinci grup yükler ise kritik olmayan yüklerdir ve istenildiği zaman şebekeden gelen uyarı mesajı doğrultusunda tüketimi ileriki bir zamana ertelenebilecek yüklerdir. Tüketiminin ötelenebileceği yükler için tüketici tarafından, kendi tüketim alışkanlıklarına göre bir sıralama belirlenir ve şebekeden tüketimi sınırla mesajı geldiğinde, yüklerin kullanımı belirlenen sıraya göre başka bir zaman dilimine ötelenir.

Yüklerin kullanımının ötelenmesi işlemini gerçekleştiren akıllı ev enerji yönetim sistemlerindeki yüklerin tüketimini belirli aralıklarla izler, şebekeyle iki yönlü bilgi alışverişinde bulunur. Gerçekleştirilen enerji yönetimi sistemi simülasyonunda da, şebekede elektrik tüketiminin yoğun olduğu puant saatlerde artan talebi azaltmak için, kritik yüklerin tüketimi ileriki zaman dilimine kaydırılarak, şebekenin tüketiciden talep ettiği değeri aşmayan bir algoritma hazırlanmıştır.

Türkiye’de elektrik faturalarının hesaplanmasında tekli tarifelin yanında, üçlü tarifeli fatura sistemide uygulanmaktadır. Yapılan simülasyon sonuçlarının ekonomik analizinin yapılması amacıyla fatura hesabı yapılmış ve hesaplardatekli ve üçlü tarife ayrı ayrı uygulanarak sonuçlar kıyaslanmıştır.

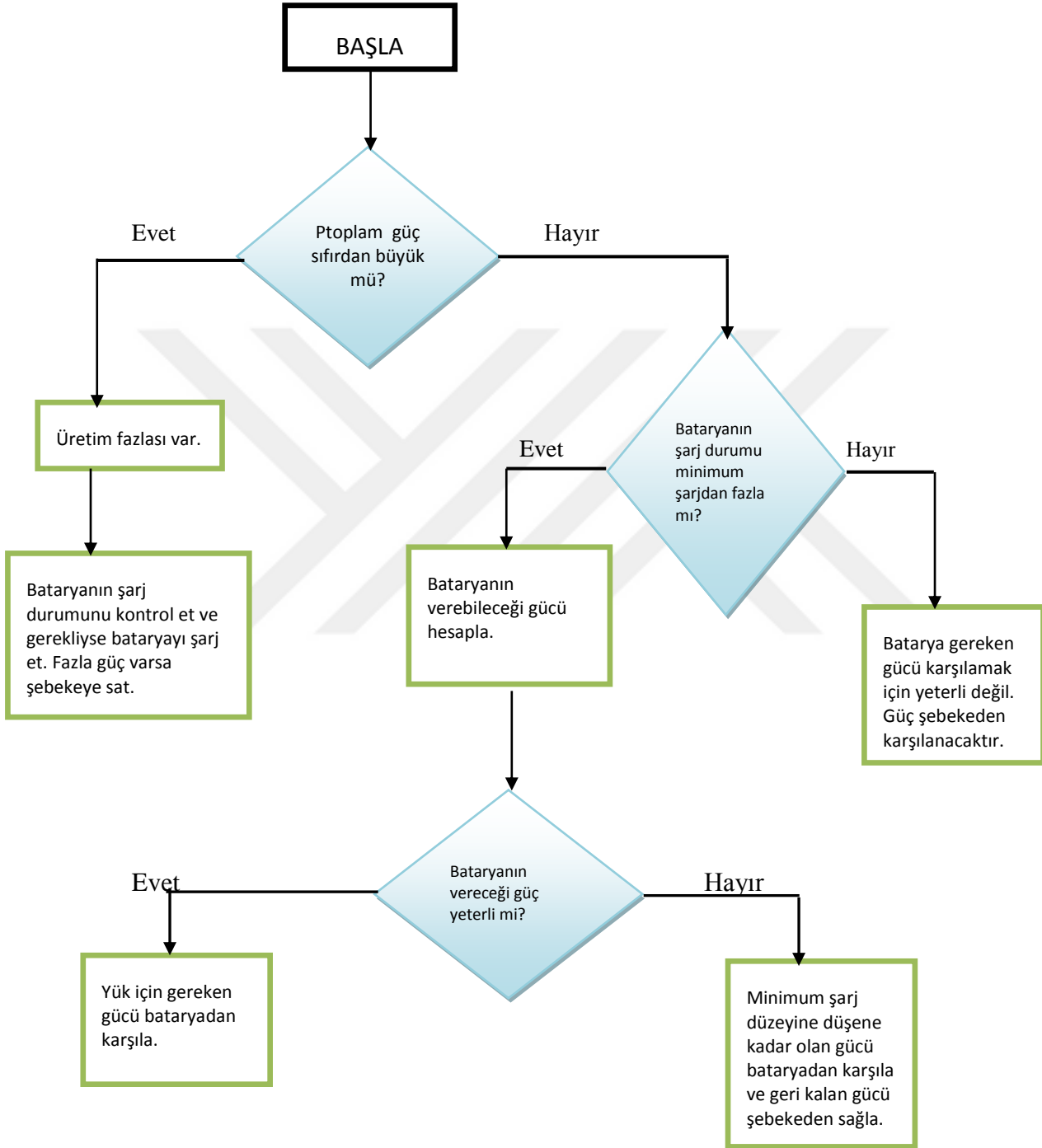
5.1 Sistemin Modellenmesi



Şekil 5.1 Akıllı ev enerji yönetimi benzetim modeli

Tasarlanan akıllı ev enerji yönetimi algoritması: Tasarlanan algoritmaya göre, güneş ve rüzgâr enerjisinden elde edilen enerji toplanır ve tüketicinin talep ettiği yükten çıkarılır. Çıkan sonuç pozitifse, tüketimin üstünde güç üretildiği anlaşılır. Fazla enerji öncelikle bataryanın tam olarak şarj edilmesi için kullanılır, artan enerji şebekeye satılır. Toplamın negatif çıkması durumunda, talep edilen güç, üretilen gücü aşmıştır. Bu durumda bataryanın şarj durumu kontrol edilir ve bataryanın şarjının %30 doluluk oranının altına inmemesine dikkat edilerek, bataryadan karşılanabilecek güç hesaplanır. Bataryanın verebileceği güç, tüketicinin talep ettiği güçten büyükse veya eşitse talep edilen gücün tamamı bataryadan karşılanır. Şayet, talep edilen güç

bataryanın verebileceği güçten fazlaysa batarya %30 minimum şarj doluluk oranına kadar deşarj olur ve geri kalan güç şebekeden karşılanır. Sistemin akış diyagramı aşağıdaki şekilde ayrıntılı gösterilmiştir.

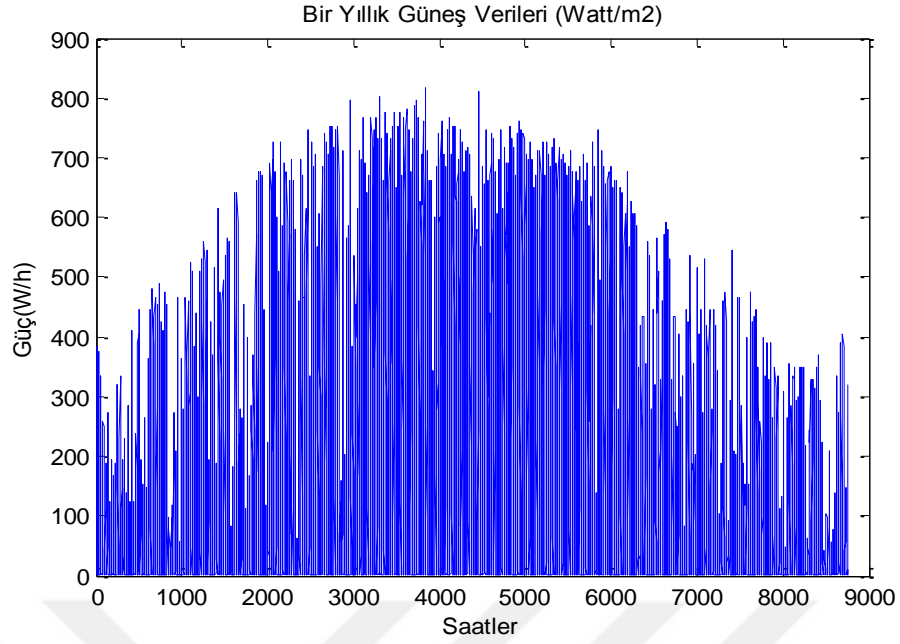


5.1.1 Güneş Panellerinin Seçimi

Dünyanın devamlı ve yenilenebilir en büyük enerji kaynaklarından biri güneş enerjisidir. Güneş enerjisi temiz enerji kaynaklarının arasında önemli bir yer tutmaktadır ve yeryüzüne her yıl düşen güneş ışınım enerjisi, bugüne kadar var olan fosil yakıt enerji hazinelerinin 160 katına karşılık gelmektedir. Bununla birlikte nükleer, hidroelektrik ve fosil enerjilerden elde edilen enerjinin 15.000 katı güneş ışınım enerjisi dünyamıza düşmektedir [1].

Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, evirici, batarya grubu, akü şarj denetimi aygıtları ile birlikte bir sistem oluşturmaktadır [2]. Güneş pilinden elde edilen enerji sistemde hazır bulunan batarya gruplarında depolanmaktadır ve özellikle güneşten enerji elde edemediğimiz akşam saatlerinde depolanmış enerji olarak kullanılmaktadır. Oluşturulan simülasyon modelinde güneş panelleri vasıtasıyla, güneş enerjisinden elektrik üretimi modele eklenmiştir.

Türkiye koşullarında güneşlenme süresinin ortalama 6 saat olduğu düşünülürse, simülasyonda temel alınan evin günde ortalama tüketimi 11 kW olması sebebiyle, 2kW'lık üretim yapan güneş paneli yeterli olacaktır. 2kW'lık üretimi karşılamak için en az 12 adet 175W nominal çıkış gücünde paneller kullanılması gerekmektedir. Simülasyon modeli için panel seçiminde Kyocera KC175 uygun görülmüştür. Bu gerilimi 23,6 Volt, MPP akımının 7.42 Amper, solar panel verimlerinin ise %15 olan bir panel olduğu bilinmektedir. Ayrıca simülasyonda kullanılmak üzere, bir yıllık güneş ışınım verileri için İstanbul ışınım verileri esas alınmıştır.



Şekil 5.2 Simülasyonda kullanılan bir yıllık güneş verileri

5.1.2 Akü Grubu Seçimi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisini depolamak için akü grubu seçilmiştir. Fotovoltaik sistemlerden elde edilen enerjilerin de depolanacağı göz önüne alındığında kuru tip akülerin uygun olacağı öngörülmüştür. Günlük tüketimi ortalama 11kW olan bir ev baz alındığında, bu evin 2 günlük enerjisinin şebekeden hiç enerji alınmayacak şekilde karşılayabilecek batarya grubunun gücü 22 kW olacaktır. Bu sebeple 12V 1.840 Ah'lık batarya grubunun seçilmesi uygun olacaktır. 8 adet 230 Ah'lık batarya grubunun paralel bağlanması yeterli olacaktır.

