

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ SOSYAL AMAÇLI YAPILARDA
KULLANIM UYGUNLUĞUNUN ANALİZİ: KONYA ÖRNEĞİ**

HÜSEYİN GÜLEROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ZEHRA YUMURTACI**

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ SOSYAL AMAÇLI YAPILARDA
KULLANIM UYGUNLUĞUNUN ANALİZİ: KONYA ÖRNEĞİ**

Hüseyin GÜLEROĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 28.03.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Enerji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Zehra YUMURTACI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Zehra YUMURTACI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Burhanettin ÇETİN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Işıl UZUN
İstanbul Okan Üniversitesi

Fosil kaynakların rezervlerinin sınırlı olması, çevre ve insan sağlığına zararları gibi sebeplerden dolayı ülkeler bu kaynaklara alternatif olabilecek temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalara başlamışlardır. Bunlara ilave olarak enerji maliyetlerinin her geçen gün artması ve enerji kaynaklarında çeşitliliğin artık bir mecburiyet olduğu günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarından ne kadar ve nasıl faydalanabileceğimiz ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Yaptığım bu çalışmada; Konya ilinde kamuya hizmet veren bir tesisin enerji ihtiyacının yenilenebilir enerjiyle sağlanması için uygun bir sistem araştırılması amaçlanılmıştır.

Eğitimime yaptıkları büyük katkılarından ve eğitimim süresince esirgemedikleri ilgi ve desteklerinden dolayı saygıdeğer tez hocam Prof. Dr. Zehra YUMURTACI'ya ve diğer hocalarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi yazmam konusundaki anlayışından dolayı işyeri yönetimine, idarecilerime ve birlikte çalıştığım iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İNSOS Enerji Yatırım Danışmanlık San. ve Tic. A.Ş.'den Alper SEZEN ve Yücel SAVRAN'a PVSyst programı enerji hesaplamaları çalışmalarındaki katkılarından dolayı, ayrıca SEİSO Enerji San. ve Tic. A.Ş.'den Muhammed ERDEM ve Gülistan UYMAZ'a maliyet hesaplamaları konusunda verdikleri desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında benden desteklerini esirgemeyen şimdi çok uzaklarda yaşayan çok sevdiğim dostum Oğuz EROL ve eşi Bilgehan'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans hayatımın bana kazandırdığı en güzel şey dostluk ve arkadaşlıktı; kıymetli arkadaşlarım ve aynı zamanda meslektaşlarım da olan; Yusuf YAZICI, Serhad ŞENGÜL ve Gülnur ARSLANOĞLU'na her şey için teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasındaki yardım ve desteğini hiç esirgemeyen sevgilim eşime ve son olarak hayatımın her aşamasında yanımda olan ve her an sevgilerini hissettiğim sevgili geniş aileme sonsuz teşekkürler...

İrem, Almina, Oğuz Kaan, Nehir, Karan, Kivanç, Pırıl ve diğer tüm çocuklara...

Mart, 2019

Hüseyin GÜLEROĞLU

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	10
1.3 Hipotez.....	10
BÖLÜM 2	
ENERJİ	12
2.1 Enerji Nedir	12
2.2 Enerji Çeşitleri.....	13
2.2.1 Yenilenemez Enerji Kaynakları	13
2.2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	14
2.3 Enerji Verimliliği.....	16
2.3.1 Enerji Verimliliğine Yönelik Önlemler	19
2.4 Dünya’da Enerji Durumu	21
2.5 Türkiye’de Enerji Durumu.....	30
2.6 Konya’da Enerji Durumu.....	36
2.7 Konutlarda Kullanılan Enerji Miktarları	37
2.8 Türkiye’de Faturalandırılan Elektrik Tüketimi	42
BÖLÜM 3	
KAMU VE BELEDİYESİKLİK DÜZEYİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI	44
3.1 Dünyada Yenilenebilir Güneş Enerjisinin Kullanıldığı Yapılar	44
3.1.1 Dardesheim, Almanya PV ve Rüzgar Uygulaması	49

3.1.2	Japonya PV Çatı Uygulamaları.....	50
3.1.3	Almanya–Europark PV Uygulaması.....	50
3.1.4	Hong Kong PV Uygulaması	51
3.1.5	Diğer Örnek PV Uygulamaları.....	52
3.2	Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Yapı Uygulamaları	53
3.2.1	Didim, Aydın Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistem	53
3.2.2	Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistem Uygulaması	54
3.3	Türkiye’de Kamu ve Belediyecilik Düzeyinde Güneş Enerjisi Kullanımı	54
3.3.1	İzmir Karşıyaka Belediyesi GES.....	55
3.3.2	Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Çatı Üzeri GES	56
3.3.3	İzmir Karabağlar Belediyesi Bozyaka Pazaryeri GES.....	57
3.3.4	İzmir Bornova Belediyesi GES.....	58
3.3.5	İzmir Seferihisar Belediyesi Kapalı Pazaryeri GES	58
3.3.6	Bursa Gürsu Belediyesi GES	59
3.3.7	İstanbul Tuzla Belediyesi GES.....	60
3.3.8	Muğla Belediyesi GES.....	60
3.3.9	Eskişehir Tepebaşı Belediyesi GES	61
3.3.10	Bursa İnhisar Belediyesi GES	62
3.3.11	Bitlis Adilcevaz Belediyesi GES	62
3.3.12	Malatya B. Belediyesi Trambus Bakım İstasyonu GES	63
3.3.13	Antalya, Alanya Belediyesi GES	64
3.3.14	Kayseri, Melikgazi Belediyesi GES	64
3.3.15	Karaman Belediyesi GES.....	65

BÖLÜM 4

KONYA.....	66
4.1 Konya Düzeyinde Faturalandırılan Elektrik Tüketimi	67
4.2 Türkiye Lisanssız Elektrik Üretimi	68
4.3 Güneşten Elektrik Üretimi	71
4.3.1 PV Teknolojisi	72
4.3.2 Fotovoltaik Sistemler	73
4.3.3 Fotovoltaik Hücreler.....	73
4.3.4 Fotovoltaik Modül, Dizi ve Dizeler	74
4.3.5 PV Sistem Performansı.....	77
4.4 Fotovoltaik Sistem Çeşitleri	78
4.4.1 Şebeke Bağlantılı PV Sistemler.....	78
4.4.2 Şebeke Bağlantısız Fotovoltaik Sistemler.....	79
4.4.3 Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemler	80
4.5 Fotovoltaik Sistem Bileşenleri	81
4.6 Konya’da Bulunan Güneş Enerji Santralleri.....	83

BÖLÜM 5

MERAM BELEDİYESİ	86
5.1 Tarihçe	87
5.2 Fiziksel Yapı.....	87
5.3 Arif Bilge Atölyesi Bina ve Eklentileri Yerleşim Planı	91

5.4	Öneri Projesine Ait Bilgiler.....	95
5.5	Meram Belediyesi İçin Fotovoltaik Sistem Seçimi	96
5.5.1	Belediye Hizmet Binası ve Diğer Birimlerin Enerji Talebi.....	96
5.6	Meram İlçesi İçin Güneşlenme Verileri	98
5.7	PVSyst ile Gerçekleştirilen Hesaplamalar	100
5.8	Senaryo Çalışmaları	103
5.8.1	1. Senaryo (Belediye Hizmet Binası ve Çevresi)	103
5.8.2	2. Senaryo (Belediye Hizmet Binası ile Arif Bilge Atölyesi Birlikte)	107
5.9	Oluşturulan Senaryoların Değerlendirilmesi	111
BÖLÜM 6		
EKONOMİK ANALİZ		116
6.1	Maliyet Hesabı	116
6.2	Senaryo-1 (Kurulu Nominal Güç = 144 kWp).....	120
6.3	Senaryo-2 (Kurulu Nominal Güç = 576 kWp).....	123
6.4	Senaryo-1 ve Senaryo-2 Karşılaştırması	128
BÖLÜM 7		
SONUÇ VE ÖNERİLER		130
KAYNAKLAR.....		134
ÖZGEÇMİŞ		139

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AC	Alternative Current (Alternatif Akım)
ADNKS	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AMPM	Ante Meridiem Post Meridiem (Tüm günü gösteren değer)
BedZED	The Beddington Zero Energy Development
BIST	Building-Integrated Solar Thermal
BIPV	Building Integrated Fotovoltaics
BTU	British Thermal Unit
CO ₂	Karbondioksit gazı
CSP	Collector Solar Power (Kolektör Güneş Enerjisi)
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirme
DC	Direct Current (Doğru Akım)
DEDAŞ	Dicle Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
DİSKİ	Diyarbakır Su Kanalizasyon İdaresi
DİŞTİ	Diyarbakır Şehirlerarası Otobüs Terminali
E	East (Doğu)
EFT	Even Faster Transition (Daha Hızlı Geçiş senaryosu)
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive - 2010/31/EC (Binalarda Enerji Performansı Avrupa Direktifi)
EPDK	Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
ET	Envolving Transition (Gelişen Değişme senaryosu)
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GWh	GigaWattsaat
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
IEA PVPS	Uluslararası Enerji Ajansı Fotovoltaik Güç Sistemleri Programı (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme)
İYM	İçten Yanmalı Motor
kWh	kiloWattsaat
kWp	kiloWattgüç
kWh/kWp	Yıllık enerji tüketimi performans oranı
kWh/m ²	Küresel ışınlam miktarı
kWh/m ² yıl	Yıllık toplam radyasyon miktarı
MEDAŞ	Meram Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

MPP	Maksimum Güç Noktası (Maximum Power Point)
MPTT	Maximum Power Point Tracker
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol (11.600 kWh veya 1.200 m ³ doğalgaz)
MW	Mega Watt
N	North (Kuzey)
nZEB	nearly Zero-Energy Buildings (neredeyse Sıfır Enerjili Bina)
ODEX	Measure the energy efficiency progress by main sector (Ana Sektörlerde Enerji Verimliliği Endeksi)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
PR	Performance Ratio (Performans Oranı)
PV	FotoVoltaik
PVSyst	Güneş enerjisi simülasyon programı
RE push	Yenilenebilir enerjiye yönelik büyük bir politika baskısı içeren senaryo
SPP	Solar Power Plant (GES)
STK	Standart Test Koşulları
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UEDAŞ	Uludağ Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
UEVEP	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
W/m ²	Yüzeye düşen enerji miktarı
Wh	Wattsaat
Wh/kg	Enerjinin birim kütleye oranı
Wh/m ²	Enerjinin birim alana oranı
Wh/TL	Enerjinin birim fiyata oranı
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Enerji verimliliği endeksine göre yıllık sektörel tasarruf miktarı.....	18
Şekil 2.2 Enerji verimliliği endeksine göre sağlanan kümülatif enerji tasarrufu	18
Şekil 2.3 Nüfus ve birincil enerji talebi projeksiyonları.....	22
Şekil 2.4 Dünya birincil enerji talebinin kaynaklara göre dağılımı.....	23
Şekil 2.5 Yakıtle birincil enerji tüketimi (a) ve karbon emisyonları değişimi (b).....	24
Şekil 2.6 Enerji tüketimi gerçekleştiren unsurlar (a) ve bölgesel enerji ihtiyaçları (b) ...	25
Şekil 2.7 Yakıtların tüketim miktarları (a) ve yakıt-bölgesel birincil enerji ihtiyaçları (b)26	
Şekil 2.8 Enerjinin yakıt-bölgesel değişimi (a) ile GSYH, enerji ve karbon emisyonu (b) 27	
Şekil 2.9 Yıllara göre birincil enerji tüketimi (a) ve güç piyasası penetrasyon hızı (b)....	28
Şekil 2.10 Yenilenebilir gücün büyümesi	29
Şekil 2.11 Lisanslı elektrik kurulu gücünün kaynak bazında dağılımı	31
Şekil 2.12 Lisanssız elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı (2018 Ağustos) .	32
Şekil 2.13 Türkiye toplam güneş radyasyonu	33
Şekil 2.14 Aylık ortalama günlük güneşlenme süresi karşılaştırması	33
Şekil 2.15 Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli	34
Şekil 2.16 Avrupa ülkelerinin güneş enerjisi potansiyeli	35
Şekil 2.17 Güneş termik santraller kurulabilecek alanlar	36
Şekil 2.18 Güneş enerjisi santrali kurulumu için enerji verimli alanlar.....	37
Şekil 2.19 Konutlarda nihai enerji tüketimi	38
Şekil 2.20 Yakıt türüne göre konutlarda nihai enerji tüketimi.....	38
Şekil 2.21 Konutlarda nihai enerji tüketiminin yakıt türüne göre dağılımı.....	39
Şekil 2.22 Konutlarda nihai enerji tüketiminin kullanım alanlarına göre payları	40
Şekil 2.23 Konut başına enerji tüketim endeksi.....	41
Şekil 2.24 Konut sektöründe m ² başına enerji tüketim endeksi	42
Şekil 2.25 Ağustos 2018 faturalanan elektrik tüketimi tüketici bazında dağılımı(%)	43
Şekil 3.1 Commerzbank Tower binası	45
Şekil 3.2 İngiltere, Londra BedZED PV uygulaması	45
Şekil 3.3 Pearl River Tower binası	46
Şekil 3.4 Solarsiedlung am Schlierberg proje semti.....	47
Şekil 3.5 Kingspan ön cephesi ve enerji üretimi modeli	48
Şekil 3.6 Soltag evi perspektifi ile ısınma ve sıcak su için enerji tüketimi (kWh/m ²).....	48
Şekil 3.7 2015 Prototip evi görseli ve panjur PV uygulaması.....	49
Şekil 3.8 Dardesheim, Almanya rüzgar enerjisi türbini ve çatı üzeri PV uygulaması.....	49
Şekil 3.9 Villa Garten Shin-Matsudo ve Tiara Court Kasukabe, Japonya PV uygulaması 50	
Şekil 3.10 Europa Park Rust, Almanya PV uygulaması.....	51

Şekil 3.11 Hong Kong’da PV panel çatı uygulaması yapılmış bir okul binası	51
Şekil 3.12 EİE Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi	53
Şekil 3.13 YEGM parkı tesis binası fotovoltaik panel montajı.....	54
Şekil 3.14 İzmir Karşıyaka Belediyesi GES	55
Şekil 3.15 Sümer Park çatı üzeri güneş paneli uygulaması	56
Şekil 3.16 DİŞTİ çatı üzeri güneş paneli uygulaması	57
Şekil 3.17 İzmir Karabağlar Belediyesi Bozyaka Pazaryeri çatı üzeri panel yerleşimi	57
Şekil 3.18 İzmir Bornova GES uygulaması	58
Şekil 3.19 İzmir Seferihisar Belediyesi kapalı pazaryeri GES	58
Şekil 3.20 Bursa Gürsu Belediye GES	59
Şekil 3.21 Tuzla Şelale Park GES.....	60
Şekil 3.22 Muğla Belediyesi Mezbaha Tesisleri GES.....	61
Şekil 3.23 Tepebaşı Belediyesi, çatı entegre uygulaması.....	61
Şekil 3.24 Bursa, İnhisar Belediyesi GES	62
Şekil 3.25 Bitlis Adilcevaz GES.....	62
Şekil 3.26 Malatya B.Belediyesi Trambus Bakım İstasyonu GES.....	63
Şekil 3.27 Alanya Belediyesi GES	64
Şekil 3.28 Kayseri Melikgazi Belediyesi kapalı pazar alanı GES.....	64
Şekil 3.29 Karaman Belediyesi GES	65
Şekil 4.1 Güneş PV panel katmanları ve enerji elde edilmesi prensibi.....	75
Şekil 4.2 Fotovoltaik hücre, modül, dizi ve dize.....	76
Şekil 4.3 Şebeke bağlantılı tipik bir fotovoltaik sistem	79
Şekil 4.4 Şebeke bağlantısız tipik bir fotovoltaik sistem	80
Şekil 4.5 Şebeke bağlantılı bir PV sisteminin bileşenleri.....	81
Şekil 4.6 Konya Karapınar GES	83
Şekil 4.7 Konya Altınekin GES	83
Şekil 4.8 Makascı Mühendislik GES.....	84
Şekil 4.9 Konya Cihanbeyli GES	84
Şekil 4.10 Konya Altınekin GES	85
Şekil 4.11 Konya Kızören GES.....	85
Şekil 5.1 Meram Belediyesi Hizmet Binası fotoğrafı.....	86
Şekil 5.2 Meram Belediyesi ve çevresi hava fotoğrafı	88
Şekil 5.3 Arif Bilge Atölyesi tesis alanı hava fotoğrafı.....	90
Şekil 5.4 Meram Belediyesi Arif Bilge Atölyesi vaziyet planı (ölçeksiz)	93
Şekil 5.5 Tesis birimlerine ait atölye fotoğrafları	94
Şekil 5.6 Tesise ait fotoğraflar.....	95
Şekil 5.7 Konya ili güneş enerjisi potansiyeli (GEPA)	98
Şekil 5.8 Meram ilçesi kWh/m ² -gün cinsinden global ışıma değerleri	98
Şekil 5.9 Meram ilçesi saat cinsinden güneşlenme süreleri	99
Şekil 5.10 Meram ilçesi PV tipi–alan–üretilebilecek enerji gösterimi	99
Şekil 5.11 Çatı üzerine PV panel yerleşim perspektifi (1. senaryo)	104
Şekil 5.12 Kurulu güç olan 144 kWp başına yıllık üretimin aylara dağılımı (1.senaryo).....	105
Şekil 5.13 Yıl içerisindeki performans oranının aylık değişimi (1.senaryo).....	105
Şekil 5.14 PV sistem kayıp tablosu (1.senaryo)	106
Şekil 5.15 Çatı üzerine PV panel yerleşim perspektifi (Arif Bilge Atölyesi).....	107
Şekil 5.16 Kurulu güç 432 kWp başına yıllık üretimin aylara dağılımı (2.senaryo için).	108
Şekil 5.17 Yıl içerisinde performans oranının aylık değişimi (2.senaryo için)	108

Şekil 5.18 PV sistem kayıp tablosu (Arif Bilge Atölyesi PV elektrik üretimi)	109
Şekil 6.1 2009-2019 yılları arası yıllık ortalama ticarethane elektrik fiyatı.....	117
Şekil 6.2 Ticarethaneler için yıllık elektrik tüketim bedeli (TL/kWh) ve yıllık değişimi. 117	
Şekil 6.3 Yıllık Amerikan Doları-Türk Lirası paritesi (\$/TL) ve değişim oranı (%)	118
Şekil 6.4 2009-2019 yılları arası Amerikan Doları-Türk Lirası paritesi karşılığı	118
Şekil 6.5 2009-2019 yılları arası yıllık nominal faiz miktarı ve değişimi.....	119
Şekil 6.6 2009-2019 yılları arası yıllık enflasyon oranı ve değişim miktarı	119
Şekil 6.7 2009-2019 yılları arası yıllık enflasyon miktarı ve değişim oranı (%)	120
Şekil 6.8 Meram Belediyesi 2013-2017 yılları arası bütçe kesin hesabı	129

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 UEVEP ile yıllara göre elde edilmesi öngörülen tasarruf miktarı ve karşılığı	19
Çizelge 2.2 İhtiyaç duyulan toplam yatırım tutarı (milyon ABD \$)	19
Çizelge 2.3 UEVEP göre başlamış olan 11 adet eylem planı çalışmaları	20
Çizelge 2.4 UEVEP bina ve hizmet sektörüne yönelik enerji verimliliği önlemleri	21
Çizelge 2.5 Kullanım alanlarına göre enerji tüketiminin yıllık bazda değişimi	40
Çizelge 2.6 Faturalanan elektrik tüketimi tüketici bazında karşılaştırması (MWh-%)	43
Çizelge 4.1 Konya ili aylık ortalama sıcaklık verileri	66
Çizelge 4.2 Faturalanan elektrik tüketiminin il-tüketici bazında dağılımı (2018 yılı)	67
Çizelge 4.3 Lisanssız elektrik kurulu gücü ve üretiminin illere göre dağılımı	70
Çizelge 4.4 Lisanssız elektrik üretiminin 2018 yılında illere göre dağılımı (MWh-%)	71
Çizelge 4.5 Güneş hücresi teknolojilerinin karşılaştırılması	74
Çizelge 5.1 Arif Bilge Atölyesinde bulunan birimler ve faaliyet alanı	92
Çizelge 5.2 Çatı üzerine PV yerleşimi yapılacak birimlerin yapı özellikleri	95
Çizelge 5.3 Meram Belediyesi'ne ait birimlerin özellikleri	96
Çizelge 5.4 Meram Belediyesine ait birimlerin 2017 yılı elektrik tüketimleri	97
Çizelge 5.5 PVSyst Meteor norm Meram güneş ışınımına dair verileri (kWh/m ²)	100
Çizelge 5.6 Seçilen fotovoltaik sistemlerle enerji üretimi ve performansı (1.senaryo)	107
Çizelge 5.7 Seçilen PV sistemle enerji üretimi (Arif Bilge Atölyesi üretim)	110
Çizelge 5.8 Seçilen fotovoltaik sistemlerle enerji üretimi (2.senaryo)	111
Çizelge 6.1 Üretilen ve tüketilen enerjinin aylık ortalama miktarı (1.senaryo)	121
Çizelge 6.2 Senaryo-1 için kurulum maliyeti hesabı	122
Çizelge 6.3 Senaryo-1 için amortisman hesabı	122
Çizelge 6.4 Üretilen ve tüketilen enerjinin aylık ortalama miktarı (2.senaryo)	124
Çizelge 6.5 Üretilen ve tüketilen elektriğin aylık ortalama değeri (2.senaryo)	125
Çizelge 6.6 Senaryo-2 için kurulum maliyeti hesabı	126
Çizelge 6.7 Senaryo-2 için amortisman hesabı	127
Çizelge 6.8 Oluşturulan iki senaryonun maliyet karşılaştırması	128
Çizelge 6.9 Senaryoların enerji üretimi ve ekonomik açıdan karşılaştırılması	129

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ SOSYAL AMAÇLI YAPILARDA KULLANIM UYGUNLUĞUNUN ANALİZİ: KONYA ÖRNEĞİ

Hüseyin GÜLEROĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

Ülkelerin sanayi devrimiyle birlikte başlayan ekonomik kalkınma yarışı, teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi, nüfus artışı, insanların konforlu bir yaşam arzusu gibi nedenlerden dolayı özellikle son yüzyılda dünyada enerji tüketimi hızla artmaktadır. Günümüzde tüketilen enerjilerin yaklaşık %90'nını fosil kaynaklar olan kömür, petrol ve doğalgaz oluşturmaktadır. Bu kaynaklar sınırlı rezervlere sahiptir ve bunlar zararlı gaz emisyon salımı, küresel ısınmaya olan etkisi, asit yağmurları oluşturmaları gibi sebeplerle çevreye ve insan sağlığına zararlıdır. Özellikle 1973'te yaşanan petrol krizi örneğinde olduğu gibi ekonomik sebeplerden dolayı dünya ülkeleri bu kaynaklara alternatif olabilecek temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili çalışmalara başlamışlardır. Söz konusu bu kaynakların başlıcaları; güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal ve biyokütle enerjileridir.

Enerji tüketimi sadece sanayide veya ulaşımda değil konut, mesken, ticarethane ve kamusal hizmetlerin gerçekleştirildiği yapılar da tükettikleri enerjilerle oluşan çevre kirlenmesinde ve enerji rezervlerin tükenmesinde oldukça etkili olmaktadır. Bu nedenle mimarlık ürünü olan yapıların da artık yenilenebilir enerji kaynaklardan yararlanabilecek şekilde tasarlanmaları gerekmektedir. Yapıların enerjiyi sadece tüketen bir unsur olmaktan çıkıp aynı zamanda kendi enerjisini de üretebilen birer sistem haline dönüşmeleri gerekmektedir. Yapının coğrafi konumu ve yerleşim yerine göre bunu sağlayacak en verimli yenilenebilir enerji kaynakları incelenmeli ve yapıya entegrasyonu sağlanmalıdır. Bu çalışma kapsamında dünya ve Türkiye'deki kamu kurumlarından özellikle belediyeçilik alanında gerçekleştirilen fotovoltaiik enerji

uygulama örnekleri araştırılmış, birçok belediyenin bu hususa önem verdiği ve enerji ihtiyaçları yenilenebilir enerjiden elde ettikleri görülmüştür.

Ülkemiz genelinde enerji üretimi daha çok hidroelektrik veya termik santrallerden yapılabilmektedir. Coğrafi konum itibarıyla hidroelektrik veya termik santraller Konya’da mevcut değildir. Ancak jeopolitik konum açısından güneş enerjisinden faydalanmak için oldukça elverişlidir. Bu bağlamda tez kapsamında Konya ili Meram Belediyesi’nin tüketmekte olduğu elektriğin yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneşten elde edilebilmesi konusu araştırılmıştır. Tüketim miktarı yıl bazında bilinen enerji, oluşturulan iki farklı senaryodan yola çıkarak üretilebilecek enerji hesaplanmıştır. Bu senaryolardan 144 kWp nominal güce sahip 1.senaryo çalışmasında yıllık toplam 233,5 GWh elektrik enerjisi şebekeye verebilecek şekilde üretilebilecektir. Bu üretim miktarı belediye hizmet binasının yıllık toplam elektrik tüketimi olan 1.226.578,50 kWh enerji ihtiyacının ilk yıl %19’unu karşılayabilecek olduğu görülmektedir. Ekonomik ömrü en az 20 yıl olan bu sistemin yatırım maliyeti 134.000 \$ olarak hesaplanmış ve geri ödeme süresi 4 yıl olarak bulunmuştur. 576 kWp nominal güce sahip 2.senaryo çalışmasında yıllık toplam 884,7 GWh elektrik enerjisi şebekeye verilebilecektir. Bu üretim miktarı tez çalışmasında ele alınan birimlerin yıllık toplam elektrik tüketimi olan 1.638.693,76 kWh enerjinin ilk yıl %54’ünü karşılayabilecektir. Yatırım maliyeti 529.000\$ olarak hesaplanan bu senaryo için de geri ödeme süresi 4 yıl olarak bulunmuştur. Senaryo sonuçlarına göre uygun yenilenebilir sistemin avantajı ve getireceği fayda üzerine değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca uygulama biçimleri örnek çizim ve fotoğraflarla açıklanmaya çalışılmıştır. Meram ilçesi için mikro ölçekte yapılmış olan bu tez çalışması herhangi bir kamu kurumu için de uygulanabilir sonuçlar ortaya çıkarmıştır.

Son olarak, yenilenebilir enerji çeşidi bakımından zengin olan ülkemizdeki kamu binaları kendi bulunduğu bölgenin yenilenebilir kaynağıyla enerji ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerjinin kamu binalarında kullanılması, hazırlanacak kanun ve yönetmeliklerle, zorunlu hale getirilmelidir. Bu dönüşüm hareketiyle hem enerji ithalatımız azaltılacak hem de gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakılabilecektir. Kamusal yapıların çevreci olmaları hususunda taşıdıkları misyonu uygulamaları açısından bu tez çalışması önemli bir sonuç ortaya çıkarmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik (PV) panel, güneş enerjisi, Meram Belediyesi, yenilenebilir enerji.

**ANALYSIS OF THE USAGE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN SOCIAL
PURPOSE STRUCTURES: THE CASE OF KONYA**

Hüseyin GÜLEROĞLU

Department of Mechanical Engineering
MSc. Thesis

Adviser: Prof. Zehra YUMURTACI

The economic development race, which started with the industrial revolution of the countries, has been increasing rapidly especially in the last century. The main reasons for this are; rapid progress of technological developments, population growth, people's desire for a comfortable life can be shown. Nearly 90% of the energies consumed today are fossil sources such as coal, oil and natural gas. The reserves of these resources are limited. They form harmful gas emissions. Global warming creates acid rain and is harmful to the environment and human health. Due to economic reasons such as the oil crisis in 1973, countries in the world have started to work on clean and renewable energy resources which may be an alternative to these resources. These sources are solar, wind, hydraulic, geothermal and biomass energies.

Energy consumption is effective not only in industry or transportation but also in residential, commercial and public buildings. These structures are effective in environmental pollution and depletion of energy reserves. Therefore, structures should be designed to benefit from renewable energy sources. Structures must be transformed into systems that both consume energy and produce their own energy. According to the location of the structure, the most efficient renewable energy sources should be examined and applied to the structure. Within the scope of this study, photovoltaic energy application examples from public institutions in municipal area were examined. It is seen that many municipalities attach importance to this issue and obtain their energy needs from renewable energy.

In terms of energy generation, hydroelectric or thermal power plants are not available in Konya. However, it is very convenient to use solar energy in Konya in terms of geopolitical position. Within the scope of this thesis, it was investigated that the Municipality of Konya Meram Municipality can obtain electricity from renewable energy sources. Two different scenarios were created for the known energy consumption. From these scenarios, a total of 233,5 GWh of electrical energy will be generated in the first-ever survey with a rated power of 144 kWp. It is seen that this amount of production can meet 19% of the first year of energy demand of 1.226.578,50 kWh, which is the annual total electricity consumption of the municipal service building. The investment cost of this system, which has a minimum economic life of at least 20 years, is calculated as \$ 134,000 and the repayment period is 4 years. In the 2nd survey with a rated power of 576 kWp, an annual total of 884,7 GWh of electricity will be supplied to the grid. This production amount will cover 54% of total annual electricity consumption (1.638.693.76 kWh) of the units discussed in the thesis study. The repayment period for this scenario, which was calculated as \$ 529,000, was found to be 4 years. According to the results of the scenario, the advantages and benefits of the appropriate renewable system were evaluated. In addition, applications have been tried to be explained with sample drawings and photographs. This thesis study, which was conducted on a micro scale for the district of Meram, has produced practical results for any public institution.

Lastly, our country is rich in renewable energy sources and public buildings in the country should be able to meet their energy needs with this energy. The use of renewable energy in public buildings should be made compulsory by the laws and regulations to be prepared. With this transformation process, our energy imports will be reduced and a cleaner nature can be left to future generations. An important result in terms of the implementation of the mission of the public buildings to be environmentalist is presented as a result of this thesis.

Keywords: Photovoltaic (PV) panel, solar energy, Meram Municipality, renewable energy.

1.1 Literatür Özeti

Miklos Horvath ve ark. (2015) Macaristan'ın doğusunda yer alan Debrecen şehri için büyük ölçekte kentsel alanların bina topolojisine bağlı olarak çatıların güneş enerjisi potansiyeli üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda ısıtma ve sıcak su temininde kullanılması hususu binanın çatı tipine bağlı olduğu gibi gölgelenme etkenini de göz önünde bulundurulması gereken diğer bir husus olduğunu açıklamışlardır. Bina tipolojisine dayanan kentsel alanların güneş enerjisi potansiyelini belirlemekte dijital haritacılığın kullanıldığı kentsel seviye tahminleri alternatif bir yöntem olduğu, sınırlı finansal kaynağa sahip belediyeler için bu yöntemin kullanılmasını uygun bir seçenek olarak açıklamışlardır. Söz konusu bu dijital haritacılık sayesinde oluşturulacak tahminler neticesinde sadece çatıdaki güneş verimi belirlemeyle kalınmayacaktır. Aynı zamanda kullanılmayan enerji, enerji taşımacılığı ve bina içindeki depolama ile enerji kayıplarını dikkate alarak yapılacak kapsamlı enerjiyle ilgili bölgesel bir raporda, kullanılan toplam enerjinin belirlenmesinin de mümkün olduğu sonucu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca yapılan bu çalışmanın farklı bina tipleri veya farklı iklim koşullarına sahip herhangi bir yerleşimde de uygulanabilir olacağı sonucuna ulaşmışlardır. Bu sayede bölgesel enerji potansiyeli için uygun olabilecek yerlerde uygun tip ve özellikte olan çatılar imal edilerek bu formdaki yapılar uygun iklim koşullarına sahip herhangi bir yerleşim yerinde kullanılabilmeleri sonucuna varmışlardır [1].

Christoph Maurer ve ark. (2017) BIST (Building-Integrated Solar Thermal) adı verilen “bina entegre güneş termal sistemi” olarak tanımlaması yapılan teknolojinin yapı

sektöründeki gelişimini açıklamışlardır. Yapılan bu çalışma yapıda cam veya dış cephe kaplaması olarak kullanılan PV panelleri yapı için sadece enerji üretmede kullanılan bir malzeme olarak değil de aynı zamanda ses/gürültü kırıcı ve rüzgar şiddeti azaltıcı eleman olarak da davranış göstermekte olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmayla mevcut bina süreçlerine dayanarak, gelecekteki BIST bina süreci entegrasyonu için bir vizyon tahmini sunulmuştur. Geçmişten günümüze kullanılmakta olan BIST malzemesi incelenmiş, kullanılan bu malzemelerin renkleri, şekilleri, dış cephe malzemelerine bağlanma şekli gibi durumları ile estetik görünmeleri, çevreci özellik taşımaları, ekonomik ve fonksiyonel olmaları vb. gibi özelliklerinin nasıl olması gerektiği açıklanmıştır. Bu çalışmada günümüzde kullanılan malzemelerin geçmişte kullanılmış olan malzemelere göre çok daha hesaplı ve verimli olduğu belirtilmektedir. Ayrıca ileride kullanılacak olan yapısal malzemelerin de geçmişte kullanılmış olan malzemelerden daha ucuz ve daha verimli olacakları tahmin edilmektedir. Bu çalışma neticesinde geleceğin yapı malzemelerinin çok daha verimli ve yapıyla daha bir entegre uyum içinde olacağı sonucu ortaya çıkarılmıştır [2].

Ursula Eicker ve ark. (2015) Avrupa Birliği yedinci çerçeve programı “Konutların bütünsel enerji tasarruflu yenilenmesi” (HERB) projesi kapsamında, 7 Avrupa ülkesinde enerji tasarrufu ve bina entegre yenilenebilir enerji temin etmenin en uygun yolunu araştırmak için yaptıkları çalışmada 3 bina projesi üzerinde yenileme çalışması ve yenilenebilir enerji üretimi analizini ele almışlardır. Bina yalıtımı yapılmasına yönelik önlemlerin uygulama yapılan yapı açısından çok farklı spesifik maliyetlere sahip olduğu görülsede yapılan izolasyon uygulamaları kuzey bölge Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerji üretiminden çok daha fazla tasarruf sağladığı sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte güney iklim bölgesinde bulunan Avrupa ülkelerindeki konut yapı kabuğu (dış cephe kaplaması) yenilemelerinde sadece soğutma enerjisi hesaba katılarak bile ciddi enerji tasarrufu sağlandığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmayla güneş kaynaklı ısı sistemleri evsel sıcak su üretimi sağlamada ve düşük güneş fraksiyonlarında ısıtma desteği elde edilmesinde iyi bir performans göstermekte olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma yüksek güneş fraksiyonlarında fazla üretimle birlikte güneş ısı veriminin düştüğü fakat fotovoltaik (PV) sistemlerin fazla üretim durumunda şebekeye PV elektriği verme imkanıyla avantajlara sahip olduğunu göstermiştir [3].

Eric O'Shaughnessy ve ark. (2018) konutlarda güneş enerjisi entegrasyonunun depolama ve yük kontrolü ile son kullanıcı ekonomisi üzerine bir inceleme yapmışlardır. Bağımsız PV'ye göre solar plus olarak tabir edilen akıllı uygulama son kullanıcı için daha cazip ve avantajlı olduğu bu çalışmada belirtilmiştir. Ayrıca bu araştırmayla mevcut sistemin elektrik faturasında tasarruf sağlandığı ve sistem düzeyinde de fayda sağlandığı sonucuna ulaşmışlardır. Bunun yanında solar plus sistemine sahip konutların satış bedelleri üzerinde yapıya değer kazandırmakta olduğunu bu çalışmada belirtmişlerdir [4].

Athina G. Gaglia ve ark. (2017) 2010/31/EC Avrupa Direktifi Enerji Performans düzenlemelerinin yeni konutların yapı teknolojisi, ekonomileri ve enerji yönleri üzerine güncellemesinin etkisini açıklamışlardır. Yunanistan'da yapılan bu çalışmayla Avrupa ülkelerinde konutlarda tüketilen enerji miktarları ile Yunanistan'da kullanılmakta olan enerji kaynakları ve tüketim değerleri açıklanmaya çalışılmıştır. 2013 yılında dünyada tüketilen enerjinin binalardaki payı %28 olduğu, bu oran Avrupa ülkeleri ortalamasında %41 ve Yunanistan için ise %36 olarak tespit edilmiştir. Bu tüketimlerden konut binalarındaki pay Avrupa ülkeleri için %27, Yunanistan için ise %25 seviyelerinde olduğu belirtilmiştir. 2009 yılında Yunanistan'da yaşanan ekonomik kriz sebebiyle 2007-2013 seneleri arasında %29,4 oranında enerji tüketiminde bir azalma yaşanmış olduğu gösterilmiştir. Yunanistan'daki konutların yapı malzemesi çeşidi, konutların izolasyonu olup olmadığı, çift camlı pencereye sahip olduğu veya olmadığı, ısıtmada kullanılan yakıt tipleri incelenmiş ve bunlar için bir oransal sıralama yapılmıştır. Binaların çoğunluğunun tek katlı, çift camlı pencereye sahip oldukları, yarısında izolasyon bulunan, betonarme ve doğalgaz veya dizel yakıt ile ısıtma ihtiyaçlarını sağlayan yapılar oldukları tespit edilmiştir. Binalar için yıllık işletme maliyeti, çeşitli enerji türlerinin enerji tüketimi değerleri ve buna karşılık gelen oranlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu işletme maliyetlerini azaltmaya yönelik bir iyileştirme planlanmıştır. Getirilen kanuni düzenlemenin Yunanistan'da seçilen örnek binalar için yapılacak iyileştirme çalışmaları ile binanın termal özelliklerini iyileştirmesi ve enerji performansına direkt etkisi incelenmiştir. Yapılan bu çalışma neticesinde 91/2002 sayılı Avrupa Direktifi doğrultusunda 2010 yılında yayınlanan ve yürürlüğe giren REPB (bina enerji performansı) yeni yönetmelikle konutların ısı verimlerinde gözle görülebilecek

artış olduğu gözlenmiştir. Bu yönetmelikle Yunanistan'daki binaların enerji performansının iyileştirilmesi ve sera gazı azaltılması amaçlanılmıştır. Bu yeni düzenleme ile yeni binalar ve büyük yenileme gerektiren mevcut binalara yönelik minimum enerji performansı, yapı elemanlarına yönelik yeni özellikler ve bunların elektrik, mekanik sistemleri ile birlikte verilerek bir tablo olarak oluşturulmuştur. Bu çalışma sayesinde Yunanistan'daki yapılarda enerji performansını iyileştirme adına bir yol haritası oluşturulmuştur [5].

Sandra Monteiro Silva ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada binalarda enerji performansı direktifine göre 2020 yıllarıyla birlikte yeni binalar neredeyse sıfır enerji seviyesinde olacaktır görüşünü ortaya atmaktadırlar. Bu nedenle çalışmayı yapanlar yeni bina tasarımında, yönetiminde veya onayında yer alan kişiler hem yeni binaların yapılması hem de mevcut binaların yenilenmesinde neredeyse sıfır enerji bina kavramına göre çalışma yapmalı yönünde bir tavsiyede bulunmuşlardır. Yapılan çalışma Portekiz'deki çok aileli binalar için farklı yenileme senaryolarının enerji ve çevre yaşam döngüsü performansı değerlendirmesi üzerine bir araştırma çalışmasıdır. Yenileme senaryolarının analizi ve karşılaştırması aşağıdaki göstergelere dayanmaktadır:

1. Yıllık birincil enerji tüketimi;
2. Çevresel etki değerlendirme göstergeleri, EN15978:2011 metodolojisine göre,
3. Çalışma ömrü boyunca oluşan enerji talebi (30 yıl),
4. Toplam yaşam süresi maliyetleri (30 yıl),
5. Ekonomik geri ödeme süresi,
6. Karbon emisyonları geri ödeme zamanı,

Yapılan bu metodoloji hem bina düzeyinde hem de enerji sistemleri seviyesinde uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Portekiz iklimi gibi sıcak iklime sahip bir yerleşimde tipik çok aileli bir konut için güneş enerjisi sistemi entegrasyonu ile iklimlendirme ve sıcak su temini için enerji ihtiyacının %100'ünün üstesinden gelmenin mümkün olduğu gösterilmiştir. Porto ili konutları için yapılan yenileme senaryosuna göre yıllık enerji ihtiyaçlarında basit yenileme ile %32, nZEB (neredeyse sıfır enerjili bina) yenilenmesi ile yaklaşık %73 azalma sağlandığı sonucuna ulaşılmışlardır. Her iki revizyon senaryosu için yenilenebilir sistemlerin geri ödeme süresi de ayrıca hesaplanmıştır. Bu hesaplanan

geri ödeme süresinin normal yenileme maliyetinin geri ödeme süresinden çok da uzun bir süre olmadığı görülmüştür. Yapılan 3 revizyon olan; temel, nZEB ve ZEB yenileme senaryolarının potansiyel çevresel performans iyileştirmesi sırasıyla %32, %80 ve %92 seviyelerinde olduğu belirlenmiştir. Enerji ihtiyaçlarının azaltılması ile tüm potansiyel çevresel etkilerin azaltılması arasında iyi bir korelasyon olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak herhangi bir yenileme senaryosunun (revizyon çalışması) yaşam boyu süresi olan yaklaşık 30 yıl süre içinde önemli çevresel fayda sağladığı görülmüştür. Enerji fiyatları değişimi, indirim oranı, yapılacak zamlar vb. analiz sonucunu olumlu veya olumsuz yönde değiştirebildiği görülmüştür. Çevredeki binaların gölgelemesi, PV panellerini kurmak için yeterli bir alan bulunamaması vb. durumları güneş enerjili sistemleri kullanabilme sonucunu olumsuz yönde değiştirebildiği tespit edilmiştir. Çalışmayı yapanlar bu gibi durumlar için ise yenilenebilir enerji kaynak çeşidini değiştirme fikrini düşünülmesi gerekecek bir öneri olarak sunmuşlardır [6].

Govinda R. Timilsina ve ark. (2011) güneş enerjisinin pazarlaması, ekonomisi ve politikalarıyla ilgili yaptıkları çalışmada hem teknolojik gelişmeler hem de maliyet indirimleri ile yenilenebilir enerji geliştirme ve kullanımını destekleyen hükümet politikaları sebebiyle son yıllarda olağanüstü bir yenilenebilir büyümeden bahsetmişlerdir. Bu çalışmayla güneş enerjisi sistemlerinin maliyetlerinin son 30 yılda önemli derecede düştüğü görülmüştür. 1982 yılında yaklaşık 27.000 \$/kW olan yüksek güç bantlı güneş enerjisi modüllerin maliyeti 2006 yılında 4.000 \$/kW'a kadar düşmüştür. Bir PV sisteminin kurulu maliyeti, 1992 yılında 16.000 \$/kW'dan 2008'de yaklaşık 6.000 \$/kW'a gerilemiştir. İklim değişikliğini azaltma yönündeki politikaların güneş enerjisi de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji gelişimini desteklemeye yardımcı olduğu bu çalışmada belirtilmiştir. Temiz enerji kaynakları aracılığıyla gelecekteki enerji talebini karşılamada güneş enerjisinin önemli bir rol oynaması beklenmektedir görüşü ortaya çıkarılmıştır. Güneş enerjisini teşvik etmek için çeşitli mali ve düzenleyici araçlar kullanılması gerektiği, bu araçların bazıları vergi teşvikleri, tercihli faiz oranları, doğrudan teşvikler, kredi programları, yenilenebilir portföy standartları, gönüllü yeşil güç programları, net ölçüm, ara bağlantı standartları vb. olduğundan bahsedilmiştir. Güneş enerjisi pazarının hızlı bir şekilde genişlemesinin, bir dizi destekleyici politika aracıyla birlikte fosil yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalara ve fosil

yakıtların çevresel etkilerine özellikle sera gazı emisyonlarına bağlanmakta olduğu anlatılmıştır. Bununla birlikte, tüm bu sağlanan teşviklerin küresel enerji kaynağı karışımındaki güneş enerjisinin penetrasyonunu önemli ölçüde artırmak için yeterli olamayacağı görülmüştür. Kamu olarak bu politika üzerinde ısrarlı bir şekilde devam edilmesi gerektiği ve yenilenebilir kaynak kullanımını daha cazip hale getirici teşvikler düzenlenmesinin şart olduğu hususları özellikle açıklanmıştır [7].

Arvind Chel ve ark. (2017) herhangi bir yapı temiz enerjiyi kendi formasyonu içerisinde yenilenebilir enerji teknolojisiyle üretip yine kendi ihtiyaçları doğrultusunda bu enerjiyi tüketen binanın sürdürülebilir gelişimi sağlaması üzerine yaptıkları bir çalışmadır. Bir yapıda temiz enerji üretilmesi ve tüketilmesiyle atmosfere salınan CO₂ emisyonlarının hafifletilmesinden bahsedilebilmesi için 4 ana unsurdan söz edilmesi gerektiği bu çalışmada açıklanmıştır. Bunlardan ilki ve en önemlisi bina inşa edilme aşamasındayken neredeyse sıfır enerji pasif bina tasarımı fikri olmuştur. Tasarım kriterleri bu doğrultuda şekillenmeli ve temiz enerji daha fikir aşamasında dikkate alınmalıdır. İkinci unsur, yapı henüz inşaat aşamasındayken düşük enerjili yapı malzemeleri kullanılması fikri olmuştur. Seçilecek yapı malzemesi tercihleri bu yönde yapılmalıdır. Üçüncü kriter, düşük operasyonel enerji gereksinimi görüşü olmuştur. Bunun için enerji tasarruflu ekipmanların kullanımı gerekmekte olduğundan bahsedilmektedir. Burada ihtiyacımızı karşılayacak enerji tüketen cihaz ve makinelerden enerji tüketimi açısından daha yüksek verimli olanları diğerlerine göre tercih edilmeleri gerekmektedir. Sonuncusu ise çeşitli uygulamalar için yenilenebilir enerji teknolojilerinin bina ile entegrasyon içinde olduğu bir sistemden bahsedilmiştir. Burada amaç yapılarda fosil yakıt kullanımı azaltılması ile bina enerji ihtiyacını yenilenebilir enerji ile sağlanması hedeflenilmiştir. Bunun sonucu olarak da çevreye duyarlı temiz enerjili yapı stokları kazandırılmış olacaktır. Sonuçta binanın projelendirilmesinden malzeme seçimine, yapım aşamasından işletme ve bakım aşamasına kadar tüketilen enerjinin yenilenebilir sistem tarafından karşılanmasıyla binanın enerji verimli veya sıfır emisyonlu yeşil bina olarak adlandırılacağı belirtilmiştir [8].

Jihong Zhua ve ark. (2015) yaptıkları çalışma Çin’de 20.000 m² üzerinde 20 adet kamu hizmet binası için enerji tüketimleri ile enerji tasarrufu yapılması yönündeki incelemesidir. Bu çalışmada ülke genelinde binaların toplam enerji tüketimi yaklaşık

%29 seviyesinde olduğu ve bu rakamın gelişmiş ölkelere göre az olmasına rağmen söz konusu bu enerjinin büyük bir kısmı kamu binalarında tüketilmekte olduğu gösterilmiştir. Yapılacak enerji tasarrufu çalışmasıyla kamu binalarında enerji tüketimi azaltılması sonucu ciddi miktarda sera gazı salımı engelleneceği ön görölmüştür. Üretimi yenilenebilir kaynaktan sağlanan temiz enerji kadar enerji tüketimi sonucunda doğaya salınan emisyonların da dikkate alınması temiz çevre politikası oluşturmada önemli bir husus olduğu görölmüştür. Ayrıca yapılan bu araştırmayla temiz enerji kullanımı ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik yapılacak bir çalışmanın yönetim politikası olarak ele alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır [9].

Nguyen Le Truong ve ark. (2017) AB ölkelerinin 2050 hedefi olan düşük karbonlu ekonomi hedefine ulaşmak için çaba sarf ettikleri ve birçok ölkede sera gazı azaltması yönünde binalarda asgari enerji verimliliği için gerekli teknik sistemler üzerinde çalışma yaptıklarını anlatmışlardır. İsveç'te hükümet, binaların enerji tüketimini 2050 yılına kadar referans yılı olan 1995 senesine göre %50 oranında azaltma hedefi belirlemişlerdir. Bu kapsamda 3 adet farklı bölgesel ısı kaynağınca ısıtılan çok katlı bir binanın enerji tasarrufu için bir kıyaslama çalışması gerçekleştirilmiştir. Analiz edilen bina, 1972'de İsveç'in Ronneby belediyesinde inşa edilen tipik birçok apartman binasından biridir. Betonarme bina 3 kat ve bir bodrum katlıdır ve toplam 2.000 m²'lik bir ısıtmalı zemin alanına sahip 27 daireden oluşmaktadır. Binada bulunan geliştirilmiş su muslukları, havalandırma fanları, pompalar, verimli aydınlatma ve elektrikli cihazların etkileri araştırılarak enerji verimliliğine dair önlemler tespit edilmiştir. Kazan sistemi ile kojenerasyon sistemi bulunan merkezi sistemde binanın enerji ihtiyacına göre farklı sistemlerin üreteceği enerji miktarı değişecek ve böylece binanın yıllık enerji tasarrufu belirlenebilecektir. Yapılan araştırmada AB üyesi 27 ölkede yaklaşık 6.000 civarında mevcut bölgesel ısıtma sistemleri ile büyük bir potansiyele sahip durumda bulunduğu, bunlardan İsveç'te 450'den fazla bölgesel ısıtma sistemi olduğu belirtilmiştir. 2011 yılında İsveç'te bulunan konut ve konut dışı binalarda toplam enerji kullanımının %56'sını bölgesel ısıtma sistemlerinin sağlamış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca enerji talebi ve arz arasındaki etkileşimi saatlik bazda farklı enerji arz konfigürasyonları için verimliliği analiz edilmiştir. Uygun optimizasyonlar ile enerji

tasarrufu sağlanabileceği ve doğaya verilecek karbon salımı önüne geçilebileceği sonucu elde edilmiştir [10].

Alisher Mukashev ve ark. (2017) alüminyum radyatör ile döküm radyatör olarak 2 farklı radyatör tipi arasındaki ısı verimliliği karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Her iki radyatör için bir model oluşturulmuş ve oluşturulan bu modeller birbirleri ile verimlilik açısından değerlendirilmiştir. Kalorifer tesisatı üzerine yapılmış olan bu araştırma ekipmanların boyutu, yerleşim yeri, konumu, üzerindeki boyası vb. gibi durumların bilinmesiyle geliştirilmiş olan yöntem sayesinde farklı malzemeden yapılmış radyatör peteği için de ısı transferi hesaplanabilmektedir. Aynı güce sahip ısı üreticiden çıkan enerji referans sıcaklığından 25 °C'ye soğumada geçen süre 8 bölüm alüminyum radyatörde yaklaşık 52 dakikada olmaktadırken 4 dilim döküm radyatörde bu süre yaklaşık 153 dakikada gerçekleşmiştir. Alüminyum radyatörün soğuması döküm radyatöre göre çabuk olmakta bunun sebebi düşük ısı kapasitesine sahip ve yüksek ısı transferi özellik göstermesiyle açıklanabilmektedir. Sonuç olarak uygun malzeme seçimi dikkate alındığında enerji tüketiminde azalma olması beklenmektedir [11].

Paraschiv Lizica Simona ve ark. (2017) Avrupa'da binalarda kullanılan enerji miktarı toplam tüketilen enerji miktarının yaklaşık %40'ından fazlasını oluşturduğu, enerji verimliliğini arttırma ve sera gazı salımını azaltma adına toplu konutlar için izolasyon yapılması hususunu incelemişlerdir. Binanın enerji verimliliğini sağlaması için bina dış duvarlarına yapılacak olan izolasyonun dış hava şartları donma noktasına ulaştığında malzeme üzerindeki etkisi incelenmiştir. Termal yalıtımlı duvarlar ısıtma veya klima sisteminin enerji tüketimini azaltabileceği ve yapılacak hesaplamalarla izolasyon kalınlığının doğru belirlenmesi gerektiği sonucu çıkarılmıştır. Yalıtım malzemesi monte edilmesiyle binanın termal direnci arttırılıp ısıtma veya soğutma için enerji tüketimini azaltacağı, ayrıca hem iç hem dış yalıtım yapılmasının enerji tasarrufu açısından uygun olacağı fakat yalıtımın sadece dış tarafta yapılması daha faydalı ve daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır [12].

Delia D'Agostino ve ark. (2017) 2020 yılına kadar Avrupa topluluğu ülkelerinde bina enerji tüketimini azaltma ve yenilenebilir enerji kullanımı ile sürdürülebilir enerji politikası üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada bina enerji performansı 985 GWh/yıl olarak tahmin edilen bina ve yapılar için verimlilik ve tüketim

değerlendirilmesi araştırılmıştır. Günümüzde geniş bir teknoloji yelpazesinin binaların ayrılmaz bir parçası haline geldiği ve teknolojinin bina enerji tüketimlerini azaltmanın büyük potansiyel faydalarından yararlanmada nasıl önemli bir rol oynadığı bu çalışmada bahsedilmiştir. Teknolojik unsurların da içinde bulunduğu sistemlerin birbirleriyle uyumlu bir şekilde kullanılmasıyla ciddi miktarlarda enerji üretimi ve ihtiyacımız kadar tüketimin gerçekleşebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma neticesinde ayrıca yıllık enerji tüketimi yüksek olan konut dışı binalarda da enerji tüketimini azaltma hedef olmalıdır sonucu ortaya atılmıştır [13].

Alessandro Maccarin ve ark. (2016) tipik bir ofis ortamında enerji tasarrufunu belirlemek için geleneksel 4 borulu sistem ile 2 borulu sistemin karşılaştırılmasını esas alarak bir çalışma yapmışlardır. Araştırma sonucunda 2 borulu sistemin 4 borulu geleneksel sisteme göre havalandırma ve iklimlendirme dahil yıllık yaklaşık %15 civarında enerji tasarrufu sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bulunan bu sonuç doğrultusunda uygun bir sistem seçimi ile konfor şartlarından ödün vermeden tükettiğimiz yıllık enerjiden daha azını kullanabileceğimiz ve bu sayede çevreye salınan zararlı emisyonları azaltacağı anlamı taşımaktadır [14].

Haie Huo ve ark. (2017) Çin’de 4 farklı iklim bölgesinde bulunan şehirlerdeki binaların tamamında dış duvar yalıtımının enerji tasarrufuna katkısını araştırmışlardır. Çin’de nüfus artışı ve kentleşmeyle enerji tüketiminin hızla artmakta olduğu, 2020 yılına kadar binalar toplam enerji tüketiminin %35’ini kullanacağı tahmin edilmiştir. Bu çalışmayla binalar için gereken toplam enerjinin %60’ı alan ısıtma ve soğutmasında tüketilmekte olduğu görülmüştür. Bu çalışmada doğal havalandırma, özellikle çatı ve dış duvarlarda yapılan izolasyon uygulamalarındaki izolasyon kalınlığı ve gölgeleme etkisi sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmiş ve 4 farklı iklim tipi için bir sonuç elde edilmiştir. Yapılacak izolasyonun ısı kaybına önemli ölçüde engel olacağı, ayrıca pencerelerin performans iyileştirmesinin izolasyon kalınlığını azaltmaya yardımcı olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Farklı temsili iklimlerde cam ısı özelliklerinin yanı sıra pencere boyutlarının termal, ekonomik ve çevresel etkileri de değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda kendine has iklime sahip her bölgedeki yapılar için kullanılabilecek uygun bir model oluşturulması amaçlanılmıştır [15].

1.2 Tezin Amacı

Türkiye yeryüzünde bulunduğu konum itibarıyla güneş enerjisi açısından büyük bir potansiyel kaynağa sahiptir. Güneş panelleri sayesinde elde edilen elektrik enerjisi direkt kullanılacağı gibi ortak şebeke olan enterkonnekte ağına verilerek enerjinin yurtiçinde kullanılması mümkün olmaktadır. Enerji ülke içinde çeşitli sektörlerde kullanılmakta olup, Türkiye’de tüketilen enerjinin büyük bir çoğunluğu konutlarda kullanılmaktadır. Kamu hizmet binalarında enerji kullanımı da bu kapsama girmektedir. Belediyeler kamu hizmetlerini sunarken elektrik enerjisi için bir tüketim bedeli ödemektedirler. Kamu binalarında harcanan enerjinin büyük bir kısmı yenilenebilir kaynak kullanımı ile karşılanabilir. Yurt genelinde yapılacak bu tarz birçok uygulama sayesinde ülke ekonomisi tasarruf sağlayabilir. Örnek bir kamu binası seçilerek bu binanın enerji ihtiyacının bir bölümü tek bir yenilenebilir kaynaktan karşılanması için çalışma yapılacaktır. Söz konusu binanın çatı, yan cephe, açık alan vb. gibi uygun yerlerine fotovoltaik paneller yerleşimi yapılarak üretilecek olan elektriğin tüketimi karşılama miktarı incelenecektir. Ayrıca belediyeye ait diğer binalar için de PV yerleşimi yapılmak suretiyle çeşitli senaryolar oluşturulacaktır. Bu senaryolardan yola çıkarak fotovoltaik elektrik enerjisi elde edilmesi ile tüketilen elektriğin karşılanması yönünde önerilerde bulunulacaktır.

1.3 Hipotez

Konya ili Meram ilçesi sınırları içerisinde kamuya hizmet etme amacıyla faaliyet gösteren Meram Belediyesi’ne ait belediye hizmet binası ve Arif Bilge Atölyesi için öneri projesi çalışması yapılacaktır. Mevcut binaların mimarisini bozmayacak ve yapının statik yüklerine zarar vermeyecek esaslar ile yapacağımız öneride en fazla metrekare çatı alanı kullanılarak optimum sayıda güneş panelleri yerleşimi gerçekleştirilecektir. Öneri projesiyle şebekeden alınmakta olan elektrik enerjisi, güneş panellerinden üretilcek fotovoltaik enerjiyle ikame edilecektir. Bu projeyle belediye birimlerinde tüketilmekte olan elektriğin büyük bir kısmı veya tamamının karşılanması amaçlanılmıştır. Bu kapsamda yapılacak tez çalışması ile belediyenin yıllık bütçesindeki giderlerden olan elektrik ödemesinin bir miktar azaltılması ile çevreye salınan CO₂ miktarının da azaltılması planlanmaktadır. Tez çalışmasında ayrıca yatırım maliyeti

hazırlanması, işletme giderlerinin hesaplanması, yıllık bakım ve onarım masraflarının tespit edilmesi yapılacaktır. Bununla birlikte üretilecek elektriğin toplam tüketimi karşılama oranı tespit edilecek ve amortisman hesabı olan sistemin kendi maliyetini amorti edeceği süre hesaplanacaktır. Belediyenin yıllık bütçe harcama miktarı ile sistemin yapım maliyeti ve yıllık gelir-gider bilançosu karşılaştırılacaktır. Bu sayede öneri projesi olarak sunulacak fotovoltaik sistem hakkında daha net bir bilgi verilebilecektir. Ayrıca hazırlanmış olan bu tez kamu binalarının taşıdığı çevreci olma ve enerji verimliliği misyonu açısından kamuya ait diğer binalar için bir örnek ve bu binaların “Neredeyse Sıfır Enerjili Bina (nZEB)” olma yolundaki ilerleyişinde öncü bir çalışma olacaktır.

ENERJİ

İnsanoğlu hayati ihtiyaçlarını karşılayabilmek, insani gelişimini sürdürebilme adına enerji kavramını hayatının her alanında vazgeçilmez bir unsur haline getirmiştir. Ulaşımdan, sanayiye, konuttan sağlığa, tarımdan gıdaya tüm sektör ve alanlarda ülkeler, sanayileşme ile birlikte bol ve ucuz enerji ihtiyacı arayışında olmuşlardır. Bunun yanı sıra temiz enerji elde edilmesi ve kullanılması hususu içinde ülkeler, bu konu üzerinde hassasiyetle durmaktadırlar. Ülkelerin tükettiği veya ihtiyaç duyduğu enerji, gelişmişlik düzeyini gösteren bir kriter olmakta, artan dünya nüfusuyla paralel olarak enerjiye ihtiyaç da artış göstermektedir.

2.1 Enerji Nedir

Enerji, literatürde bir madde ya da maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. Termodinamikte ise enerji; “bir etki meydana getirebilme kapasitesi, kabiliyeti” olarak ifade edilir. Günlük hayatta “enerji” terimi ile enerjinin geçebilen şekilleri olan iş ve ısı kastedilmektedir. Enerjinin birimlerinden en bilinenleri; BTU, kilogram metre, erg, kilowattsaat ve joule’dir.

Enerji çeşitli kaynaklardan yararlanılarak üretilir. Enerji kaynakları, herhangi bir yöntemle enerji üretilmesini sağlayan kaynaklardır. Dünya üzerindeki enerji kaynakları, oluşumlarına bağlı olarak fosil (tükenebilir, yenilenemeyen) ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılabilir. Yenilenemeyen kaynaklar; petrol, taş kömürü, doğalgaz, uranyum, linyit, turbo, toryum ve asfaltittir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, deniz kökenli enerjiler ve biyokütledir [16]. Enerji çeşidi başlığı altında açıklamaları yapılacaktır.

Enerji tüketimi yaşamın devamı için mecburi bir durum olduğu için ülkelerin gelişmişlik seviyeleri bu enerjiyi ne şekilde temin ettikleriyle yakından ilgilidir. Ülkelerin bu enerjiyi nerede ve nasıl kullandığı hususu ile tükettikleri enerjiyi geri kazanımı yapabiliyorlar mı konusu gelişmişlik durumlarıyla ilişkilidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek enerji temini sayesinde yapıların enerji ihtiyaçları karşılanacağı gibi ülkelerin de enerji hususunda dışa bağımlılığı bir nebze azalacaktır.

Eski binalarda enerji tasarrufu yaklaşık %50 oranında mümkün olabilmekteyken yapılacak yeni binalarda yenilikçi enerji uygulamalarından faydalanılması ve enerji tasarrufuna önem verilmesi enerji kullanımını azaltacağı için özellikle önemlidir. Binaların çevre ile uyumlu bir şekilde tasarlanmaları ve işletilmeleri sürdürülebilirlik açısından ekonomik olmalarını sağlayacaktır. Yeşil bina (green building) tanımı akılcı uygulamalar sonunda ortaya çıkan ve çevreye çok daha fazla duyarlı planlanan binalara verilen isim olarak bilinmektedir. Bunun yanı sıra 'yeşil bina' kavramının gelecek nesillere ve ülke ekonomisi başta olmak üzere eğitimden bilime, sağlıktan kültüre önemli bir katkı sağladığı da anlaşılmalıdır [17].

2.2 Enerji Çeşitleri

Doğada bulundukları haliyle, kullanılabilen kaynaklar, "Birincil Enerji Kaynakları", bu kaynakların bir takım proseslerden geçirilmesi sonrasında meydana gelen enerji türevleri ise, "İkincil Enerji Kaynakları" olarak tanımlanmaktadır. Fakat biz enerjiyi çeşitlilik açısından genel olarak 2 ana başlık altında inceleyeceğiz. Bunlar; "Yenilenemez Enerji Kaynakları" ve "Yenilenebilir Enerji Kaynakları" olarak açıklanacaktır.

2.2.1 Yenilenemez Enerji Kaynakları

Bu enerji kaynağının temelinde karbon esaslı maddeler olmak üzere ve kullanıldıkça rezerv miktarları azalan başta kömür, petrol ve petrol türevli ürünler, doğalgaz, odun vb. ürünler bu sınıflandırmada yer almaktadır. Söz konusu bu enerji kaynaklarının kimyasal olarak yanması sonucu ortama ısı ve enerji ve bir miktar atık açığa çıkmaktadır. Kimyasal bir proses olduğu için işlem bitiminde madde yeni bir forma dönüşmekte ve tüketilmektedir. Bu kaynaklardan geçmişte en yaygın kullanılanı kömür olmaktadır artık petrol ve doğalgaz günümüzde en yaygın kullanılanıdır. Petrol

doğada işlenmemiş olarak çıkarılmakta, rafineride işlem görmesi sonucunda petrolden benzin, motorin, gazyağı, jet yakıtı, zift ve katran gibi yakıtlar elde edilmektedir. Doğalgaz ise metan, propan, bütan ve etan gibi gaz karışımlarından oluşmakta olup en büyük karışım oranı olan %95 gibi bir oranda metan gazından oluşmaktadır. Ayrıca doğalgaz ısı değeri yüksek olması sebebiyle fosil yakıtlar arasında en verimli olanı olmakta ve ısı verimi sebebiyle de enerji üretilmesinde ekonomik değere sahip olmaktadır. Kömür için ise kömür madeni dünyanın birçok coğrafyasında bulunmakta olup, kullanımı, depolanması ve nakliyesi en güvenilir yenilenemez yakıtlardan birisidir. Dünya üzerinde üretilen elektriğin yaklaşık %40,6 kadarı kömürden elde edilmekte olduğu tahmin edilmektedir [18].

Nükleer enerji için ise söylenebilecekler; çevreyi hiçbir şekilde kirletmeyen bu enerji türüne ait santraller, zararlı gaz ve kül oluşumuna neden olmamaktadır. Bir nükleer santral, fosil yakıt tüketen bir santrale nazaran yok denecek kadar az atık ürün meydana getirmektedir. Nükleer enerji, yapısı gereği temiz, güvenilir, kesintisiz bir enerji kaynağıdır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın (IAEA) 2017 ocak ayı verilerine göre 31 ülkede toplam 449 nükleer reaktör faaliyette bulunmaktadır. Dünya genelinde elektrik üretiminin %11'i nükleer enerjiden sağlanmaktadır. 99 santral ile dünyanın en fazla nükleer santrale sahip ABD, 2015 yılında elektrik üretiminin %19,5'ini nükleer enerjiden elde etmiştir. 58 nükleer santralin üretimde olduğu Fransa ise elektrik üretiminin %76,3'ünü nükleer enerjiden sağlamaktadır. Ülkemizde 1965'te ilk nükleer santrali kurmak için çalışmalara başlamıştır. 1974 yılında şu anki Akkuyu sahası ilk nükleer santral için 1976 yılında saha lisansı alınmıştır. 12 Mayıs 2010 tarihinde 4.800 MWe kurulu güce sahip ilk nükleer santralin kurulumuna yönelik Rusya Federasyonu ile bir hükümetler arası anlaşma imzalanmıştır. 4.480 MWe kurulu güce sahip ikinci nükleer santralin Sinop'ta kurulumuna yönelik anlaşma ise 3 Mayıs 2013 tarihinde Japonya ile imzalanmıştır. Ülkemizde üçüncü nükleer santral projesinin geliştirilmesine yönelik olarak 24.11.2014 tarihinde EÜAŞ ile Westinghouse EC ve SNPTC şirketleri arasında bir mutabakat zaptı imzalanmıştır [18].

2.2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dahil), dalga, akıntı enerjisi, gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır [19]. Bu kaynaklar doğanın

döngüsü içinde her gün aynı şekilde bir önceki gün gibi mevcut olabilen enerji kaynağı olarak tanımlanabilmektedir. Bu enerji kaynaklarının en temel unsuru güneştir. Güneş içindeki sürekli olarak hidrojen atomlarının helyum atomuna dönüşmesiyle (füzyon) ısı enerjisi açığa çıkmakta bu enerji ışıma yoluyla dünyamıza ulaşır ve yeryüzünün ihtiyacı olan ısı ve enerjinin büyük bir bölümü karşılanmış olur. Güneşten iki farklı şekilde enerji elde edilmektedir. Birincisi ısı enerjisine dönüştürme, diğeri ise güneş enerjisinden fotovoltatik (PV) paneller yardımı sayesinde elektrik üretimidir. Bu fotovoltatik hücreler çevreyi kirletmeyen, gürültüsüz çalışan ve doğrudan güneş ışınlarını elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir.

Güneş enerjisi kökeninden diğeri enerji türleri meydana gelir. Bunlara güneş kökenli oluşan enerji kaynakları da diyebiliriz. Örneğin rüzgar ısı değişimi sonucu yeryüzünde oluşan bir hava hareketidir. Dalga ise toprak ve suyun sıcaklık farkından dolayı oluşan basınç farkını dengelemek için ortaya çıkan rüzgarın deniz veya okyanus üzerinde meydana gelmesiyle oluşmaktadır.

Rüzgar enerjisi elde edilmesindeki durum şöyle gelişmekte; güneşten gelen ısınn atmosferde sebep olduğu sıcaklık farkları dünyanın coğrafik yapısı ve kendi etrafında dönme hareketiyle birlikte büyük bir hava hareketi meydana getirmektedir. Güneşin ısıttığı havanın yoğunluğu azalırken hava yükselmeye başlar, bu hareket eden kütleinin yerinde oluşan boşluğu soğuk hava kütlesi kaplamaktadır. Bu hava hareketleri neticesinde de rüzgarlar meydana gelmektedir. Yeryüzünde oluşan bu rüzgar insanoğlunun geliştirmiş olduğu çeşitli teknolojilerle enerji elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Jeotermal kaynak yer kabuğundaki doğal ısı nedeniyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, erimiş madde ile gaz içerebilen doğal su, buhar ve gazları ifade eder. Yer kabuğunun yüzlerce metre altında sıcak kaya tabakaları ve akışkanlarda bulunan ısınn çatlaklardan sızarak yeryüzü seviyesine çıkması ile oluşan bir enerji çeşididir.

Enerji için kullanacağımız hidrojen kendi bulunduğu bölgede üretilebilen, taşınması ve depolaması güvenli ve kolay, taşıtlardan ısınmaya, sanayiden konutlara kadar her sektörde faydalanabileceğimiz bir enerji kaynağıdır. Hidrojen içten yanmalı motorlarda (İYM) doğrudan kullanımının yanı sıra ateşlenme olmadan da yanabilme özelliğine

sahip bir kaynaktır. Günümüz teknolojisi hidrojeninin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusunda ilerleme kaydetmektedir [20].

Biyokütle organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat atıkları dahil olmak üzere tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynakları ifade eder. Günümüz teknolojisi biyokütle organik atıkların işlem görmesi yoluyla konvansiyonel üretim tekniğiyle çalışan yakıt tiplerine dönüştürülüp kullanılmasına imkan sağlamaktadır.

Kısacası güneş ve güneş kökenli rüzgar, jeotermal, dalga, gel-git, hidroenerji, biyokütle, biyogaz vb. bitmeyen sonsuz bir enerji kaynağı kabul edildiği için yenilenebilir enerji olarak tanımlanmaktadır [19]. Petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil enerji kaynaklarının belirli bir tüketim ömrü olması rüzgar, güneş ve akarsu gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payının artmasını zorunlu hale getirmiştir [21].

2.3 Enerji Verimliliği

Ekolojik dengenin korunması adına ve fosil kaynakların çok yakın bir gelecekte tükenecek gerçeğinin biliniyor olması nedeniyle enerji verimliliğine önem verilmesi gerekmektedir. Enerji verimliliği kavramı; tüketilen enerji miktarının üretimdeki miktarı ve kalitesi düşürülmeden ekonomik kalkınma sürecini ve toplumsal yaşamı engellemeden asgari düzeye indirilmesidir [22].

Binalarda enerji verimliliği kavramı ise yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Enerji verimliliği politikaları, bir taraftan ekonomik büyüme ve sosyal kalkınma hedeflerinin sürdürülebilirliği ile doğrudan ilişkili olması diğer taraftan ise toplam sera gazı salımı azaltılmasında oynadığı kilit rol nedeniyle, hassasiyetle ele alınması gereken alanların başında gelmektedir [23].

Ülkemizde fosil enerji kaynaklara ikame olarak kullanılacak diğer enerji kaynakların halen yeterince ekonomik olmaması, bunun yanında yerli enerji kaynakların ihtiyacı karşılayamayışı ve büyük bir kısmının ithal ediliyor olması, ayrıca enerji tüketiminin nüfusla ve sanayileşme ile birlikte sürekli artıyor olması ve tüketim bedellerinde görülen artışlar sebebiyle enerji verimliliğine çok daha fazla önem verilmesi

gerekmektedir. Gereksiz kullanımı engelleyerek da enerjiyi tasarruflu kullanmaya önem verilmesi gerekmektedir. Enerji tasarrufu ve verimliliği hususu; enerji arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılık risklerinin azaltılması, çevrenin korunması ve iklim değişikliğine karşı mücadelenin etkinliğinin arttırılmasının sağlanması gibi 2023 yılı ulusal strateji hedeflerimizin ve enerji politikalarımızın en önemli bileşenlerinden biridir. Enerji verimliliği çalışmaları ile Türkiye'nin enerji yoğunluğunun (milli gelir başına tüketilen enerji) 2023 yılına kadar, 2011 yılına göre en az %20 azaltılması hedeflenmiştir [23].

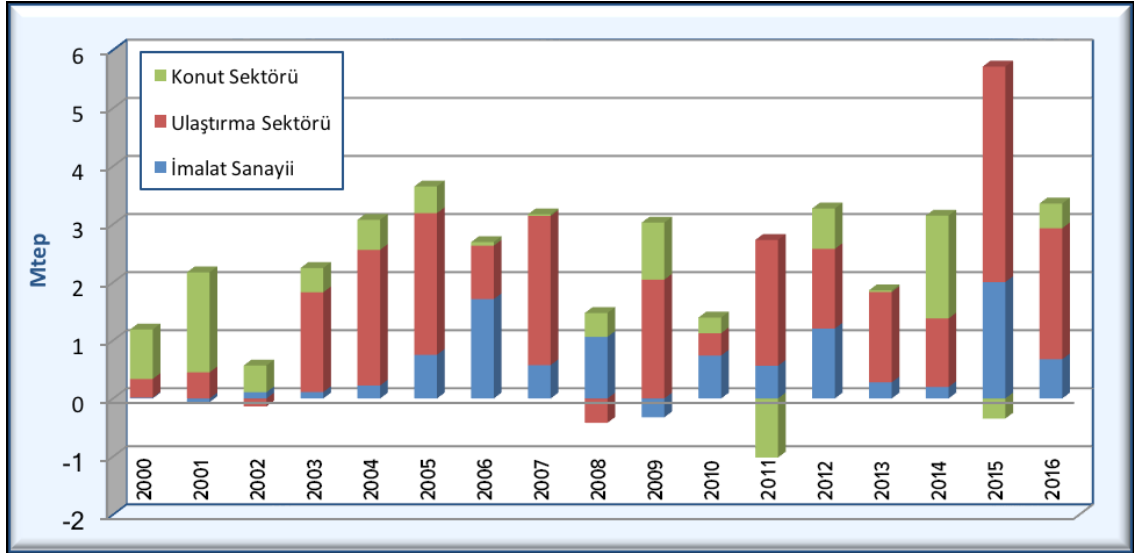
2016 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye’de net elektrik tüketimi sektörlere göre incelendiğinde toplam 231.204 GWh yıllık elektrik enerjisi tüketimi olmakta ve her yıl bu rakam bir miktar artış göstermektedir. Meskenlerde tüketilen elektrik enerjisi %22,2 iken resmi kurumlarda %3,9 seviyesinde olmaktadır [24].

Bir başka araştırmaya göre konutlarda kullanılan enerji, toplam enerji tüketiminin %31’ine ve kullanılan elektrik ise, toplam elektrik tüketiminin %43’üne karşılık gelmektedir. Bir binada çatı, cam, duvar ve döşemeden kaynaklanan ısı kayıplarının binanın toplam ısı kaybının %60-70’ine karşılık geldiği bilinmektedir [22].