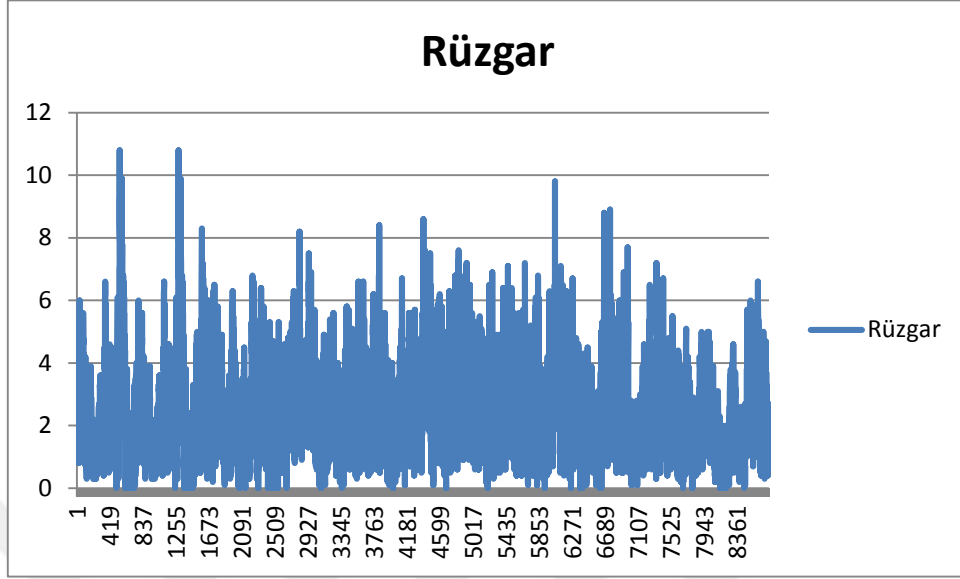
5.1.3 Rüzgar Türbini Seçimi

Rüzgar enerjisi de güneş enerjisinde olduğu gibi, ülkemizde en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının başındadır. Rüzgarın saatlere göre hızının değişmesi ve depolamada yaşanan sıkıntılar rüzgardan elektrik elektrik üretiminde en sık karşılaşılan zorluklardır.

Rüzgar türbini seçerken, bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli ve enerji ihtiyacına göre uygun güçteki rüzgar türbini seçilmelidir.

Bu çalışmada rüzgar enerjisinden de faydalanılan bir benzetim modeli oluşturulmuş, İstanbul Esenler bölgesi için bir yıllık rüzgar verileri esas alınmıştır. Rüzgar türbini

seçiminde, düşük rüzgar hızlarını da göz alarak Vestas 2,5 kW maksimum çıkış güçlü sürekli mıknatıslı fırçasız rüzgar türbini uygun bulunmuştur.

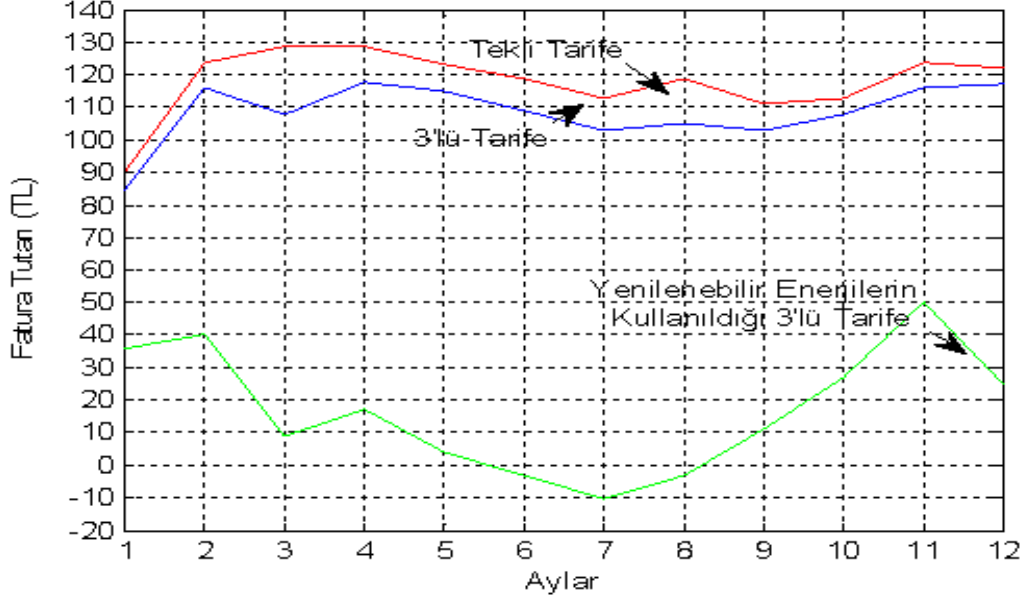


Şekil 5.3 Bir yıllık rüzgar verisi

Bu veriler ışığında, herbiray için benzetim sonuçları alınmış ve bir yıllık veri elde edilmiştir. En ekonomik modeli bulmak amacıyla yapılan çalışmamızda, akıllı evin elektrik tüketimi birinci aşamada yenilenebilir enerji kaynakları olmadan saatliği 31kuruş/saat olan tekli tarifeye göre fatura hesabı yapılmıştır. İkinci aşamada, üçlü tarifeye göre faturahesabı yapılmıştır.

Üçlü tarife günü belli zaman dilimlerine ayırarak farklı fiyatlandırma yapan hesaplama şeklidir. Şebekede elektrik talebinin en az olduğu saat 22.00 ile 6.00 arasında olan gece tarifesi 0,15 TL/saat, 6.00 ile 17.00 arası gündüz tarifesi 0, 26 TL/saat, 17.00 ile 22.00 arası puant tarifesine şebekenin en yoğun olduğu saat dilimi olması sebebiyle en pahalı olarak 0,41 TL/saat olarak ücretlendirilmektedir.

Üçüncü aşamada yenilenebilir enerji kaynakları da dâhil edilerek hazırlanan modelde, tüketici yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği gücü bataryada depolayarak hem evinin elektrik ihtiyacını karşılamakta hem de fazlasını şebekeye satmaktadır. Eğer üretilen güç ve bataryada depolanan güç tüketimi karşılayamıyorsa, son olarak gerekli olan güç şebekeden karşılanır. Simülasyon sonucu her ay için ayrı ayrı tekrarlanmak üzere, bir yıllık olarak alınmıştır. Aşağıdaki grafik üzerinde tekli tarife, üçlü tarife ve fatura sonuçları grafik üzerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Aylara göre karşılaştırmalı fatura sonuçları

Simülasyon sonuçlarının ekonomik sonuçlarını analiz etmek amacıyla her ay için fatura hesabı yapılmıştır. İlk olarak akıllı ev enerji yönetim sistemi olmasaydı ve geleneksel ev modeli esas alınsaydı, tüketicinin ne kadar fatura ödeyeceği hesaplanmıştır. Bu amaçla aylık toplam tüketim değerleri iki tür fatura hesabıyla ayrı ayrı yapılmıştır. Bunlardan ilki tekli tarifedir. Tekli tarifeye göre tüketicinin elektrik tüketim değeri sabit birim fiyatı üzerinden hesaplanır. Grafikte kırmızı çizgi ile gösterilen değerler tekli tarife ile hesaplanan fatura tutarlarını göstermektedir. Tekli tarife sonucu tüketicinin yıllık ödeyeceği ücret 1.328 € olarak hesaplanmıştır.

Diğer fatura hesap yöntemi üçlü tarife sistemidir. Üçlü tarife sisteminde bir gün üç zaman dilimine ayrılmaktadır ve her bir zaman diliminin fiyatlandırması farklıdır. Saat 22 ile 6 arası gece tarifesidir ve bu zaman diliminde tüketimin düşük olması sebebiyle en düşük fiyatlandırma uygulanır. 6 ile 17 saatleri arası gündüz tarifesidir, 17 ile 22 saatleri arası puant tarifesidir. Puant saat aralığında şebekenin yoğun olması sebebiyle, ücretlendirmede diğer saat dilimlerine göre daha pahalıdır. İkinci fatura hesabı üçlü tarifeye göre yapılmıştır ve mavi çizgilerle grafikte gösterilen değerler üçlü tarifeye göre hesaplanan fatura ücretleridir. Toplam tüketim değerleri üçlü tarifeye göre hesaplandığında, tüketici yıllık 1.280 € ücret ödeyecektir.

Üçüncü fatura hesabı akıllı ev enerji yönetim simülasyon sonuçlarına göre yapılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları ve bataryada depo edilen elektrik akıllı evin tüketimini

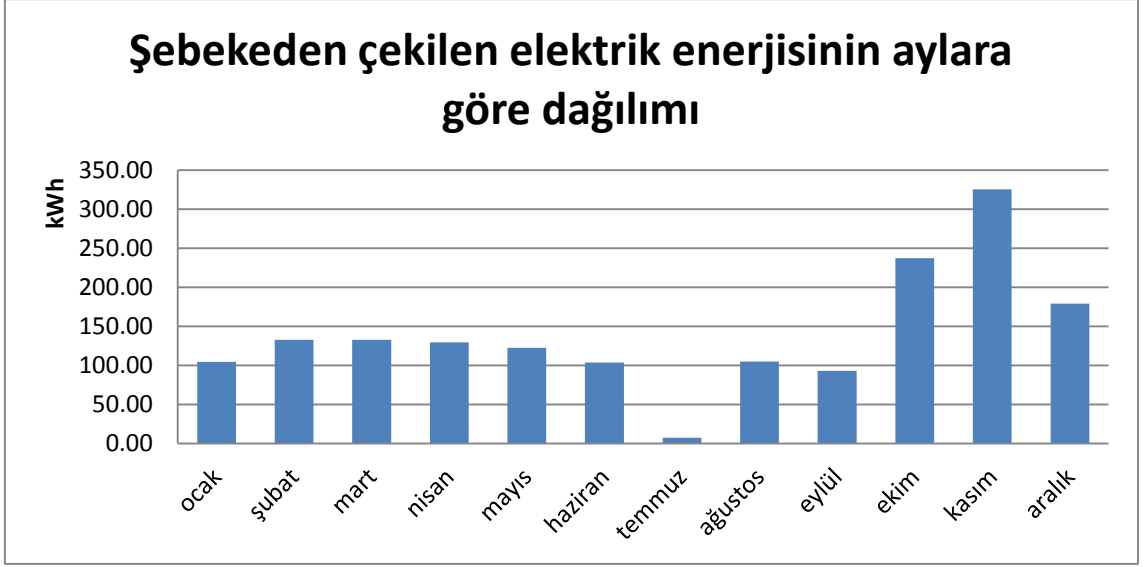
öncelikli olarak karşılamıştır. Karşılamada yeterli olmadığında, akıllı evin elektrik talebi şebekeden karşılanmıştır. Şebekeden çekilen elektriğin fiyatlandırması üçlü tarife esas alınarak hesaplanmıştır. Şebekeye satılan elektrik ise tüketiciye geri ödenecektir. Grafikte yeşil çizgilerle gösterilen değerler, simülasyon sonuçlarının üçlü tarifeye göre hesaplanan değerlerini göstermektedir. Bu sonuçlara göre tüketici yıllık 206 € fatura ödeyecektir. Fatura hesabında vergiler ve diğer ücretler alınmamıştır.