Binalarda enerji tüketimi; iklimlendirme sistemleri olarak bilinen ısıtma, soğutma, havalandırma ile ışık ve aydınlatma ekipmanları, elektronik cihaz ve aletlerin tükettiği enerji sonucu gerçekleşmektedir. Konutlarda enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için;

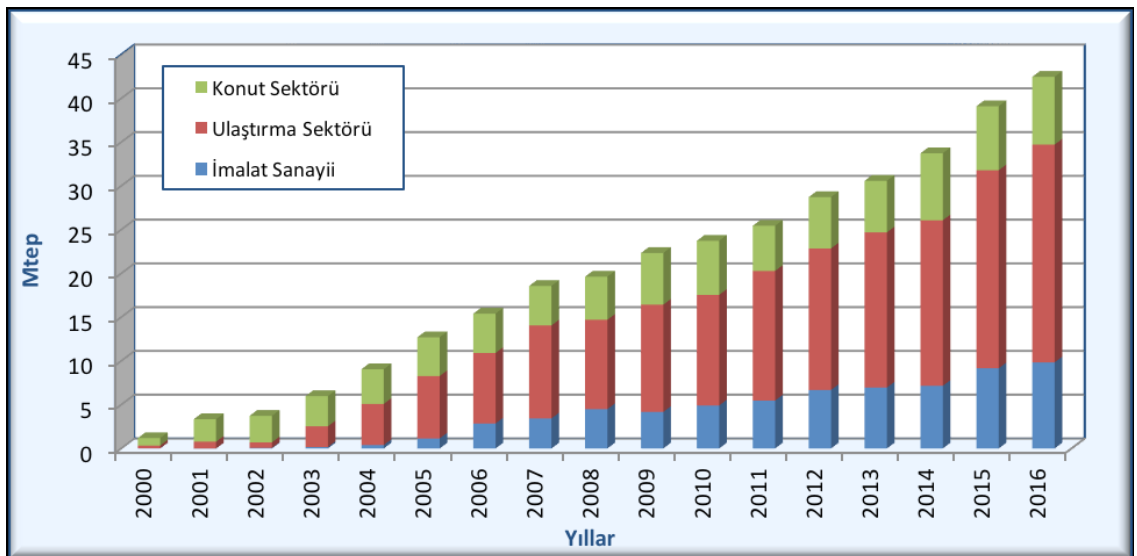
- Enerji atıkları geri kazanım yoluyla değerlendirilerek sürdürülebilirlik sağlanmalıdır,
- Enerji kayıplarına asgari seviyeye indirmek için mevcut ve yapılması planlanan yapıların ısı kayıp yüzeyleri olan çatı, duvar, döşeme ve cephesinde uygun malzeme ve kalınlıkta yalıtım yapılması gerekmektedir,
- Yapımı planlanan binanın şehircilik planlaması yapılırken coğrafi koordinatlara göre konumu ve yönü, iklim koşulları da dikkate alınarak yerleşimi en efektif şekilde tasarlanmalıdır,
- Binada enerji tüketimini oluşturan ısıtma-soğutma, aydınlatma sistemleri pasif enerji sistemleri ile desteklenmelidir,

- Teknolojik gelişmeler ve dijital uygulamalar takip edilmeli, ilgili kurumlarca çıkarılıp yürürlüğe sunulan yönetmelik ve standartlar uygulanmalıdır.



Şekil 2.1 Enerji verimliliği endeksinde yıllık sektörel tasarruf miktarı

Sektörler bazında yıllara göre sağlanan enerji tasarruf miktarları Şekil 2.1’de gösterilmektedir. Söz konusu sektörlerde bazı yıllarda “negatif enerji tasarruf” miktarları gerçekleşmiştir. Konut sektöründe 2011 yılında gerçekleşen negatif enerji tasarrufunun nedeni; 2011 yılında sert kış koşullarından dolayı alan ısıtması için önemli miktarda enerji tüketiminin gerçekleşmesidir. 2015 yılındaki negatif enerji tasarrufunun nedeninin ise tüketici alışkanlıklarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir [25].



Şekil 2.2 Enerji verimliliği endeksinde sağlanan kümülatif enerji tasarrufu

2000-2016 döneminde ODEX endeksine göre yapılan hesaplamalarda kümülatif olarak imalat sanayinde 9,8 MTEP, ulaştırma sektöründe 24,9 MTEP ve konut sektöründe 7,7 MTEP olmak üzere toplamda 42,5 MTEP enerji tasarrufu sağlanmıştır (Şekil 2.2) [25].

2.3.1 Enerji Verimliliğine Yönelik Önlemler

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023 kapsamında bina-hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi-teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplam 6 kategoride tanımlanan 55 eylem ile 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması hedeflenmektedir. Eylem planı ile 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23.901 ktep enerji tasarrufu sağlanması (Çizelge 2.1) ve bu tasarruf için 10,9 milyar ABD Doları yatırım yapılması ön görülmektedir (Çizelge 2.2). 2017 yılı fiyatları ile 2023 yılına kadar sağlanacak kümülatif tasarruf miktarı 30,2 milyar ABD Doları olup bazı tasarrufların etkisi 2040 yılına kadar devam edecektir [25].

Çizelge 2.1 UEVEP ile yıllara göre elde edilmesi öngörülen tasarruf miktarı ve karşılığı

2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		Kümülatif	
ktep	M\$	ktep	M\$	ktep	M\$	ktep	M\$	ktep	M\$	ktep	M\$	ktep	M\$	ktep	M\$
577	202	1.630	571	2.493	872	3.378	1.182	4.298	1.504	5.264	1.842	6.261	2.191	23.901	8.365

Çizelge 2.2 İhtiyaç duyulan toplam yatırım tutarı (milyon ABD \$)

Yıl	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOPLAM
Tutar	958	1.279	1.593	1.681	1.748	1.824	1.846	10.928

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nda, yatay konuları kapsayan 11 eylem bulunmaktadır (Çizelge 2.3) [25]. 2017 ve 2018 yıllarında başlamış olan eylem programlarıyla enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılması ve geliştirilmesi amaçlanılmıştır. Enerji verimliliği bulunan projelerin desteklenmesi, enerji verimliliğine yönelik işler için finansman desteği sağlanması, kamuda sürdürülebilir enerji politikası için satın alma ve işletme ön görüleri belirlenmiştir.

Çizelge 2.3 UEVEP göre başlamış olan 11 adet eylem planı çalışmaları

Eylem Kodu	Eylem Adı	Başlama Tarihi
UEVEP-Y1	Enerji Yönetim Sistemlerinin Kurulması ve Etkinliğinin Arttırılması	2018
UEVEP-Y2	Ulusal Enerji Verimliliği Finansman Mekanizmasının Geliştirilmesi	2018
UEVEP-Y3	Enerji Verimliliği Projelerinin Enerji Verimliliği Yarışmaları ile Desteklenmesi	2018
UEVEP-Y4	Enerji Verimliliği Projelerinde Teknik, Hukuki ve Finansal Hususları İçeren Kılavuz, Tıp Sözleşme vb. Altlıkların Oluşturulması	2017
UEVEP-Y5	Enerji Verimliliği Faaliyetlerinde Kayıt, Veri Tabanı ve Raporlama Sistemlerinin Geliştirilmesi	2017
UEVEP-Y6	Uluslararası Enerji Verimliliği Finansman İmkânlarının ve Etkinliğinin Arttırılması, Koordinasyon ve Kontrolü	2018
UEVEP-Y7	İdari ve Kurumsal Yapılanmanın Güçlendirilmesi	2017
UEVEP-Y8	Farkındalık, Eğitim ve Bilinçlendirme Faaliyetlerinin Yürütülmesi	2017
UEVEP-Y9	Enerji Verimliliği Etütleri	2018
UEVEP-Y10	Kamuda Sürdürülebilir İşletme ve Satın Alma Yaklaşımının Benimsenmesi	2017
UEVEP-Y11	Enerji Dağıtım veya Perakende Şirketlerine Yönelik Enerji Verimliliği Yükümlülük Programı	2018

Bina ve Hizmetler Sektörüne Yönelik Enerji Verimliliği Önlemleri: Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nda bina ve hizmetler sektörüne yönelik 12 eylem bulunmaktadır (Çizelge 2.4) [25]. 2017-2018 yıllarında başlamış olan eylem planıyla binalarda ve özellikle kamusal yapılarda enerji tasarruflu, sürdürülebilir ve çevreci enerji verimliliğine yönelik yatırımların ve politikaların gerçekleştirilmesi amaç edinilmiştir.

Çizelge 2.4 UEVEP bina ve hizmet sektörüne yönelik enerji verimliliği önlemleri

BİNA VE HİZMETLER SEKTÖRÜ		
Eylem Kodu	Eylem Adı	Başlama Tarihi
UEVEP-B1	İnşaat Sektöründe Kullanılan Malzeme ve Teknolojiye İlişkin En İyi Uygulamaların Tespiti ve Paylaşılması	2017
UEVEP-B2	Binalar İçin Enerji Tüketim Verilerini de İçeren Bir Veri Tabanı Oluşturulması	2018
UEVEP-B3	Kamu Binaları İçin Enerji Tasarrufu Hedefi Tanımlanması	2017
UEVEP-B4	Belediye Hizmetlerinde Enerji Verimliliğinin Arttırılması	2018
UEVEP-B5	Mevcut Binaların Rehabilitasyonu ve Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi	2017
UEVEP-B6	Merkezi ve Bölgesel Isıtma/Soğutma Sistemlerinin Kullanımının Özendirilmesi	2018
UEVEP-B7	Binaların Enerji Kimlik Belgesi Sahiplik Oranının Arttırılması	2017
UEVEP-B8	Sürdürülebilir Yeşil Binaların ve Yerleşmelerinin Belgelendirilmesinin Özendirilmesi	2018
UEVEP-B9	Yeşil Binalarda Enerji Verimliliğinin Özendirilmesi	2018
UEVEP-B10	Mevcut Kamu Binalarında Enerji Performansının İyileştirilmesi	2018
UEVEP-B11	Binalarda Yenilenebilir Enerji ve Kojenerasyon Sistemlerinin Kullanımının Yaygınlaştırılması	2018
UEVEP-B12	KOBİ Niteliğindeki Binalara Yönelik Enerji Verimliliği Etüt Programları ve Etütler İçin Kaynak Tahsisi	2018

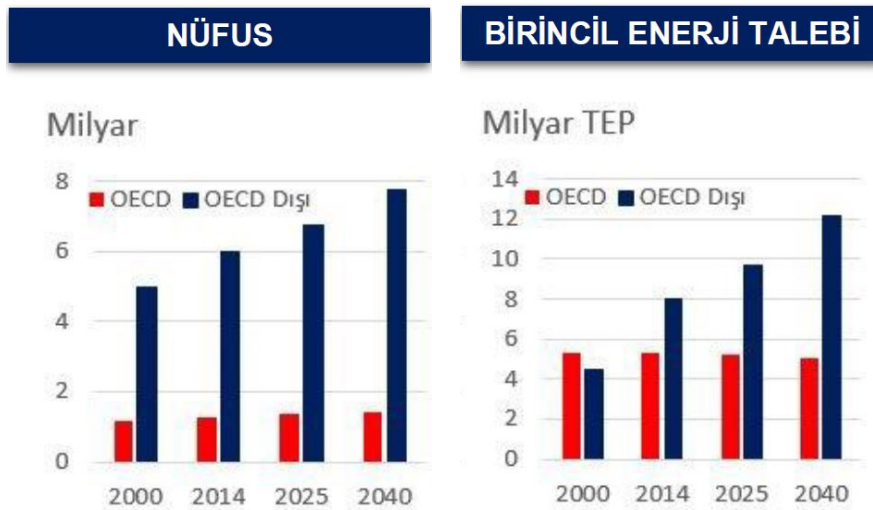
2.4 Dünya’da Enerji Durumu

Dünya elektrik üretimi için en yaygın olarak kullanılan kaynağın kömür olduğu ve hemen arkasından yenilenebilir enerji kaynaklarının geldiği görülmektedir. Elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların oranı her geçen gün artmaktadır. Bu kaynakların AB bölgesinde kullanımına baktığımızda önemli artışlar dikkat çekmektedir. Eurelectric

tarafından yayınlanan verilere göre 2015 yılında AB’de elektriğin %29’u yenilenebilir enerji kaynaklarından %56’sı ise düşük karbon kaynaklarından üretilmiştir. Dünya enerji talebini karşılamak için küresel enerji yatırımları her yıl artış göstermektedir. Uluslararası Enerji Ajansının (UEA) verilerine göre enerji sektörüne 2016-2040 yılları arasında küresel ölçekte toplam 66,5 trilyon ABD doları yatırım yapılacağı tahmin edilmektedir [18].

UEA’nın yapmış olduğu çalışmalarda 2050 yılına gelindiğinde dünyadaki elektrik enerjisi talebinin yaklaşık %11’inin güneş enerjisinden karşılanacağı düşünülmektedir [26].

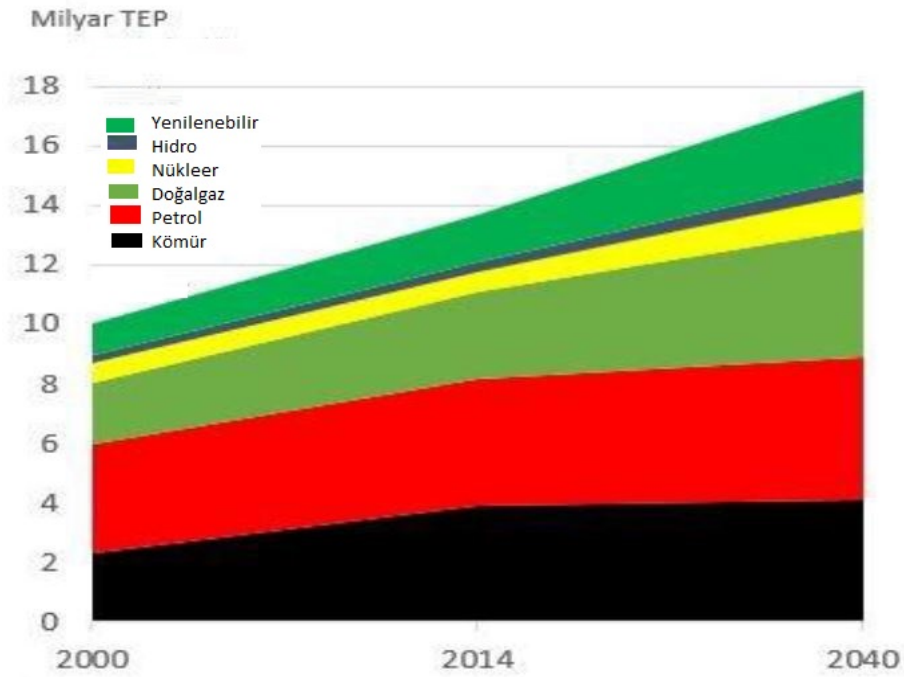
01 Ocak 2017 tarihi itibarıyla yayınlanmış olan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü Raporuna göre; dünyada birincil enerji tüketiminin artmasındaki ana sebep dünya nüfusu artışı ile gelir artışı olduğu belirtilmektedir. Nüfus artışının gelişmekte olan sanayi ve kentleşmelere bağlı olarak küresel enerji talep artışına önemli miktarda etki edeceği öngörülmektedir. Gelişmekte olan ülkeler (OECD) harici diğer ülkelerde nüfus artışına bağlı olarak birincil enerji ihtiyaçları da artacağı varsayılmaktadır. 2040 yılına kadar yaşanacak dönemde fosil yakıtların payları azalacak fakat bunlar yine de hakim yakıtlar olmaya devam edeceklerdir. Birincil yakıtlardaki nükleer yakıtın payı artacağı ayrıca yenilenebilir enerji payının %16,1 oranında olacağı ön görülmektedir.



Şekil 2.3 Nüfus ve birincil enerji talebi projeksiyonları

2050 yılında dünya nüfusunun 9 milyar kişiye ulaşacağı, enerji ihtiyacının ise 28 milyar kWh olacağı tahmin edilmektedir [18]. Yenilenebilir kaynakları yıllık ortalama %9,8

büyüme payları ile en hızlı büyüme oranına sahip enerji kaynakları olacağı ön görülmektedir.

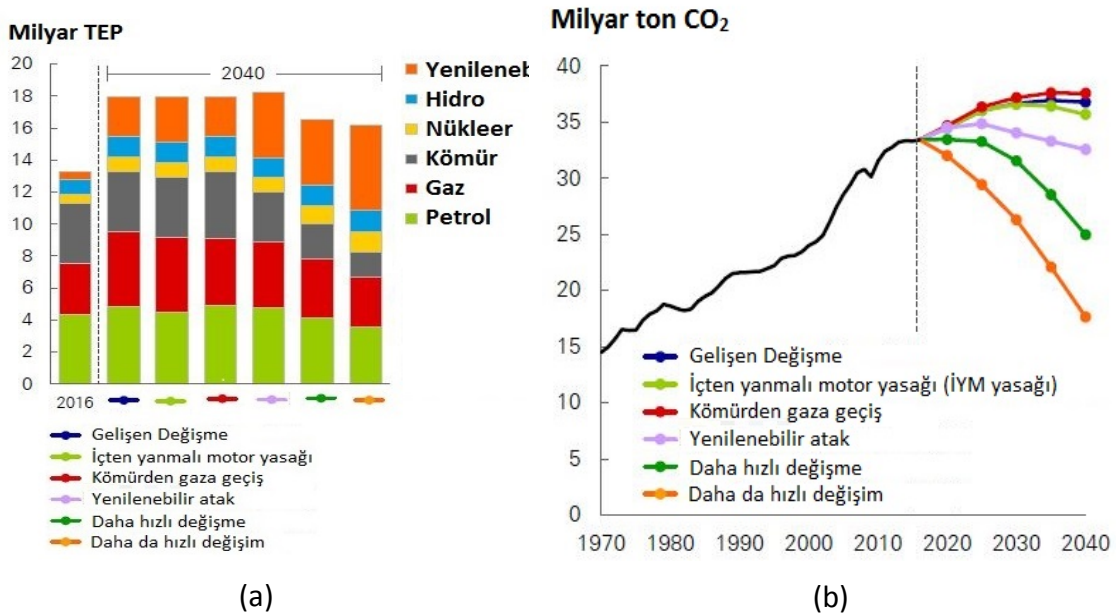


Şekil 2.4 Dünya birincil enerji talebinin kaynaklara göre dağılımı

Enerji öngörüsü üzerine yapılmış diğer bir araştırma, belli periyotlarda düzenli olarak British Petroleum (BP) firması tarafından enerji piyasaları için hazırlanan enerji öngörü raporudur. Söz konusu bu rapor gerçekleşmesi muhtemel birden fazla senaryo üzerinde enerji tahmininde bulunmaktadır. 2018 yılında yayınlanmış olan 2040 yılı enerji durumu güncel raporuna göre, bu senaryolar gerçekten birçok belirsizlik içerdiği gibi tam olarak açıklandığı şekilde de gerçekleşmesi olmayabilir. Bu rapor enerji piyasalarını 2040 yılına kadar çevreleyen tahmini olasılıklar üzerine oluşturulmuştur. BP'nin hazırlamış olduğu enerji öngörünümü raporu; sektörler, bölgeler ve yakıtlar olmak üzere 3 farklı bakış açısından ve bir dizi senaryoyu inceleyerek oluşturulmuştur.

Hükümetlerin uyguladıkları politikalar, yeni gelişen teknolojiler, sosyal tercihler, üretilen ve tüketilen enerji miktarları vb. hususlar enerji öngörüsünü tahmin etmede doğru sonuçlara ulaşmayı neredeyse imkansız hale getirmektedir. Enerji görünümü bir dizi farklı senaryoyu göz önüne alarak bu belirsizlik anlayışımızda kurtulmamıza yardımcı olacak şekilde oluşturulmaktadır. Enerji pazarındaki rekabet baskısının yoğunlaşacak olması görüşüne göre talep kısmı büyüme şeklinde devam edeceği üzerinedir. Küresel enerji tüketimi 2040 yılı öngörüsünde yaklaşık üçte bir oranında

artacağı düşünülmektedir. Ancak, enerji üretmedeki teknolojik gelişme ve ilerleme, petrol ve gazdan veya güneş, rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjiden daha hızlı olacağı tahmin edilmektedir. Nitekim yenilenebilir enerjideki hızlı büyüme şimdiye kadar görülen en çeşitlendirilmiş yakıt karışımı oluşumuna sebep olmaktadır. Bol ve çeşitlendirilmiş enerji kaynakları piyasalarda rekabet yaratacak seviyede olması tahmin edilmektedir. Diğer bir önemli husus gelişen teknoloji ve politikayla birlikte karbon emisyonlarındaki büyümenin geçmişe göre belirgin bir şekilde yavaşlayacağı düşünülmektedir. Her ne kadar enerjiyi oldukça verimli kullanıyor olsak da daha düşük karbonlu bir yakıt karışımına doğru kaymaya devam etmemizi teşvik eden kapsamlı bir yaklaşıma ihtiyacımız olmaktadır [28].



Şekil 2.5 Yakıtla birincil enerji tüketimi (a) ve karbon emisyonları değişimi (b)

Enerji tüketimindeki tüm dünyadaki büyüme miktarı, hızla büyüyen gelişmekte olan ekonomilerde, Çin ve Hindistan gibi, küresel enerji talebindeki büyümenin yarısını oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji, birincil enerjideki artışın %40'ını oluşturan en hızlı büyüyen enerji kaynağı olacağı tahmin edilmektedir. 2040 yılına kadarki enerji dağılımı, şimdiye kadar görülmüş olan en çeşitli dağılım olacaktır. Farklı senaryolar üretilerek oluşturulan enerji öngörüsü incelemesinde; günümüz ve 2040 yılına kadar şekillenecek farklı enerji çeşitlerinin tüketim miktarları Şekil 2.5 (a)'da gösterilmektedir [28].

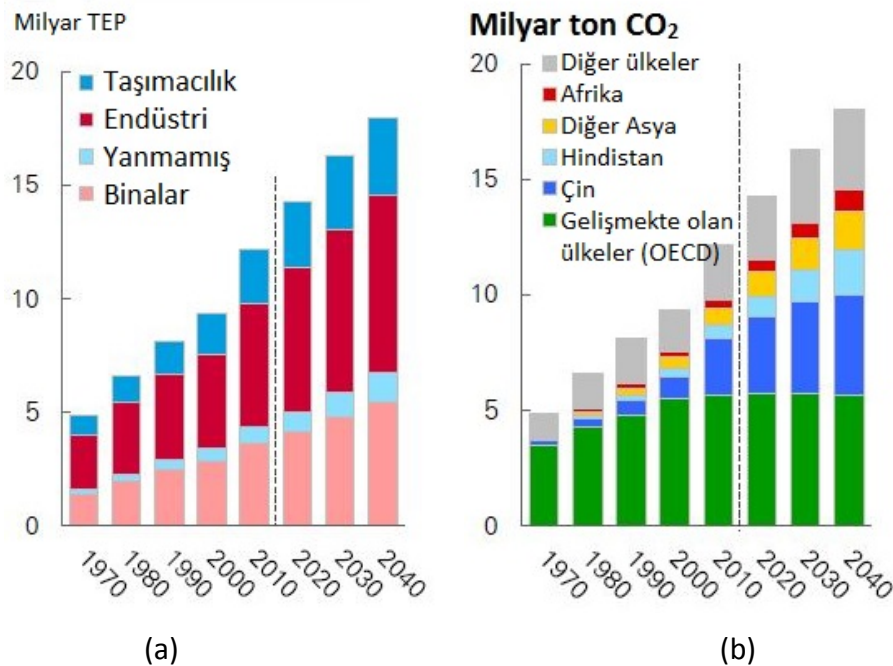
2040 enerji görünümü, enerji geçişinin farklı yönlerini keşfetmek için bir dizi alternatif senaryoyu ele almaktadır. Senaryolar, enerji talebinde önemli bir artış ve daha düşük

karbonlu yakıt karışımına doğru kayma olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte belirli politika veya teknoloji varsayımları açısından da farklılık göstermektedir. Yakın bir gelecekte gelişen değişme senaryosu hükümet politikalarının, teknolojinin ve sosyal tercihlerin hızlı bir şekilde gerçekleşeceği üzerine dayanmaktadır. Bunun yanında bazı senaryolar da türetilmektedir. Örneğin;

- İçten yanmalı motorların (İYM) satışını yasaklamaya yönelik İYM yasağı senaryosu,
- Yenilenebilir enerjiye yönelik yenilenebilir atak senaryosu,
- Daha büyük bir politika baskısı içeren senaryo,
- Kömürden gaza geçiş için daha zayıf politika desteği olan senaryo,
- Daha da hızlı geçiş olarak adlandırılan senaryo,

gibi oluşturulan bu senaryolara göre enerji tüketiminde farklı yaklaşımlar mevcuttur.

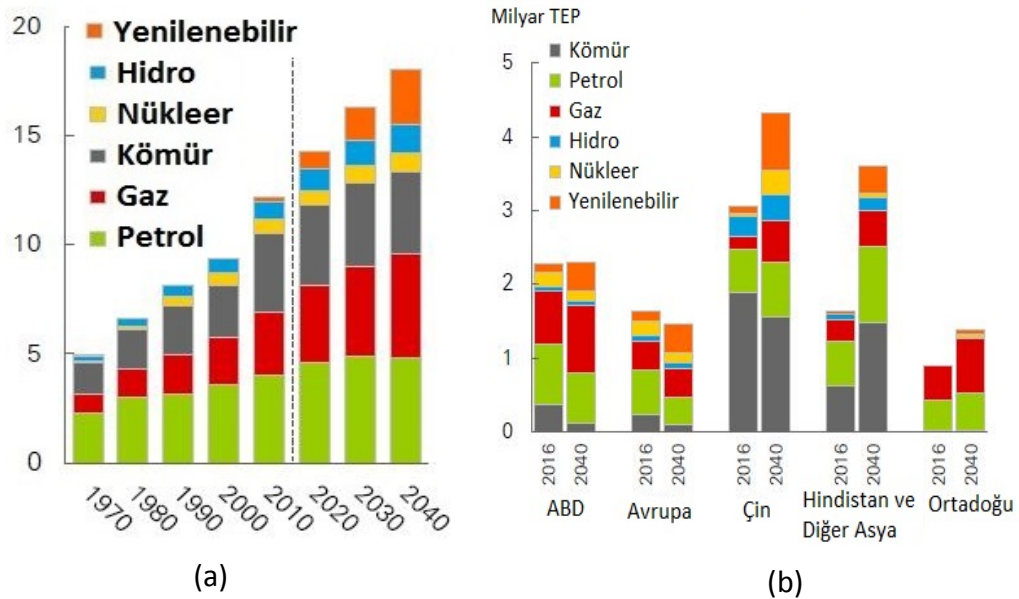
Farklı üretilen senaryolar için günümüz ve 2040 yılına kadar gözlenecek karbon emisyon miktarındaki değişim miktarı Şekil 2.5 (b)'de gösterilmektedir. Oluşturulan farklı senaryolara göre karbon salımı artışında düşüş ön görülmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji kullanımına bağlı ve hızlı geçiş senaryolarına bağlı olarak karbon emisyonlarında artışın duracağı ve azalmanın başlayacağı gözlenecektir [28].



Şekil 2.6 Enerji tüketimi gerçekleştiren unsurlar (a) ve bölgesel enerji ihtiyaçları (b)

Bir başka yaklaşım enerji kullanımı yapan sektör-son kullanıcı ön görüşü çalışması olup, 2040 perspektifi incelendiğinde Şekil 2.6 (a)'daki grafik ortaya çıkmaktadır. Talep artışı genel olarak tüm ana sektörlerle dayanmaktadır. Sanayi sektörü toplam büyümenin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Taşımacılık talebindeki artış, geçmişte olduğundan çok daha yavaş gerçekleşecek olup, bunun ana sebebi olarak da araç verimliliğindeki daha hızlı kazanımlar olduğu sonucu düşüncesidir. Enerjide verimlilik artışı yaşanacak olmasına rağmen nüfus artışı olması sebebiyle binalar enerji kullanımında artış gösterecektir.

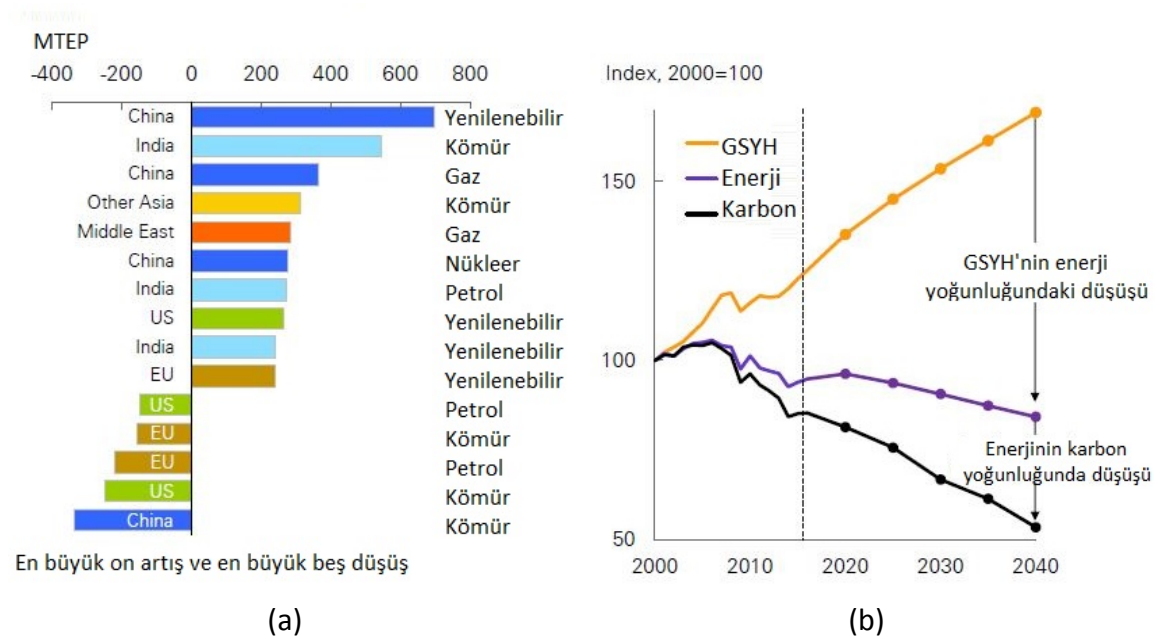
Bölgesel büyüme raporuna göre enerji talebindeki tüm büyüme artan refahın yol açtığı hızlı büyüyen gelişmekte olan ekonomilerden kaynaklanmaktadır (Şekil 2.6 (b)). Çin, Hindistan, diğer Asya ve diğer ülkeler CO₂ emisyonundaki yani enerji tüketimindeki büyümenin yaklaşık üçte ikisini oluşturacağı tahmin edilmektedir [28].



Şekil 2.7 Yakıtların tüketim miktarları (a) ve yakıt-bölgesel birincil enerji ihtiyaçları (b)

Yakıtların dikkate alındığı durum incelendiğinde ise yenilenebilir enerji, enerji artışının %40'ını oluşturan en hızlı büyüyen enerji kaynağı olduğu Şekil 2.7 (a)'da görülmektedir. Yenilenebilir; doğalgaz, petrol veya kömürden daha hızlı büyüme gerçekleştirmektedir. Ayrıca bu yakıt tüketim miktarları grafiği 2040 yılına kadar kullanılacak çeşitli enerjilerin oranları açısından değerlendirildiğinde şimdiye kadar görülen en çeşitlendirilmiş enerji grafiği olduğunu göstermektedir [28].

Yakıt karışımlarındaki bölgesel farklılık ve bu 2040 senaryosundaki değişme derecesi olan artış veya azalış miktarı enerji geçişi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Küresel enerji talebindeki büyümenin çoğunluğunu oluşturan bölgelerde bulunan Çin, Hindistan ve diğer gelişmekte olan Asya ülkelerinin hepsi nispeten kömür miktarı çok daha fazla olan yakıt karışımlarıyla enerji taleplerini karşılamaktadırlar. Herhangi bir enerji kaynağının bölgesel düzeyde en büyük büyümesinin Çin'de yenilenebilir enerji kaynaklarının artması ile olduğu Şekil 2.7 (b)'de gösterilmektedir. Buna karşılık, Hindistan ve diğer gelişmekte olan Asya'daki kömür miktarının kendi içindeki yüzdesel payı büyük ölçüde değişmemiştir. Bu ülkelerde kömür talebi genel enerji talebiyle birlikte artmaktadır. ABD ve AB ülkeleri, her ikisi de farklı yakıtlarla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırarak kömür kullanımını azaltmaya yönelik bir vizyon gerçekleştireceklerdir. Bu ülkelerin daha çevreci yakıt kullanımını uygulamaya yönelik politikalara yöneleceği öngörülmektedir. Son olarak Orta Doğu enerji talebindeki büyümenin neredeyse tamamı doğal gaz tüketimindeki artışla karşılanacak olduğu Şekil 2.7 (b)'de gösterilmektedir [28].

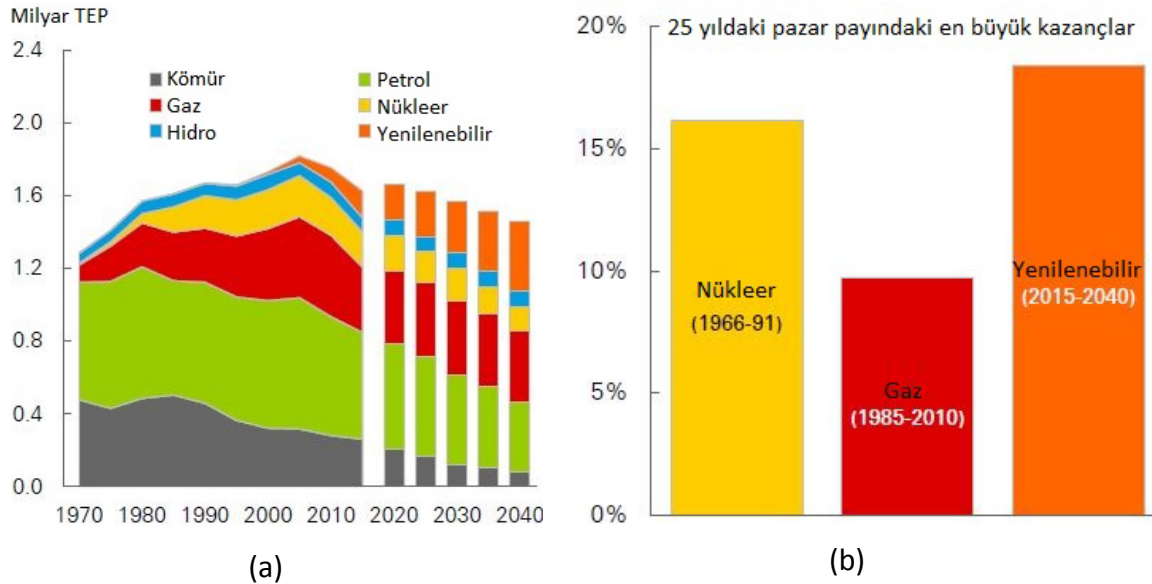


Şekil 2.8 Enerjinin yakıt-bölgesel değişimi (a) ile GSYH, enerji ve karbon emisyonu (b)

Çin, günümüzde dünyanın en büyük enerji tüketicisidir ve gelecek son 20 yılda küresel enerji için en önemli büyüme kaynağı olacaktır. Fakat Çin daha sürdürülebilir bir

büyüme modeline geçtiğinde, enerji ihtiyacı da değişecektir. Gelişen değişme senaryosuna göre Çin'in kömür tüketimi yoğunluğu düşerken, yenilenebilir enerji kullanımı çok ciddi bir oranda artış göstermektedir. Çin'in enerji karması da kayda değer ekonomik yapı ve daha temiz, daha düşük karbonlu yakıtlara yönelme taahhüdüyle önemli ölçüde değişmektedir. Bunun yanında AB ülkelerinin daha düşük karbon ekonomisine geçişe öncülük etmekte olduğu Şekil 2.8 (a)'da görülmektedir [28].

Gelişen değişme senaryosuna göre, 2040 yılına kadar AB ülkelerinin karbon emisyonları 2016'dakinden %35 daha düşük olduğu Şekil 2.8 (b)'de gösterilmektedir. AB ülkelerinin birim gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) başına karbon emisyonları dünya ortalamasının neredeyse yarısı kadardır. Bu geçiş, enerji verimliliğini hedefleyen ve düşük karbonlu yakıtlara doğru kaymayı teşvik eden bir dizi politika tarafından desteklenmektedir [28].



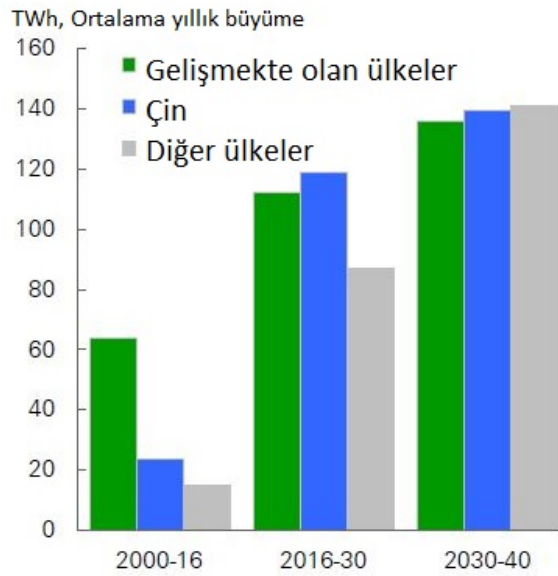
Şekil 2.9 Yıllara göre birincil enerji tüketimi (a) ve güç piyasası penetrasyon hızı (b)

2040 yılına gelindiğinde AB üye ülkeleri, GSYH düzeyinin üç kattan fazla olmasına rağmen, 1975'te olduğu gibi kabaca aynı miktarda enerji tüketmektedirler. Yine düşük karbonlu yakıt karışımına geçiş de bu düşüncede önemli bir rol oynamaktadır. Enerji tüketimi miktarı, yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artmasına rağmen miktar olarak düştüğü (kömür tüketimi gibi) Şekil 2.9 (a)'da gösterilmektedir [28].

2040 yılına gelindiğinde, fosil olmayan yakıtlar, AB üye ülkeleri enerji talebinin yaklaşık %40'ını oluşturacağı Şekil 2.9 (b)'de gösterilmektedir. Bu rakam, 2016'da AB üye ülkeleri için %25 iken, 2040 yılında dünya ortalaması olan %25'ten oldukça yüksek

olacaktır. Bu da yenilenebilir enerjinin en büyük enerji kaynağı olacağını göstermektedir [28].

Yenilenebilir enerjinin güçlü bir şekilde büyümekte olduğu ve yenilenebilir enerjinin toplam enerji sektöründe payını artırmakta olduğu Şekil 2.10'da gösterilmektedir. Gelişen değişme senaryosuna göre, toplam güçteki yenilenebilir enerji kaynakları miktarı, enerji üretimindeki artışın %50'sinden fazlasını oluşturan en hızlı büyüyen enerji kaynağı olduğunu göstermektedir [28].