	Şebekeden karşılanan enerji(kWh)	Yenilenebilir enerjilerden karşılanan enerji (kWh)	Bataryadan karşılanan enerji(kWh)	Talep edilen enerji (kWh)
ocak	104,39	-75,05	34,95	214,39
şubat	132,54	-352,43	37,25	202,21
mart	132,46	-68,86	39,41	240,74
nisan	129,24	-73,44	47,32	250,00
mayıs	122,50	-74,93	43,31	240,74
haziran	103,54	-78,08	50,42	232,05
temmuz	7,26	-8,26	93,56	227,47
ağustos	104,59	-8,26	54,97	231,69
eylül	93,03	-68,14	55,15	216,32
ekim	237,24	-82,85	40,44	360,53
kasım	325,38	-43,34	17,44	386,16
aralık	178,85	-43,27	25,01	247,13
Toplam	1671,01	-976,91	539,23	3049,42

Şekil 5.5 Simülasyon sonuçları

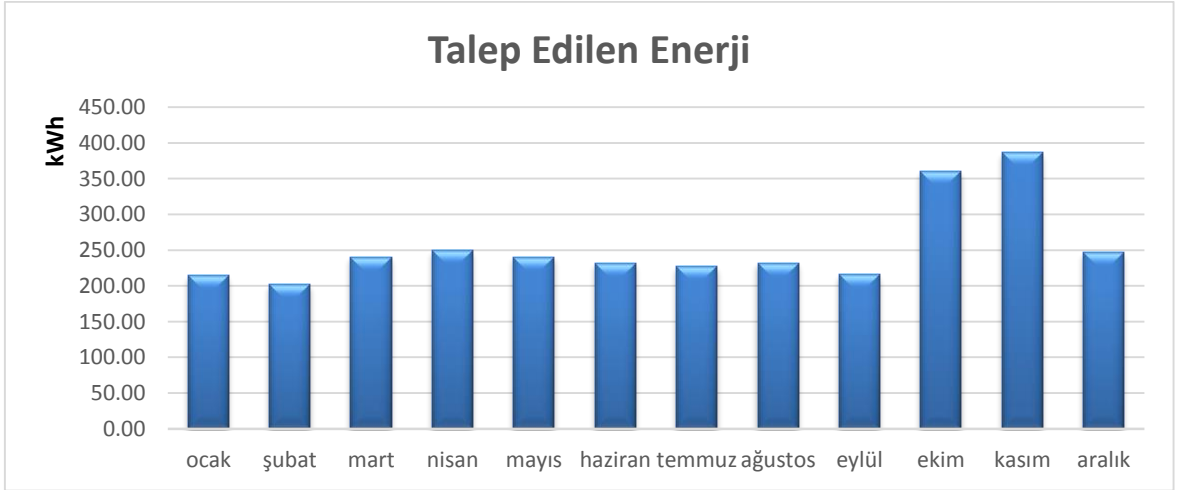
Yukarıdaki tabloda simülasyon sonuçlarından elde edilen veriler aylara göre yansıtılmıştır. Tüketicinin her ay tükettiği toplam elektrik miktarı talep edilen yük sütununun altında yer almaktadır. Simülasyonda modellediğimiz yenilenebilir enerjilerden üretilen elektrik enerjisi, evin elektrik ihtiyacını öncelikle karşılamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları vasıtasıyla üretilen elektrik enerjisi ile karşılanan elektrik tüketim miktarları, yenilenebilir enerjilerden karşılanan enerji sütunu altında negatif değerli olarak gösterilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin fazlası bataryayı şarj etmekte kullanılmıştır. Rüzgar ya da güneş enerjisinden elde edilen enerji evin tüketimini karşılamakta yeterli olmadığında bataryada depo edilen enerji kullanılmıştır. Bataryadan karşılanan güç sütunu altında bu değerler gösterilmiştir. Akıllı evin ürettiği elektrik enerjisinin evin tüketimini karşılamaması durumunda gerekli olan elektrik enerjisi şebekeden karşılanmıştır. Şebekeden karşılanan güç sütunu altında, aylara göre şebekeden karşılanan güç değerleri gösterilmiştir.

Simülasyon sonuçlarına göre, akıllı ev yıllık 3,049 MWh elektrik tüketmiştir. Bu tüketimin %54,8'i(1,67 MWh) şebekeden, %32,01'i(0,976 MWh) yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik vasıtasıyla, %17,68'lik kısmı da (0,54 MWh) bataryada depo edilen enerjiden karşılanmıştır.



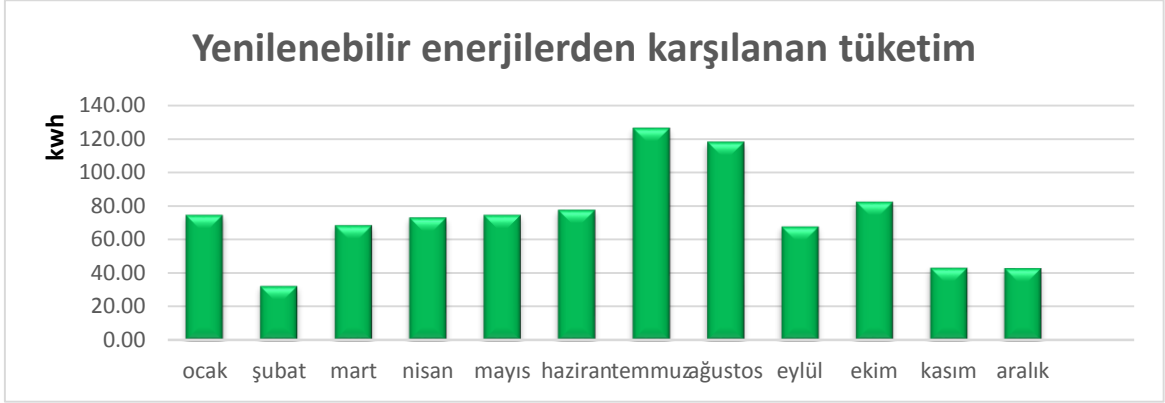
Şekil 5.6 Bir yıl boyunca tüketicinin şebekeden çektiği enerji miktarının aylara göre gösterimi

Yukarıdaki grafikte akıllı evin şebekeden çektiği elektriğin aylara göre dağılımı gösterilmiştir. Yukarıda yer alan grafik incelendiğinde, Temmuz ayında akıllı evin kendi ürettiği elektrik, evin elektrik ihtiyacını karşılamada daha etkin olmuştur. Bu sebeple Temmuz ayı şebekeden çekilen elektriğin en az olduğu ay olmuştur. Şebekeden çekilen elektrik enerjisinin en yüksek olduğu ay, aynı zamanda tüketimin de en fazla olduğu Kasım ayı olmuştur.



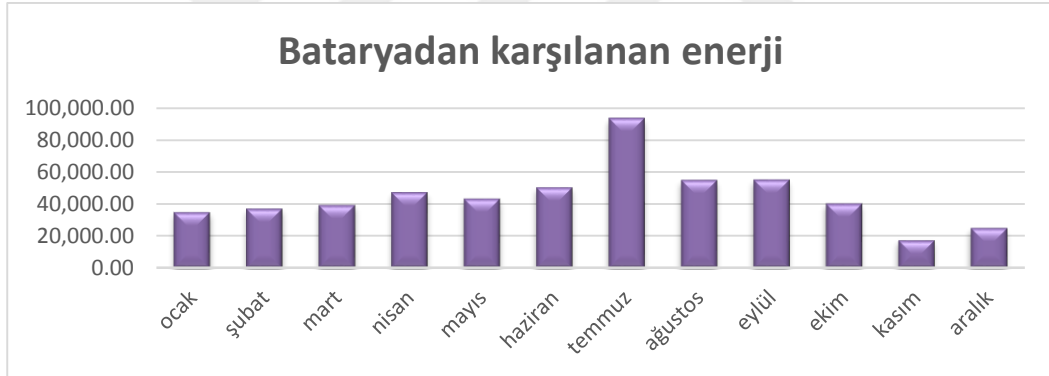
Şekil 5.7 Bir yıl boyunca tüketicinin aylara göre tüketim değerleri

Yukarıdaki grafik simülasyonda kullanılan aylık elektrik tüketim değerlerini içermektedir. Simülasyonda faydalınılan verilere göre, tüketimin en yüksek olduğu ay Kasım ayı, en düşük olduğu ay Eylül ayı olmuştur.



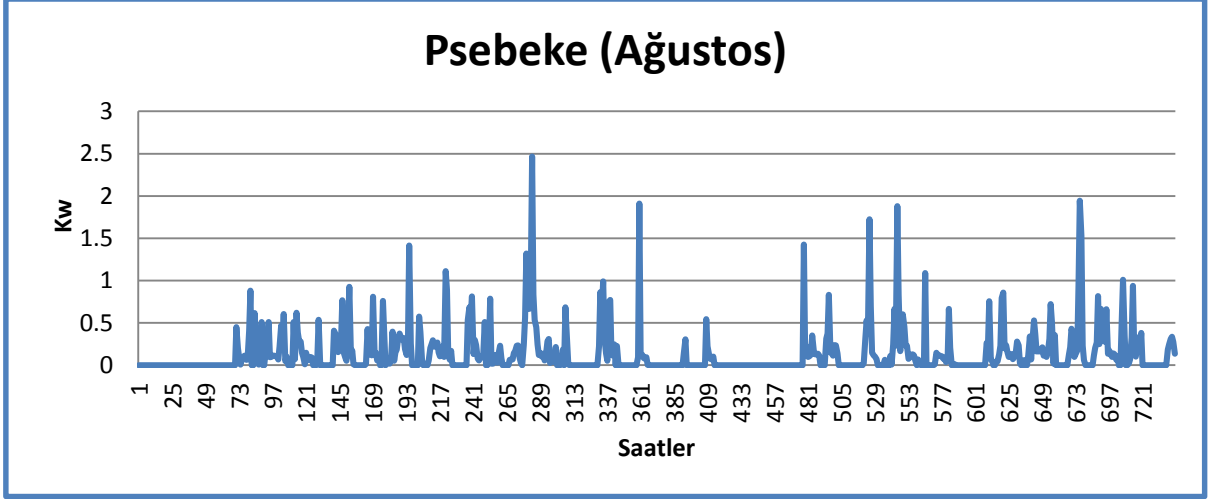
Şekil 5.8 Bir yıl boyunca yenilenebilir enerjilerden karşılanan tüketim değerleri

Yukarıdaki grafik akıllı evin tüketiminin, yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan kısmının değerlerini göstermektedir. Grafik incelendiğinde Temmuz ayında akıllı ev en fazla elektrik enerjisi üretirken, Şubat ayında en az üretim gerçekleştirmiştir.



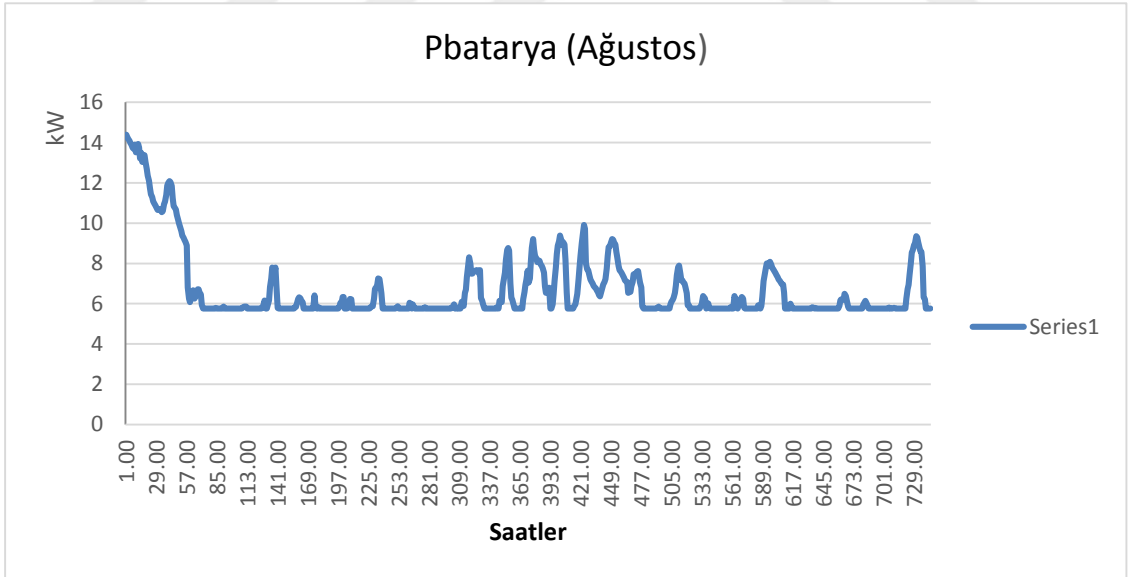
Şekil 5.9 Bir yıl boyunca tüketicinin aylara göre bataryadan karşıladığı tüketim değerleri

Akıllı evin enerji ihtiyacı, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yeterli olmadığına, bataryada depo edilen enerjiden karşılanır. Bataryadan karşılanan tüketimin aylara göre dağılımı yukarıdaki grafikte gösterilmiştir. Temmuz ayında bataryaya akıllı eve daha fazla enerji verirken, Kasım ayında akıllı evin elektrik ihtiyacını diğer aylara göre daha az karşılamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin diğer aylara kıyasla Kasım ayında daha az olması sebebiyle, bataryada daha az enerji depolanmıştır.