Şekil 2.10 Yenilenebilir gücün büyümesi

Yenilenebilir enerjideki güçlü büyümenin, rüzgar ve güneş enerjisinin artan rekabet gücü ile sağlanması ön görülmektedir. Gelişen değişme senaryosunda, sübvansiyonlar 2020'lerin ortasından aşamalı olarak karbon fiyatlarında kademeli bir artış ve düşük karbonlu enerjiye geçişi destekleyici düzenlemelerle yenilenmekte ve yenilenebilir enerji, diğer enerji kaynaklarına karşı giderek daha fazla rekabet edebilir olacaktır görüşü baskındır [28].

Yenilenebilir enerjideki genişleme, Çin ve gelişmekte olan diğer dünya ülkeleri tarafından AB üye ülkelerinden büyümenin ana motoru unvanını devralacaktır. Çin'in OECD'nin tamamından daha fazla yenilenebilir enerji ekleyerek en büyük büyüme kaynağı olacağı; Hindistan'ın ise 2030 yılına kadar en büyük ikinci büyüme kaynağı olacağı varsayılmaktadır. Yenilenebilir enerjilerin ileri vizyonunda enerji üretiminde pay aldıkları hız, benzer bir dönemde diğer enerji kaynaklarından daha hızlı olacaktır. En

yakın paralel 1970'lerde ve 1980'lerde nükleer enerjide yaşanmış olan artış hızıdır. Bu da yenilenebilir enerji sektörü için önemli bir ivme kaydettiğini göstermektedir [28].

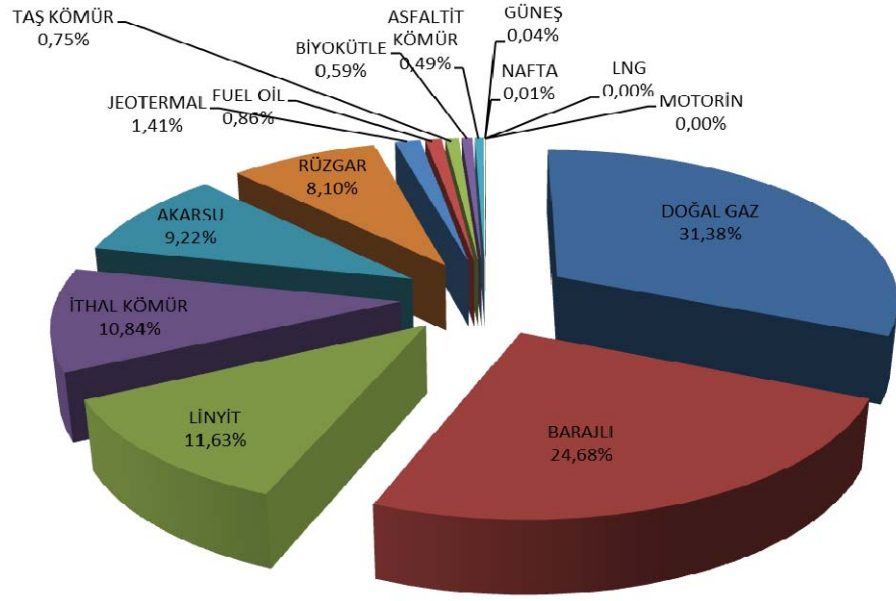
2.5 Türkiye’de Enerji Durumu

Türkiye'nin temel enerji kaynakları; petrol, linyit kömürü, doğalgaz, jeotermal enerji, odun ve hidrolik enerji olarak gözükmektedir. Türkiye komşularında olduğu gibi yeterli petrol ve doğalgaz rezervlerine sahip değildir. Bu bakımdan Türkiye; petrol, doğalgaz ve kömür gibi enerji kaynaklarına bağımlıdır. Bu bağımlılık Türkiye’ye ekonomik olarak büyük bir yük oluşturmaktadır. Aslında, Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynağı potansiyeli zengin ve çeşitlidir. Türkiye’de kömürden sonra gelen ikinci büyük enerji kaynağı yenilenebilir enerjidir [29].

Türkiye’nin fosil yakıtlardan sahip olduğu en önemli enerji kaynağı düşük kaliteli kömürdür ve yakılmasıyla aşırı miktarda CO₂, SO₂, kül ve partikül emisyonları açığa çıkmaktadır. Yenilenebilir olmayan fosil yakıtlar bakımından fakir bir ülke olan Türkiye direkt elektrik, doğalgaz, petrol ve yüksek kalitede kömür alımı için milyarlarca lira ithalat yapmaktadır. Bu şartlar altında Türkiye, önemli potansiyele sahip olan yenilebilir enerji kaynaklarına ivedilikle yönelmelidir. Türkiye’deki başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik enerji, biyokütle, rüzgâr, biyogaz, jeotermik ve güneş enerjisidir.

2017 yılı itibariyle toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı yaklaşık %30 kadar olup, büyük bir kısmı olan %20’sini hidrolik enerji oluşturmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye’de 2020 yılında toplam elektrik üretiminin %8 artacağı planlanmaktadır. Söz konusu büyümenin dış kaynaklardan karşılanmasının ekonomik yükü daha da artıracığı göz ardı edilmemelidir [18].

2017 yılında elektrik üretimimizin %37’si doğalgazdan, %33’ü kömürden, %20’si hidrolik enerjiden, %6’sı rüzgardan, %2’si jeotermal enerjiden ve %2’si diğer kaynaklardan elde edilmiştir. 2018 yılı ağustos ayı sonu itibariyle EPDK verilerine göre lisanslı elektrik kurulu gücümüz kaynak bazında şöyle olmaktadır; elektrik üretiminde doğalgazın payı %37’den %31,38 seviyelerine, kömürün payı geçen seneye göre yaklaşık %33’ten %23,71 seviyelerine bir oranda azalmaktayken bunların yerine elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımında artış olduğu görülmektedir [30].



Şekil 2.11 Lisanslı elektrik kurulu gücünün kaynak bazında dağılımı

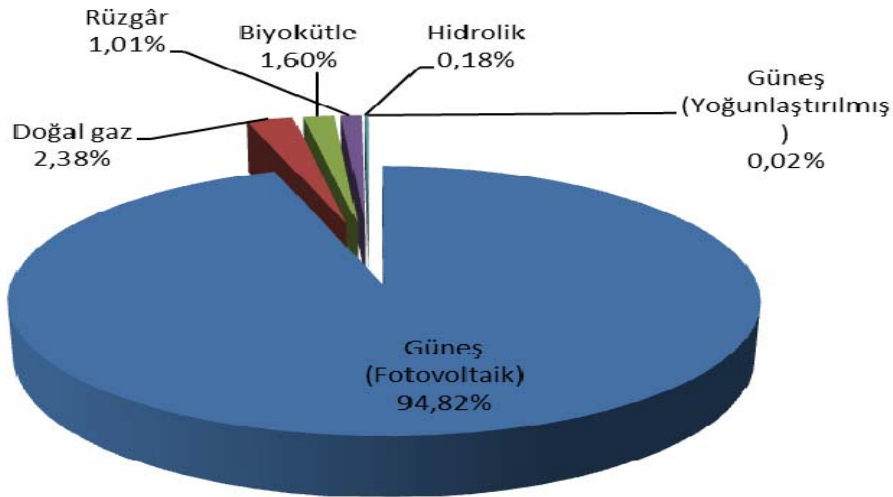
2018 yılı ağustos ayı sonu itibariyle Türkiye'nin lisanslı elektrik kurulu gücü 82.485 MW, lisanssız kurulu gücü 4.962MW'tır. Toplamda ise 87.447MW kurulu güce sahiptir [30].

2018 yılı ilk yarısı için Türkiye lisanslı elektrik kurulu gücünün kaynak bazlı dağılımı Şekil 2.11'de gösterilmektedir. Oysa 2018 yılı ilk yarısı sonunda toplam kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı; %32,0'ı hidrolik enerji, %26,4'ü doğalgaz, %21,4'ü kömür, %7,7'si rüzgar, %5,4'ü güneş, %1,3'ü jeotermal ve %5,8'i ise diğer kaynaklar şeklindedir. Elektrik tüketiminde meydana gelen artış elektrik üretimi artışına sebep olmaktadır. Üretilen enerjide fosil yakıtlardan elde edilen enerji miktarlarında düşüş görülürken yenilenebilir kaynaklı enerji miktarında artış olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra toplam üretilen enerji sıralamasında güneş kaynaklı elektrik üretim miktarı yüzdesel dilimde belirgin bir paya sahip olmaya başlamıştır. Ayrıca ülkemizde elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2018 yılı ilk yarısı itibarıyla lisanssız santraller dahil 6.886'ya yükselmiştir. Mevcut santrallerin 636 adedi hidroelektrik, 41 adedi kömür, 232 adedi rüzgar, 40 adedi jeotermal, 303 adedi doğal gaz, 5.422 adedi güneş, 212 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir [31].

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m²yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m²gün)

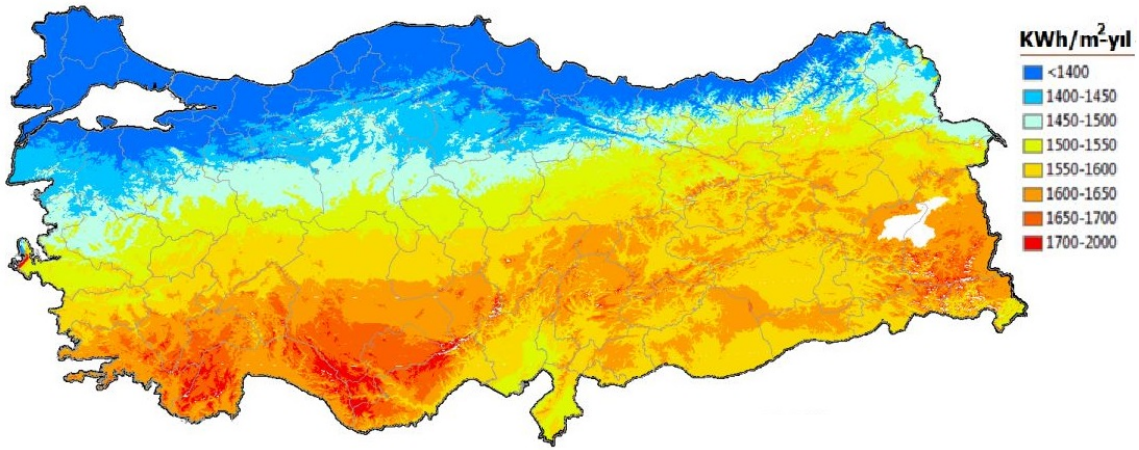
olduğu tespit edilmiştir. 2018 Ağustos ayı sonu itibarıyla ülkemizde lisanssız 4.705 MW, lisanslı 4.663 MW olmak üzere toplam kurulu gücü 9.368 MW olan fotovoltaik güneş enerjisi santrali mevcuttur [30].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi potansiyeli bakımından ise ülkemiz 36°-42° kuzey enlemleri arasında kuzey yarımküre üzerinde ve sahip olduğu bu coğrafi konum itibarıyla güneş enerjisi potansiyeli açısından uygun konumda yer almaktadır. Bu potansiyel enerji ağırlıklı olarak sıcak su üretiminde kullanılmakla birlikte elektrik enerjisi üretiminde kullanımı yok denecek seviyededir. Ülkemizde sıcak su üretimi amaçlı olarak 12 milyon m² civarında düzlemsel güneş kolektörü kullanılmaktadır. Güneş enerjisi potansiyelimizden sonuna kadar yararlanmak amacıyla güneş enerjisine dayalı elektrik enerjisi üretim tesislerinin yaygınlaşması hedeflenmektedir.



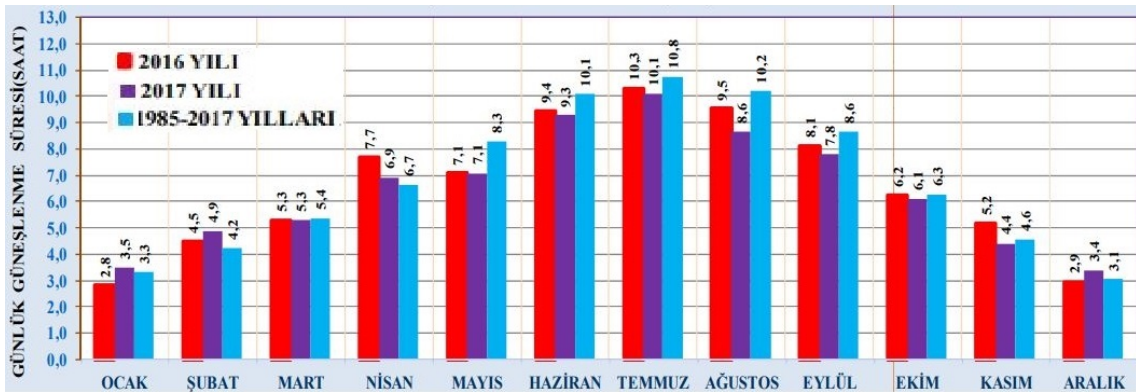
Şekil 2.12 Lisanssız elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı (2018 Ağustos)

Ülkemizdeki güneş enerjisi uygulamaları açısından en iyi alanların nereler olduğu tespiti ve belirlenen bu alanlardaki güneş enerjisine dayalı elektrik veya ısı enerjisi üretim imkanlarının belirlenmesi amacıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı olan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından çalışmalar yapılmakta ve kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır [32].



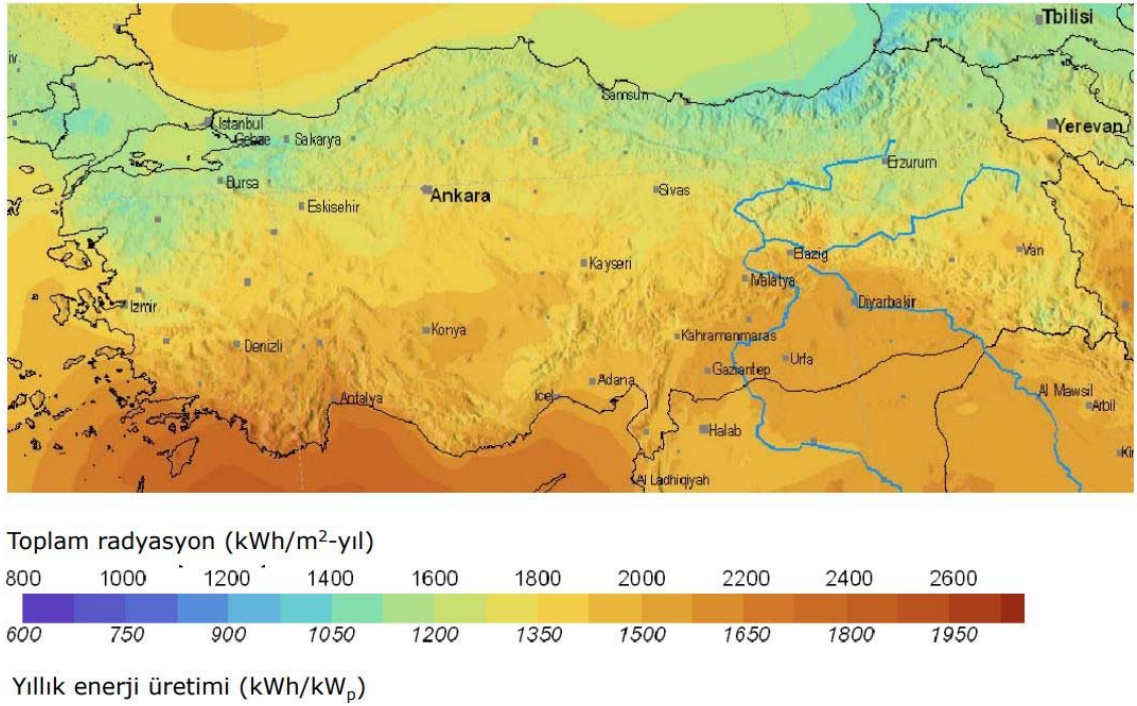
Şekil 2.13 Türkiye toplam güneş radyasyonu

Türkiye toplam güneş ışınlamı haritası olan GEPA Şekil 2.13'te gösterilmektedir. Burada Türkiye'nin farklı bölgelerinin yıllık olarak kWh/m² cinsinden aldıkları toplam güneş ışınlamını gözlemlemek mümkündür. Bu yaklaşık ortalama değerler olup veriler yıllara göre farklılık gösterebilmektedir [33].



Şekil 2.14 Aylık ortalama günlük güneşlenme süresi karşılaştırması

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye'nin aylık ortalama günlük güneşlenme süresi verisinin 1985-2017 yılları değerlerinin 2016 ve 2017 yılları ile karşılaştırılması Şekil 2.14'te gösterilmektedir [34]. 1985-2017 yılları arasında ölçülmüş olan aylık veriler mevsimsel koşullar neticesinde her yıl düzenli olarak artmıştır, azalmıştır ya da değişmemiştir şeklinde yorumlanması imkansızdır. Fakat birbirine çok yakın bir oran dahilinde yıllık değişimler gerçekleşmiştir. Ülkemizde aylık ortalama güneşlenme süreleri yaz ayları olan haziran, temmuz ve ağustos aylarında en yüksek değere ulaşmaktadır.

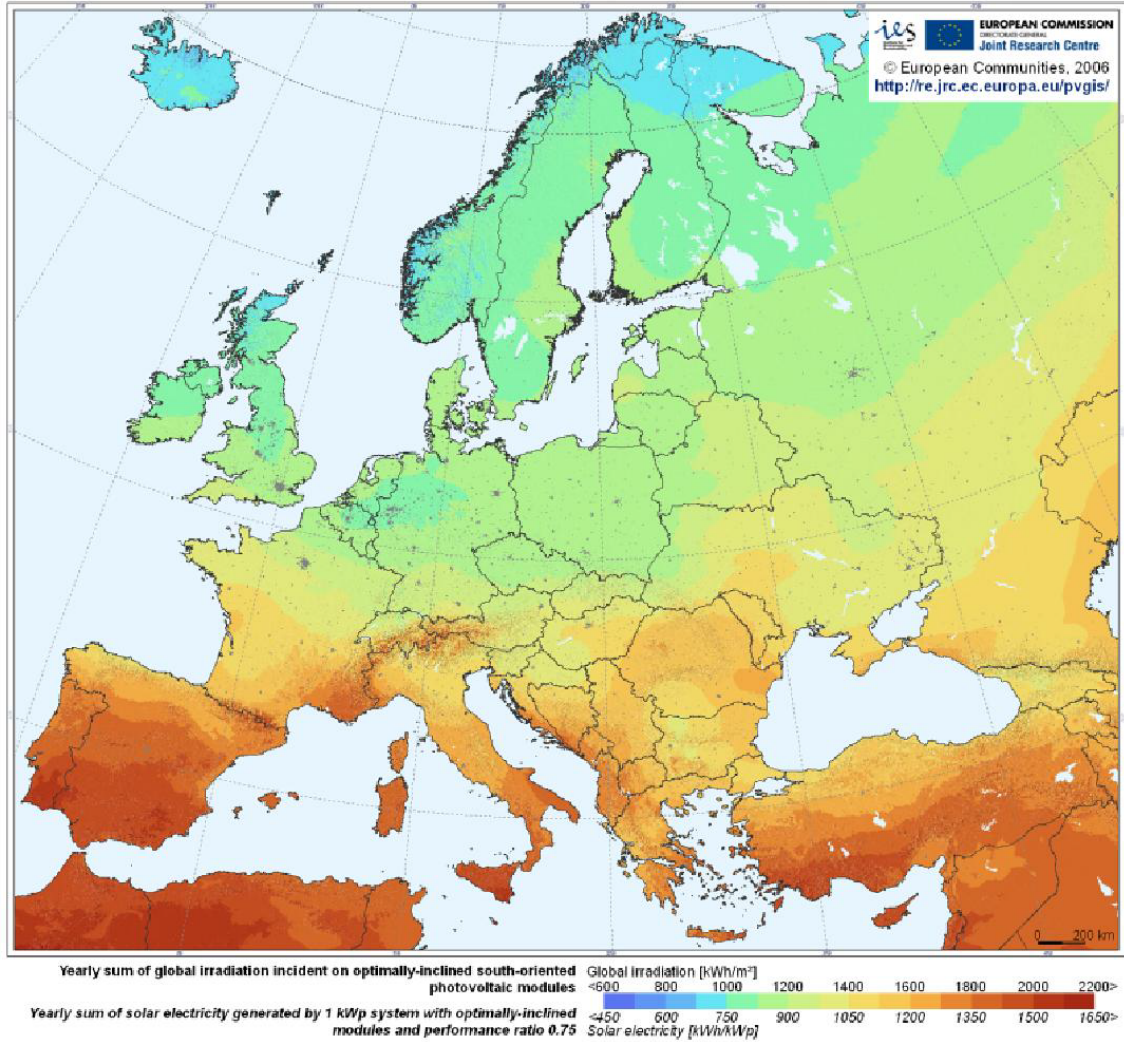


Şekil 2.15 Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli

Avrupa Komisyonu tarafından Türkiye için hazırlanmış olan Optimum Eğim Açısına Yönlendirilmiş Güneş Pili Panelinin Enerji Üretimi potansiyeli haritası Şekil 2.15'te gösterilmektedir. Burada skalanın üst kısmı GEPA haritasına benzer olarak yıllık toplam global ışınlamı bilgisini kWh/m² cinsinden gösterirken, skalanın alt kısmı optimum eğimli güneş panelleriyle performans oranı 0,75 kWh/kWp olan, 1 kWp'lik bir sistemin üretebileceği yıllık elektrik enerjisini göstermektedir. Burada verilen Wp, bir modülün tepe güç değerini sembolize etmektedir. Tepe güç bir modülün standart test koşulları altında, 1.000 W/m² ışınlamı, 1,5 değerinde atmosfer güneş ışığını geçirme oranı ve 25 °C'ta ölçülen en yüksek gücünü göstermektedir. Performans oranı sistemin gerçek kazancının, teoride elde edilebilecek en yüksek sistem kazancına olan oranıdır.

AB üye ülkelerinin fotovoltaik elektrik üretimi potansiyeli Şekil 2.16'da gösterilmektedir. Burada skalanın üst kısmından güneşe yönlendirilmiş, optimal açılı fotovoltaik paneller üzerindeki yıllık toplam güneş ışınlamı kWh/m² cinsinden okunurken, skalanın alt kısmından optimum eğimli güneş panelleriyle performans oranı değeri 0,75 olan 1 kWp'lik bir sistemin üretebileceği yıllık elektrik enerjisi gösterilmektedir. Türkiye'nin Avrupa ülkeleri içinde güneş ışınlamı yeğlinliği açısından üstün coğrafi koşullara sahip ülkelere biri olduğu görülmektedir. Türkiye'deki güneş ışığı potansiyeli göz önüne alınarak, elektriğin üretimi için fotovoltaik sistemlerin

kullanılması çok uygun bir tercih olmaktadır. Almanya'nın yıllık toplam güneş ışınımı 1.000-1.200 kWh/m²'ler mertebesinde olduğu halde, Almanya güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda bir dünya lideri haline gelmiştir.



Şekil 2.16 Avrupa ülkelerinin güneş enerjisi potansiyeli

Türkiye'nin yıllık toplam güneş ışınımı ise 1.400-2.200 kWh/m² mertebelerinde olup, bölgesel olarak belli bölgelerde Almanya'nın iki katına kadar çıkmaktadır. Türkiye'nin mevcut potansiyelini kullanmasının ne kadar önemli olduğunu açıkça vurgulamaktadır.

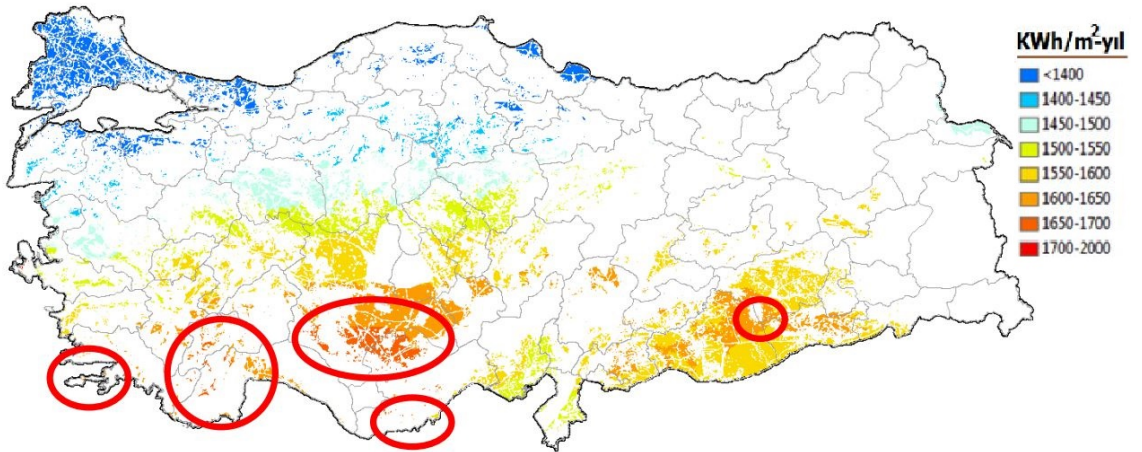
Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli 1,3 milyar ton yakıta eş değerdir. Fakat Türkiye'deki fotovoltaik enerji uygulamaları çoğunlukla devlet kuruluşlarının uzak bölgelerdeki elektrik talebini karşılamak için kurduğu sistemlerle sınırlı kalmaktadır. Fotovoltaik sistemlerin ana uygulama alanları telekomünikasyon istasyonları, otoyol sinyalizasyonu, tarımsal sulama uygulamaları, orman takip istasyonları, yangın gözlem istasyonları, deniz fenerleri ve otoyol acil durum sistemleridir.

2.6 Konya’da Enerji Durumu

2018 yılı ağustos ayı sonu itibariyle lisanslı elektrik üretiminin illere göre dağılımında Konya 14.937,47 MWh’lık üretim ile toplamda %0,06’lık paya sahip olup, ülke genelinde sıralamada sonlarda yer almaktadır.

Bunun yanı sıra, lisanssız elektrik kurulu gücünün illere göre dağılımında Konya 502,41 MW kurulu gücü ile ülke genelinde toplamda %10,12 paya sahiptir. Lisanssız elektrik üretiminde 103.968 MWh ve toplamda %10,49 pay ile Türkiye’deki tüm illeri geride bırakarak 1.sırada yerini almaktadır [30].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinden elektrik üretimi açısından incelendiğinde ise Konya 37.52°N 32.35°E enlem ve boylamlarında ve bulunduğu enlem itibariyle global güneş enerjisi potansiyeli yüksek bir konumda yer almaktadır. Güneş radyasyonu verileri açısından diğer iller ile karşılaştırıldığında Konya bölgesi fotovoltaik enerji üretimi açısından oldukça avantajlı bir konumdadır.



Şekil 2.17 Güneş termik santraller kurulabilecek alanlar

Türkiye haritası üzerinde kırmızı daire içine alınmış bölgelerde global güneş radyasyonu yıllık 1.650 kWh/m² değerinden büyük olan yerler gösterilmektedir. Güneş enerjisi santrali kurulumu için bu bölgeler enerji verimi açısından son derece değerli yerlerdendir. Konya’nın yıllık global güneş radyasyon miktarının fazla olduğu yerler arasında olduğu Şekil 2.17’de gösterilmektedir.



Şekil 2.18 Güneş enerjisi santrali kurulumu için enerji verimli alanlar

Gerekli fotovoltaik sistemin seçimi için önemli bir bulgu projesi yapılacak yerin konuşlandığı bölgeye dair güneşlenme verileridir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan GEPA'da Konya için elde edilen toplam güneş radyasyonu değerleri Şekil 2.18'de verilmektedir [33].

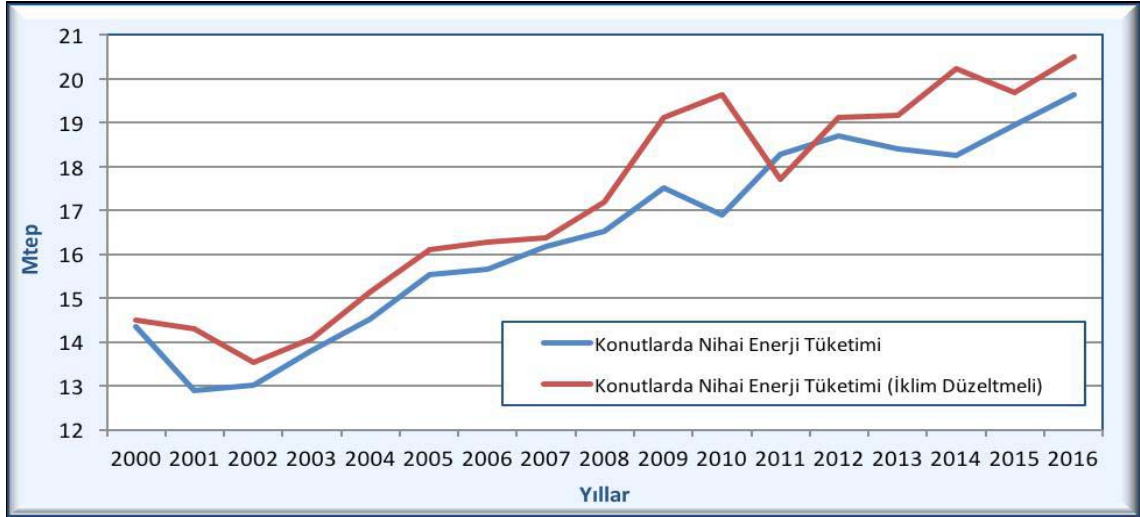
Konya'nın yüzölçümü dikkate alındığında yaklaşık 4.000 km² alan üzerine kurulumu yapılabilecek GES için ne kadar bir güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu basitçe yapılacak bir işlemle şöyle hesaplanabilir;

$$4.000 \text{ km}^2 \times 1.650 \text{ kWh/m}^2\text{yıl} = 6.6 \times 10^9 \text{ MW/yıl}$$

Konya ilinin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin çok yüksek bir değerde olduğu yapılan hesaplamayla görülmektedir.

2.7 Konutlarda Kullanılan Enerji Miktarları

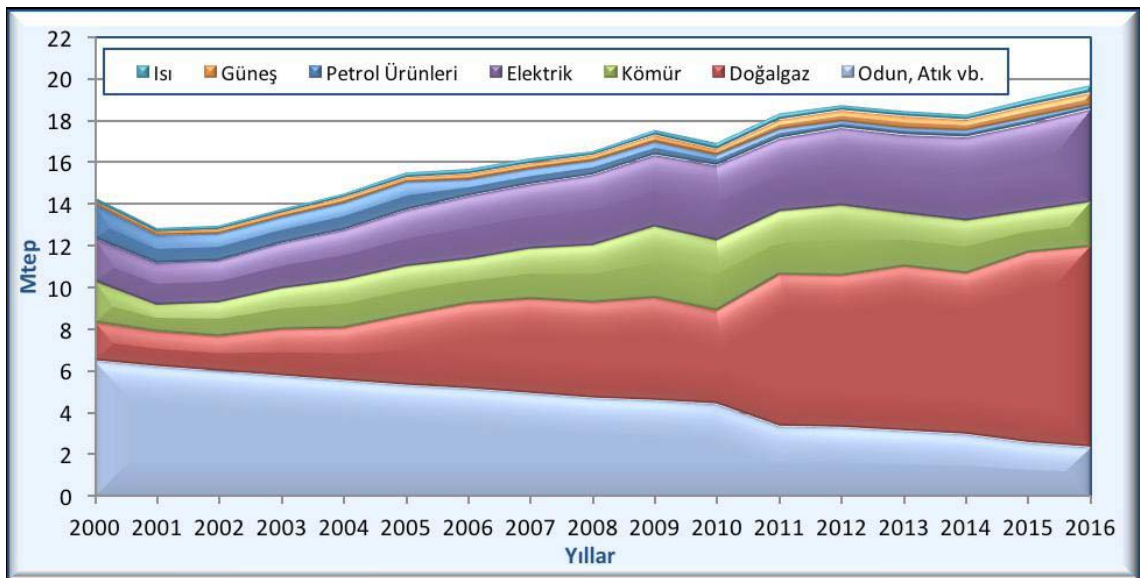
2016 yılında konut sektöründe tüketilen enerji 2000 yılına kıyasla %36,8 oranında artarak 19,7 MTEP değerine ulaşmıştır. Gerçekleşen bu değer iklim düzeltmeli olarak hesaplandığında ise konutlarda tüketilen enerjinin 2000 yılına kıyasla %41,3 oranında arttığı görülmektedir (Şekil 2.19). 2000-2016 döneminde konutlardaki enerji tüketiminin yıllık bazda ortalama artış hızı ise %2 olarak gerçekleşmiştir. Bu dönem içerisinde petrol ürünleri, yakacak odun ve hayvansal-bitkisel atık kullanımı azalırken diğer kaynakların kullanımında ise artış söz konusudur [25].



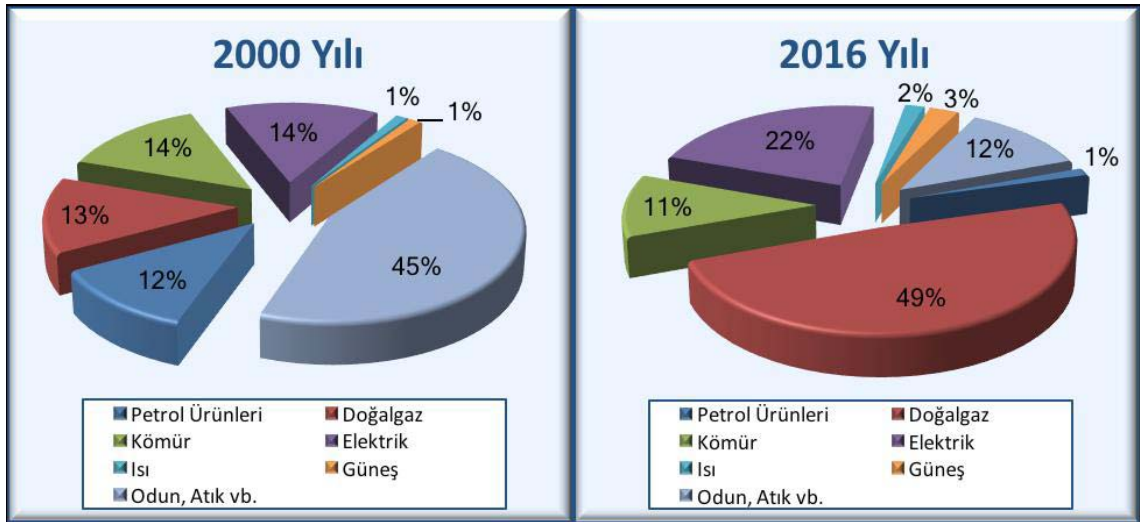
Şekil 2.19 Konutlarda nihai enerji tüketimi

Konutlardaki petrol ürünleri tüketimi %84,8 oranında bir azalma göstererek 2000 yılında %11,5 olan payı 2016 yılında %1,3'e kadar düşmüştür. Yakacak odun tüketimi de 2000 yılında 5,1 MTEP iken 2016 yılında %53,5 oranında azalarak 2,4 MTEP değerine gerilemiştir. 2000-2016 döneminde tüketimin en fazla arttığı kaynak ise doğalgaz olmuştur. Doğalgaz tüketimi 2000 yılına kıyasla %407 gibi çok büyük bir oranda artış göstermiş olup yıllık bazda ortalama artış hızı da %10,7 olarak gerçekleşmiştir [25].

Bu artış ile birlikte doğalgazın konutlardaki toplam enerji tüketimi içerisindeki payı 2000 yılında %13,2 iken 2016 yılına gelindiğindeki payı %48,8'e çıkmıştır. Kömür tüketimi ise 2000 yılına kıyasla %8,6 oranında artmış olsa da payı %13,8'den %10,9'a gerilemiştir.



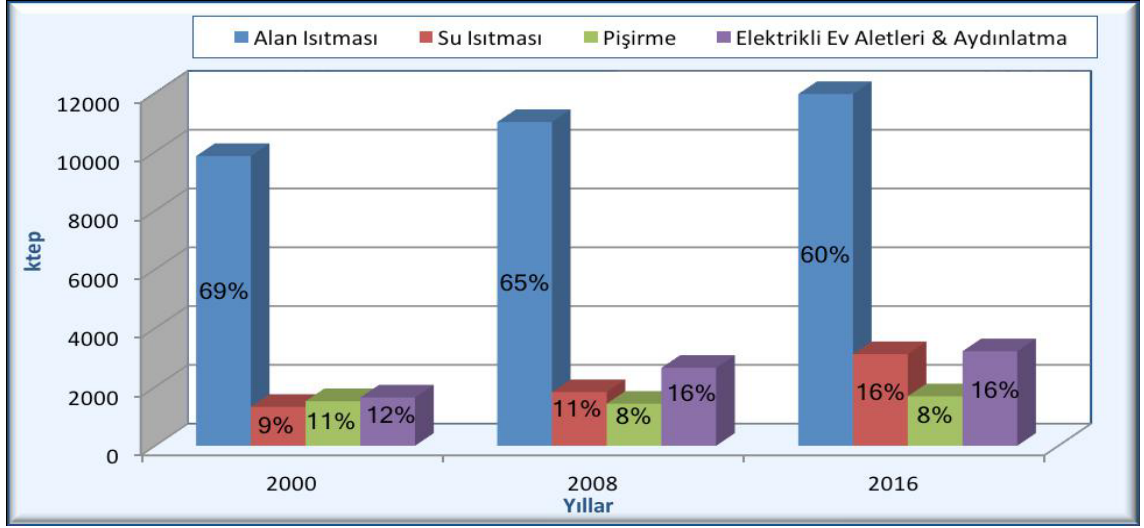
Şekil 2.20 Yakıt türüne göre konutlarda nihai enerji tüketimi



Şekil 2.21 Konutlarda nihai enerji tüketiminin yakıt türüne göre dağılımı

2000-2016 döneminde konutlarda tüketimin arttığı diğer kaynaklardan; güneş enerjisi kullanımı %226,7 , ısı enerjisi tüketimi %121,7 , elektrik tüketimi ise %114,5 oranında artış göstermiştir. 2016 yılında elektrik tüketimi toplam tüketim içerisindeki %22,4'lük payı ile doğalgazdan sonra konutlarda en çok tüketilen ikinci yakıt olmuştur. Bu açıdan doğalgaz ve elektrik kaynakları son derece önemli olup konutlarda tüketilen toplam enerjinin %71,2'sini bu iki kaynak oluşturmaktadır (Şekil 2.20 ve Şekil 2.21) [25].

Ülkemizde konutlarda tüketilen enerji, kullanım alanlarına göre incelendiğinde; alan ısıtması için tüketilen enerjinin önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. 2000 yılında alan ısıtması için kullanılan enerji, konutlarda tüketilen toplam enerjinin %69'una karşılık gelirken, 2016 yılında bu oran %60'a düşmüştür. Bunun başlıca sebepleri arasında düşük verime sahip kömürlü sobalardan daha verimli gaz ısıtma sistemlerine ve elektrikli cihazlara geçilmesi ile ısı yalıtım yönetmeliğinin devreye girmesiyle birlikte binalarda yalıtım uygulamalarının yaygınlaşması sayılabilir.



Şekil 2.22 Konutlarda nihai enerji tüketiminin kullanım alanlarına göre payları

Konutlarda toplam tüketilen enerji içerisindeki payı azalmış olmasına rağmen alan ısıtması halen enerji tüketiminde en büyük paya sahiptir (Şekil 2.22) [25].

28 AB üye ülkesinde 2015 yılı ortalama rakamları göz önüne alındığında konutlarda tüketilen enerjinin;

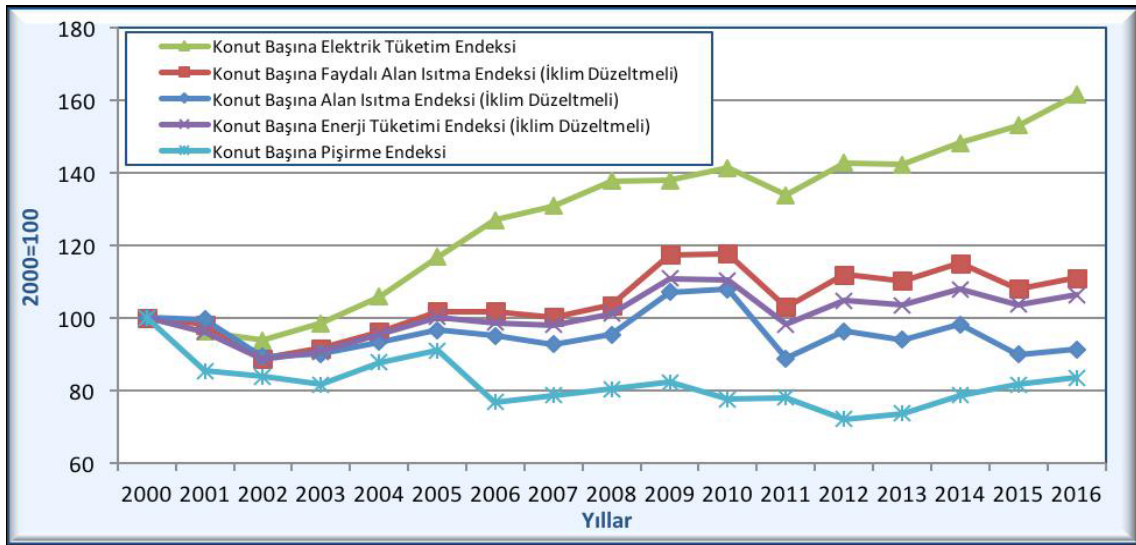
- %67'si alan ısıtmasında, (ülkemizde %60)
- %13'ü su ısıtmasında, (ülkemizde %16)
- %15'i ev aletleri ve aydınlatmada, (ülkemizde %16)
- %5'i pişirmede, (ülkemizde %8)

olarak gerçekleşmiştir. Bu oranlar ülkemiz ve AB için kıyaslandığında birbirine çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir [25].

Çizelge 2.5 Kullanım alanlarına göre enerji tüketiminin yıllık bazda değişimi

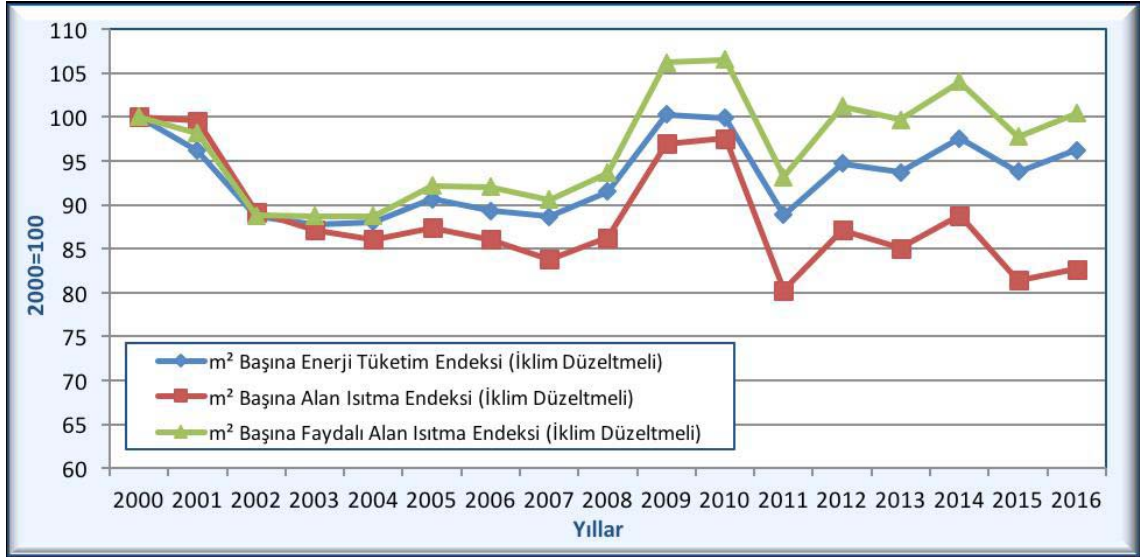
	2000-2008	2008-2016	2000-2016	2015-2016
Alan Isıtma	1,4%	1,0%	1,2%	3,0%
Su Isıtma	4,1%	6,9%	5,5%	5,9%
Pişirme	-0,7%	2,1%	0,7%	3,8%
Elek.Ev Alet & Aydınlatma	6,2%	2,4%	4,3%	7,0%

2000-2016 döneminde Türkiye’de alan ısıtması için kullanılan enerji yıllık bazda ortalama %1,2 oranında artış gösterirken, bu oran su ısıtma için %5,5 , elektrikli ev aletleri ve aydınlatma için %4,3 ve pişirme için de %0,7 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2.5). 28 AB üye ülkesi için ise 2000-2015 döneminde alan ısıtmasında kullanılan enerji yıllık bazda ortalama %0,8 oranında azalma gösterirken, bu oran su ısıtma için %0,02’lik bir artış, elektrikli ev aletleri ve aydınlatma için %0,8’lik bir artış ve pişirme için de %0,2’lik bir azalış olarak gerçekleşmiştir [25].



Şekil 2.23 Konut başına enerji tüketim endeksi

Konut ve m^2 başına enerji tüketimindeki değişim, konutlarda enerji verimliliğinin gelişimini gösteren önemli göstergelerdendir. 2000-2016 döneminde Türkiye için konut başına enerji tüketimi iklim düzeltmeli olarak yıllık bazda ortalama %0,4 , konut başına elektrik tüketimi %3 ve konut başına iklim düzeltmeli faydalı alan ısıtması %0,7 oranında artış gösterirken konut başına iklim düzeltmeli alan ısıtması %0,6 ve konut başına pişirme endeksi de %1,1 oranında azalma göstermiştir (Şekil 2.23) [25].



Şekil 2.24 Konut sektöründe m² başına enerji tüketim endeksi

2000-2015 döneminde 28 AB üye ülkesi için iklim düzeltmeli konut başına enerji tüketiminde yıllık bazda %1,4 , konut başına elektrik tüketiminde %0,2 , konut başına alan ısıtmasında %1,6 ve konut başına faydalı alan ısıtmasında %1,6 oranında azalma gerçekleşmiştir [25].

2000-2016 dönemi için m² başına enerji tüketimleri iklim düzeltmesi yapılarak hesaplandığında, m² başına enerji tüketiminde yıllık bazda ortalama %0,2 ve m² başına alan ısıtmasında %1,2 oranında azalma görülürken m² başına faydalı alan ısıtmasında ise %0,03 oranında çok küçük bir artış söz konusu olmaktadır (Şekil 2.24). 2000-2015 döneminde 28 AB üye ülkesi için iklim düzeltmeli m² başına enerji tüketimi yıllık bazda %1,7 , m² başına alan ısıtmasında %2,1 ve m² başına faydalı alan ısıtmasında %2,2 oranında azalma gerçekleşmiştir [25].

2.8 Türkiye’de Faturalandırılan Elektrik Tüketimi

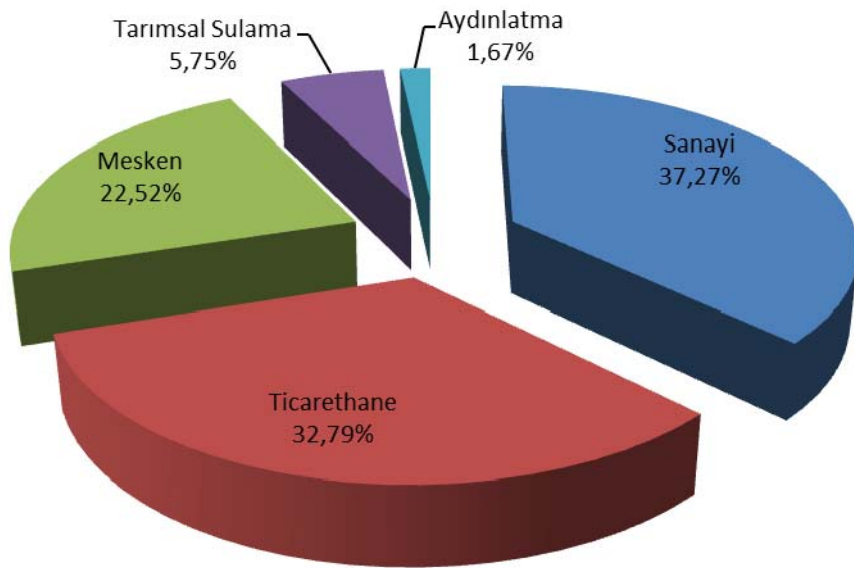
Türkiye’de tüketilmekte olan enerji; sanayi, ticarethane, mesken, tarımsal sulama ve aydınlatma şeklinde olmaktadır. İlgili dağıtım şirketlerince tüketim bedeli faturalandırılması yapılmaktadır.

2018 yılı ağustos ayı itibari ile faturalandırması yapılan elektrik enerjisinin ticarethane ve meskenlerde gerçekleşen miktarı 10.976.312,08 MWh olmaktadır. Bu tüketim miktarı toplamda faturalandırılan miktarın yaklaşık %55,30’u oranında gerçekleşmektedir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6 Faturalanan elektrik tüketimi tüketici bazında karşılaştırması (MWh-%)

Tüketici Türü	2017 Ağustos		2018 Ağustos		Değişim (%)
	Miktar (MWh)	Pay (%)	Miktar (MWh)	Pay (%)	
Sanayi	8.168.102,98	38,635	7.397.142,20	37,271	-9,44
Ticarethane	6.524.704,02	30,862	6.507.388,08	32,787	-0,27
Mesken	4.600.466,00	21,760	4.468.924,00	22,517	-2,86
Tarımsal Sulama	1.522.792,18	7,203	1.141.471,85	5,751	-25,04
Aydınlatma	325.485,73	1,540	332.250,51	1,674	2,08
Genel Toplam	21.141.550,91	100,000	19.847.176,65	100,000	-6,12

2018 yılı ağustos ayı itibariyle faturalanan elektrik tüketimi miktarı tüketici bazında incelendiğinde en büyük tüketim miktarının sanayide gerçekleştiği Şekil 2.25'te gösterilmektedir. Bu tüketim miktarını sırasıyla ticarethane ve meskenler izlemektedir. Meskenlerde kullanılan elektrik miktarının neredeyse toplam tüketimin dörtte biri kadar olduğu Şekil 2.25'te görülmektedir.



Şekil 2.25 Ağustos 2018 faturalanan elektrik tüketimi tüketici bazında dağılımı(%)

KAMU VE BELEDİYESİLİK DÜZEYİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

Dünya genelinde bulunan birçok yapıda yenilenebilir enerji kaynak çeşitleri kullanılmaktadır. Bunlardan güneş enerjisi kullanımına ait dünya ve Türkiye için örnek gösterilebilecek yapılar ile özellikle kamu ve belediyeçilik düzeyinde yapılmış olan uygulamalar bu bölümde açıklanmıştır.

3.1 Dünyada Yenilenebilir Güneş Enerjisinin Kullanıldığı Yapılar

Güneş enerjisinden çok daha fazla elektrik elde edilebilmesi açısından coğrafi konum ve uzun güneşlenme sürelerinin önemi bilinmektedir. Fakat Berlin veya Tokyo gibi şehirler fotovoltaik teknolojinin uygulanmasında dünyaya öncülük etmelerine rağmen, önemli ölçüde daha az güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Bu şehirlerde yapılan enerji ihtiyacının bir kısmını veya tamamını yenilenebilir enerjiden karşılamaya yönelik uygulamalar, ülke enerji üretimini çevreci şekilde sağlamaya yönelik bir politika üzerine olmasındandır [35]. Dünya üzerinde yenilenebilir enerjinin kullanıldığı yüzlerce yapı bulunmaktadır. Hatta bu çalışma hazırlama sürecinde bile onlarcası insanların kullanımına sunuluyor olacaktır. Bu yapılan çalışmaların her biri yenilenebilir enerjinin farklı bir çeşidini kullandığı gibi hibrit şeklinde kullanmakta olan çalışmalar da mevcuttur. Yenilenebilir teknolojinin, içerisinde yaşam olan her bir yapıda kullanılıyor olması, enerjinin yapı için vazgeçilmez unsur olduğunu da göstermektedir. Ayrıca bu araştırmayla karar verici merciler olan mimar ve mühendislerin; kent dokusunu bozmadan, proje aşamasından imalat aşamasına kadar yenilenebilir enerji kullanımını yapı üzerine entegre etme çalışmalarına gereken önemi verdiklerini göstermektedir.

Dünyada genelinde yenilenebilir teknolojiyi bünyesinde bulunduran yapılara ve uygulamalara birkaç örnek vermek gerekirse;



Şekil 3.1 Commerzbank Tower binası

Yapımı 1997 yılında tamamlanan 298 metre yüksekliğindeki Frankfurt, Almanya’da bulunan Commerzbank Tower binası projelendirilmesinden işletilmesine kadar çevreci sistemlerin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı örnek bir uygulamadır.

Yenilebilir enerji kaynakları binada aktif ve pasif olarak uygulanmış ve dünyada ilk ekolojik ofis binası olarak bilinmektedir. Bina tasarlanırken optimum havalandırma ve gün ışığından faydalanılacak şekilde dizayn edilmiştir. Bina faaliyete geçmesinden sonra yapılan çalışmalar enerji tüketiminin tahmin edilenden daha az olduğu ve yıldan yıla bu tüketim miktarının azaldığı görülmüştür. Bu hadiseye sebebiyet veren durumun tasarlanan modelin kullanıcılar tarafından daha verimli bir kullanım gerçekleştirmesidir. Ayrıca binadaki su tüketimini azaltma için çiller soğutma grubunda yoğunlaşan su tuvaletlerde sifon suyu olarak değerlendirilmiştir. Bina, yılın %60’ı için doğal olarak havalandırılacak şekilde tasarlanmış, bu yaklaşım klimalı sisteme göre enerji tüketimini %50 azaltmıştır [36].



Şekil 3.2 İngiltere, Londra BedZED PV uygulaması

The Beddington Zero Energy Development (BedZED) 2002 yılında Londra, İngiltere’de yapılan 82 ev, 17 apartman ve 1.405 m² çalışma alanından oluşan yaşam kompleksi sıfır enerji sistemine göre projelendirilmiş ve uygulanmıştır. Söz konusu bu kompleks çatılarında bulunan güneş panellerinden elektrik ihtiyaçlarını karşılayacak, baca sistemlerinden doğal havalandırma gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır. Yağmur sularının depolanıp tekrar kullanıldığı, atıkların geri dönüşümleriyle değerlendirilip güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda biyoyakıt olarak kullanıldığı bir komplekstir. Ayrıca çatısında sıcak su ihtiyacını karşılamaya yönelik güneş kolektörleri de mevcuttur [37].



Şekil 3.3 Pearl River Tower binası

2013 yılında tamamlanan Guangzhou, Çin’de bulunan 309,6 metre yüksekliğindeki Pearl River Tower binası, bina cephesi ara boşluklarına bulutlu ve rüzgarlı günlerde elektrik enerjisi üretmek için hakim rüzgar yönüne gelecek şekilde bina dış cephesinde toplam 4 adet açıklığa 4 adet rüzgar türbinleri yerleştirilmiş şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca güneşli günlerde yine elektrik enerjisi üretmek için bina dışı güneş kırıcıları üzerinde güneş panelleri mevcuttur. Söz konusu bu yapı hibrit teknoloji sayesinde yenilenebilir kaynaklardan olan güneş enerjisi yanında rüzgar enerjisi birlikte kullanıldığı bir yapı örneğidir [38].

Freiburg yıllık yaklaşık 1.800 saat güneşlenme süresine sahip, 204.000 nüfuslu bir Alman şehridir. Schlierberg güneş enerjisi Freiburg (Breisgau) proje semti 125 metre ana yol boyunca yaklaşık 60 evde çatılara güneş enerjisi panelleri kurulması ve 445 kWp elektrik enerjisi elde edilmesi için Almanya Ulusal Yenilenebilir Enerji Biriminin

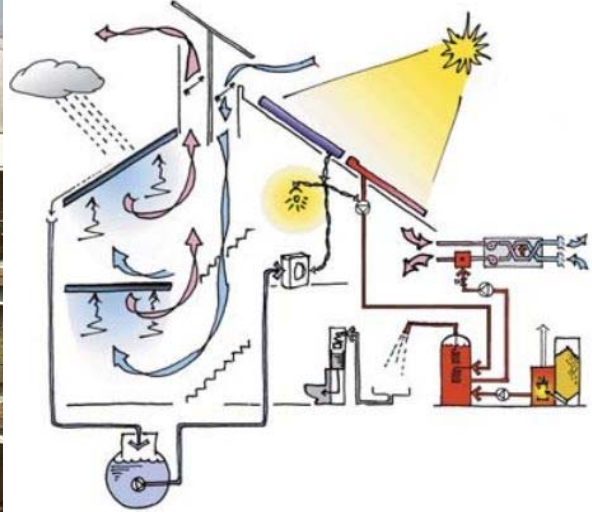
2000 yılında teşvik verdiği bir uygulama alanıdır. Kapalı otoparkların üzerlerine güneş panelleri yerleştirilmek suretiyle elektrik enerjisi elde edilmesi sağlanmıştır. Çatıların üzerlerine elektrik enerjisi için PV panel ve sıcak su elde edilme amacıyla güneş kolektörleri yerleştirilmiştir. Yapılan bu planlama sonucunda yıllık toplam 420.000 kWh elektrik enerjisi üretimi sağlanmıştır. Yapılmış olan sokak bina yerleşim dizaynı yıllık 2.000.000 kWh enerji tasarrufuna sebep olmuştur. Böylece çalışılan bölgede yüksek miktarda enerji tasarrufu sağlanarak temiz ve sürdürülebilir bir ekosistem oluşturulmuştur [39].



Şekil 3.4 Solarsiedlung am Schlierberg proje semti

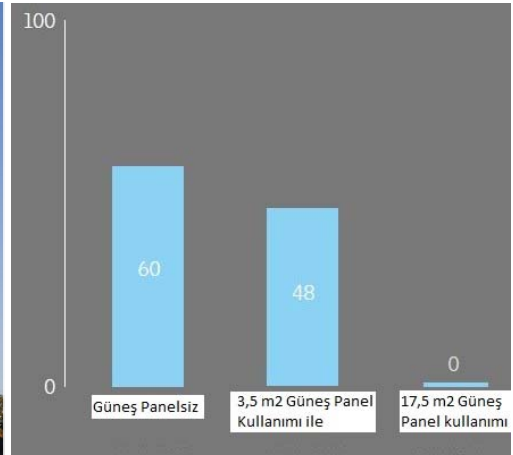
Ayrıca dünyanın birçok ülkesindeki muhtelif şehirlerinde çok farklı yenilenebilir enerji kaynak çeşidinin kullanıldığı yapılar bulunmaktadır. Örneğin mimar Mary Guzowski'nin Towards The Zero Energy kitabında dünyanın çeşitli bölgelerinde bulunan birçok yeşil bina ve özelliklerinden bahsedilmektedir. Bu yapıların ortak bileşeni enerji tasarruflu, çevreci ve doğa dostu yapılar olmalarıdır.

Kingspan Fener (Kingspan Lighthouse) projesi 2007 yılında İngiltere'nin Hertfordshire Innovation Parkta yeşil ev olarak inşası yapılmıştır. Güneş enerjisi panelleri evin tüm elektrik ihtiyacını karşılayabilmekte, sıcak su ihtiyacının bir kısmı güneş kolektörlerinden geri kalan kısmı da katı yakıtlı kazandan sağlanmaktadır. Yapı birçok kuruluş tarafından enerji verimli ve dizayn başarısı ile ödüllendirilmiştir (Şekil 3.5) [40].



Şekil 3.5 Kingspan ön cephesi ve enerji üretimi modeli

Soltag Enerji Evi (Soltag Energy Housing) projesi Horsholm Danimarka'da yapılmış, prefabrik bir konut olarak tasarlanmış, kendi enerjisini üreten çevreci doğa dostu bir tasarımıdır. Yapı üzerinde bulunan yapıya entegre güneş kolektörü sistemi sayesinde hem zemin altı mahal ısınması hem de kullanım sıcak su ihtiyacı temin edilebilmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Soltag evi perspektifi ile ısınma ve sıcak su için enerji tüketimi (kWh/m²)

Bunun yanında güneş panelleri sayesinde de elektrik üretimi yapılmaktadır. Hiç güneş paneli kullanılmadığı durumunda bile yapı doğal klimatizasyon sayesinde enerji tüketiminin yaklaşık %40 kadarını karşılamaktadır. 17,5 m² çatı alanında PV kurulumu sayesinde tüm yapının enerji tüketimi sağlanabilmektedir [40].



Şekil 3.7 2015 Prototip evi görseli ve panjur PV uygulaması

2015 Prototip Evi (2015 Prototype Home) 2007 yılında bir yarışma için Alman yarışma ekibi Solar Decathlon Team tarafından tasarlanmıştır. Konut olarak tasarlanan yapı 74 m² büyüklüğündedir. Yine bu tasarımda güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi mimari detaylar kullanılarak yenilenebilir sistem-yapı uyum içinde sentezlenmiştir. Panjurlar PV paneller ile kaplanarak doğa ile uyumlu bir görünüm kazandırılmıştır [40].

3.1.1 Dardesheim, Almanya PV ve Rüzgar Uygulaması



Şekil 3.8 Dardesheim, Almanya rüzgar enerjisi türbini ve çatı üzeri PV uygulaması

Dardesheim Almanya’da Renanya-Palatina eyaletinde yer alan yaklaşık 3.700 nüfuslu bir şehirdir. Şehrin enerjisinin %100’ünün yenilenebilir enerjiden karşılanması hedeflenmektedir. Yenilenebilir enerji gelişimi buraya 1993 yılında 80 kW’lık rüzgar

türbiniyle başlamıştır. Bu kapsamda enerji ihtiyacının büyük bir çoğunluğu rüzgar enerjisinden sağlanırken 9 farklı güneş santraliyle de enerji ihtiyacının büyük bir çoğunluğu karşılanmaktadır. Çoğu çatı uygulaması olan 380 kW PV kurulu gücüyle 250.000 kWh enerji üretilmektedir. Bu da ilçenin enerji üretiminin 1/3'üne denk gelmektedir [41].

3.1.2 Japonya PV Çatı Uygulamaları

< Villa Garten Shin-Matsudo >



< Tiara Court Kasukabe >



Şekil 3.9 Villa Garten Shin-Matsudo ve Tiara Court Kasukabe, Japonya PV uygulaması

Japonya'da çok fazla sayıda fotovoltaik sistemler ile donatılmış bölgesel güneş enerjisi çatı uygulamaları mevcuttur. PV entegre konut sistemleri Japonya'da konut sektöründe fazlaca rağbet görmektedir. Bunlara örnek olarak verilebilecek Tokyo metropol bölgesine yakın bir yerde bulunan Matsudo-Chiba'da 41 PV evi 123 kW kurulu gücüne sahip şebekeye bağlı ve yıllık 2.800 ila 3.050 kWh/yıl enerji üretim kapasitesine sahip bölgesel uygulamadır. Diğer bir örnek uygulama ise yine Tokyo şehri yakınında bulunan Saitama Kasukabe'de 101 kW kurulu güce sahip, şebekeye bağlı ve yıllık 2.840 kWh/yıl enerji üretim kapasitesine sahip olan 35 PV evden oluşan çatı uygulaması gösterilebilir (Şekil 3.9) [42].

3.1.3 Almanya–Europark PV Uygulaması

Avrupa'da birçok eğlence ve kültür amaçlı faaliyet gösteren parkta yenilenebilir enerji yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan biri 1975 yılında Almanya'nın Rust şehrinde bulunan Europa Park'tır.



Şekil 3.10 Europa Park Rust, Almanya PV uygulaması

Park kurulu yapı alanını doğal ortama adapte ettiği arazi kullanımı ile fotovoltaik paneller, ısı pompaları ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile dünya üzerinde örnek gösterilebilecek tesislerden biridir. 228 kWp PV kurulumu, şebeke bağlı bir park uygulamasıdır.

3.1.4 Hong Kong PV Uygulaması



Şekil 3.11 Hong Kong'da PV panel çatı uygulaması yapılmış bir okul binası

Hong Kong hükümeti ülke genelinde yenilenebilir enerji kullanımını artırmaya yönelik uyguladıkları politika ile mevcut okul binaları çatılarında PV panel kullanılmasını arttırıcı düzenlemelerde bulunmaktadır. Sadece 19 okul binasında yarı çatı alanına PV yerleşimi yapılması neticesinde yılda 2,4 milyon kWh elektrik enerjisi elde edilebileceği hesaplanmıştır. İlkokul binası çatı uygulamasında 40 kWp'lık kurulum ile binanın yıllık enerji ihtiyacının %10'u karşılanmaktadır (Şekil 3.11) [43].

3.1.5 Diğer Örnek PV Uygulamaları

Birçok hükümet kamu binalarında yenilenebilir enerji kullanımı çalışması gerçekleştirmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Minnesota ve Oregon şehirlerinde kamu binalarında yenilenebilir enerji kullanımını gerekmektedir. Örneğin Oregon yasaları, kamu binaları için proje maliyetlerinin %1,5'inin güneş enerjisi ekipmanı satın alma ve kurulumuna tahsis edilmesini gerektirir. Minnesota, devlet kurumlarından yeni bir binanın öngörülen enerji ihtiyacının en az %2'sini yerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamalarını veya yenilenebilir kaynak kullanımı gerek olmayacağına dair nedenleriyle açıklayan tam bir maliyet ve karbon analizi yapmalarını istemektedir. Florida yasaları, eğitim kurumlarında sıcak su talebi günde 1.000 galonu aşması durumunda okullardan güneş enerjili su ısıtma sistemi kurmalarını istemektedir. ABD dışında, Kıbrıs'ta da uzun yıllar boyunca kamu binalarında güneş enerjili su ısıtıcıları kullanılmaktadır.

Londra enerji planı çalışması kapsamında 2050 yılına kadar olan enerji ihtiyacına göre hazırlanmış olan bir çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda şehir genelinde ısı ve elektrik talebini azaltmaya yönelik yapısal uygulamaların geliştirilmesiyle ilgili ve elektrikle çalışan taşımacılığın kullanılmasıyla emisyon oranlarını azaltmaya yönelik bir master planı hazırlanmıştır. Akıllı teknolojiler enerji tüketimini ve emisyonları en aza indirebilir, yenilenebilir enerji kullanımını en üst düzeye çıkarabilir ve tüketicilere en düşük maliyetle enerji sağlayabilir. Akıllı sayaçların kullanılması, tüketicilerin enerji kullanımlarını daha iyi anlamalarına yardımcı olacaktır. Piyasa bu sayede tüketicilerin enerji faturalarını azaltma ve daha az enerji kullanımına yardımcı olacak yöntemler geliştirmelerine yardımcı olabilecektir. Bu kapsamda 2002 tarihinde açılmış olan Londra Belediye Hizmet Binası ve diğer kamu binaları enerji tüketimi konusunda 2050 yılı ülke hedefini tutturmada öncülük etmektedirler.

Kanada Alberta Hükümeti 2016 yılı başlarında iki inisiyatif içeren bir stratejiyle İklim Liderlik Planı başlatmıştır. Bunlar, metan emisyonlarındaki büyük düşüşler (sera gazı emisyonlarının azaltılması) ve kömür kaynaklı elektrik üretiminden kaynaklanan kirliliğin sona ermesi konularıdır. Bu kapsamda solar PV teknolojisinin faydaları keşfedilerek, büyüyen güncel teknik bilgileri incelenecek ve kamu binalarında kullanım için teknolojinin uygulamaları ve hangi kısıtlayıcı veya etkinleştirici faktörlerin göz

önünde bulundurulması gerektiğini incelenmektedir. Ülkede bulunan çeşitli üniversiteler ve liseler de PV araştırmalarında ve projeler yürütme konusunda pilot uygulamalar yapmaktadırlar. Bu konuyla ilgili ülkede bulunan Banff kasabası proaktif bir yaklaşım benimsemekte olup, işletmelere ve konut sakinlerine güneş enerjisi tesisatlarından şebekeye fazla güç gönderebiliyorlarsa vergi iadesi yapan bir besleme güneş tarife sistemi uygulamaktadır [35].

3.2 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Yapı Uygulamaları

Güneş ışınlarından elektrik üretimi aşamasında herhangi bir atık ürün meydana getirmeyen, çok ciddi işletme ve bakım masrafı olmayan, kurulumu son derece kolay olan fotovoltaiik sistemler ülkemiz genelinde giderek yaygınlaşmakta ve sayıları her geçen gün artış göstermektedir. Ülkemizde bunlardan birkaçına örnek vermek gerekirse;

3.2.1 Didim, Aydın Şebeke Bağlantılı Fotovoltaiik Sistem

Deneyisel bir çalışma olarak 1998 yılında ülkemizde ilk kez EİE Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi'ne 4,8 kWp gücünde şebeke bağlantılı 90 adet güneş pili kullanılarak PV sistemi kurulmuş ve halen işletilmektedir. Enerji maliyetinin pahalı olması nedeniyle güneş pilleri genellikle şebekeden uzak yerlerde küçük güçlerdeki enerji talebinin karşılanmasında kullanılmaktadır. Sistemin günlük ortalama enerji üretimi 20 kWh ve ortalama yıllık elektrik üretimi 5.600 kWh olmaktadır [44].



Şekil 3.12 EİE Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi

3.2.2 Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistem Uygulaması

Şebeke bağlantılı sistemlerin demonstrasyonu amacıyla 1,2 kWp gücünde bir şebekeye bağlı güneş pili sistemi YEGM'in Yenilenebilir Enerji Kaynakları Parkı'na tesis edilmiş ve işletilmektedir. Yine YEGM'e ait yerleşkede inşa edilen ve enerjisini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayan (pasif güneş mimarisi, ısı pompasıyla ısıtma, güneş pillerinden elektrik üretme, güneş kolektörlerinden sıcak su temini) örnek binanın çatısında 5,08 kWp gücünde şebeke bağlantılı güneş pili sistemi kurulmuş ve işletilmektedir. Sistemin günlük enerji üretimi 16 kWh civarında olmaktadır [44]. Bu sayede kamusal bir yapıda yenilenebilir enerji kullanımı faaliyete geçirilmiştir.



Şekil 3.13 YEGM parkı tesis binası fotovoltaik panel montajı

3.3 Türkiye’de Kamu ve Belediyecilik Düzeyinde Güneş Enerjisi Kullanımı

Ülkemizde güneş enerjisi, sadece özel sektörde faaliyet gösteren veya girişimci yatırımcılar tarafından GES ile enerji üretildiği bir alan olmayıp birçok kamu kurumu, il ve ilçe belediyeleri de elektrik enerjisi üretme amacıyla GES tesisi kurmaktadır. Belediyeler tarafından güneş enerji santrali kurulması ve burada üretilen elektriğin enerji nakil hattına verilmesi artık çok yaygın bir hal almıştır. Gerekli izinlerin alınması ile birlikte kurulan tesiste üretilen elektrik enerjisi, belediyenin tükettiği elektrik enerjisi ile mahsuplaşmak amacıyla kullanılabilir. Aynı zamanda fazla üretilen enerjinin satışı yapılarak gelir elde edilebilmektedir.

Türkiye’nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli ve güneş enerjisi kullanımının önemi yerel yönetimlerce biliniyor fakat bu tarz bir enerji elde edilmesi için gerekli en mühim hususun o yerin coğrafi konum olduğu da göz ardı edilemiyor. Fotovoltaik üretim yapacak tesisin çok daha fazla üretebileceği enerji için uzun güneşlenme süresine sahip

bir konumda olması dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri olmaktadır. Kamuda karar verici mercide bulunan idareciler bu konuya önem göstermekte ve kendi sorumluluk bölgelerinde doğa dostu, temiz enerji ve katma değer üreten fotovoltaik tesis çalışmaları geliştirmektedirler. Kamu kurumlarından özellikle belediyelerde güneş enerjisinden elektrik elde edilmesine yönelik birçok uygulama yapılmaktadır. Belediyelerin GES ve çatı üzeri fotovoltaik enerji üretimi projeleri başlıklar halinde verilmektedir. Enerji Piyasası Denetleme Kurumu (EPDK) güneş enerjisi lisans temini sürecinde herkesin başvuru şartlarının aynı olduğunu “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik kapsamında yapılan başvuruların değerlendirilmesiyle ilgili olarak kamu kuruluşları, belediyeler, tüzel/özel kişi gibi ayrımlar olmamakla birlikte bütün başvurulara ilişkin süreç aynı şekilde işlemektedir” denilmektedir. Yani belediyeler isterlerse, tükettikleri elektriği, kuracakları güneş, rüzgâr enerji santralleriyle üretebilir, böylece yüksek faturalardan kurtulabilir hatta ihtiyaçlarından fazlasını da dağıtım şirketlerine satarak ek gelir sağlayabilirler [45].

3.3.1 İzmir Karşıyaka Belediyesi GES



Şekil 3.14 İzmir Karşıyaka Belediyesi GES

İzmir Karşıyaka Belediyesi’nce 2014 yılında Yaman Dağı mevkiinde yaklaşık 10.000 m² alan üzerine kurulmuştur. 493 kWp gücündeki santral yıllık yaklaşık 800.000 kWp enerji üretecek şekilde tesis edilmiştir. Bu proje Karşıyaka Belediyesine ait sosyal tesislerin elektrik ihtiyacı karşılamakta ayrıca bu uygulama İzmir ve çevresindeki belediyelere örnek teşkil etmektedir [46].

3.3.2 Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Çatı Üzeri GES



Şekil 3.15 Sümer Park çatı üzeri güneş paneli uygulaması

Güneş ışınlarından en fazla yararlanan illerden birisi Diyarbakır'dır. Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi'nce 2015 yılı içinde 2.346.000,00 TL'ye imalatı gerçekleştirilen Sümerpark Güneş Parkına Dönüştürme Projesi kapsamında güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi sağlanmıştır. Proje kapsamında çatı üzerine güneş paneli uygulamasının hizmete açılmasıyla belediye bünyesindeki elektrikli tüm araçların enerji tüketimleri bu santralden karşılanmaya başlanılmıştır. Ayrıca üretim fazlası enerji DEDAŞ'a satılmakta ve bu sayede belediye bütçesine gelir sağlanmaktadır. Kurulu gücü 461,60 kWp olan santral için 2.000 adet fotovoltaik panel ve 17 adet inverter monte edilmiştir. Yıllık 674 MWh'a yakın elektriğin üretildiği ve bu hizmet sayesinde 638.365 kg/yıl değerinde CO₂ emisyonu da önlenmiş olmaktadır [45].

Diyarbakır Belediyesi'nce yapılmış olan ikinci bir çatı üzeri güneş paneli çalışması 2017 yılında devreye alınan ve 3.940.000,00 TL'ye imal edilen, 600 kWp kapasiteli Diyarbakır Şehirlerarası Otobüs Terminali (DİŞTİ) güneş enerji santrali projesidir. Yarı açık otopark çatılarına yerleştirilen ve her biri 265 watt gücündeki 2.640 adet fotovoltaik panel ile 30 adet 20 kW gücündeki inverterdan oluşan sistem yıllık yaklaşık olarak 950 MW enerji üretimi yapmaktadır. Yapılan bu çalışma ile DİŞTİ binasından hizmet alan vatandaşların enerji tüketimi yenilenebilir enerji üretimiyle sağlanmaktadır. Ayrıca üretim fazlası enerji DEDAŞ'a satışı yapılmakta veya mahsuplaşma yoluna gidilmektedir [47].



Şekil 3.16 DİŞTİ çatı üzeri güneş paneli uygulaması

Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi tarafından her iki projeyle hedeflenen beklenti temiz enerji elde edilmesi yanında yüksek enerji ihtiyacı sürekli ve kesintisiz kaynak olan güneşten sağlanacak ve böylece enerji maliyetleri düşürülebilecektir. Maliyetlerin düşürülmesiyle uzun vadede kent halkına düşük maliyetli hizmet sunulması hedeflenmektedir. Çevre dostu teknolojilerin yaygınlaşmasıyla ilde yeşil enerji bölgesi imajının oluşmasına katkı sağlamak diğer bir hedef olarak belediye tarafından beklenilmektedir [45].