Şekil 5.10 Ağustos ayı boyunca şebekeden çekilen elektrik enerjisinin saatlere göre dağılımı

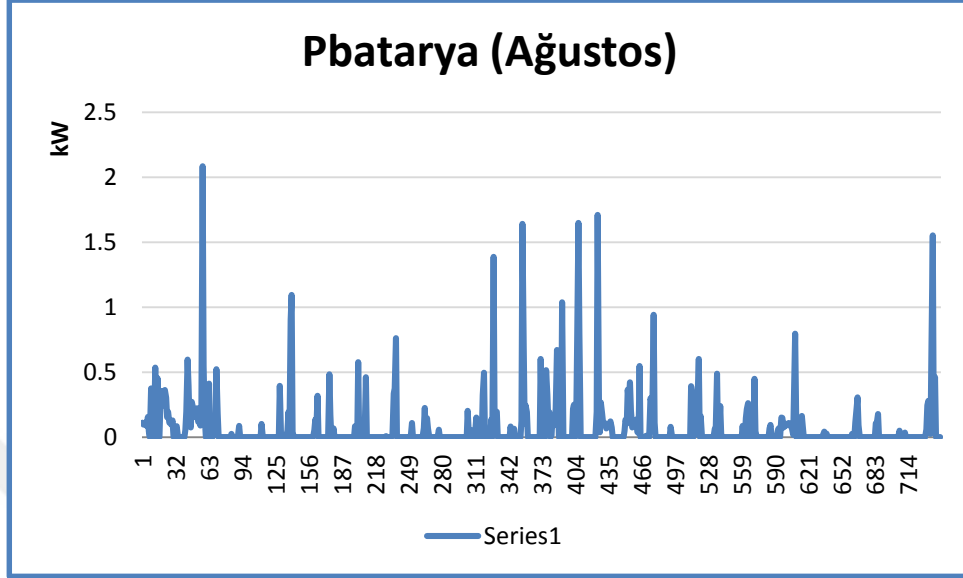
Ağustos ayı için bataryadan çekilen enerjinin değerleri yukarıdaki grafikte saatlik olarak gösterilmiştir. Saatlere göre detaylı gösterim içeren grafiğin en yüksek değeri 2,467kW, en düşük değeri sıfırdır. Grafiğin sıfır olduğu saatlerde, akıllı evin ürettiği elektrik, evin tüketimini karşılamakta yeterli olmuştur.



Şekil 5.11 Ağustos ayı boyunca bataryanın saatlere göre şarj durumu

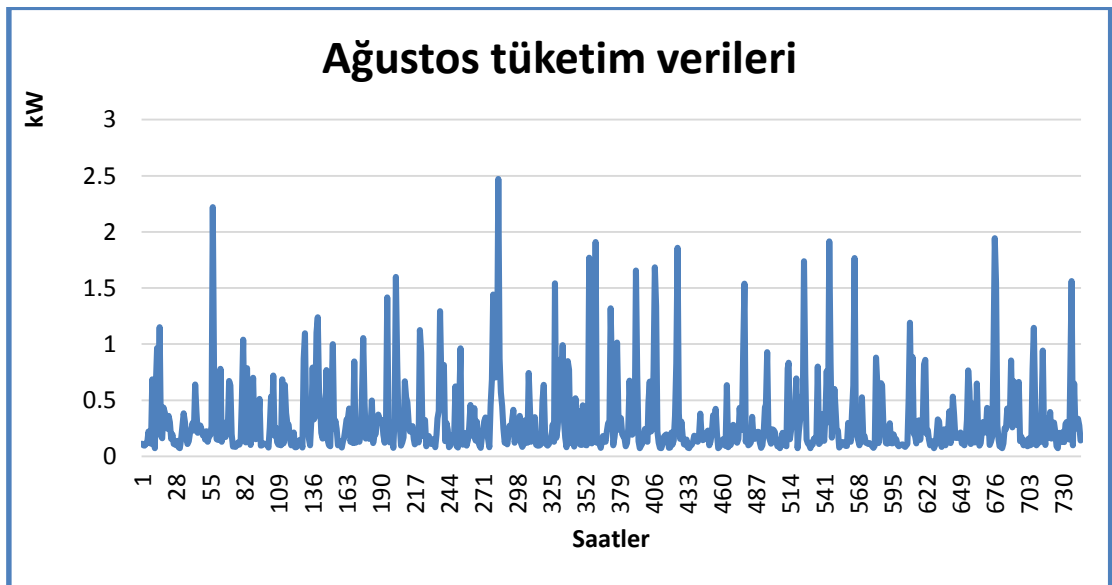
Ağustos ayı boyunca akıllı evin elektrik üretimi diğer aylara göre daha fazla olmuştur. Bu sebeple akıllı evin tüketimini karşılamak için batarya daha aktif rol oynamıştır. Ağustos ayı boyunca saatlik olarak bataryanın şarj ve deşarj durumu grafikte

gösterilmiştir. Batarya 14 kW gücündedir. Bataryanın uzun ömürlü olması için %30 oranına kadar deşarj olmasına izin verilmektedir. Bataryanın 5,6 kW'a kadar deşarj olmasına izin verilmiştir.



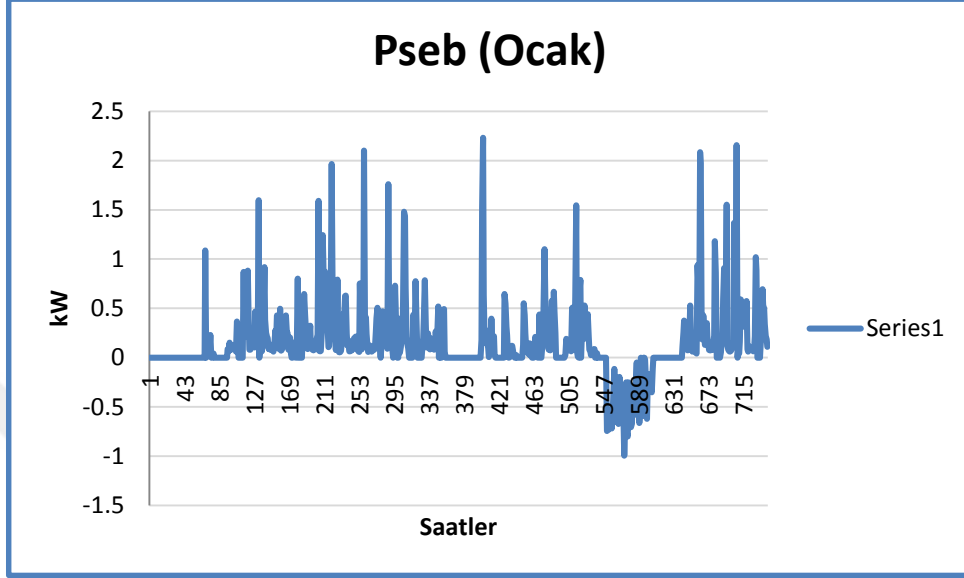
Şekil 5.12 Ağustos ayı boyunca bataryadan çekilen gücün saatlere göre dağılımı

Bir önceki grafikte Ağustos ayı boyunca bataryanın güç durumu gösterilmiştir. Yukarıdaki grafikte ise saatlik olarak evin tüketiminde bataryanın karşıladığı miktar gösterilmiştir. Akıllı ev maksimum 2,08 kW saatlik bataryadan güç çekmiş, çekilen gücün sıfır olduğu durumlarda akıllı evin ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarından ya da şebekeden karşılanacaktır.



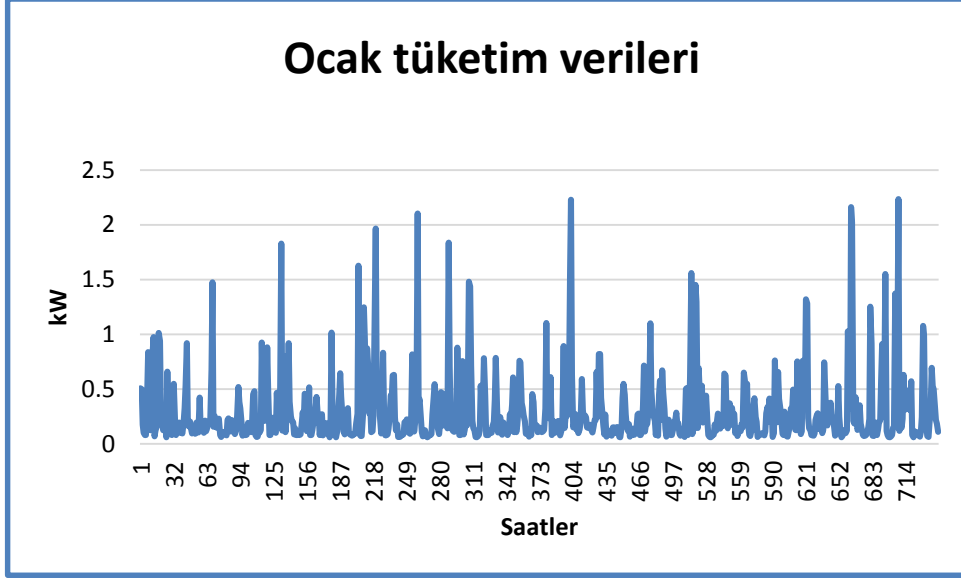
Şekil 5.13 Ağustos ayı boyunca tüketicinin saatlik elektrik tüketim değerleri

Ağustos ayı boyunca tüketicinin toplam kullandığı elektriğin saatlere göre dağılımı yukarıdaki grafikte gösterilmiştir. Tüketici saatlik maksimum 2,47 kW, minimum 97 W elektrik tüketmiştir.



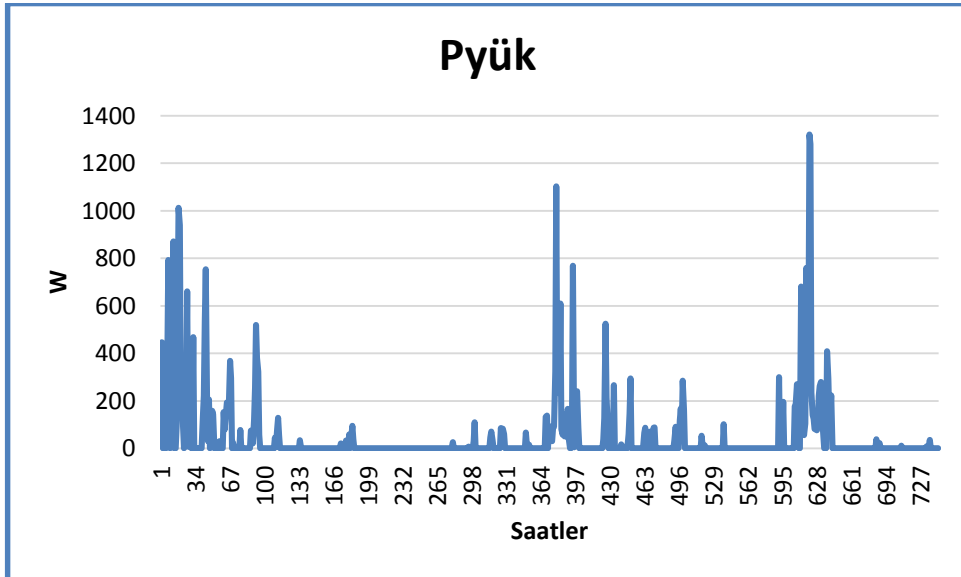
Şekil 5.14 Ocak ayı boyunca şebekeden çekilen elektrik enerjisi saatlik verileri

Yukarıdaki grafik Ocak ayı boyunca şebekeden çekilen elektrik değerlerini göstermektedir. Pozitif değerler akıllı evin kendi ürettiği elektriğin yeterli gelmediği ve ihtiyacını şebekeden karşıladığı durumları göstermektedir. Sıfır olduğu durumlarda akıllı ev kendi elektrik ihtiyacını, yenilenebilir enerji kaynaklarından ürettiği elektrikle karşılamaktadır. Negatif olduğu değerlerde ise akıllı evin ürettiği enerji, tüketimi aşmıştır ve fazlası şebekeye satılır.



Şekil 5.15 Ocak ayı boyunca saatlik elektrik tüketim değerleri

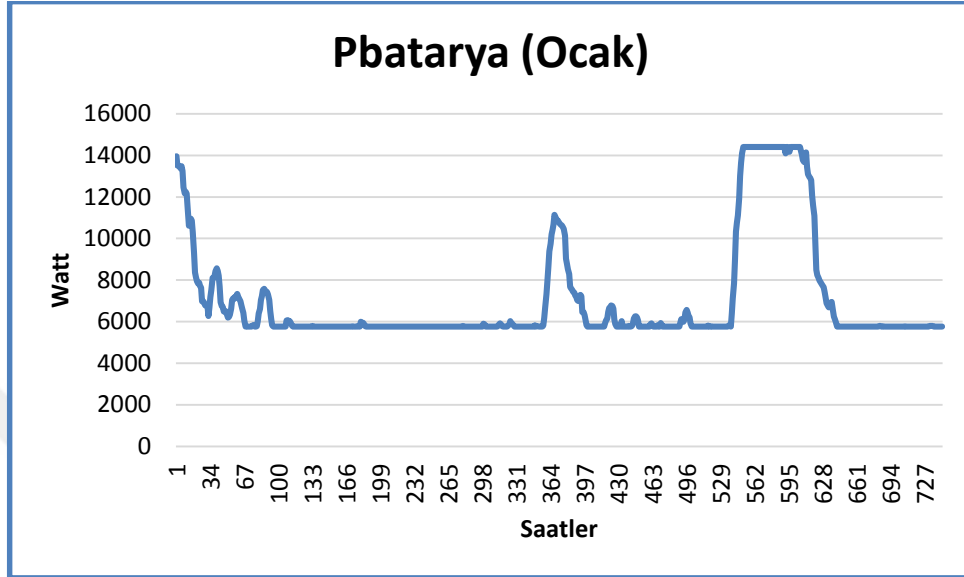
Yukarıdaki grafik Ocak ayı boyuncaakıllı evinelektrik tüketim değerlerini göstermektedir. Simülasyon sonuçlarına göre maksimum 2,2 kW, minimum 67 W saatlik elektrik tüketimi olmuştur.



Şekil 5.16 Ocak ayı boyunca bataryadan çekilen gücün saatlik dağılımı

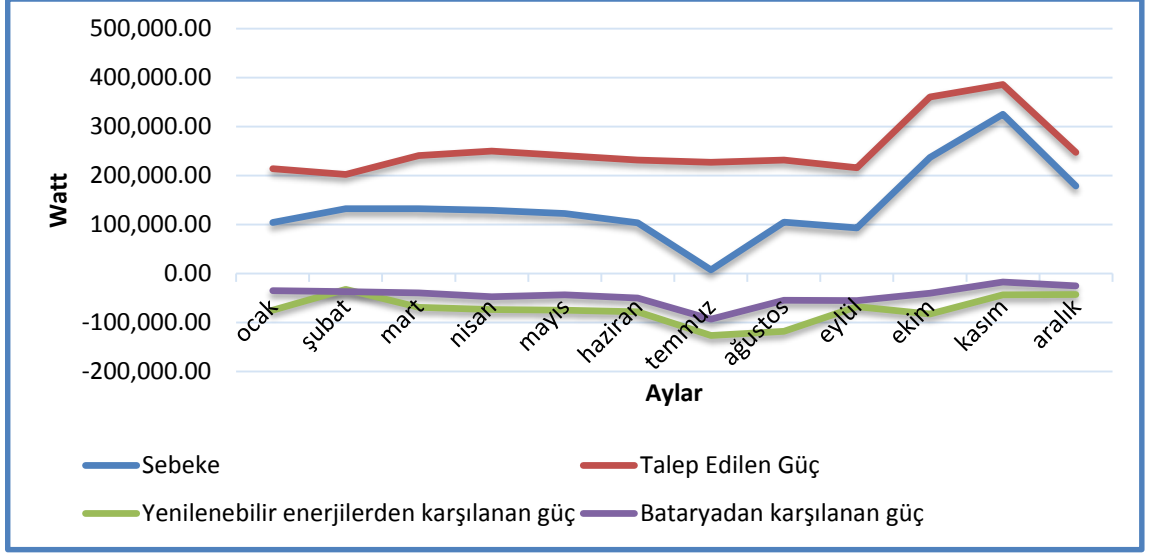
Yukarıdaki grafik Ocak ayı boyunca simülasyon sonuçlarına göre bataryanın akıllı eve verdiği elektriğin saatlik verilerini içermektedir. Bazı saatlerde üretilen güç 1,28 kW'a

kadar ulaşmıştır. Üretilen elektrik öncelikle akıllı evde kullanılır ve fazlası şebekeye satılır.



Şekil 5.17 Ocak ayı boyunca bataryanın şarj değişimi

Yukarıdaki grafik Ocak ayı boyunca bataryanın şarj değişimini göstermektedir. Simülasyon sonuçlarına göre, Ocak ayında akıllı evin ürettiği elektrik, bataryanın şarj edilmesinde diğer aylar kadar yeterli olmamıştır. Tüketim için gereken elektrik çoğunlukla şebekeden sağlanmıştır. Fakat bazı günlerde üretilen elektrik tüketimin üstünde olmuştur ve fazla enerji şebekeye verilecektir.



Şekil 5.18 Gerçeklenen simülasyon sonuçlarının aylara göre dağılımı

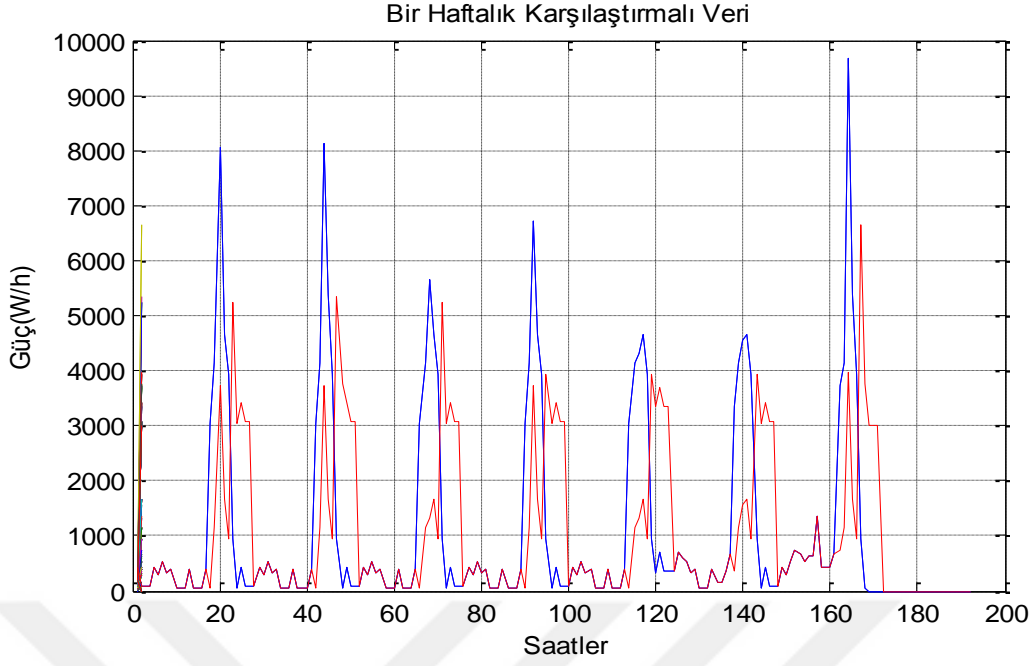
Yukarıdaki grafik bir yıl boyunca, aylık simülasyon sonuçlarının verilerini içermektedir. Üretilen elektrik negatif, şebekeden çekilen elektrik ise pozitif değerli olarak gösterilmiştir. Mavi renkli çizgiyle gösterilen “şebeke”, aylık olarak şebekeden çekilen elektrik değerlerini göstermektedir. Kırmızı çizgi ile ifade edilen “Talep edilen güç” akıllı evin aylık tüketim değerlerini içermektedir. Akıllı ev rüzgar ve güneş enerjisinden kendi elektriğini üretecektir. Bu üretilen enerji ilk olarak evin tüketimini karşılayacaktır. Üretilen enerjinin fazlası ihtiyaç durumunda kullanılmak üzere bataryada depolanacaktır. “Grafikte mor çizgiyle gösterilen “bataryadan karşılanan güç” bu depo enerjinin akıllı evin tüketiminde karşıladığı elektrik değerlerini aylık olarak göstermektedir.

5.2 Evdeki Yüklerin Akıllı Ev Enerji Yönetim Sistemleriyle Kontrol Edildiği Yöntem

Tezin son aşamasında akıllı şebekeler, akıllı ev enerji yönetimi sistemi için matlab/simulink ortamında algoritma oluşturulmuştur. Modelimizde iki kişilik bir aile için evde bulunan cihazların saatlik güç tüketim verileri benzetime tanımlanmıştır. Evdeki cihazlar iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup buzdolabı, televizyon, PC gibi öteleme yapılamayacak, tüketicinin kullandığı zorunlu yüklerdir. İkinci grup yükler ise; elektrikli araçlar, çamaşır makinası ve bulaşık makinasının bulunduğu, şebekeden gelen talep doğrultusunda kullanımının sonraki saatlere ötelenebileceği acil olmayan yüklerdir.