3.3.3 İzmir Karabağlar Belediyesi Bozyaka Pazaryeri GES



Şekil 3.17 İzmir Karabağlar Belediyesi Bozyaka Pazaryeri çatı üzeri panel yerleşimi

İzmir Karabağlar Belediyesi'nce 2014 yılında Bozyaka Pazaryeri Yenilenebilir Enerji Projesi kapsamında kurulan güneş enerji santrali faaliyete başlamıştır. 5.000 m²'lik çatı alanına 321 kW'lık fotovoltaik güç üreten sistem kurulmuş ve bu sayede güneşten ayda

73.000 kW elektrik üretilmektedir. Üretilen enerji belediyeye ait sosyal tesislerde kullanılmakta ve yıllık yaklaşık 230.000,00 TL'lik bir tasarruf elde edilmektedir. Proje ile ayrıca doğal kaynakların sürdürülebilirliğine katkı sağlaması da hedeflenmektedir [48]

3.3.4 İzmir Bornova Belediyesi GES



Şekil 3.18 İzmir Bornova GES uygulaması

İzmir Bornova Belediyesi'nce 2014 yılında Erzene Mahallesi'nde 7 dönümlük arazide 1.250 adet fotovoltaik panelin 300 kWp'lık güç üretmesiyle yıllık 150.000,00 TL'lik elektrik enerjisi üretebilecek bir sistem kurulmuştur. Proje sayesinde Bornova Belediyesi hizmet binalarının tamamında kullanılan elektrik enerjisi faturasının dörtte biri karşılanmakta ve bu sistem sayesinde her yıl çevre kirliliğine neden olan 250 ton karbon salımı da engellenmiş olunmaktadır [49].

3.3.5 İzmir Seferihisar Belediyesi Kapalı Pazaryeri GES



Şekil 3.19 İzmir Seferihisar Belediyesi kapalı pazaryeri GES

İzmir Seferihisar Belediyesi kapalı pazaryerindeki “Pilot Fotovoltaik Güç Santrali Kurulumu Projesi”, 2014 yılı itibarıyla faaliyette geçirilmiştir. Belediye, 170 kWp'lık bu fotovoltaik güç santraliyle yılda ortalama 248.200 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve

yılda yaklaşık 100.000,00 TL elektrik tasarrufu sağlamaktadır. Bu sayede belediyenin ısıtma, soğutma ve aydınlatılma için gerekli olan enerjinin bir kısmı güneş enerjisiyle tarafından sağlanmaktadır. Ayrıca 79 konutun elektrik enerjisini karşılayacak kapasitedeki bu sistem yıllık 180.000 kg CO₂ salımını da engellemektedir [50]

3.3.6 Bursa Gürsu Belediyesi GES



Şekil 3.20 Bursa Gürsu Belediye GES

Bursa Gürsu Belediyesi, 2013 yılı içinde 96,2 kWp kurulu güce sahip olan orta gerilim şebekeye bağlı güneş enerji projesini devreye almıştır. Projenin hedefi üretilen elektriğin tümünü dağıtım şirketi UEDAŞ'a vererek Gürsu Belediye binasının elektrik faturasını tamamen karşılamaktır. Konumu itibarıyla proje, lisanssız elektrik üretimi yönetmeliği kapsamında üretim-tüketim noktalarının farklı olduğu ilk referans uygulamadır. Bu uygulamayla yıllık yaklaşık 85,9 ton CO₂ salımı engellenmektedir. Buna ek olarak Gürsu Belediye binasının önündeki parka kurulan 7 kW kurulu güce sahip çift eksenli tracker sistem, park içerisinde yer alan güneş evinin enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Proje sayesinde belediye hizmet binası ile park ve rekreasyon alanlarında tüketilmekte olan elektriğin %40'ı güneşten sağlanması amaçlanılmıştır. Ayrıca Gürsu kent merkezindeki tüm parkların ve yeşil alanların sulama ihtiyacı yine solar enerjili su pompası sistemleriyle karşılanmaktadır [51].

3.3.7 İstanbul Tuzla Belediyesi GES



Şekil 3.21 Tuzla Şelale Park GES

2018 yılında Tuzla Belediyesi 4.200 m² üstünde bir alanda Şelale Eğitim Parkı'nın enerji ihtiyacını karşılayacak çevre dostu ve temiz enerji üreten bir proje geliştirmiştir. Güneş panelleri sayesinde parkın elektrik ihtiyacı sağlanacaktır. 1.386 adet 260 Wp polikristal PV panelden oluşan, yıllık 650 MWh elektrik üreten bu proje sayesinde yıllık yaklaşık 216 konutun enerji ihtiyacına denk düşen enerji üretilmesi hedeflenmektedir. 2018 yılı itibarıyla İstanbul'un en büyük güneş enerji santralini hizmete açmış olan Tuzla Belediyesi, park alanı içindeki Anadolu Kültür Merkezi binasının enerji ihtiyacını bu sistem tarafından sağlamaktadır. 25 yıl çalışma ömrü olan ve yaklaşık 5-6 yıl gibi bir sürede kendini amorti edeceği öngörülen bu sistem sayesinde üretilen enerji fazlası elektrik dağıtım şirketine satılması sonucu belediye bütçesine yıllık yaklaşık 324.000,00TL kazanç sağlanması hedeflenmektedir. Ayrıca bu projeye yıllık yaklaşık 390 ton CO₂'nin doğaya salımı da engellenmiş ve 35.500 civarında ağaç da bu sayede kurtarılmış olacaktır [52].

3.3.8 Muğla Belediyesi GES

Muğla güneşlenme süresi ve güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan kentlerden biridir. Muğla Belediyesi'nce Mezbaha Tesisinde kullanılan elektriğin %40'ını güneş enerjisinden sağlamak için proje geliştirilmiştir. 2010 yılı için hesaplanmış olan 777.255,00 TL bütçeli "Sonsuz Kaynağımız Güneş" isimli projede şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin kurulması ve devreye alınması işi 564.630,00 TL'ye ihale edilmiş ve proje planlanandan daha düşük bir bütçe ile bitirilmiştir.



Şekil 3.22 Muğla Belediyesi Mezbağa Tesisi GES

Söz konusu bu uygulama 2013 yılında faaliyete geçirilmiştir. Projede en az 25 yıllık verimlilik garantili fotovoltaik güneş panelleri kullanılmış ve yatırımın geri dönüş süresi yaklaşık 6 yıl olarak hesaplanmıştır. Yıllık enerji üretimi ortalama 150.000 kWh olarak elde edilmektedir. Yılda ortalama 103,6 ton CO₂ gazı salımı önlenmiş ve yaklaşık 320 adet ağaç bu proje sayesinde doğaya kazandırılmış olmaktadır. Muğla Belediyesi söz konusu bu proje ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreterek hem Muğla'ya hem de ülke ekonomisine katkı sağlamakta, ayrıca çevreye zarar vermeden belediye bünyesindeki Mezbağa Tesisi'nde ihtiyaç olan enerjinin yarısından fazlasını güneşten elde etmektedir [53].

3.3.9 Eskişehir Tepebaşı Belediyesi GES



Şekil 3.23 Tepebaşı Belediyesi, çatı entegre uygulaması

Eskişehir Tepebaşı Belediyesi, fotovoltaik enerji teknolojisiyle hizmet binası elektriğinin %20'sini karşılamayı hedeflemektedir. Yaşam Köyü projesiyle 116,6 kWp çatı entegre

güneş enerji santrali uygulaması tasarlanmış, bu kapsamda çatıdaki kiremit örtü kaldırılarak panel montajı yapılmıştır. Ayrıca 58,3 kWp otopark üzeri güneş panelleri uygulaması da yapılmıştır. Söz konusu bu projelerle yenilenebilir enerji kaynağı kullanılarak yıllık 49.646 kilogram CO₂ salımı önüne geçilmiş, böylece binanın karbon ayak izi küçültülmesi hedeflenmiştir [54]

3.3.10 Bursa İnhisar Belediyesi GES



Şekil 3.24 Bursa, İnhisar Belediyesi GES

Bursa İnhisar Belediyesi, 2012 yılında 1.000 m² alan üzerine 90 kWp kapasiteli güneş enerjisi santralini 630.000,00 TL bedel karşılığı “İnhisar’da Güneş, Elektriğe Dönüşüyor” projesi kapsamında, ilçenin elektrik üretimine katkı sağlaması ve belediyeye yıllık yaklaşık 50.000,00 TL gelir getirmesi amacıyla faaliyete geçirmiştir. Ayrıca belediye 2012 yılında enerji verimliliğinin artırılması için kullanılmakta olan pompaların enerji verimli pompalarla değiştirilmesini de gerçekleştirmiştir [55].

3.3.11 Bitlis Adilcevaz Belediyesi GES



Şekil 3.25 Bitlis Adilcevaz GES

Bitlis Adilcevaz Belediyesi tarafından 2015 yılında, bölgenin güneş enerji potansiyelini değerlendirmek amacıyla kurulan güneş enerjisi santrali (GES) 442 kWp kurulu gücüne sahiptir. GES projesinde 250 Wp gücünde 2.052 adet LDK marka solar panel ve 19.000 Wp gücünde 27 adet SMA marka inverter kullanılmıştır. Yıllık ortalama 655.573 kWh elektrik üretimi ile bu proje 198 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, resmi daire, çevre aydınlatması vb. gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 208 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır. Belediye bu uygulama sayesinde fotovoltaik enerjiden yıllık ortalama 250.000,00 TL gelir elde edebilmeyi hedeflemektedir (Şekil 3.25) [56].

3.3.12 Malatya B. Belediyesi Trambüs Bakım İstasyonu GES



Şekil 3.26 Malatya B.Belediyesi Trambüs Bakım İstasyonu GES

Malatya Büyükşehir Belediyesi'nce 2015'te yapımına başlanan ve 3.000 m²'lik fotovoltaik panel kapasitesine sahip 345 kWp gücündeki güneş santrali sayesinde Trambüs Bakım İstasyonu'nun bütün elektrik enerjisi ihtiyacı karşılanmaktadır. Artan enerji fazlası motorlu araçlarda kullanılmak üzere trambüs hattına verilmektedir. Yıllık enerji üretim kapasitesinin ortalama 454.000 kWh olması tahmin edilmektedir. Ayrıca şehirde bulunan Hacıyusuflar tarımsal sulama güneş enerjisi santrali 290 kWp kurulu gücü ile ortalama 423.400 kWh elektrik üretimi yapmaktadır. Her iki güneş enerjili elektrik üretimi sisteminden hem belediye bütçesi kazanç elde etmekte hem de doğaya daha az karbon salımı yapılmaktadır [57].

3.3.13 Antalya, Alanya Belediyesi GES



Şekil 3.27 Alanya Belediyesi GES

Proje çalışmalarına 2015 yılında başlanan ve 2017 yılında faaliyete geçirilen Toslak Mahallesi 94 dönümlük alan üzerindeki yaklaşık 3.000 kWp'lık güneş santrali projesiyle ilçe belediyesi kendi elektriğini üretmektedir. Üretim fazlası elektrik CLK Akdeniz Elektrik Perakende Satış A.Ş.'ye satılmakta ve belediye bütçesine nakit girişi sağlanmaktadır. Projenin ilk etabı olan GES1, GES2 ve GES3 ile toplam 3 MW enerji elde edilmiştir ve yapım aşamasında olan GES4 ve GES5 projeleriyle birlikte 5 MW toplam kapasiteye ulaşılması hedeflenmektedir [58].

3.3.14 Kayseri, Melikgazi Belediyesi GES



Şekil 3.28 Kayseri Melikgazi Belediyesi kapalı pazar alanı GES

Kayseri, Melikgazi Belediyesi pek çok taşınmazın üzerine güneş enerjisi paneli kurmuştur. 2017 yılı yapım maliyeti 11.564.000,00 TL'yi bulan proje sayesinde yıllık 2.200.000,00 TL'lik kazanç elde edilmiştir. İlçe belediyesi muhtelif semt pazarları çatılarında güneş enerjisinden elektrik elde etmektedir. Bunlar; 8.000 m² kapalı alana sahip, çatısında toplam 1.097 adet fotovoltaik panel bulunan Yıldırım Beyazıt semt pazarı (756 kWp GES) ve Keykubat semt pazarlarıdır (315 kWp GES). Ayrıca İldem semt

pazarı (380 kWp GES), Mimarsinan TOKİ semt pazarı (320 kWp GES), Hürriyet semt pazarı (648 kWp GES), Danişmet semt pazarı (260 kWp GES) ve Gökent semt pazarı (260 kWp GES) gibi kapalı pazar yeri çatı üzerlerine de güneş panelleri kurularak elektrik üretilmektedir. Bunlara ilave olarak belediye hizmet binası çatısı üzerine toplam 441 panelden oluşan 120 kWp enerji kapasiteli GES kurulmuştur ve bu sistemin 3 yıl gibi kısa bir sürede kendi maliyetini amorti edeceği hesap edilmiştir [59].

3.3.15 Karaman Belediyesi GES



Şekil 3.29 Karaman Belediyesi GES

Güneş ışığından faydalanma süresi en uzun olan illerden biri olan Karaman güneş enerjisinden elektrik üretmek için oldukça avantajlı bir konumda bulunmaktadır. Karaman'a güneş enerjisi santrali kurulması çalışmaları 2016 yılında başlanılmıştır. 20.000 m²'lik alana inşa edilen ve 4.400 adet güneş panelinden oluşacak santral 1 MW güç üretecek kapasitede planlanmıştır. Santralde üretilen elektriğin yaklaşık günde 2.000 adet konutun elektrik ihtiyacını karşılayabilecek güçte olacağı anlamına gelmektedir. 2016 yılı yapım maliyeti 3.000.000,00 TL civarında olan projenin yaklaşık 3 yıl gibi kısa bir sürede kendi kurulum maliyetini amorti etmesi hedeflenmektedir. Karaman Belediyesi tarafından gerçekleştirilecek proje sayesinde elde edilen enerji elektrik şebekesine aktarılacak ve bu sayede belediye tesislerinde, idari binasında, şantiyelerinde ve su kuyularında tüketilmekte olan elektrik yenilenebilir enerji tarafından karşılanacaktır. Ayrıca bu proje sayesinde belediye tarafından ödenmekte olan elektrik fatura bedelleri de düşürülmüş olacaktır [60].

Ülkemiz geneli daha birçok il ve ilçe belediyeleri yenilenebilir enerji kaynaklarını kendi sorumluluk alanlarında uygulamaktadırlar. Yapılan yatırımlar sayesinde enerjide dışa bağımlılık azaltılmakta ve yenilenebilir enerji potansiyelini ekonomiye kazandırılmaktadır.

BÖLÜM 4

KONYA

31 ilçeden oluşan, 39.000 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin en geniş alana sahip ve en kalabalık yedinci şehri olan Konya'nın nüfusu 2.403.053'tür (TÜİK 2018). Konum itibarıyla Orta Anadolu yaylası üzerinde Ankara, Aksaray, Niğde, Mersin, Karaman, Antalya, Isparta, Afyon ve Eskişehir illeriyle komşu olan Konya, 36°22' ve 39°08' kuzey paralelleri ile 31°14' ve 34°05' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır.

Çizelge 4.1 Konya ili aylık ortalama sıcaklık verileri

KONYA İKLİMİ													
Aylar	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17,6	23,8	28,9	31,5	34,4	37,2	40,6	39,6	36,1	31,6	25,2	21,8	40,6
Ort. En Yük. Sıcaklık (°C)	4,8	7,1	11,9	17,5	22,3	26,7	30,2	30,1	26,1	19,9	12,9	6,6	18,0
Ortalama Sıcaklık (°C)	0,0	1,4	5,7	11,0	15,7	20,1	23,6	23,1	18,6	12,4	6,1	1,7	11,6
Ort. En Düş. Sıcaklık (°C)	-3,9	-3,2	0,1	4,5	8,7	12,8	16,1	15,7	11,2	6,0	0,8	-2,3	5,5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-25,8	-26,5	-15,8	-8,6	-1,2	3,2	6,0	6,6	0,4	-7,6	-20,0	-22,4	-26,5
Ortalama Yağış (mm)	35,8	27,9	28,0	32,0	43,5	24,8	6,5	5,3	11,7	30,0	31,9	41,3	318,7

Konya'da karasal iklim hüküm sürmekte olup, yazları kuru ve sıcak kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Gece ile gündüz arası sıcaklık farkı yazın 16-22 °C arasındadır. Baharları ve kışları nemden dolayı bu fark 9-12 °C'ye kadar düşmektedir. Kar ortalama 3 ay yerde kalır, çevresindeki sıcak-soğuk hava merkezlerinden çok etkilenir. İç Anadolu'nun en güney bölgesinde yer almasına rağmen diğer İç Anadolu şehirlerinden daha soğuk olmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce hazırlanmış olan 2010-2018 yılları arası ölçülen Konya ili aylık sıcaklık ve yağış miktarı Çizelge 4.1'de gösterilmektedir. En yağışlı aylar nisan ve mayıstır. Konya ikliminin diğer bir özelliği ise yazların çok geç başlaması,

kışların da çok geç bitmesidir. Konya ovasının bir çanak şeklinde bulunması sebebiyle Türkiye'de sis yoğunluğu ve sisli gün sayısı en fazla olan il Konya'dır. Uzun zamanlarda ölçülen en düşük sıcaklık -26,5 °C, en yüksek sıcaklık ise 40,6 °C'dir. En çok kar yağan ay şubat, en soğuk ay ocak ayıdır. En sıcak aylar temmuz ve ağustos ayıdır. Ocak ayı sıcaklık ortalaması 0°C, temmuz ayı sıcaklık ortalaması ise 23,6 °C'dir. Ayrıca Türkiye'nin en az yağış alan ili Konya'dır.

Konya nüfus yoğunluğu fazla olması hasebiyle Türkiye ekonomisinde ciddi miktarda enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. Tüketilmekte olan bu enerjinin büyük bir kısmı tarımsal alanda, konut-ticarethanelerde ve sanayide gerçekleşmektedir. Buna karşılık enerji üretimi açısından coğrafi konum itibarıyla hidroelektrik veya termik santraller bu ilde mevcut değildir. Jeopolitik konum açısından Konya ili güneş enerjisinden faydalanmak için oldukça elverişlidir.

Konya'ya düşen yıllık ışınlık miktarı GEPA haritası verilerine göre 1 m² alana 1.600-1.650 kWh/m²-yıl hatta 1.700 kWh/m²-yıl üzerine çıkmaktadır. Ülke ortalamasının 1.350 kWh/m²-yıl olduğu düşünülürse Konya güneş enerjisi alanında yatırım yapılması için uygun üretim koşullarına en uygun illerimizden birisidir. Almanya en çok 1.130 kWh/m²-yıl ışınlık miktarına sahiptir. Ancak, dünyadaki güneş enerji sistemlerine en fazla yatırım yapan ülkelerdendir. Konya bölgesinde yapılan fotovoltaik yatırımların mevcut teşvikler ve doğru tasarlanmış sistemlerle 10 yıldan daha az bir süre içerisinde kendisini amorti edeceği öngörülmektedir. Günümüz teknolojisi ile üretilen sistemlerin doğru tasarlanması halinde en az 20 yıl ömürlü sistemler olduğu düşünülürse, kurulan sistemler yatırımcıyı kara geçireceği bilinmektedir [61].

4.1 Konya Düzeyinde Faturalandırılan Elektrik Tüketimi

Çizelge 4.2 Faturalanan elektrik tüketiminin il-tüketici bazında dağılımı (2018 yılı) [30]

il	Aydınlatma (MWh)	Mesken (MWh)	Sanayi (MWh)	Tarımsal Sulama	Ticarethane (MWh)	Genel Top. (MWh)	%
KONYA	7.047,64	103.190,53	162.970,41	329.839,21	174.569,64	777.617,42	3,92

2018 yılı ağustos ayı itibarıyla Konya ili %3,92'lik faturalandırması yapılan elektrik tüketimindeki payı ile ülke genelinde 6. sırada yerini almaktadır. Konya ili için

faturalandırılan mesken 103.190,53 kW ve ticarethane 174.569,64 kW elektrik enerjisi toplamı olan 277.760,17 kW enerji miktarı il genelinde tüketilen elektrik enerjisi miktarının yaklaşık %36'sını oluşturmaktadır [30].

4.2 Türkiye Lisanssız Elektrik Üretimi

Enerji kaynakları ile enerjinin kullanımında verimliliğin arttırılmasına yönelik yapılan yasal düzenlemelerle, gerçek veya tüzel kişilere kendi enerjilerini üretebilme hakkı tanınmıştır. Kendi enerjilerini üretme hakkına sahip gerçek veya tüzel kişiler, bu kapsamda herhangi bir lisans alma veya farklı bir şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulmuşlardır. Lisanssız elektrik üretimi yönetmeliğinin amacı elektrik piyasasında;

- Tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarının tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılanması,
- Arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması,
- Elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacıyla lisans alma ile şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik enerjisi üretebilmesidir.

Lisanssız üretim tesislerini elektrik abonesi olan herkes kurabilmektedir. Lisanssız elektrik üretimi gerçekleştirmek isteyen gerçek ya da tüzel kişilerin en az bir aboneliğinin bulunması gerekmektedir. Bununla birlikte aboneliği olmayan kişilerin lisanssız üretim ile ilgili hakları bulunmamaktadır. Aynı zamanda apartman yönetimi vb. şekilde gerçek ya da tüzel kişi olmayan aboneler de lisanssız elektrik üretimi için tesis kurma hakkına sahip değildir [62].

Lisanssız Güneş Enerjisi Santrali Kurulumu Yol Haritası: Güneş enerjisi sistemleri 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'na istinaden lisanslı veya lisanssız olarak kurulabilmektedir. Kanunun 14. maddesine göre lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf faaliyetler arasında "kurulu gücü azami 1 MW'lık yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurmak" bulunmaktadır. 1 MW üzeri kurulu güç için lisanslı üretim mekanizmaları devreye girmektedir. Üretim tesisi şartı aranmaktadır. Yasal izin süreci yaklaşık 4-6 ay arası sürmektedir. GES kurulacağı arazi

tespiti yapıldıktan sonra gerekli yasal izinlerin alınması gerekmektedir. Bu süreç şöyle gerçekleşmektedir;

- 1. Aşama:** Elektrik Dağıtım A.Ş.'e başvuru yapılması ve çağrı mektubunun alınması
- 2. Aşama:** Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin (TEDAŞ) projeyi onaylaması ve Elektrik Dağıtım A.Ş. ile bağlantı anlaşmasının yapılması
- 3. Aşama:** TEDAŞ'ın geçici kabulü yapması ve Elektrik Dağıtım A.Ş. ile sistem kullanım anlaşmasının yapılmasıdır.

Başvuru işlemi tesisin kurulacağı bölgedeki şebeke işletmecisi nezdinde yapılır, Konya için şebeke işletmecisi MEDAŞ'tır. 2 Ekim 2013 tarih ve 28783 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik hükümleri uyarınca başvuru esnasında sunulması gereken muhtelif belgeler istenmektedir. Bu belgelerin en güncel dokümanlarına Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü internet sitesinden ulaşılabilir. Çatı üzerine kurulacak güneş enerjisi uygulamalarında Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) çalışması istenmemektedir [63].

GES kurmak için yapılacak işlemler sırasıyla;

- Araziye kurulumu yapılacak ise tarım dışı arazi kullanım izni,
- Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) muafiyet veya ÇED yazısı,
- Elektrik Dağıtım A.Ş.'tan bağlantı görüşü,
- TEDAŞ proje onayı,
- TEDAŞ'a tesis kabulü yaptırmak.

Projeyi onaylatıldıktan sonra, Elektrik Dağıtım A.Ş. ile bağlantı anlaşması imzalanarak GES sahada kurulum aşamasına geçilebilir [61].

Konya, Türkiye de güneş enerjisi potansiyeli açısından ilk sıralarda yer alması sebebiyle lisanssız elektrik üretiminde en çok yatırım alan il olma ve lisanssız güneş enerjisi santrali (GES) açısından lider konumda bulunmaktadır. Özellikle son 10 yıldır Konya'da GES için çalışmalar hızla artırılmış olup, yapılan araştırmalara göre Konya'nın toplam güneşlenme süresi 2.902,5 saat ile Türkiye ortalamasının üstünde yer almaktadır.

2018 yılı ağustos ayı sonu itibariyle şehir bazında lisanssız elektrik kurulu gücünde 502,41 MW ve ülke genelinde %10,12 pay ile Konya birinci sırada yer almıştır. Konya'nın kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı ise şöyledir;

499,95 MW Güneş,

1,71 MW Doğalgaz,

0,50 MW Rüzgar,

+ 0,25 MW Biyokütle,

502,41 MW Toplam

Çizelge 4.3 Lisanssız elektrik kurulu gücü ve üretiminin illere göre dağılımı

İller	Kurulu Güç (MW)	Oran (%)
KONYA	502,41	10,12
KAYSERİ	309,15	6,23
ANKARA	291,24	5,87
ŞANLIURFA	209,86	4,23
AFYONKARAHİSAR	205,40	4,14
İZMİR	177,91	3,59
MERSİN	163,45	3,29
ESKİŞEHİR	146,58	2,95

Türkiye'deki lisanssız elektrik üretiminde Konya, 103.968,41 MWh üretimiyle ilk sırada yer almaktadır ve lisanssız elektrik üretimindeki ülke payı %10,49'dur. Konya'daki 103.968,41 MWh'lık üretimin tamamı güneşten elde edilmektedir. Konya'yı sırasıyla Kayseri, Ankara, Şanlıurfa, Afyon illeri takip etmektedir (Çizelge 4.4) [62].

Çizelge 4.4 Lisanssız elektrik üretiminin 2018 yılında illere göre dağılımı (MWh-%)

İller	Üretim (MWh)	Oran (%)
KONYA	103.968,41	10,49
KAYSERİ	65.185,26	6,58
ANKARA	51.522,20	5,20
ŞANLIURFA	43.276,27	4,37
AFYONKARAHİSAR	41.167,58	4,15
K.MARAŞ	35.200,16	3,55
İZMİR	33.578,39	3,39
ESKİŞEHİR	31.757,19	3,20

4.3 Güneşten Elektrik Üretimi

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

- **Güneş Hücreleri:** Fotovoltaik güneş elektriği sistemleri de denilen güneş hücreleri, yarı iletken malzemelerden yapılmış olup, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirirler. Fotovoltaik tanımı ayrıntılı olarak açıklanacaktır.
- **Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP=Collector Solar Power):** Güneş enerjisinden ısı elde edilen bu sistemlerde, ısı doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilmektedir.

Sera gazları, toksik gazlar gibi zararlı gaz salımına sebebiyet verilmemesi, elektrik şebekelerinde dağıtım hatlarının azaltılması, enerji bağımsızlığının artması, enerji kaynaklarının ve enerji güvenliğinin çeşitlendirilmesi, gelişmekte olan ülkelerde kırsal alanlara elektrik ulaştırılması ve elektrik talebindeki tepe yükün azaltılması gibi konularda güneşten elde edilen elektrik enerjisi büyük avantajlar sağlamaktadır. Bunun yanı sıra fotovoltaik sistemlerin en büyük dezavantajları olarak; yüksek satın alma ve kurulum maliyetleri ile sistemin geri ödeme süresi sayılabilir [34].

4.3.1 PV Teknolojisi

Güneş ışığının enerjiye dönüştürülmesini ifade eden fotovoltaiik bir çeşit mühendislik ilkeye dayanan enerji üretim teknolojisidir. Fotovoltaiik etki 1839 yılında keşfedilmiş fakat ilk pratik çalışma 1950'li yıllarda gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaiik modüller ilk olarak uzaydaki uydulara enerji sağlamak için geliştirilmişlerdir [34]. Yüksek verimli silikon güneş pillerinin geliştirilmesi ile birlikte fotovoltaiik enerji günümüzde yaygın bir hal almıştır [64].

Fotovoltaiik Enerjinin Avantajları;

- Güneş sonsuz enerji kaynağıdır,
- Yanıcı gaz, partikül gibi zararlı atık üretimi söz konusu olmayıp çevrecidir,
- Kurulumu ve kullanımı kolaydır,
- Uzun ömürlüdür,
- Enerji iletim kayıpları minimumdur,
- Güneş enerjisi santralinin bakım ihtiyacı ve masrafları çok azdır,
- Her yapının belli miktarda kendi enerjisini üretmesine imkan vermesidir.

Fotovoltaiik cihazların çalışması için mekanik veya hareketli parçalara gerek yoktur. Basitçe çalışması yarı iletken materyallerin güneşin radyasyon enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmesi esasına dayanmakta ve bunun için günümüzde hemen hemen sadece silisyum yarı iletken malzeme olarak kullanılmaktadır. Bir fotovoltaiik tesisin temel bileşeni fotovoltaiik hücredir. Bir PV hücresi standart koşullar olan 25°C sıcaklık, 1.000 W/m² radyasyon gücünde 1,5 Watt güç üretmektedir. Standart koşullarda çalışan bir fotovoltaiik cihazın güç çıkışına pik güç (Wp) denilmektedir.

Güneşten enerji elde etmek için birçok farklı malzeme kullanılmaktadır ve bu çeşit bir tesisin yatırım maliyeti kullanılacak malzemeye göre çeşitlilik göstermektedir. Üretilen elektriğin elde edilmesinde zeminin özellikleri, yöresel olarak kar ve rüzgar yükü gibi faktörlerin değişkenlik göstermesi, arazi eğiminin değişkenliği, kullanılan ekipmanlar ve tasarım durumuna göre her saha için farklılık gösteren bir konudur.

4.3.2 Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik hücrelerin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan fotovoltaik modüller, modül veya dizilerin yerleştirilmesinde kullanılan montaj sistemleri, evirici (inverter) adı verilen cihaz ve şebekeye bağlı olmayan sistemlerde bulunan akü ile yük kontrolöründen oluşan düzenek fotovoltaik enerji sistemlerinin ana elemanlarını oluşturmaktadır [65].

Elde edilen enerji aküde depolanabilir ya da yüke direkt olarak iletilebilir veya uygun güç elektroniği devrelerinin kullanılması suretiyle şebekeye geri verilebilir. Fotovoltaik sistem tasarımında enerji üretimi gerçekleştirecek yapıya ait; güneş ışınımı açısı, sıcaklığının mevsimsel ve günlük olarak değişimi, hava koşulları, yapı etrafında bulunan binaların ve yapının mimari özellikleri ile oluşturabileceği gölgeler, fotovoltaik panelin mevcut konumunu gibi hususlar önemlidir. Ayrıca panellerin boyutlarını ve sayısını belirleyen yapının enerji talebi ve sistemin işletme-bakım masrafları da büyük önem taşımaktadır [34].

4.3.3 Fotovoltaik Hücreler

Üzerine düşen güneş ışığını (güneş enerjisini) elektrik enerjisine çeviren yarı-iletken bir materyal olup, fotovoltaik enerji üreten sistemin en temel elemanlarıdır. PV sistem temellerini oluşturan bu hücreler optik ve elektriksel özelliklere sahip yarı iletken malzemelerden üretilmektedirler. Söz konusu bu malzemeler güneş ışığını absorbe ettiklerinde, alınan enerji yarı iletken malzemede yer alan serbest elektronları harekete geçirmekte ve güneş hücresi içinde bulunan elektriksel devrede bir akım akmasını sağlamaktadırlar. Güneş hücrelerinin verimleri güneş ışığını elektrik enerjisine çevirmedeki performansı göstergesidir [66].

Fotovoltaik hücrelerin ana malzemesi silisyum elementidir ve dünya üzerindeki en yaygın elementlerin başında gelmektedir. Silisyum doğada saf halde bulunmaz, saf silisyumun elde edilmesi zorlu ve pahalı bir süreçtir. Silisyum diğer elementler ile bileşikler halinde bulunmakta ancak fotovoltaik bir hücrenin üretimi için saf halde silisyuma ihtiyaç duyulmaktadır. Gerekli gücü oluşturma ve fotovoltaik hücreleri yağmur, kar, rüzgar, dolu gibi doğal etkenlerden korumak için metal bir iskeletle birleştirilmiş halde bulunan bu hücreler cam bir levha içinde korunmaktadırlar.

Fotovoltaik hücreler isimlerini üretimde kullanılan malzemelerden alırlar. Örneğin; monokristalin silisyum, polikristalin silisyum, ince film, amorf silisyum, kadmiyum tellür ince film ve bakır indiyum diselenid gibi. Monokristalin silisyum malzemeden yapılmış olan bu hücrelerde elektrik elde edilmesi yüksek verimlilikte gerçekleşmektedir. Bu hücreler genellikle değişmeyen mavi renklidir ve günümüzde %8-10 oranında kullanılmaktadır [34].

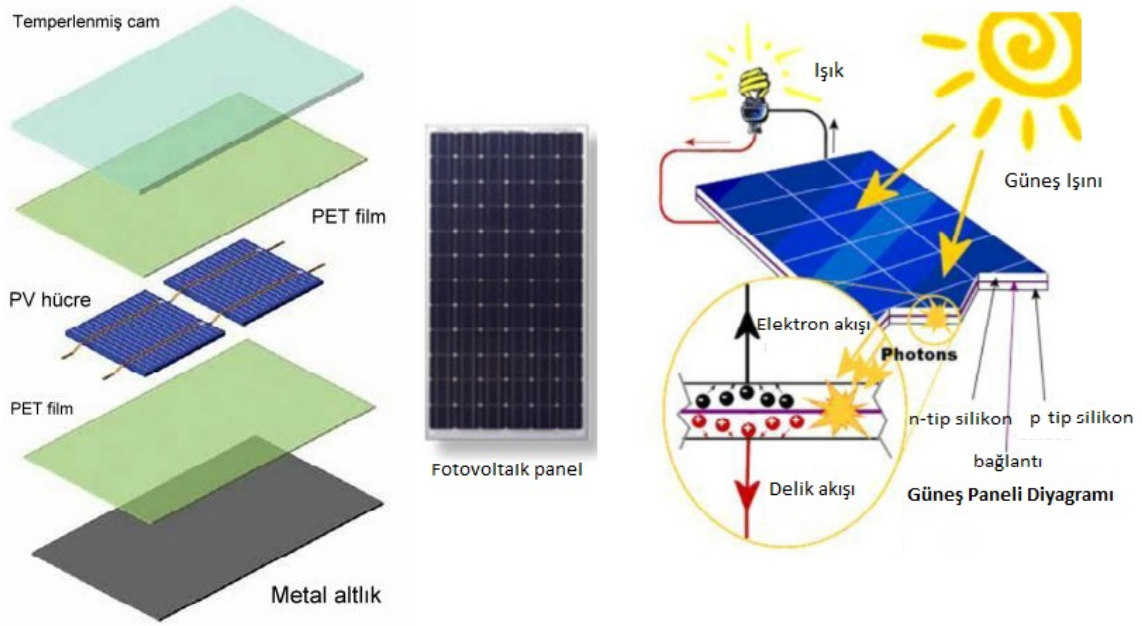
Silisyumun esaslı güneş hücreleri hem elektriksel hem de yapısal özelliklerini uzun süre koruması ve silisyum üretim teknolojisinde elde edilen başarılı sonuçlar neticesinde bu malzemenin günümüz dünyasında en yaygın kullanılan malzeme olarak öne çıkmasını sağlamıştır [67]. Güneş hücresi teknolojilerinin karşılaştırılması Çizelge 4.5'te gösterilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı Fotovoltaik Güç Sistemleri Programı (IEA PVPS) üyesi ülkelerin genelinde PV hücre üretimi miktarının %80'ini kristalin silikon teknolojisi oluşturmaktadır [65].

Çizelge 4.5 Güneş hücresi teknolojilerinin karşılaştırılması

Hücre Malzemesi	Modül Verimi (%)	1kWp için gerekli alan
Monokristalin silikon	14-20	5-7
Polikristalin silikon	13-15	6,5-8,5
Amorf silikon ince film	6-9	11-16,5
Kadmiyum Tellurid (CdTe) ince film	9-11	9-11
Bakır İndiyum (Galyum) Diselenid (CIS veya CIGS) ince film	10-12	8,5-10

4.3.4 Fotovoltaik Modül, Dizi ve Dizeler

Fotovoltaik modüller üretim çeşitlerine göre 7–8 farklı katmandan ve birkaç ekipmandan oluşmaktadır. Bunlar; metal altlık, PET film, fotovoltaik hücre, eva kaplama, temperlenmiş cam, şerit, alüminyum kasa, bağlantı kutusu, kablo ve konnektörlerdir (Şekil 4.1). Fotovoltaik modüller almış oldukları ışık vasıtasıyla, içlerinde oluşan elektrik akımını üzerinde diotlardan ve bağlantı kutusu üzerinden geçirerek, kablolar vasıtasıyla seri ve paralel bağlantılar yoluyla invertörlere doğru akım yaratırlar.



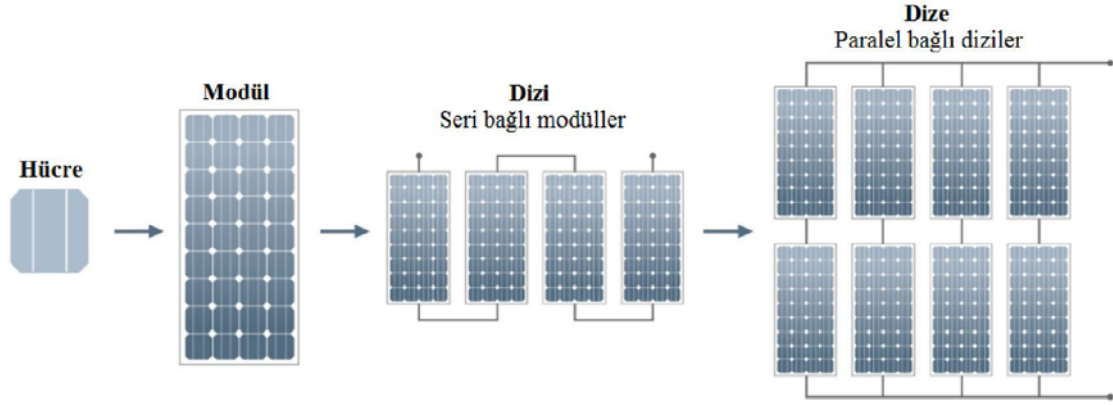
Şekil 4.1 Güneş PV panel katmanları ve enerji elde edilmesi prensibi

Fotovoltaik modüller STC (1.000 W/m^2 ışıma, 25°C hücre sıcaklığı, AM 1,5 EN 60904 standartları uyarınca) standartlarında test edilerek üretim hattından çıkarlar. Modüller direkt olarak ışığı elektriğe çevirdikleri için, elektrik performans değerleri çok önemlidir. Elektrik performansını etkileyen en önemli koşullardan biri de malzemenin termal özellikleri ve çalışma koşulları olup, her markanın değerleri üretim kalitesi ile birlikte farklılıklar addetmektedir.

PV hücrelerinin seri olarak monte edilmesiyle tek bir yapı formunda bağlanması şeklinde fotovoltaik modül elde edilir. Hücreler yapısal olarak seri bağlandıkları için modül gerilimi tüm hücrelerin gerilimlerinin toplamına eşittir. Fakat modül akımı tek bir hücrenin akımına eşittir [67].