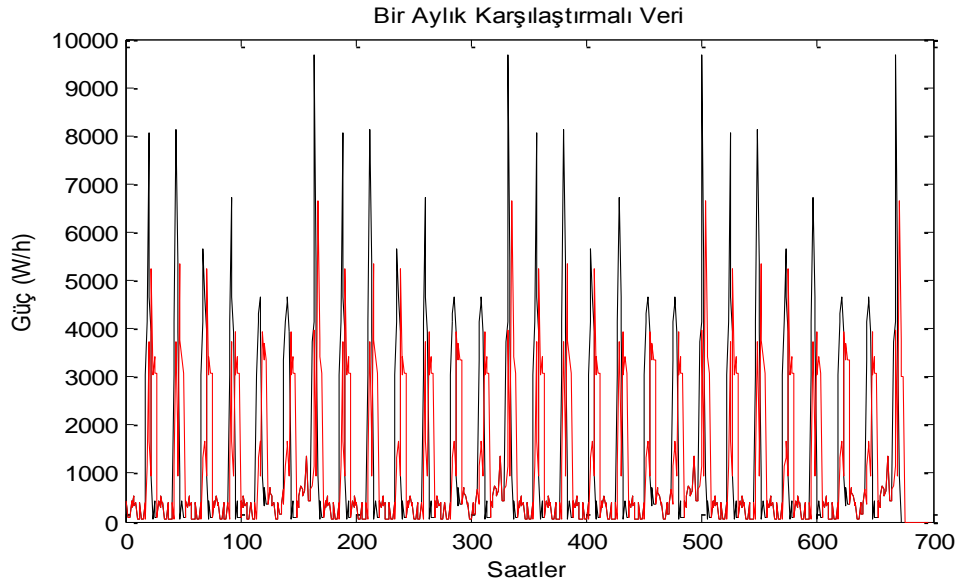
Tanımladığımız tüketim verilerini daha çok puant saatlerde tüketilmek üzere, şebekenin yoğun olduğu saat aralıklarında belirledik. Tüketicimiz için kullanılmasının ertelenebileceği yüklerin sırası belirlenmiştir. Bu doğrultuda belirlenen yük sırası; elektrikli araç şarj aleti, bulaşık makinası, çamaşır makinası şeklinde olmuştur.

Şebekenin en yoğun ve tüketimin fiyatlandırılmasının en pahalı olduğu 17.00 ile 22.00 puant saat aralığında öteleme işlemini gerçekleştirmek amacıyla, simülasyon ortamında tüketicinin 5 kWh'lık tüketim değerini aşmaması talep edilmiştir. Bunun sonucunda tasarlanan algoritma her saat başı tüketiciden talep ettiği toplam tüketim verilerinin bilgisini ister. Enerji yönetim sistemi talep edilen güç miktarı ile şebekenin belirlediği güç miktarlarını karşılaştırır. Şayet, şebekenin belirlediği bu değer aşırsa sırasıyla ilk sırada belirlenen elektrikli aracın şarj işlemi durdurulur, elektrikli aracın şarj ötelenir ve tüketilmek istenilen talep güç tekrar hesaplanır. Eğer hesaplanan değer daha önce belirlenmiş olan 5 kWh'ı yine aşarsa bu sefer ikinci öncelik sırasında bulunan bulaşık makinası durdurulur ve çalışması ötelenir, tekrar talep güç hesaplanır ve şebekenin talebi ile karşılaştırılır ve aynı işlem talep edilen güç ile şebekenin belirlediği güç miktarı örtüşene kadar tekrarlanır. Tekrar talep edilen enerjinin hesabı yapılır. Eğer belirlenen yeni değer yine tüketilmek istenen değerle örtüşmüyorsa çamaşır makinasının çalışması ötelenir. Bu işlem sonucuyla birlikte ötelenebilecek bütün yüklerin tamamı ötelenmiş olur. Tekrar talep edilen enerji hesabı yapılır ve sonuç yine talep edilen güçten büyük çıkarsa kritik yüklerin kullanılması zorunlu olduğu için şebeke tarafından tüketime izin verilir. Bu işlem her saat başı tekrarlanır. Simülasyon sonuçları ve akış diyagramı aşağıdaki şekillerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



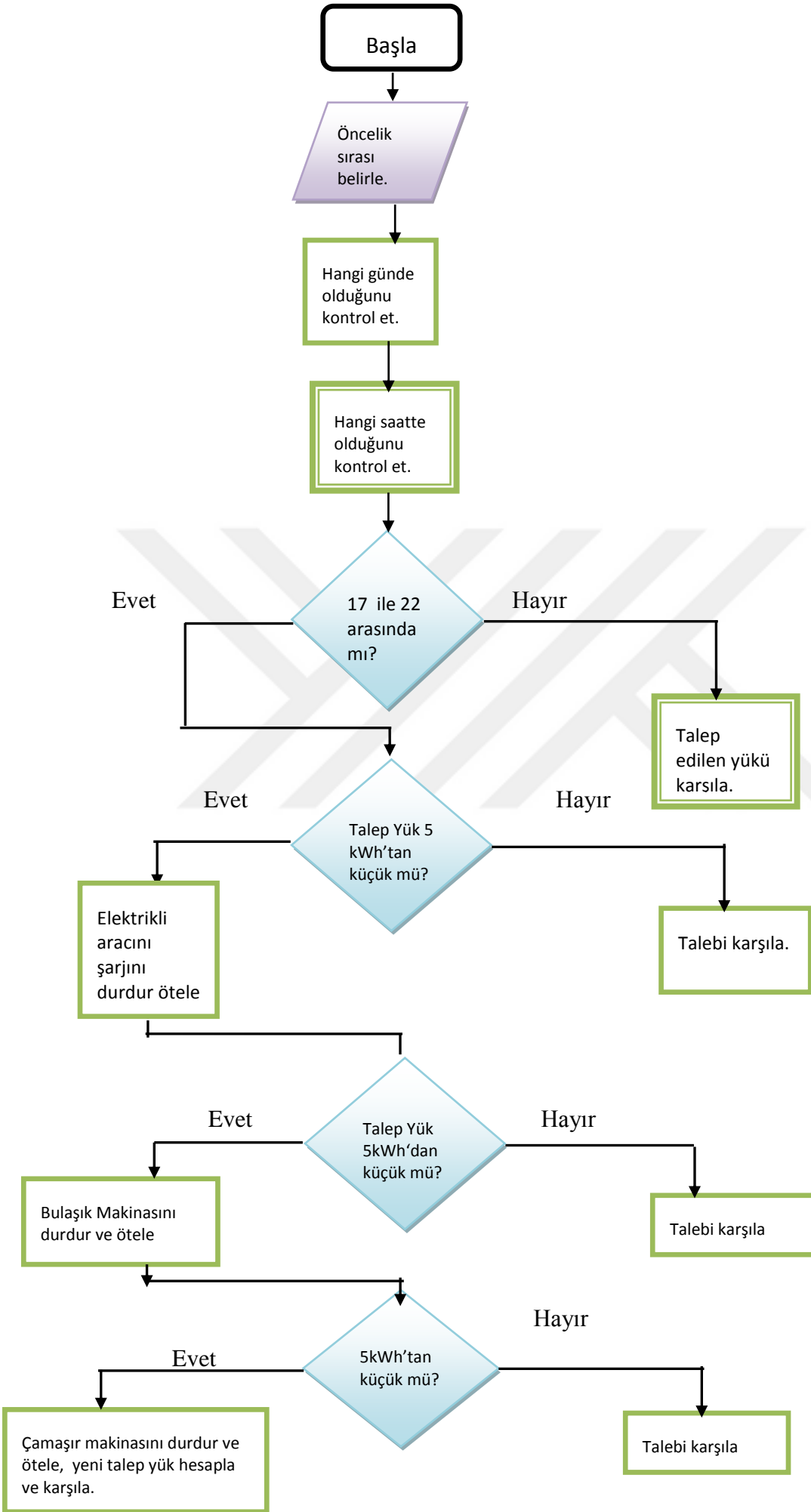
Şekil 5.19 Bir haftalık karşılaştırmalı öteleme sonuçları

Yukarıda yer alan grafikte, mavi çizgiyle ifade edilen çizgiler, akıllı evingünlük olağan elektrik tüketim grafiğidir. Kullanılan verilere göre tüketici, puant saat olarak ifade edilen 18.00 ile 22.00 saatleri arasında daha fazla tüketim yapılmıştır. Bu saat aralıkları şebekede de en çok tüketimin olduğu ve şebekedeki tüketimin de en yoğun olduğu aralıktır. Bu sebeple üçlü tarifeli fatura sisteminde de bu saat aralıkları fiyatlandırmanın en yüksek olduğu saat aralıklarıdır. Bu sebeple puant saat aralıklarında şebekeyi dengede tutmak için bir tüketim sınırı belirlenmiş ve tüketicinin kullanmak istediği elektrik miktarının bu sınırı aşması durumunda, belirli yüklerin kullanımı, ücretlendirmenin daha düşük olduğu gece tarifesine ertelenmiştir. Grafikte kırmızı renkli çizgiler ötelenmiş olan tüketim verilerini içermektedir. Bu sayede belirli saat aralığında pik yapan tüketim biraz törpülenmiş ve büyük yük çeken cihazların kullanımı daha ileri saatlere ötelenerek daha dengeli bir tüketim alışkanlığı oluşturulmuştur. Büyük güç çeken yüklerin çalışmasını elektriğin daha ucuz olduğu geceye da gündüz tarifelerine ertelemek, elektrik faturasında önemli bir düşüş sağlamaktadır. Tüketimi belirli bir saat aralığında yoğunlaştırmak yerine diğer saat dilimlerine kaydırmak hem şebekenin yük dengesinde olumlu etki yapacaktır, hem de tüketicinin faturasında düşüş sağlayacaktır.



Şekil 5.20 Bir aylık karşılaştırmalı öteleme sonuçlar

Yukarıdaki grafikte tüketicinin elektrik tüketimininötelendiği bir şebeke modeline göre bir aylık veriler alınmıştır. Hazırlanan algoritmayla, büyük güç çeken yükler faturalandırılmanın daha düşük olduğu saatlere ötelenmiştir ve bir aylık sonuçlar grafiğe yansıtılmıştır.



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde tüketilen enerjinin büyük bir çoğunluğu petrol, kömür, doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi ile karşılanmaktadır. Bu enerji kaynaklarının kullanımıyla doğaya salınan CO₂ ve sera gazlarındaki artışın doğaya verdiği zarar oldukça fazladır. Bu sebeple, gelecekte artan enerji ihtiyacının karşılanması için enerji sektörü, yeni enerji üretim stratejileri şekillendirmelidir. Bu nedenle fosil yakıtlara bağımlılığı azaltacak, üretimden nihai tüketiciye kadar enerji verimliliğini de artıracak yeni bir şebeke modeline geçilmesi gerekmektedir.

Şebekenin var olan problemlerine çözüm olması, aynı zamanda fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltması beklenen akıllı şebekeler, birçok ülkenin ve firmanın katılım desteğiyle geliştirilmektedir. Bu şebeke modeli bünyesinde dâhil edeceği yüksek teknolojili cihazlarla ve iki yönlü haberleşme sistemleriyle anlık olarak şebeke hareketlerini izleyebilen ve cevap verebilen bir şebeke sistemi olacaktır. Büyük ölçekli ve bir merkezden üretim modeli yerine, merkezi üretimin yanında yerel ve küçük ölçekli tesislerin de yaygınlaşacağı, dağıtık enerji üretiminin elektrik şebekesinde daha yaygın yer alacağı bir ağ modeli uygulanacaktır. Bu sayede tüketici de kendi elektriğini üretebilecek ve fazlasını şebekeye satabilecektir. Üreticiden tüketiciye kadar enerji verimliliği sağlanırken, şebekedeki kontrolün artırılmasıyla kayıp ve kaçak oranı minimuma indirilecektir.

Enerji verimliliği akıllı şebekelerin öncelikli olarak ele aldığı kavramlardan biridir. Yapılan çalışmalara göre tüm dünya çapında üretilen enerjinin %40'ı binalarda

tüketilmektedir. Akıllı şebekelerle birlikte tüketiciler de şebekeyle iki yönlü ve eşzamanlı haberleşebilecek ve tüketimde %20'ye varan enerji verimliliği sağlanabilecektir [55].

Bu çalışmada akıllı şebekeler modeli ve akıllı şebekelerdekullanılan teknolojiler hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Akıllı şebekelerin haberleşme yöntemleri ve gelecekte kullanılacak olan teknolojilerden detaylı olarak bahsedilmiştir. Ev enerji yönetim ve kontrolsistemi başlığı ile bağlantılı olarak binaların enerji verimliliğini sağlayan teknolojiler ve cihazlar detaylıca açıklanmıştır.

Beşincibölümünde akıllı evlerde enerji yönetimi konulu simülasyonçalışması gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda Matlab/Simulink ortamında gerçekleştirilen benzetimde güneş ve rüzgar enerjisi kullanılarak kendi elektrik enerjisini üreten ve fazlasını şebekeye satanakıllı ev simülasyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan modele göre, tüketici ürettiği elektrik enerjisiyle kendi elektrik tüketimini karşılayacak, ürettiği enerjinin fazlasıyla bataryaları şarj ettikten sonra şebekeye satacaktır.

Binalarda ve evlerde tüketilen enerjinin ücretlendirilmesinde tekli tarife veya üçlü tarifeli faturalama uygulanmaktadır. Tekli tarifede tüketim bedelleri tek fiyat üzerinden ücretlendirilirken, değişken tarifeli ücretlendirme yöntemi olan üçlü tarifede günü belirli saat dilimlerine ayırarak, bu saat dilimlerinde farklı ücretlendirme uygulanmaktadır. Şebekenin yoğun olduğu saat dilimlerinde daha pahalı ücretlendirme uygulanırken, şebekenin yoğunluğunun azaldığı saat dilimlerinde daha uygun fiyatlar uygulanmaktadır. Farklı fiyatlandırma yönteminde tüketicilerin elektrik tüketim davranışlarının değişmesine yol açabilmekte ve tüketimini daha ucuz olan saat dilimlerine ertelebilmektedir. Bu yöntemle tüketicinin elektrik tüketimine müdahale edilmemektedir. Ancak farklı fiyatlandırma yöntemiyle tüketici şebekenin yoğun olduğu saat aralıklarında fazla tüketimini azaltabilmekte veya elektrik kullanımını fiyatlandırmanın düşük olduğu saat dilimlerine erteleyebilmektedir. Bu yaklaşım elektrik şebekesinde fazladan tüketimi azaltmakla beraber belirli zaman dilimlerine yoğunlaşmış olan tüketimi diğer saat aralıklarına da yayarak daha dengeli şebeke oluşturacaktır.

Üçlü tarifeli faturalandırma yöntemi ümit verici olsa da her tüketici bilinçli olarak davranmamaktır veya fazla ücret ödemeyi kabul ederek tüketim alışkanlıklarını değiştirmemektedir. Akıllı şebekelerle birlikte kullanılacak olan talep tarafı yönetimiyle tüketiciden alışkanlıklarının değişmesinin beklenmesi yerine evlerde kullanılacak olan ev enerji yönetim cihazları vasıtasıyla akıllı cihazlar, şebeke ile haberleşerek kontrol edilecektir. Buradaki asıl amaç büyük yük çeken cihazların tüketiminin belirli saatlere yoğunlaştırmak yerine daha geniş bir zaman dilimine yaymaktır. Şebeke her saat dilimi için tüketim değerleri belirleyecektir ve iki yönlü haberleşme ile bunu tüketicinin ev enerji yönetim sistemlerine iletacaktır. Kullanımı zaruri cihazlara müdahale edilmeyecektir ancak çamaşır makinası, bulaşık makinası, elektrikli araç şarj aleti gibi büyük yük çeken, ancak kullanımının belirli saat aralıklarında zorunlu olmadığı cihazların kullanımı fiyatlandırmanın daha ucuz olduğu saatlere ertelenebilecektir.

Böylelikle büyük bir veri havuzunun oluşmasıyla şebekede tüketimle ilgili olarak daha doğru tahminler yapılabilecektir. Daha dengeli ve verimli, arızalara karşı daha sağlam bir şebeke oluşturulacaktır. Artan elektrik talepleri daha doğru yapılarak şebekenin güçlenmesine yönelik yatırımların önü açılacaktır.

Akıllı şebeke modeli ile birlikte sadece şebekeler değil, evlerde yer alan cihazlar da akıllı olacaktır. Tüm cihazlar ve akıllı cihazlar akıllı prizler ile ev enerji yönetim cihazlarına bağlanacaktır ve böylece her cihazın şebeke ile bağlantısı sağlanmış olacaktır. Gelişmiş olan akıllı cihazlar enerji verimliliğini de yanında getirirken şebekede büyük bir veri birikimine sebep olacaktır. Bu verilerin düzgün olarak işlenmesi ve iletilmesi büyük bir internet alt yapısını da beraberinde getirirken, bu verilerin korunması da en önemli konuların başında gelecektir.

Akıllı evlerde yer alan akıllı cihazların kontrolünün şebeke tarafından sağlanması enerji yönetiminde ve dengeli şebeke altyapısının oluşturulmasında büyük bir avantaj sağlayacaktır. Diğer taraftan bu kadar yüksek miktarda cihazın şebekeye bağlanmasıyla oluşabilecek olan siber saldırılara karşı akıllı şebekelerin güvenliğinin sağlanması önem arz etmektedir.

Yapılmış olan bu çalışmada değişken tarifeli ücretlendirme sistemi baz alınarak fatura hesabı yapılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre, akıllı ev yıllık 3,049 MWh elektrik tüketmiştir. Bunun %54,8'i (1,67 MWh) şebekeden, %32,01'i (0,976 MWh) yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik vasıtasıyla, %17,68'lik kısmı da (0,54 MWh) bataryada depo edilen enerjiden karşılanmıştır. Yapılan fatura hesapları sonucunda; eğer tüketici kendi elektriğini üretmeseydi ve tekli tarife üzerinden faturası hesaplınsaydı yıllık ücret 1.328 € elektrik faturası ödeyecektir. Bu tüketim bedelleri üçlü tarifeye göre hesaplandığıdaysa tüketici yıllık 1.280 € ödeyecektir. Akıllı ev kendi elektriğini üretilip kendi elektrik ihtiyacını karşıladığıdaysa ödeyeceği elektrik faturası 206 € olarak hesaplanmıştır.

Simülasyonun ikinci aşamasında, şebekenin tüketiciyle haberleşerek evde yer alan ve büyük yük çeken yüklerinin tüketiminin sınırlandırıldığı ve otelendiği ev enerji yönetimi algoritması hazırlanmıştır. Bu amaçla Matlab/Simulink programında bir ev enerji yönetim ve kontrol algoritması oluşturulmuştur. Algoritmaya göre evdeki yükler ötelenebilen ve ötelenemeyen yükler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Şebeke ile tüketici arasında gerçekleştirilecek olan haberleşme vasıtasıyla tüketiciye maksimum tüketebileceği güç bilgisi iletilmiştir. Ev enerji yönetim algoritması tüketicinin saatlik tüketimini hesaplayarak şebekenin tüketilmesini istediği elektrik gücü ile kıyaslamıştır. Şebekenin tüketici için belirlemiş olduğu değer sınırlarının aşılması durumunda, daha önceden tüketicinin belirlediği sıralamaya göre yüklerin çalışması durdurularak başka bir zaman dilimine ötelenip, şebekenin belirlediği elektrik tüketim sınırlarının dâhilinde tüketim yapılması sağlanmıştır.

Akıllı evin elektrik tüketiminin ötelenmesiyle evin toplam elektrik tüketimi değişmemiştir. Ancak büyük yük çeken çamaşır makinası, bulaşık makinası, elektrikli araç şarj aletinin tüketiminin, ücretlendirmenin daha düşük olduğu gece veya gündüz tarifelerine ertelenmesi, tüketicinin faturasında iyileşme sağlamış, aynı zamanda şebekede tüketimin yoğun olduğu puant saatler gibi belirli saat aralığında yoğunlaşması engellenmiştir. Her iki akıllı ev enerji yönetim mekanizmasında da klasik elektrik şebekesine göre verim sağlanmıştır ve fatura hesabı ile yapılan ekonomik kıyaslama grafik üzerinde gösterilmiştir.

Sonuçların oldukça olumlu olması sebebiyle enerji tüketiminin büyük çoğunluğunu oluşturan binalarda enerjinin kontrolü sağlanacak ve verimliliği artırılacaktır. Gerçek zamanlı izleme yöntemleriyle kayıp ve kaçakların önüne geçilecektir.



KAYNAKLAR

- [1] Dinçer, H., (2011). "Sayısal Teknolojinin Elektrik Şebeke Ağına Katılması" Akıllı Şebeke, IV.Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli, 1–8.
- [2] Can, M., (2012). Akıllı Şebekeler, Tezsiz Yüksek Lisan Programı Dönem Projesi , Konya, 1-105.
- [3] Yamiş, S., Akıllı Şebekeler, <http://www.akillisebekeler.com/akilli-sebekelerde-ilk-adimlar>, 31 Mart 2013.
- [4] Avrupa Komisyonu (2006). "European smart Grid technology platforu,"5 Aralık 2006, Luxemburg.
- [5] NIST Smart Grid, Smart Grid: A Beginners Guide, <http://www.nist.gov/smartgrid/beginnersguide.cfm/>, 31 Mart 2013.
- [6] Xue-song, Z., Li-qiang, C., ve You-jie, M., (2010). "Research on Smart Grid Technology "International Conference Computer Application and System Modelling, ICCASM , Bangalore- India, 1-5.
- [7] Simoes, M.G., Roche, R. , Kyriakides, E. , A Suryanarayanan S.,Blunier, B. ; McBee, K.D., Nguyen, P.H., ve Ribeiro, P.F. (2012). "Comparison of Smart Grid Technologies and Progresses in Europe and the U.S", IEEE Transaction on industry application, 12 Ağustos 2012, Philadelphia, 48 : 1154-1163.
- [8] Steve, G., Hauserve, K., (2012). "Smart Grid Is a Lot More than JustTechnology", Elsevier, 3-28.
- [9] Cen-Cenelec-Etsi, "Smart Grid Coordination Group Smart Grid Reference Architecture", Cen-Cenelec-Etsi, 29 Kasım 2012, 1-216
- [10] Wang, X., ve Khanna A., (2011). "A survey on the communication architectures in smart grid", IEEE, 55:3604-3629.
- [11] Can, M., (2012). Akıllı Şebekeler, Tezsiz Yüksek Lisan Programı Dönem Projesi, Konya, 1-105.
- [12] Yamiş S. , Akıllı Şebekeler, <http://www.akillisebekeler.com/akilli-sebekelerde-ilk-adimlar>, 31 Mart 2013.
- [13] Avrupa Komisyonu (2006). "European smart Grid technology platforu", Aralık 2006, Luxemburg.