PV modülleri; normal çalışma hücre sıcaklığı, tepe güç miktarı ve tüm günü gösteren değer olan AMPM (Ante Meridiem Post Meridiem) standardı ile enerji performansı sınıflandırmaları yapılabilmektedir. Normal çalışma hücre sıcaklığı herhangi bir modülün belirli dış hava sıcaklığı ile aynı derecedeki sıcaklık seviyesine eriştiği zamanda görülen nominal çalışma durumu hücre sıcaklığını göstermektedir. Tepe güç miktarı W_p ise bir modülün standart test koşulları olan 1.000 W/m^2 ışıma, atmosfer güneş ışığını geçirme oranı için 1,5 değeri ve 25°C 'ta ölçülen en yüksek gücünü göstermektedir. Bu durum oluştuğunda gerçek değere çok yakın fakat tepe gücünden daha düşük seviyede bir enerji üretimi gerçekleşmektedir. AMPM standardı tepe güneşlenme saatlerinden

ziyade tüm günü dikkate alarak modülün daha gerçekçi çalışma koşulları altındaki performansını ölçmek üzerinedir. Bu standart güneş ışığı seviyeleri, dış ortam sıcaklığı ve atmosfer güneş ışığını geçirme oranı üzerinden bir ortalama gün tanımı yapmakta ve bu tanımı kullanmaktadır [66].



Şekil 4.2 Fotovoltaik hücre, modül, dizi ve dize

PV modüllerinin seri bağlanması sonucu fotovoltaik dizi elde edilir. Oluşturulan dizilerde gerilim modüllerin toplam çıkış gerilimine eşitken, akım herhangi bir modüldeki en düşük akım değerine eşit olmaktadır [67]. Hedeflenen güç elde edilmesinde birden fazla sayıdaki modülün seri şekilde bağlanıp bir dizi oluşturulduktan sonra, bu dizilerin paralel olarak bir araya getirilmesiyle fotovoltaik dize oluşturulmaktadır [65]. Hücre, modül, dizi ve dize oluşumları Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

Sabit veya güneşin hareketini takip edecek şekilde oluşturulan PV panel veya modül yerleşimi yaygın olarak yapılmaktadır. Direkt gelen güneş ışını veya yayınlık halde gelen ışık panel üzerine düşmektedir. PV panelleri sabit olması durumunda sisteme fazla yük ve ilave hareketli parçalar gerektirmemesi sebebiyle kullanım açısından kolaylık sağlamaktadır. Bunların dezavantajı olarak; PV sisteminin güneşin konum değişimine adapte olamamasıdır. Bunun neticesinde enerji elde edilmesi sırasında eğim açısının optimal açıdan uzaklaşması sebebiyle günün belli saatlerinde elektrik enerjisi elde edilmesinde azalma yaşanıyor olmasıdır. Güneşin konumuna göre pozisyon değiştirerek güneşi takip eden sistemler ise ışıınımdan maksimum seviyede yararlanır ve daha yüksek düzeyde elektrik enerjisi üretirler. Fakat bu sistemler hem kurulum hem de işletme açısından maliyetli sistemler olduğundan sabit panelli sistemler günümüzde daha yaygın kullanılmaktadır [34].

4.3.5 PV Sistem Performansı

PV hücrelerinin üretebileceği gücü bulabilmek için PV sisteminin performansını bilmek gereklidir. Söz konusu bir sistemdeki dizinin enerji performansı ele alınırken çeşitli faktörler dikkate alınmalıdır. Bunlar; güneş hücrelerinin elektriksel açıdan gösterdiği karakteristik özelliği, tasarım ve montaja bağlı bozulma katsayıları, güneş hücresi çalışma sıcaklığı açısından çevresel faktörlerin etkileri ve dize güç çıkış kapasitesi dikkate alınması gereken başlıca unsurlardır. Üretilen elektrik enerjisi, tepe güç olarak adlandırılan çıkış gücü belli bir süre içinde elde edilen enerji miktarı ve çevrim verimi ile hesaplanabilir. Enerji çıkışını etkileyen unsurlar;

- Enerji çıktısının birim PV dizesi alanına oranı [Wh/m^2],
- Birim dize ağırlığına oranı [Wh/kg],
- Birim dize fiyatına oranı [Wh/TL].

olarak adlandırılmakta, ayrıca çevrimin verimi dize enerji çıkışının güneş enerjisi girişine oranı şeklinde tanımlanmaktadır [66].

PV sistemi enerji büyüklüklerini tanımlayan parametreler, IEA Fotovoltaik Güç Sistemleri Programı tarafından belirlenmiş ve 61724 sayılı IEC standardında tanımlanmıştır [34]. Bu standartla tanımlanan performans parametrelerinden üç tanesi genel sistem performansını; enerji üretimi, güneş enerjisi kaynağı ve sistem kayıplarının toplam etkisi açısından belirlemek için kullanılabilirler. PV sistemi enerji büyüklüklerini tanımlamak için oluşturulan parametreler şöyledir;

Son PV sistem kazancı (Y_f) : Net enerji çıkışının kurulu PV dizisinin plaka DC güç değerine oranıdır. Bu oran, PV dizisinin günlük net üretimdeki enerji payını sağlayabilmesi için anma değerinde çalıştırılması gereken süreyi göstermekte olup, birimi saat veya kWh/kW 'dır. Bu oran ayrıca üretilen enerjiyi sistem büyüklüğüne göre normalize ettiği için farklı boyutlardaki PV sistemlerinde üretilen enerji karşılaştırmalarında uygun bir parametredir.

Referans kazanç (Y_r): Panel üzerine gelen toplam ışınımın PV sistemin referans ışınımına bölümüyle elde edilir ve böylece referans ışınıma denk düşen saatlik süre bulunabilir. Eğer referans ışınım 1 kW/m^2 değerinde ise Y_r tepe güneş saatlerinin

sayısını veya kWh/m² cinsinden güneş ışınlamını verir. Başka bir ifadeyle Y_r ; PV sisteminin güneş enerjisi kaynağını tanımlamakta ve PV sistemin konumunun, dizinin yönlendirilmesinin, aylık ve yıllık hava değişiminin bir fonksiyonudur [34].

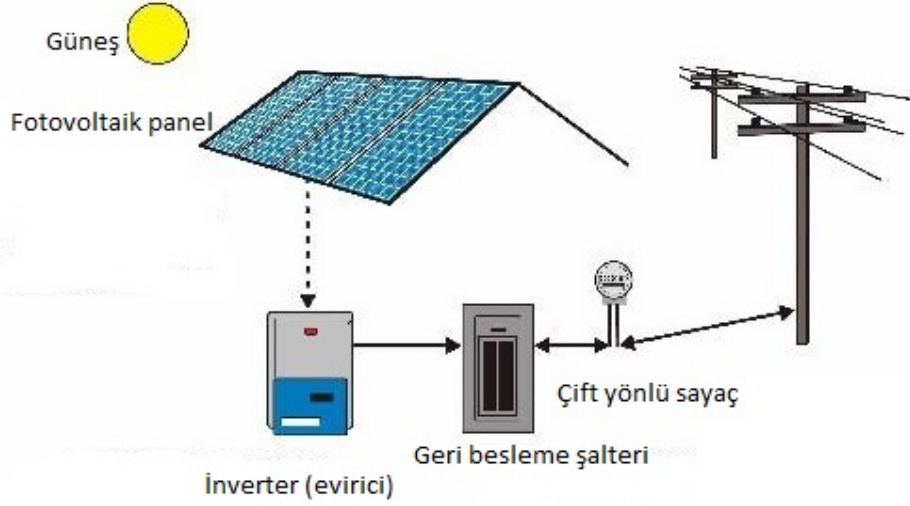
Performans oranıdır (Y_f/Y_r): Son sistem kazancının referans sistem kazancına olan oranıdır. Sistem kayıpları; evirici verimine bağlı kayıplar, kablolama kayıpları, uyumsuzluk sonucu oluşan kayıplar, DC-AC dönüşümü kayıpları, PV modül sıcaklık kayıpları, modül yüzeyindeki yansımalar sebebiyle güneş ışınlamının tam olarak kullanılamaması, kirlenme sonucu enerji üretimi kaybı, sistemin bozuk ve çalışmadığı süreler ile bileşen arızalarından kaynaklanan kayıplar olarak gerçekleşmektedir. Tüm bu kayıplar ışınlama göre çıkış gücü değeri üzerine etki eden başlıca unsurlardır. Performans oranı değerleri günlük, haftalık, aylık veya yıllık olarak verilebilir. Kısa zaman periyotları için hesaplanan değerler bileşenlerde gerçekleşen arızaların tanınması için faydalı bulgular sağlamaktadır. Yüksek modül sıcaklığı kaynaklı kayıplar sebebiyle performans oranı değerleri yazın daha düşük olmaktadır. Kışın ise bu değer yüksek olup 0,6-0,8 arasında değişmektedir. Ayrıca, sistemin yıllık performans oranında gözlenen düşüşler, performansta kalıcı kayıplar olduğunun göstergesidir ve dikkate alınması gereken temel bir sorun olmaktadır [34].

4.4 Fotovoltaik Sistem Çeşitleri

Fotovoltaik sistemler literatürde; şebeke bağlantılı, şebeke bağlantısız ve binaya entegre olmak üzere 3 temel sınıflandırmadan oluşmaktadır. Bunlar kısaca şöyle tanımlanmaktadır.

4.4.1 Şebeke Bağlantılı PV Sistemler

Güneş panellerince üretilen elektrik enerjisini pillerde depolamayıp şebekeye veren ve güce ihtiyaç duyulduğunda şebekeden geri alınan sistemlerdir. Bunun en önemli faydası, sistemin yapıya ait elektrik ihtiyacının tümünü karşılamak mecburiyetinde olmamasıdır. Yük PV sisteminden veya şebekeden veya ikisinin bileşkesinden beslenebilmektedir. Ayrıca PV sistemi tarafından üretilen enerji fazlası şebekeye verilmek suretiyle sisteminden kar edilmesi mümkün olmaktadır.

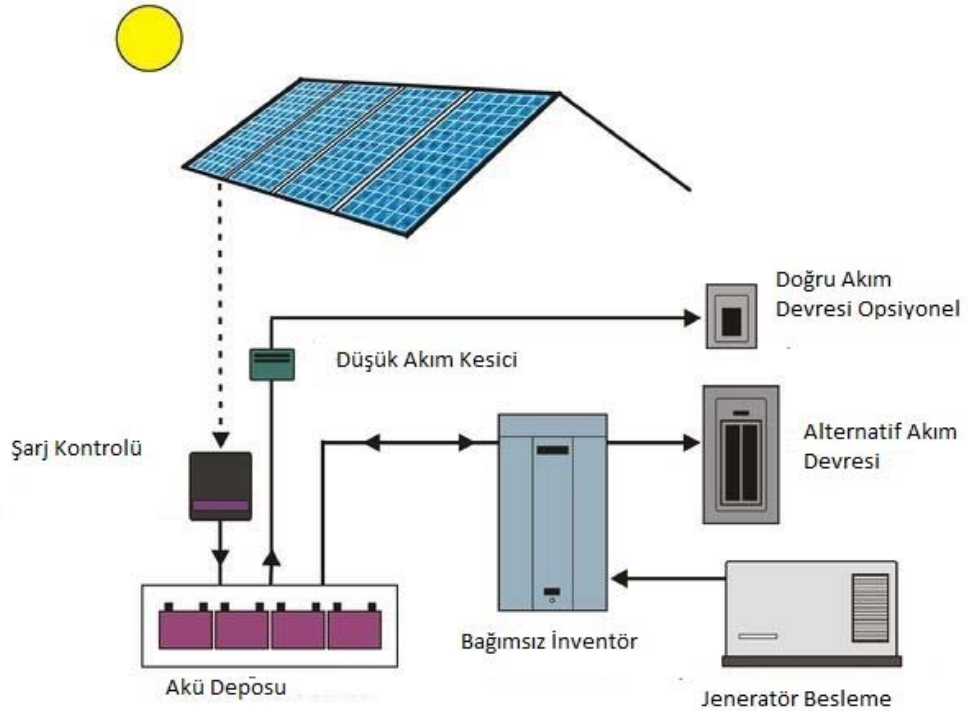


Şekil 4.3 Şebeke bağlantılı tipik bir fotovoltaik sistem

Şebeke bağlantılı bir PV sisteminin temel bileşenleri; PV dizisi, evirici ve sayaç sistemi ile gerekli kablolar, birleştirme kutuları, koruma elemanları, anahtarlar, yıldırımdan koruma ve işaretleme elemanları sistemi tamamlamak için gereklidir [67]. Sistem şöyle işlemektedir; güneş panelleri gün ışığını doğru akıma çevirir, evirici elde edilen doğru akımı ev kullanımı için alternatif akıma dönüştürür. İnverter AC çıkışı mevcut servis panelindeki geri besleme şalteri aracılığıyla şebekeye bağlanarak her iki yönde de elektrik geçişi sağlanır. Şebeke bağlantılı bir örnek PV sistemi Şekil 4.3'te gösterilmektedir.

4.4.2 Şebeke Bağlantısız Fotovoltaik Sistemler

Yaygın olarak kullanımı şebeke bağlantısının mümkün olmadığı veya zor olduğu yerleşim alanlarında tüm elektriksel ihtiyaçları karşılayabilmek için ve kırsal kesimlerde aydınlatma, telekomünikasyon, reklam panoları, durak ve bekleme yeri aydınlatması, trafik işaretlemesi, sulama yapılabilmesi ve bunun gibi daha birçok iş için kullanılmaktadır. Söz konusu bu sistemler için güneş ışığının düşük seviyelerde olduğu durumlarda enerji devamını sağlayabilmek adına bir aküye ihtiyaç vardır. Akü ile birlikte şarj kontrolörü yardımıyla akünün mümkün olan en yüksek şarj durumunda tutulabilmesi ve böylece kullanıcının ihtiyacı olan enerji sağlanırken akünün tam deşarjı veya aşırı şarjı engellenmesi adına bir regülatör sistem üzerinde bulundurulmalıdır.



Şekil 4.4 Şebeke bağlantısız tipik bir fotovoltaik sistem

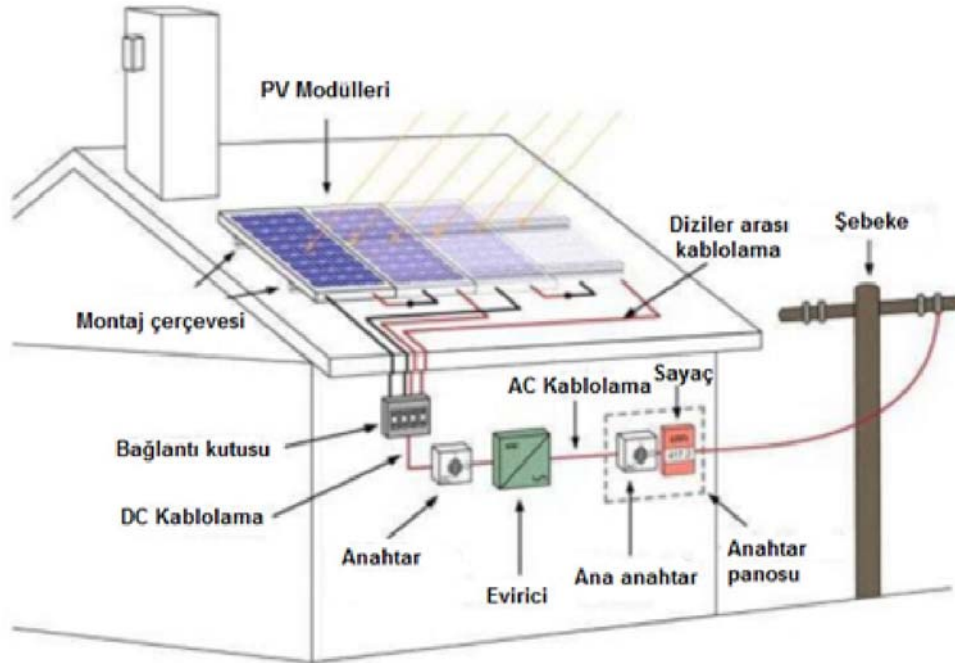
Günümüzde çoğu regülatörler PV'den elde edilen elektriği maksimum seviyede tutabilmek için aynı zamanda entegre maksimum güç noktası takip elemanlarına da (MPPT-maximum power point tracker) sahiptirler. Buna ilave olarak alternatif akıma ihtiyaç duyulur ise, bağımsız bir evirici yardımıyla alternatif akımla çalışan ev aletlerine enerji vermek de mümkün olabilmektedir [65]. Şebeke bağlantısız bir PV sistem ve bileşenleri Şekil 4.4'te gösterilmektedir.

4.4.3 Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemler

Bu sistemler İngilizce kelimelerinin baş harfleri olan BIPV (Building Integrated Photovoltaics) kısaltmasıyla anılmaktadırlar. Bunlar bina konstrüksiyon teknolojileri ve fotovoltaik teknolojisi bir araya getirmesiyle oluşturulan sistemlerdir. BIPV sistemleri uygulamaları günümüzde dikey ve eğimli bina cephelerinde perde ve duvar sistemleri olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yağmur koruyucu cephe kaplamalarında, güneş kırıcı panjur sistemlerinde, entegre çatı kaplama sistemlerinde, eğimli ve düz çatıya monte edilen sistemlerde ve yarı transparan çatı ışıklığı sistemlerinde kullanılmaktadırlar [68]. Çatı üzeri uygulamalar özellikle organize sanayi bölgelerinde, belediyelere ait kapalı semt pazarlarında, depolama alanlarında, tarım-hayvancılık tesislerinde, alışveriş

merkezleri gibi büyük ticari yapılarda, oteller, hastaneler, akaryakıt istasyonları gibi oldukça geniş bir uygulama alanına sahip olmaktadır [64].

4.5 Fotovoltaik Sistem Bileşenleri



Şekil 4.5 Şebeke bağlantılı bir PV sisteminin bileşenleri

Herhangi bir fotovoltaik sistemin yapısı modüllerden ve pek çok elektrik-mekanik ayardan oluşmaktadır. Şebeke bağlantılı örnek gösterilecek bir sistemin bileşenleri; evirici, koruma-anahtarlama sistemleri, DC ve AC akım için kablo ve bağlantı kutuları ile sayaçtan oluşmaktadır. Örnek bir düzenek basitçe Şekil 4.5'te gösterilmektedir.

Hem şebeke bağlantılı hem de şebeke bağlantısız sistemler için üretilen enerjinin düzenlenmesi mecburi olmaktadır ve enerjinin düzenlenmesi için DC'nin AC akımına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bununla birlikte üretim frekansının şebeke frekansına eşitlenmesi, oluşacak gerilim dalgalanmalarının sınırlandırılması ve AC akım dalga şekli kalitesinin yüksek tutulması da gerekmektedir. PV dizisine direkt olarak bağlı bulunan sistem üzerindeki eviricinin görevi yükün ihtiyaçları karşılayacak şekilde düzenlenmesini sağlamak olup, bunların verim değerleri yaklaşık %95-97 arasındadır. İçerisindeki MPPT yardımıyla yük empedansı sürekli ayarlanır ve bu sayede PV dizisinden çalışma durumunda en yüksek miktarda güç elde edilmesi sağlanmış olur. Piyasada satılmakta olan PV modülleri genellikle AC akım modülü adı verilen ve

üzerinde entegre eviricileri bulunan PV modülleri olmaktadır ve bunlar şebeke kontrolörlerinin uygun bulunduğu koşullarda şebekeye direkt bağlanabilir özellik taşımaktadırlar [65],[69].

PV sistemin en uygun şekilde çalışabilmesi için PV modüllere ek olarak başka bir takım elemana ihtiyaç duyulmaktadır. Denge bileşenleri adı verilen bu elemanlar PV dizesi ve eviriciyi bağlamak ve korumak amacıyla kullanılmaktadır. Bunların seçimi genellikle ilgili kanun ve yönetmeliklere göre yapılmaktadır. İçerisinde; kablolar, izolatörler, ayırıcılar, koruma elemanları ve izleme elemanları vb. bulunmaktadır [67].

Modüllerin birleştirilmesi amacıyla kullanılan tüm kablolar, buradan bağlantı kutusuna gelen kablolar ve eviriciye giden kabloların hepsi DC akım kablo sistemini oluştururlar. Bunun yanında eviriciyi sayaca, sayacı şebekeye bağlayan AC akım kabloları ve modüller için topraklama kabloları da sistemdeki diğer kablolardır. Fazla sayıda paralel şeridi olan PV dizileri için PV bağlantı kutusu kullanılması gerekmektedir. PV dizisi ile evirici arasına yerleştirilen bu kutu yerine çoğu modülün arkasında kabloları bir araya getirmek için kendi bağlantı kutuları bulunmaktadır. Fotovoltaik sistemlerini yıldırım, güç darbeleri gibi durumları karşı korunmalarını sağlayan koruma elemanları sistem üzerinde bulunmaktadır. Bunlar otomatik veya manuel güvenlik anahtarları şeklinde yenilenebilir enerji sistem kablo ve elemanlarını güç darbelerinden, hata durumlarından korurken bakım-onarım çalışmaları için sistemin devreden çıkarılmasını da sağlamaktadırlar. Ayrıca şebeke bağlantılı sistemlerde bu güvenlik anahtarları enerji üreten elemanların şebekeden izolasyonunu sağlayarak şebeke iletim ve dağıtım sistemlerinde çalışanların can güvenliğini koruma altına almaktadır. Topraklama elemanları ile birlikte sistemden toprağa düşük dirençli bir yol sağlanarak yıldırım çarpması gibi sistem hatalarına karşı PV sistemini de korurlar. Darbe koruması elemanları ise sisteme yakın bölgelerde düşebilecek yıldırıma karşı koruma sağlarlar. Sistemdeki sayaç ve ölçü aletleriyle üretilen, tüketilen enerjiyi ve akünün şarj miktarını takip etmek mümkün olmaktadır. Şebeke bağlantılı sistemlerde ise çift yönlü sayaçlar sayesinde kurulu sistemin ne kadar enerji ürettiği ve şebekeden ne kadar enerji çekildiği takip edilebilmektedir [69].

4.6 Konya’da Bulunan Güneş Enerji Santralleri

Literatürde Solar Power Plant (SPP) olarak bilinen GES’den (Güneş Enerjisi Santrali) Konya’da her geçen yıl artış gösteren sayıda tesis bulunmaktadır. İlçeler bazında bakıldığında Karatay ve Ereğli ilçeleri ön plana çıkmaktadır. Fakat Konya merkezi ve ilçeleri de coğrafi konum olarak GES için çok uygun bir enlem bölgesinde bulunmaktadır. Bunlardan büyük kapasitelerde üretim gerçekleştirenlerden birkaçı için örnek verilmek gerekirse;



Şekil 4.6 Konya Karapınar GES

Konya Karapınar GES: Konya Karapınar’da bulunan tesis 4.400 kWp kapasiteli, uzaktan izlenebilme özelliği ile üretim değerlerini anlık izleme olanağı sağlayan en donanımlı güneş enerji santrallerden birisidir. Yıllık olarak toplamda 7.181.600 kWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Konya Karapınar GES, toplamda 82.500 m²’lik alana kurulmuştur. Söz konusu bu GES yıllık 10.071 ağacın kurtarılmasını ve 4.368 ton CO₂ salımı engellemesini sağlamaktadır [70].



Şekil 4.7 Konya Altınekin GES

Konya Altınekin GES: Konya Altınekin güneş enerjisi santrali 8.400 kWp kapasiteli bir tesistir. Yıllık olarak toplamda 14.154.000 kWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Konya Altınekin GES, toplamda 185.000 m²’lik alana kurulmuştur. Yıllık 20.917 ağacın kurtarılması ve 8.647 ton CO₂ salımı engellemesini sağlamaktadır [70].



Şekil 4.8 Makascı Mühendislik GES

Makascı Mühendislik GES: Bu tesis Konya'nın Tuzlukçu ilçesindedir. 10,35 MWp kurulu gücü ile ortalama 18.000.000 kWh elektrik üretimi ile 5.438 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bu tesis sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 5.714 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapabilmektedir [62].



Şekil 4.9 Konya Cihanbeyli GES

Konya Cihanbeyli GES: 12.000 kWp kapasiteli güneş enerji santralidir. Yıllık 19.944.000 kWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Toplamda 200.000 m²'lik alana kurulmuştur. Yıllık 29.473 ağacın kurtarılması ve 12.185 ton CO₂ salımı engellemesini sağlamaktadır [70].



Şekil 4.10 Konya Altınekin GES

Konya Karatay Kızören GES: Konya'nın Karatay ilçesi Kızören bölgesindedir. 17,82 MWp kurulu gücü ile ortalama 26.100.000 kWh elektrik üretimi ile 7.885 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması vb.) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir [62].



Şekil 4.11 Konya Kızören GES

Konya Kızören GES: Toplamda 22,5 MWp kapasiteli olmakla birlikte yıllık olarak toplamda 30.730.000 kWh elektrik üretimi gerçekleştirebilmektedir. Toplamda 430.000 m²'lik alana kurulmuştur. Yıllık 45.505 ağacın kurtarılması ve 18.702 ton CO₂ salımı engellemesini sağlamaktadır [70].

BÖLÜM 5

MERAM BELEDİYESİ

Belediyeler belirli bir coğrafi alanda yaşayan yerel topluluğa hizmet üretmek amacıyla kurulan, karar organları yerel halk tarafından seçilen, yasalarla kendilerine tanınmış yetki, araç, bütçe ve personel imkanlarını kullanan ve yine kanunla kendilerine verilen görevleri yerine getiren kamu tüzel kişileridir.



Şekil 5.1 Meram Belediyesi Hizmet Binası fotoğrafı

Meram Belediyesi 2014-2019 yılları arasındaki dönemde Belediye Başkanı Sayın Fatma TORU, 6 adet Başkan Yardımcısı ile 24 adet müdürden ve muhtelif sayıda olmak üzere toplam 441 personel (240 memur, 164 kadrolu işçi, 37 sözleşmeli personel) ve 1.000'e yakın sayıda taşeron çalışandan oluşmaktadır. Belediye vermekte olduğu belediyecilik hizmetlerini; Hacı İsa Efendi Mahallesi Azerbaycan Caddesi üzerinde bulunan belediye hizmet binası ile dış birimlerden sağlamaktadır. Söz konusu bu dış birimler ise şöyledir;

Arif Bilge Mahallesinde (Fen İşleri Müdürlüğü, Destek Hizmetleri Müdürlüğü, Çevre Koruma-Kontrol İşleri Müdürlüğü ve Veteriner İşleri Müdürlüğü), Harmancık Mahallesinde Sosyal Yardım İşleri Müdürlüğü, Çaybaşı Mahallesinde Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü ile Hasanköy Mahallesinde Park ve Bahçeler Müdürlüğü hizmet vermektedir [71].

5.1 Tarihçe

20.06.1987 günü TBMM’de kabul edilerek 27.06.1987 gün ve 1950 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 3399 sayılı Kanun gereğince; Konya İl merkezinin Büyükşehir hüviyetine kavuşturulup Karatay, Selçuklu ve Meram adıyla 3 ilçeye ayrılmasıyla birlikte Meram İlçesi 08.08.1988 tarihinde resmen kurulmuş ve bu tarihte fiilen hizmete başlamıştır. İlçe konum itibarıyla Konya’nın güney ve güneybatısında yer alır. İlçenin kuzeyinde Selçuklu, kuzey batısında Derbent, batısında Beyşehir, güney batısında Seydişehir, güneyinde Akören, güney doğusunda Çumra, doğusunda Karatay İlçeleri bulunmaktadır. İlçe genel konum itibarıyla dağlık olup ovalık alanda yerleşim yerleri de mevcuttur. İlçenin batı ve güneybatı tarafı dağlık, güneydoğu tarafı ovalık bitki örtüsü ise bozkır olup, yer yer ormanlık alanlar da mevcuttur [72].

5.2 Fiziksel Yapı

Meram Belediyesi Meclisinin 02.04.2018 tarih ve 2018/55 sayılı kararı ile hazırlanmış olan “Meram Belediyesi 2017 Faaliyet Raporu”na göre; İlçeyi yaşam kalitesi yüksek, herkes tarafından benimsenmiş çevre ve doğa bilinci bulunan, yaşanabilir örnek bir merkez haline getirmek amaçlanılmış ve belediye misyonu bu doğrultuda oluşturulmuştur.

İlçe merkezi nüfusu 345.813 kişi (ADNKS 2017 verilerine göre), yüzölçümü 197.900 hektar, Meram Belediye sınırı 197.425 hektar, rakım 1.016 metre, mahalle sayısı 115 adet, cadde sayısı 509 adet ve sokak sayısı 345.813 adettir.

Meram Belediyesi: Hacı İsa Efendi Mahallesi, Azerbaycan Caddesi üzerinde yaklaşık 41.500 m² alan üzerinde bulunmakta olup, Çarşı Meram Sosyal Tesis, Sekine Hatun Cami, açık otopark ve yeşil alandan oluşmaktadır. Bu yapılara ait oturma alanları ve özellikleri şöyledir;

Belediye Hizmet Binası: 4.300 m² taban alanı üzerinde 1 kat bodrum ve zemin ile 5 normal kattan oluşan toplamda 7 katlı belediye hizmet binası bulunmaktadır. Birçok müdürlük bulunmakta ve çok sayıda personel bu müdürlüklerde görev yapmaktadır. Binanın bodrum katında 182 adet araç kapasiteli kapalı otopark bulunmaktadır. Zemin kat holü fuaye alan olarak kullanılabilir. Çeşitli görsel ve el sanatları için sergi ve tema günleri burada gerçekleştirilmektedir. Hizmet binasında çalışan personele ait ofis cihazları ile binanın ısıtma, soğutma ve iklimlendirme ihtiyaçlarını karşılayacak kapasitelerde elektrik tüketen cihazlar mevcuttur. Bina bloğunda toplam 7 adet asansör bulunmaktadır. Ayrıca bina önünde 5.000 m² alan üzerinde yaklaşık 158 araçlık açık otopark bulunmaktadır [73].



Şekil 5.2 Meram Belediyesi ve çevresi hava fotoğrafı

Belediye binası projelendirme ve yapım aşamasında güneş ışınından elektrik elde edilmesi hususu dikkate alınmadan yapımı gerçekleştirilmiştir. Bu binanın çatı malzemesi ve eğiminin uygun olmadığı tespit edilmiştir. Yaklaşık %30 eğimli çatı üzeri malzemesinin bir kısmı çelik sac bir kısmı gün ışığından aydınlatma sağlaması amacıyla trapez cam olarak uygulanmıştır. Binaya yapışık ve oval şekilde görülen Meclis Salonu çatısı eğimi ve çatı malzemesi PV panel yerleşimi açısından değerlendirildiğinde uygun bulunmaktadır. Burası için PV panel yerleşimi yapılarak güneşten elektrik elde edilmesi hususu değerlendirilecektir.

Çarşı Meram Sosyal Tesisi: 3.500 m² taban alanı üzerinde 1 kat bodrum ve zemin ile yapı formu kademeli olarak 1-2 ve 3 normal kattan oluşan, yapı yüksekliği açısından değerlendirildiğinde ise toplamda 5 katlı olan yapı belediye mülkiyetinde bulunmaktadır. Yapının düz çatıya sahip olması sebebiyle çatı üzerinin PV panel yerleşimi yapılması uygun bulunmaktadır. Çarşı Meram binanın çatısı güneşten elektrik elde edilmesi öneri projesinde değerlendirilecektir.

Sekine Hatun Cami: 700 m² taban alanı üzerinde tek katlı ibadethane yapısıdır. Cami çatısı güneş ışığıyla iç aydınlatma sağlanması amacıyla çatı üzerine belli aralıkta bırakılmış trapez cam uygulaması yapıldığı bilinmektedir. Yapının yönü ve çatı üzeri eğiminin uygun olmasına karşı aydınlatma amaçlı yerleştirilmiş pencere tipi trapez camlar PV panel yerleşimi açısından uygun olup olamayacağı hususu değerlendirilecektir.

Yeşil alan: 28.000 m² üzerinde bulunan bir yeşil alan ve yürüyüş yollarından oluşan alanda insanların geliş gidişlerini engelleyeceği ayrıca yapının görselini de etkileyeceğinden PV panel yerleşimi yapıp yapılamayacağı hususu değerlendirilecektir.

Hazırlamakta olduğumuz bu tez çalışmasında öneri projesi kısmı için hazırlanacak 1.senaryo; Belediye Hizmet Binası Meclis Salonu çatısı üzerine yaklaşık 750-800 m² çatı alanı ile Çarşı Meram Sosyal Tesisi çatısı üzerine 1.700 m² çatı alanı için bir senaryo çalışma yapılacaktır. Sekine Hatun Camisi ve yeşil alan için herhangi bir çalışma planlanmamıştır.

Arif Bilge Atölyesi: Konya ili Meram ilçesi Arif Bilge mahallesi Duvarlı sokak no:6 adresinde, 33.500 m² alan üzerine kurulu bulunmaktadır. Tesis bünyesinde faaliyet gösteren Çevre Koruma ve Kontrol İşleri Müdürlüğü, Fen İşleri Müdürlüğü, Destek Hizmetleri Müdürlüğü ve Veteriner İşleri Müdürlüğü olmak üzere toplam 4 adet müdürlük bulunmaktadır.

2018 yılı verilerine göre bu müdürlüklerde;

- Çevre Koruma ve Kontrol İşleri Müdürlüğü'nde 380 kişi,
- Fen İşleri Müdürlüğü'nde 264 kişi,

- Destek Hizmetleri Müdürlüğü'nde 95 kişi,
- Veteriner İşleri Müdürlüğü'nde 18 kişi.



Şekil 5.3 Arif Bilge Atölyesi tesis alanı hava fotoğrafı

Toplam 757 personel bu tesiste vazife yapmaktadır. Arif Bilge Atölyesi muhtelif atölye ve depolardan oluşan belediyeye ait bir dış hizmet birimidir. Söz konusu bu tesiste; taşıt, lastik tekerlekli ve paletli araç, iş makinesi tamir ve periyodik bakım-onarım işleri ile ekipman, malzeme, ahşap, mobilya vb. malzemeden ürün oluşturma ve ürün tamirati işleri yapılmaktadır.

Memur ve işçi personelden oluşan tesis bünyesinde kayıtlı olan personelin büyük bir çoğunluğu tesis dışında arazide çalışmakta olup, yaklaşık 200'e yakın sayıda personel tesis içinde bulunan çeşitli atölyelerde görevlerini yapmaktadır. Tesiste çalışma saatleri, işçiler için 07:30–17:30, memurlar için 08:00–17:00 mesai saatleridir. İşletmede vardiya şeklinde çalışma Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü bünyesinde yer alan temizlik işleri biriminde gün boyu mesai aksatılmadan devam etmektedir. Haftalık 45 saatlik çalışma hafta içi tam gün, hafta sonu ise işlerin yoğunluğuna göre dönemsel olarak (kışın karla mücadele, açılış merasimleri vb.) fazla mesaiye kalmalar işçi personel için olabilmektedir. Memurların fazla mesaiye kalmaları gibi bir durum söz konusu olmayıp, pazar günleri ve resmi tatillerde fazla çalışma gerçekleştirilmemektedir. Enerji tüketimi

resmi tatil günleri hariç normal mesai çalışması olan 07:30-17:30 saatleri arasında daha fazla olmak üzere günün her saatinde tüketilmektedir. İşletme içerisinde çalışan personel yaşı 18 ve üzeri olup, 18 yaşından küçüklerin işletme dâhilinde çalıştırılması yapılmamaktadır. Özel politika gerektiren kişiler (gebe, engelli personel gibi) tesis bünyesinde çalışmaktadır.

Çatısı kullanılabilecek birimler; marangozhane-yağhane-kaynakhane birimlerinin bulunduğu bina çatı alanı yaklaşık 1.250 m² , motorhane-ağırşase birimlerinin bulunduğu bina çatı alanı yaklaşık 1.150 m² , ambar birimi çatı alanı yaklaşık 850 m² ve diğer depo çatı alanları toplamı 1.500 m² olduğu bilinmektedir. Tesis alanı içerisinde bulunan mevcut binaların toplam çatı alanları 4.750 m² civarındadır. Fakat tesis içerisine yapılacak güneş enerjisi santrali PV panel yerleşimi için kullanılabilecek yaklaşık 3.000 m² uygun çatı alanı tespit edilmiştir. Öneri projesi çalışması için hazırlanacak 2. senaryoda; 1. senaryo verilerine ilave olacak şekilde Arif Bilge Atölyesi bina çatıları üzeri de proje sahası olarak değerlendirilecek ve Meram Belediye bünyesinde tüketilen toplam elektrik enerjisini karşılamaya yönelik bir durum değerlendirmesi yapılacaktır.