- [14] NIST Smart Grid, Smart Grid : A Beginners Guide ,<http://www.nist.gov/smartgrid/beginnersguide.cfm/>, 31 Mart 2013.
- [15] Smart Grid Information Technology ,Sensing and Measurements, <https://www.sgiclearinghouse.org/Technologies>, 10 Nisan 2013.
- [16] Shafiullah, G., M., Oo, A.M.T., Jarvis, D., Ali, A.B.M.S. ve Wolfs, P., (2010). "Potential challenges: Integrating renewable energy with the smart grid", Proc. Of IEEE 20th Avustralya Universiteleri Güç Elektroniği Konferansı (AUPEC), 5-8 Aralık 2010, 1-6.
- [17] Ateş, Y., (2011). " Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebekeye Entegrasyonunda Akıllı Şebekelerin Rolü ve Gelecek Öngörülerini", IV.Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli, 1-4.
- [18] Saputro, A., Akkaya, D., ve Uludağ, M., (2012). " A survey of routing protocols for smart grid communications" Elsevier Journal , 2742.
- [19] Depurun W., ve Devabhaktuni, M., (2011). "Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status communications", Elsevier Dergisi, 2736.
- [20] Quang-Dung, H., Tho L., (2013). "Smart Grid Communications Networks: Wireless Technologies, Protocols, Issues, and Standards1" Handbook of Green Information ,Elsevier, 115-146.
- [21] Liserre, M., Sauther, T. ve Ye Hung, J., (2010). "Future Energy Systems" IEEE Endüstriyel Elektronik Dergisi, 1-20.
- [22] Potter, C., Archambault W., ve Westrick, K., (2009). "Building a Smarter Smart Grid Through Better Renewable Energy Information", IEEE Güç Sistemi Konferansı ve Sergisi, 1-5.
- [23] Potter, C., Archambault, W., ve Westrick, K., (2009). "Building a Smarter Smart Grid Through Better Renewable Energy Information", IEEE Güç Sistemi Konferansı ve Sergisi, 1-5.
- [24] Wang, Y., WXu, Y., ve Khanna, M., (2011). "A survey on the communication architectures in smart grid", Computer Networks, 15: 3604-3629.
- [25] Saputro, N., Akkaya, K., ve Uludağ, S., (2012). " A survey of routing protocols for smart grid communications", Computer Networks Elsevier, 56: 2742-2771.
- [25] Quang-Dung, H., Tho Le N., (2013). "Smart Grid Communications Networks: Wireless Technologies, Protocols, Issues, and Standards" Handbook of Green Information and Communication Systems", Elsevier, 115-146.
- [26] Kuzlu, M., Pipattanasomporn, M., (2013). " Assessment of Communication Technologies and Network Requirements for Different Smart Grid Applications", IEEE Konferans Yayınları, Şubat 2013, 1-6.
- [27] Zang, Y., Sung, W., Wang, I., (2011). " A Multi-Level Communication Architecture of Smart Grid Based on Congestion Aware Wireless Mesh " IIEEE Konferans Yayınları, 1-8.

- [28] Z-Wave Technical Basics ,
<http://www.domotiga.nl/attachments/download/1075/Z-Wave%20Technical%20Basics-small.pdf/>, 14 Haziran 2011.
- [29] Depurun, W., Devabhaktuni, M., (2011). "Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and statuscommunications", Elsevier Dergisi, 2736.
- [30] Alliance, Z. ZigBee Alliance. 2009 Available,
<http://www.zigbee.org/>, 24 Subat 2009.
- [31] Kuzlu, M., ve Pipattanasomporn M., (2013). " Assessment of Communication Technologies and Network Requirements for Different Smart Grid Applications" IEEE Konferans Yayınları, Şubat 2013, İstanbul, 1-6.
- [32] Callaway, E., (2003). "Low Power Consumption Features of the IEEE 802.15.4/ZigBee LR-WPAN Standard." Elsevier Dergisi, 2739.
- [33] Farahani, S., (2008). "ZigBee Wireless Networks and Transceivers: The Complete Guide for Rf/Wireless Engineers.", IEEE Konferans Yayınları, Şubat 2013, 1-9 .
- [34] Palak, P., Parik, H., Kanabar, G., ve Tarlochan, S., "Opportunities and Challenges of Wireles Communication Technologies for Smart Grid Applications" , IEEEKonferans Yayınları, 23 Mart 2010, 1-7.
- [35] Güngör V., Şahin D., Koçak T. ve Ergüt S., (2011). "Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards", IEEE Transactions on Industrial Informatics , 7 :1-11.
- [36] Bormann, C., Internet-Draft 6LoWPAN Roadmap and Implementation Guide, <http://tools.ietf.org/pdf/draft-bormann-6lo-6lowpan-roadmap-00.pdf>, 2 Ekim 2013.
- [37] Shelby, Z., Bormann C., (2009). "6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet", John Wiley & Sons Ltd Yayınevi, İstanbul.
- [38] Zang, Y., Sung, W., Wang, I., (2011). "A Multi-Level Communication Architecture of Smart Grid Based on Congestion Aware Wireless Mesh", IEEE Konferans Yayınları, Temmuz 2011, 1-9.
- [39] Joern, P., Uwe R., ve Klaus, K., (2010). "Performance Analysis of the EnOcean Wireless Sensor Network Protocol, 1546.
- [40] Alliance, Z. ZigBee Alliance 2009 Available,
<http://www.zigbee.org/>, 12 Subat 2009.
- [41] Galli, S, Scaglione, A. ve Wang, Z., (2010). " Power line communications and the smart grid", 'IEEE Konferans yayınları, 2: 303-308.
- [42] Benato, R., Caldon, R., ve Cesena, F., (2003). "Distribution line carrier- based protection to prevent DG islanding: an investigating procedure.",IEEE Bologna Konferans yayınları, 3:1-7.

- [43] Shaver, D., (2011). "Narrowband PLC solutions for AMI achieve long distance communications and flexibility with immediate market impact." IEEE uluslar arası konferans tüketici elektroniği üzerine (ICCE), 2 Ağustos 2011, 601–619.
- [44] Gungor, V. C , Sahin, D., Kocak, T, ve Ergüt, S., (2009). "A Compendium Of Smart Grid Technologies", National Energy Laboratory yayınları, 1-46.
- [45] Gungor, V.C., Sahin D., Kocak T., ve Ergüt S., (2011). "Smart grid communications and networking", Türk Telekom, Teknik , 11316-01.
- [46] Shaver, D., (2011). "Narrowband PLC solutions for AMI achieve long distance communications and flexibility with immediate market impact.", IEEE uluslar arası konferans tüketici elektroniği üzerine (ICCE), 601–619.
- [47] Akıllı ev Blogcu, Akıllı Ev Nedir?,
<http://akilliev.blogcu.com/akilli-ev-nedir/2575080>, 5 Nisan 2015.
- [48] Ricquebourg, A., Menga, V., Durand, D., Marhic, D., Delahoche, B., ve Logé, C., (2007). "The Smart Home Concept : our immediate future", IEEE Xplore, 1546-1549.
- [49] Süzen, A., Taşdelen, K., (2013). "Temassız hareket algıyıcısıyla akıllı ev otomasyonu ", Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı , 26 Eylül 2013, Malatya.
- [50] Endar, B. (2010). HVAC sistemlerinin yapay sinir ağları ile denetlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [51] Kongaz, H., (2007). "Akıllı ev otomasyonunun mikrodenetleyici ile gerçekleştirilmesi", Yüksek Lisan Tezi, YU Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [52] Küçüktezca, İ., "KNX" http://web.itu.edu.tr/~kucuktezca/1/KNX_Demo.pdf, 5 Mayıs 2014.
- [53] Schneider Elektrik, Schneider Electric ile bina otomasyon haberleşme semineri,
<http://www.slideshare.net/vcallar/schneider-electric-ile-knx-bina-otomasyon-haberlesme-sistemi-semineri>, 10 Mayıs 2013.
- [54] ABB, (2013). "Akıllı ev ve akıllı bina kontrolü ürün serisine genel bakış" http://www.bosmer.com/knx-katalog-2013_tr%20small.pdf, 5 Mayıs 2013.
- [55] Süzen, A., Taşdelen, K., (2013). "Temassız hareket algıyıcısıyla akıllı ev otomasyonu" , Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı , 26 Eylül 2013, Malatya.
- [56] Park, K., Kim, Y., Kim, S., ve Kim, K., (2011). "Building Energy Management System based on Smart Grid", IEEE, 2458.
- [57] Faruqui, A., Sergici, S. ve Sharif, A., (2010). "The impact of informational feedback on energy consumption a survey of the experimental evidence", Energy, 35: 1598 – 1608.
- [58] Çetinkaya, H., (2009). "Akıllı Şebeke Teknolojisi "Smart Grid"" <http://www.odtumd.org.tr/etkinlik/2009/02/ruzgarveGunesSantralleri/drHasanBasriCetinkaya.pdf>, 5 Mayıs 2014.

- [58] Küçüktezca , İ., (2014). “KNX”
http://web.itu.edu.tr/~kucuktezca/1/KNX_Demo.pdf, Mayıs 2014.



SİMÜLASYON KODLARI**Matlab Simülasyon Kodları:**

```
function [PY,PSEB,PB1] = fcn(u,PB)
P=u;
Pm=[14400];
PY=[0];
PSEB=[0];
PB1=[0];
Pmin=Pm*0.4
if P<0
if PB>Pmin
Pb_gen=PB-Pmin;
if Pb_gen>=abs(P)
PY=abs(P);
PB1=PB-PY;
PSEB=0;
elseif Pb_gen<abs(P)
PY=Pb_gen;
PSEB=abs(P)-Pb_gen;
PB1=Pmin;
end
elseif PB<=Pmin
PB1=PB;
PY=0;
PSEB=abs(P);
end
elseif P>0 % Sarj Durumu
if PB<Pm
```

```

Pb_max=Pm-PB;
if Pb_max<P
PB1=Pm;
PSEB=-(P-Pb_max);
PY=0;
elseif Pb_max>=P
PB1=P+PB;
PSEB=0;
PY=0;
end
elseif PB>=Pm
PB1=Pm;
PSEB=-P;
PY=0;
end
elseif P==0
if PB>Pmin
PY=0;
PSEB=-(PB-Pmin);
PB1=Pmin;
elseif PB<=Pmin
PY=0;
PSEB=0;
PB1=PB;
end

end

end

```

Fatura

```
load PSEB
```

```
indis1=1;
```

```
indis2=1;
```

```
indis3=1;
```

```
m=1;
```

```
i=1;
```

```
n=0;
```

```
for k=0:30
```

```
for j=0:24

if n<6

ortalama_ocak_gece(indis3)=PSEB(i);

indis3=indis3+1;
i=i+1;
n=n+1;

elseif (n<17)
n=n+1;
ortalama_ocak_gunduz(indis1)=PSEB(i);

indis1=indis1+1;
i=i+1;

elseif n<22

ortalama_ocak_puant(indis2)=PSEB(i);
indis2=indis2+1;

i=i+1;
n=n+1;

elseif n<24

ortalama_ocak_gece(indis3)=PSEB(i);

indis3=indis3+1;
i=i+1;
n=n+1;

elseif n==24
n=0;

end
```

```
end  
end
```

15.dakikalık veriyi saatliğe çevirme

```
for i=0:(length(yuk)/12)-1  
ortalama_ocak(i+1)=mean(yuk(12*i+1:12*(i+1)));  
end  
for i=0:(length(ortalama_ocak)/24)-1  
gunluk_ocak(i+1)=sum(ortalama_ocak(24*i+1:24*(i+1)));  
  
end
```

Bir aylık veriyi 3'lü tarife bölme

```
for i=0:(length(a)/12)-1  
ortalama_aralik(i+1)=mean(a(12*i+1:12*(i+1)));  
end  
indis1=1;  
indis2=1;  
indis3=1;  
m=1;  
i=1;  
n=0;  
  
for k=0:30  
  
for j=0:24  
  
if n<6  
  
ortalama_aralik_gece(indis3)= ortalama_aralik(i);  
  
indis3=indis3+1;  
i=i+1;  
n=n+1;  
  
elseif (n<17)  
n=n+1;  
ortalama_aralik_gunduz(indis1)= ortalama_aralik(i);
```

```
indis1=indis1+1;
i=i+1;

elseif n<22

ortalama_aralik_puant(indis2)= ortalama_aralik(i);
indis2=indis2+1;

    i=i+1;
    n=n+1;

elseif n<24

ortalama_aralik_gece(indis3)= ortalama_aralik(i);

indis3=indis3+1;
i=i+1;
n=n+1;

elseif n==24
n=0;

end
end
end
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Tuğba SARIKAYA
Doğum Tarihi ve Yeri : 27/08/1987 - Sakarya
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : tugbasarikaya1094@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Elektrik Mühendisliği	YTÜ	2016
Lisans	Elektrik Mühendisliği	YTÜ	2011
Lise	Fen Bilimleri	Pertevniyal Anadolu Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012	Yeşil Güç Enerji	Proje Mühendisi
2010	TOYAŞ Mühendislik	Stajyer
2009	BEDAŞ	Stajyer