5.3 Arif Bilge Atölyesi Bina ve Eklentileri Yerleşim Planı

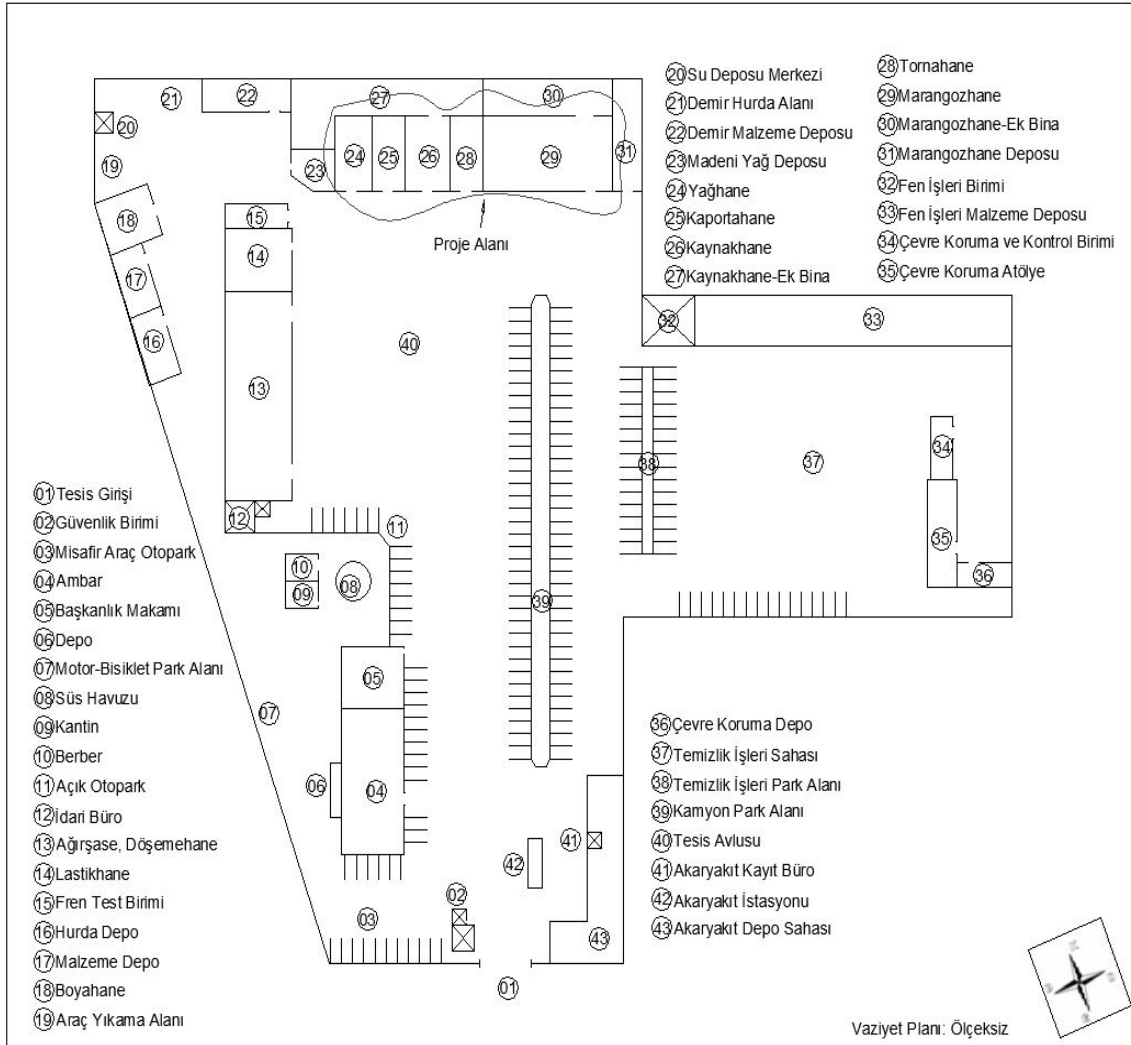
Arif Bilge Atölyesi yerleşkesi içerisinde bulunan atölye isimleri ile yapılan faaliyetler Çizelge 5.1’de verilmektedir. Ayrıca yerleşke içerisinde; Başkanlık Makamı, müdür odaları, işyeri hekimi odası, sağlık birimi odası, yemekhane, berber, mescit, temizlik işleri dinlenme birimi, fen işleri birimi, baş şoförlük, araç yıkama istasyonu, açık araç park alanı, misafir araç otoparkı ve çeşitli malzeme depoları yer almaktadır. Söz konusu birimler muhtelif metrekairelerde olup, tesisin toplam yerleşim alanı yaklaşık 33.500 m²’dir. Tesis içinde bulunan atölye birimleri fotoğrafları Şekil 5.5 ve Şekil 5.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 Arif Bilge Atölyesinde bulunan birimler ve faaliyet alanı

Birim Adı	Yapılan Faaliyet
Ambarlar Alanı:~1.000 m ²	Belediye bünyesinde kullanılan her türlü temizlik, kırtasiye, plastik, kimyasal vb. sarf malzemeyle oto yedek parça, oto lastik ürünlerin depolanması ve dağıtımı bu birimden gerçekleştirilmektedir.
Akaryakıt İstasyonu Alanı:~50 m ²	İstasyon adası içerisinde biri benzin diğeri motorin 2 adet 4'erli yakıt ve 1 adet ad-blue dispenseri bulunmaktadır. Yakıt tankları yer altına gömülü ve etrafı çelik çitle çevrili şekilde korumalı alanda bulunmaktadır.
Boyahane Alanı:~250 m ²	Boyası atmış, paslanmış, hasar görmüş ya da kaportada işlem görmüş araç boyanması ve araç üzerlerine logo yapıştırması gerçekleştirilmektedir.
Döşemehane-Elektrikhane Alanı:~200 m ²	Eskimiş, yırtılmış veya revizyon amaçlı yeni bir görünüm istenen araçların iç döşemeleri ve koltuk döşeme işlemleri döşemehanede yapılmaktadır. Eskimiş, arızalanmış veya revize olması gereken elektrik tesisatları ile modernizasyon ihtiyacına göre araç içi elektrik tesisatı elektrikhane biriminde yapılmaktadır.
Güvenlik Birimi Alanı:~50 m ²	Tesis içerisine giriş-çıkış yapan personel ve ziyaretçilerin kayıtlarını tutan, her türlü güvenlik ve emniyet tedbirlerini sağlayan birimdir. Ayrıca tesise giren ve tesisten çıkan taşıt, iş makineleri vb. tüm araçların güvenli giriş çıkışını işaretçi personel nezaretinde gerçekleştiren birimdir.
İdari Ofis Alanı:~100 m ²	Müdürlük bünyesinde çalışan tüm personelin özlük işlerini gerçekleştiren, kurumlar ve firmalar ile yazışmaları sağlayan, mal ve malzeme alımı yapan, personel performans ve yıllık bütçeyi oluşturan birimdir.
Kaportahane Alanı:~300 m ²	Kaza yapan her türlü taşıtın kaporta düzeltilmesi, tamiri ve onarımı bu birimce yapılmaktadır.
Kaynakhane Alan ~1.000 m ²	Motorlu araç ve iş makinelerinin kırılan veya zarar gören metal aksan tamirâtı ile ilçe sorumluluk sınırı içinde bulunan diğer resmi kurumların demir, metal ve kaynak işleri yapım-onarımı, ayrıca özel imalat gerektiren işler bu birim tarafından gerçekleştirilmektedir.
Lastikhane Alanı:~400 m ²	Lastikli araçların yaz-kış mevsimlerine uygun periyodik lastik değişimleri yapılmaktadır. Patlamış lastik tamiri, kullanım sonucu ömrünü tamamlamış lastiklerin yenisiyle değiştirilmesi de bu birimce yapılmaktadır.
Makashane Alanı:~300 m ²	Kaza veya yol kusuru kaynaklı araçların hasar görmüş makas ve süspansiyon aksamaları onarımı bu birimce gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 5.1 Arif Bilge Atölyesinde bulunan birimler ve faaliyet alanı

Birim Adı	Yapılan Faaliyet
Marangozhane Alanı:~1.300 m ²	Her türlü ağaç ve ahşap malzemenin şekillendirilmesi ile ilgili birimlerce talep edilen mobilya üretimi bu birim tarafından gerçekleştirilmektedir.
Motorhane Alanı:~1.500 m ²	Her türlü benzinli veya diesel yakıtla çalışan motorlu araçların motor tamirâtı ile aylık ve yıllık periyodik motor bakım onarımı bu birimce yapılmaktadır.
Tornahane Alanı:~300 m ²	Diğer birimlerce ihtiyaç duyulan her türlü metal malzemenin istenilen ölçü ve hassasiyetlerde talaşlı işlemesi bu birim tarafından yapılmaktadır.
Yıkama- Yağlama Alanı:~300 m ²	Motorlu araçların periyodik bakımlarında gerçekleştirilen motor yağı, hava ve yakıt filtresi değişimleri, ayrıca iş makinelerinin hareketli parçaları yağlama, temizleme ve yağ takviyeleri bu birim tarafından yapılmaktadır.



Şekil 5.4 Meram Belediyesi Arif Bilge Atölyesi vaziyet planı (ölçeksiz)



Şekil 5.5 Tesis birimlerine ait atölye fotoğrafları



Şekil 5.6 Tesise ait fotoğraflar

5.4 Öneri Projesine Ait Bilgiler

Tez kapsamında yapılacak öneri projesi çalışması için Meram Belediyesi bünyesinde güç tüketen birimler ve fotovoltaik panel yerleşimi için uygun görülen yapıların özellikleri verilecektir. Üretilen fotovoltaik enerji belediyeye ait çeşitli birimlerce tüketilecektir. Öneri projesinde üretim sonucu elde edilecek gelir, sistem kurulum maliyeti, işletme ve bakım-onarım giderleriyle karşılaştırılacaktır. Yapılacak yaklaşık maliyet ve ekonomik ömür analizi fotovoltaik sistem kurulmasının efektif olup olmadığı yönünde bir sonuç verecektir.

Çizelge 5.2 Çatı üzerine PV yerleşimi yapılacak birimlerin yapı özellikleri

Özellik	Belediye Hizmet Binası	Çarşı Meram	Arif Bilge Atölyesi
Bina toplam taban alanı	4.300 m ²	3.500 m ²	4.500 m ²
Çatı kullanım alanı	800 m ²	1.700 m ²	3.000 m ²
PV yerleşim alanı	131 m ²	650 m ²	2.343 m ²
Çatı yüksekliği	28-35 mt	14 mt.	9-11 mt.
Çatı eğimi (yaklaşık)	30° (eğimli çatı)	0° (düz çatı)	8° (eğimli çatı)
Çatı malzemesi	Çelik sac, trapez cam	Betonarme	Alüminyum sac
Çatıya gelecek ilave yük için	Uygundur	Uygundur	Uygundur

Çizelge 5.3 Meram Belediyesi'ne ait birimlerin özellikleri

Özellikler	Belediye Hizmet Binası	Sekine Hatun Cami	Çevre Aydınlatma	Arif Bilge Atölyesi
Kurulu Gücü	1.2 MW	20.000 kW	30.000 kW	225.000 kW
Sözleşme	1.1 MW	18.000 kW	28.000 kW	135.000 kW
Yeryüzü Koordinatı	37.97 ⁰ N,32.55 ⁰ E	37.97 ⁰ N,32.55 ⁰ E	37.97 ⁰ N,32.55 ⁰ E	37.97 ⁰ N,32.55 ⁰ E
Rakım	1.028 m.	1.028 m.	1.028 m.	1.028 m.
Diğer Enerji Tüketimi	Doğalgaz	Doğalgaz	-	Doğalgaz, Kömür

5.5 Meram Belediyesi İçin Fotovoltaik Sistem Seçimi

Mevcut belediye hizmet binası, çevre aydınlatma, Sekine Hatun Camisi ve Arif Bilge Atölyesi elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması için bir çalışma yapılması planlanmıştır. Belediye hizmet binası çatısı ve Çarşı Meram çatısı üzerine uygun olabilecek her metrekare alana en fazla sayıda fotovoltaik panel yerleştirilmesi hedeflenmiştir. Üretilecek enerji fazlası MEDAŞ ile Meram Belediyesince yapılacak protokolle belediyenin diğer birimlerinde kullanılan elektrik tüketimlerinden mahsuplaşılması planlanmaktadır. Bunun için belediye hizmet binası, çevre aydınlatma, cami ve Arif Bilge Atölyesi'nin elektriksel yükü tespit edilmiştir. Bu sayede ihtiyaç duyulan enerji için uygun fotovoltaik panel yerleşimi ve evirici seçimi yapılabilir. PVSyst paket programı yardımıyla enerji hesaplamaları yapılacak ve çeşitli senaryolar oluşturulacaktır. Elde edilecek hesaplamalar sayesinde Meram Belediyesi hizmet binası ve ilgili birimlerin kendi enerjisini üretebilmesi için gerekli öneriler yapılacaktır. Üretim fazlası elektrik enerjisi belediyeye ait diğer birimlerin fatura tutarlarından düşülecektir.

5.5.1 Belediye Hizmet Binası ve Diğer Birimlerin Enerji Talebi

Meram Belediyesi hizmet binası için aylık ödenen elektrik faturalarından yıllık toplam enerji tüketimi tespiti yapılacaktır. Belediyeye ait birimlerin ocak-aralık 2017 dönemi boyunca ödemiş oldukları elektrik faturalarından alınmış tüketim değerleri Çizelge 5.4'te verilmiştir. 2017 yılına ait yıllık toplam elektrik tüketimleri sırasıyla; belediye hizmet binası 1.226.578,50 kWh, cami 13.144,55 kWh, çevre aydınlatma 20.247,99

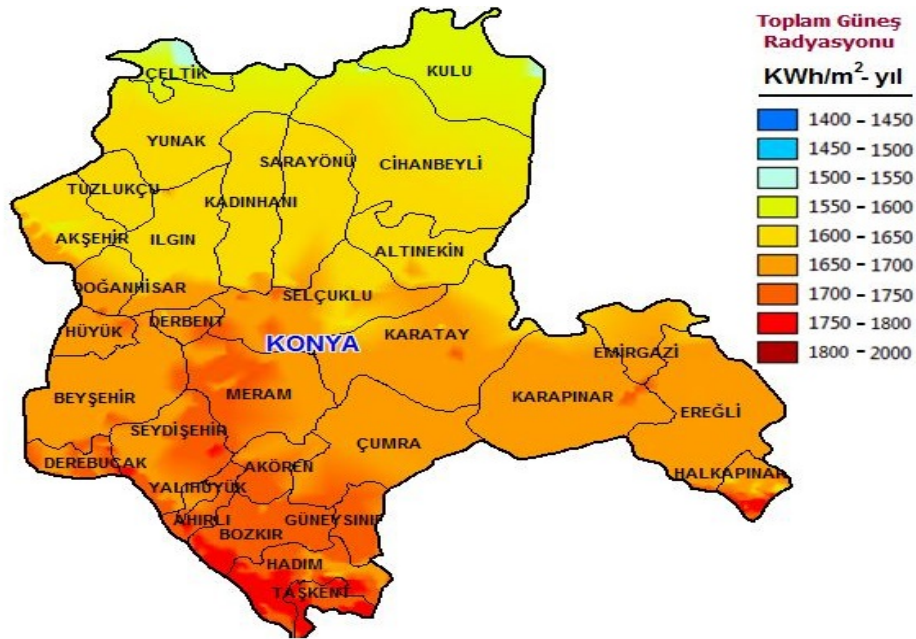
kWh ve Arif Bilge Atölyesi 378.722,72 kWh'tir. Elektrik tüketim değerleri 2016 yılı ve 2018 yılı içinde benzerlik göstermekte olduğundan hesaplamamızda 2017 yılı tüketim değerlerini ortalama kabul edilecek ve 2017 verilerini esas alarak hesaplamalarımızı gerçekleştireceğiz.

Tüketim değerleri bilinen belediyeye ait birimlerin ihtiyaçları olan PV enerji üretimi bu tüketim yükleri üzerinden hesaplanacaktır. Fotovoltaik panellerle üretilen elektrik enerjisi tüm yıl boyunca; belediye hizmet binası, Sekine Hatun Cami, çevre aydınlatması ve Arif Bilge Atölyesi enerji tüketimini karşılaması hedeflenmektedir. Tüketim değerleri bilinen fakat güneş ışınları geliş miktarını etkileyen günlük, mevsimsel ve sistemsel sebeplerden dolayı fotovoltaik panellerle üretililecek enerji eksik kaldığı durumlarda yapıların enerji gereksinimleri şebekeden karşılanabilecektir.

Çizelge 5.4 Meram Belediyesine ait birimlerin 2017 yılı elektrik tüketimleri

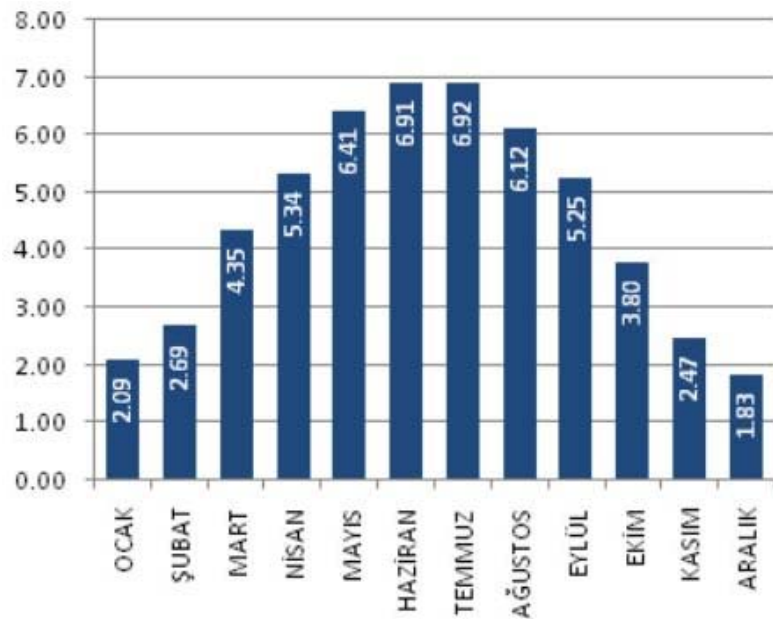
Aylar	Belediye Hizmet Binası (kWh) Tes.No:1654779	Sekine Hatun Cami (kWh) Tes.No:1656245	Çevre Aydınlatma (kWh) Tes.No:1656246	Arif Bilge Atölyesi (kWh) Tes.No:1267055
Ocak	79.162,65	1.463,55	2.615,00	82.521,84
Şubat	73.133,55	1.514,00	936,00	27.609,12
Mart	57.493,80	1.173,75	1.433,00	30.940,00
Nisan	50.967,00	1.281,50	1.316,00	26.154,00
Mayıs	93.945,60	225,50	661,00	22.776,48
Haziran	104.283,90	347,25	2.263,00	16.428,00
Temmuz	221.848,20	1.524,50	1.892,00	26.649,92
Ağustos	190.612,80	1.479,50	1.874,14	29.400,56
Eylül	138.505,50	1.129,50	1.696,53	9.980,40
Ekim	68.884,20	1.194,75	2.398,19	36.451,44
Kasım	66.376,80	263,75	1.231,32	29.335,76
Aralık	81.364,50	1.550,00	1.931,81	40.475,20
Yıllık	1.226.578,50	13.144,55	20.247,99	378.722,72

5.6 Meram İlçesi İçin Güneşlenme Verileri

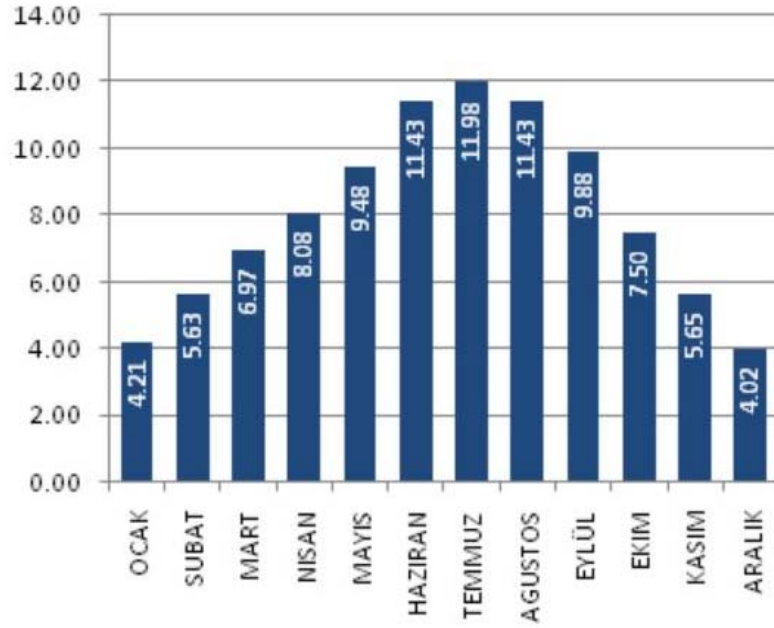


Şekil 5.7 Konya ili güneş enerjisi potansiyeli (GEPA)

Fotovoltaik sistem seçimi için çok önemli bir husus projelendirme yapılacak yapının konuşlandığı bölgeye dair güneşlenme verileridir. Meram Belediyesi hizmet binası 37,97° kuzey ve 32,55° doğu koordinatlarında yer almakta olup, YEGEM’ce hazırlanan, GEPA’da Meram ilçesi için elde edilen global ışınlam değerleri Şekil 5.8’de gösterilmektedir. Buna göre en yüksek global ışınlam temmuz ayında günlük olarak 6,92 kWh/m², en düşük değer ise aralık ayında günlük 1,83 kWh/m² değerlerindedir.

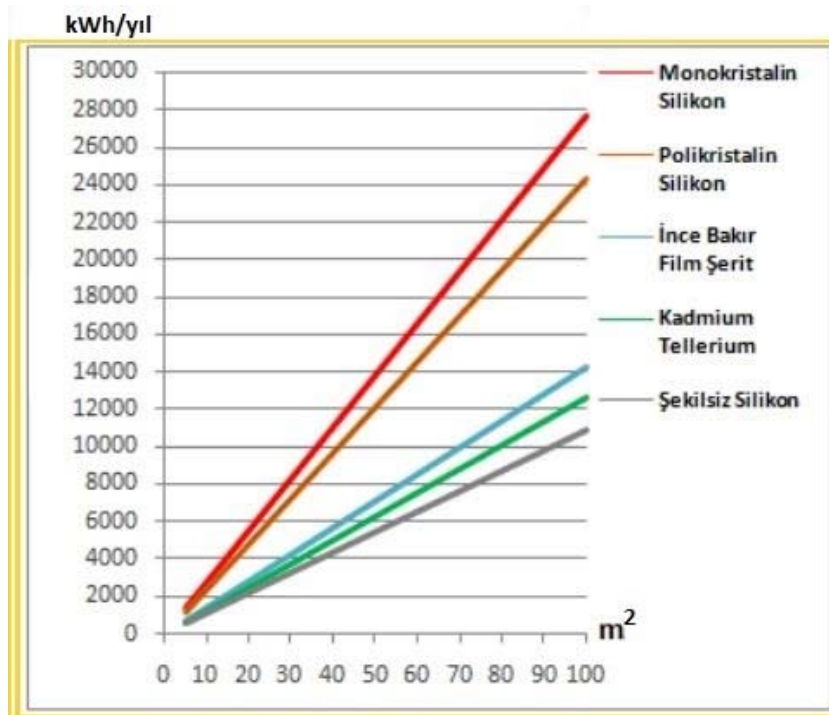


Şekil 5.8 Meram ilçesi kWh/m²-gün cinsinden global ışınlam değerleri



Şekil 5.9 Meram ilçesi saat cinsinden güneşlenme süreleri

Güneşin gökyüzünde görülebildiği toplam süreyi gösteren güneşlenme süreleri Şekil 5.9’da gösterilmektedir. En uzun güneşlenme süresi 11,98 saat ile temmuz ayında, en kısa güneşlenme süresi ise 4,02 saat ile aralık ayında görülmektedir.



Şekil 5.10 Meram ilçesi PV tipi–alan–üretilebilecek enerji gösterimi

Monokristalin silikon, polikristalin silikon, ince bakır film şerit, kadmium tellerium ve şekilsiz silikon fotovoltaik paneller için m^2 bazında yıllık üretilebilecek enerji değerleri

Şekil 5.10'da görülmektedir. Görüldüğü üzere m^2 bazında en yüksek enerji üretimi, piyasadaki en yüksek verimli teknoloji olan monokristalin silikon panellerle elde edilebilmektedir. $100 m^2$ monokristalin silikon panel kullanıldığında yaklaşık 28.000 kWh/yıl enerji elde edilebilmektedir (Şekil 5.10). Belediye hizmet binası, çevre aydınlatma ve caminin yıllık toplam elektrik tüketimi olan 1.259.971,04 kWh enerjiyi elde edebilmemiz için yaklaşık $4.500 m^2$ panel yerleşim alanına ihtiyacımız vardır.

5.7 PVSyst ile Gerçekleştirilen Hesaplamalar

Konya ili Selçuklu ilçesinde yenilenebilir enerji üzerine faaliyet gösteren İNSOS Enerji Yatırım Danışmanlık Sanayi ve Ticaret A.Ş. firması yardımları sonucunda hesaplamalar PVSyst programı ile hazırlanılmıştır.

Çizelge 5.5 PVSyst Meteororm Meram güneş ışınımına dair verileri (kWh/ m^2)

Aylar	Yatay Küresel Işınım [kWh/ m^2]	Yatay Difüzyon Işınım [kWh/ m^2]	Ortam Sıcaklığı [T=°C]	Paneye Düşen Küresel Işınım [kWh/ m^2]	Gölgeleme ve IAM ¹ için Düzenlenmiş Efektif Küresel Yük [kWh/ m^2]
Ocak	70,4	28,20	-0,70	84,4	79,8
Şubat	89,1	36,10	1,00	102,8	97,6
Mart	136,5	53,20	6,50	148,9	142,5
Nisan	159,3	73,50	11,00	165,3	158,5
Mayıs	204,1	76,00	16,30	207,3	199,1
Haziran	224,0	62,80	21,00	224,2	216,2
Temmuz	236,7	58,10	24,90	238,3	230,1
Ağustos	215,1	52,50	24,30	223,7	216,1
Eylül	165,4	50,10	18,60	178,7	171,6
Ekim	119,5	41,10	13,30	135,1	128,9
Kasım	79,3	28,90	6,10	94,7	89,5
Aralık	61,7	23,80	1,10	76,3	71,3
Yıllık	1.761,1	584,30	12,02	1.879,8	1.801,1

¹ IAM: düşüş açısının etkisi

Söz konusu bu fotovoltaik hesaplama yazılım programı çeşitli meteorolojik verilerden faydalanarak PV sistemlerin projelendirilmesi için detaylı hesaplar yapılmasına yardımcı olmaktadır. Tez çalışması için PVSyst programında kullanılan meteorolojik veriler Meteonorm veritabanından elde edilmiştir. Meteonorm belli periyotlardaki yıllar arasında yeryüzündeki binden fazla sayıdaki istasyondan toplanan yıllık ışınlam verilerinden oluşan bir veritabanına sahiptir. Meteonorm üzerinden tüm Avrupa ülkelerinin güneş ışınlamı verilerine ulaşmak mümkündür [95]. PVSyst'in Meteonorm üzerinden elde ettiği ve simülasyon için kullandığı güneşlenme verileri Çizelge 5.5'te verilmektedir. Simülasyon 37,97° kuzey, 32,55° doğu koordinatları için mevcut çatı üzerine eğimi 10° olan sabit paneller için yapılmıştır. Albedo olarak adlandırılan ve yeryüzünün güneş ışığını yansıtma kapasitesini gösteren katsayı, şehir içlerinde yaygın olarak 0,14 ila 0,22 arasında kabul edilmekte, karla kaplı bölgelerde 0,80'e kadar çıkmaktadır. Bizim öneri projesi alanımızda bu değer 0,536 olarak verilmekte ve yapılacak hesaplamalarda 0,536 değeri kullanarak işlemler gerçekleştirilecektir [96].

Fotovoltaik paneller belediye hizmet binası ve Çarşı Meram çatısı üzerine sabit yerleştirilecek, panellerin istenilen her şekilde yönlendirilmesi mümkün olamayacaktır. Ayrıca binamızın azimut açısı -24° ölçülmüştür. Gölge oluşturabilecek herhangi bir bina, ağaç vb. engel bulunmayacak ve panellerin üzerlerine düşecek gölge faktörü sıfır alınacaktır. Bu yerleşim ile maksimum düzeyde elektrik enerjisi elde edilmesi düşünülmektedir. PVSyst programında piyasadaki mevcut panel ve evirici üreticilerinin ürünlerinin yer aldığı veritabanı yer almaktadır. Programa kurulması hedeflenen PV sistem gücü veya m^2 olarak boyutu girilebilmektedir. Buna ek olarak veritabanından hedeflenen gücü sağlayabilecek PV panelleri ve bu paneller için uygun gerilim değerlerindeki eviricileri seçmek mümkündür. Panel seçimi yapılırken piyasanın önde gelen panel üreticilerinden tercihler yapılmıştır. Her iki senaryo için de AXIperfect AC-300T/156-60S model 300 Wp nominal gücündeki paneller seçilmiştir.

Belediye hizmet binası 1.226.578 kWh, çevre aydınlatması 20.248 kWh ve caminin 13.144 kWh yıllık toplam 1.259.970 kWh'lık elektrik enerjisi tüketimi gerçekleşmektedir (2017 yılında ödenmiş olan faturalardan alınan tüketim verisidir). En büyük tüketim kalemini belediye hizmet binası oluşturmaktadır. Bu yapı kamuya hizmet eden bir bina olması hasebiyle hafta içi mesai saatleri olan 08:00-17:00 saatleri arasında en fazla

enerji tüketimi yapmaktadır. Günün diğer saatlerinde kapalı olmasından dolayı çok az bir enerji tüketimi gerçekleştirmesi hususu dikkate alınacaktır. Hafta sonu mesai çalışması yapılmamakta fakat mevcut cihazlar yine de bir miktar enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. Hafta içine göre yüksek miktarda elektrik tüketilmiyor olması bunun yanı sıra hafta sonu gündüzleri güneşten elektrik enerjisi elde edilebiliyor olması PV üretiminin toplam tüketimi karşılaması için büyük bir avantajdır. Bunlara ilave olarak mevsimsel üretimdeki değişimler özellikle kışın elektrik üretimde yaşanacak azalmaya karşın yaz aylarında hafta içi mesai bitimi olan saat 17:00'den sonra da güneşlenme olacağı ve bir miktar daha enerji üretimi yapılabileceği de beklenilmektedir.

Oluşturulacak senaryolardan ilkinde PV kaynaklı elektrik üretiminden belediye hizmet binasının yıllık toplam elektrik ihtiyacı olan miktarın bir kısmı karşılanması amaçlanılmıştır. Yapılacak hesaplama ile yüzdesel bir karşılama oranı ortaya çıkarılacaktır. Üretilen enerji şebekeye verilmek suretiyle Konya'daki tedarikçi elektrik dağıtım firması olan MEDAŞ ile mahsup yapılması hedeflenilmektedir. Belediye hizmet binası için ödenen yıllık toplam enerji masrafının bir kısmının karşılanması ve böylece belediyenin yıllık elektrik bütçe giderlerinden tasarruf yapılması amaçlanılmıştır.

İkinci senaryoda ise 1. senaryoya ilave olarak Arif Bilge Atölyesinde bulunan uygun atölye yapıları çatıları üzerine güneş paneli kurulması ve böylece daha fazla fotovoltaik enerji üretilmesi istenilmektedir. Güneşten üretilecek toplam elektrik enterkonnekte sisteme verilmesi şeklinde bir sistem oluşturulacaktır. İkinci senaryo neticesinde Sekine Hatun Cami, çevre aydınlatması ve Arif Bilge Atölyesi yıllık elektrik ihtiyacının tamamının karşılanması, kalan enerji fazlası ile de belediye hizmet binası elektrik ihtiyacının bir miktarının karşılanması amaçlanılmıştır. Oluşturulacak bu ikinci senaryo ile yatırım maliyeti artacak fakat ekonomik ömür süresince belediye tarafından ödenen toplam elektrik giderlerinden tasarruf edilmesi beklenilmektedir. Böylece elde edilen tasarruf hem ilçenin bir başka hizmetinde değerlendirilebilecek, hem de temiz enerji üreten kamu kurumu olma yolunda bir politika oluşturulması hedeflenilmektedir.

5.8 Senaryo Çalışmaları

Yapılacak fotovoltaik enerji üretilmesine yönelik öneri projesi çalışması 2 farklı senaryo üzerine kurulu olacaktır. Senaryo sonuçları birbiriyle karşılaştırılacak ve elde edilecek sonuç neticesinde Meram Belediyesi için bir öngörü belirlenmiş olacaktır. Bu sayede diğer kamusal yapılar için bir genelleme yapılabilecektir. Her iki öneri projesi çalışmasında amaç kamusal hizmette bulunan yapıların temiz enerjiye olan duyarlılığını arttırmak üzerinedir. PVSyst programı hesaplamaları yapılabilmesi için özet halinde her iki senaryo verileri üzerinden geçilecektir.

1. Senaryo için: Belediye hizmet binası ve çevresindeki uygun yapılara kurulacak fotovoltaik sistemle toplamda ihtiyacımız olan yaklaşık yıllık 1.400 MWh güç elde edilmesi için bir öneri çalışması planlanmıştır. Bu gücü elde edebilmemiz için uygun metrekarede yerleşim alanına ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılacak hesaplama neticesinde metrekare alan ihtiyacımız belirlenecektir. Belediyeye ait kullanılabilir durumda olan yerler ele alınacaktır. Tüketim miktarı belli olan enerjiyi temin edebilmek adına çok sayıda fotovoltaik panele ihtiyacımız vardır. Yapılacak hesaplamalar neticesinde ihtiyaç duyulan alanda istenilen gücü üretebilecek panel sayısı ve özellikleri tespit edilecektir.

2. Senaryo için: birinci senaryoya ilave olacak bir çalışma daha gerçekleştirilecektir. Belediye hizmet binasından farklı bir yerleşim yerinde (lokasyon) bulunan fakat belediyeye ait tesis olan Arif Bilge Atölyesinde bulunan yapıların bu senaryo için değerlendirilecektir. Bu tesisteki mevcut yapıların çatı üzerlerine fotovoltaik panel yerleşimi yapılmak suretiyle ikinci bir öneri projesi oluşturulacaktır. Birbirinden ayrı lokasyonda kurulumu yapılacak her iki güneş enerjisi sistemi için güç hesaplamaları yapılacak ve yıllık toplam güç üretim miktarı belirlenecektir. Bu şekilde oluşturulan her iki senaryo enerji üretimi, yatırım maliyeti ve amortisman süresi açısından karşılaştırılacaktır.

5.8.1 1. Senaryo (Belediye Hizmet Binası ve Çevresi)

Belediye hizmet binası ve Çarşı Meram tesisi toplam 781 m² çatı alanı üzerine PV yerleşimi ve etrafındaki gölgelendirme unsurlarının perspektif görünümü Şekil 5.11’de gösterilmektedir. İhtiyacımız olan 1.259.971,04 kWh/yıl elektrik enerjisinin çok daha azı bu şekilde yapılacak bir projelendirme sayesinde elde edilebilmektedir. Tüketilen

enerjinin tamamını karşılayabilmemiz için yaklaşık 4.500 m² panel alanına ihtiyacımız vardır.

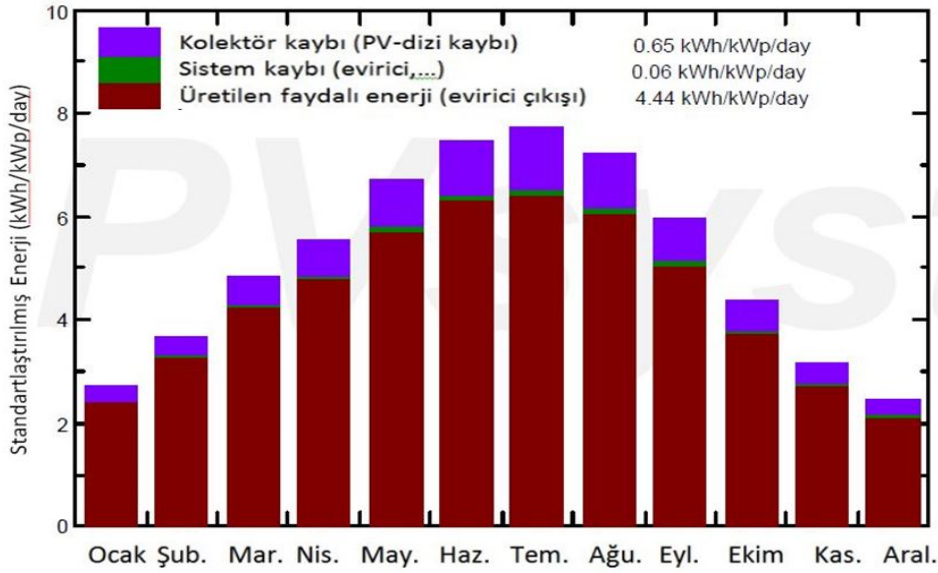


Şekil 5.11 Çatı üzerine PV panel yerleşim perspektifi (1. senaryo)

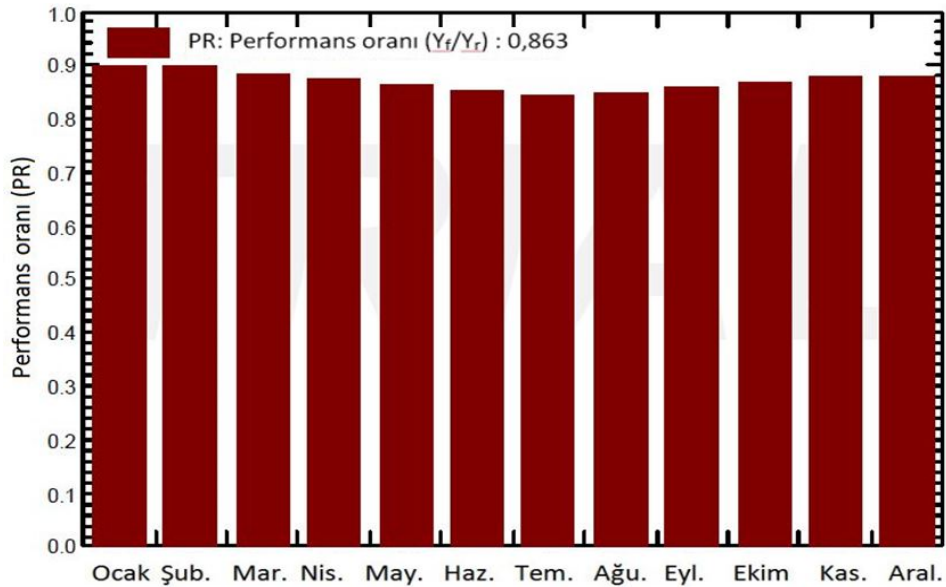
Fakat bu kadar bir alana sahip değiliz ve enerji ihtiyacımızın karşılanamama sebebi olarak;

- Belediye hizmet binasının bina oturum pozisyonu yön olarak güneş ışınlarını almaya uygun değildir. Ayrıca çatı malzemesi ve eğimi panel kurulumu için uygun özellikte değildir,
- Sekine Hatun Cami çatısı pencere tipi trapez cam açıklıklara sahip olduğundan yapılacak panel yerleşimi cami iç aydınlatmasına engel olacaktır,
- Açık otopark alanı, üzeri gölgelik yapılmak suretiyle çelik konstrüksiyonla kapatılması ve çatı üzerine fotovoltaik panel yerleşimi yapılması ilave maliyet getirecektir. Bu ilave maliyet nedeniyle fotovoltaik sistemin toplam maliyeti amorti etme süresini uzayacak ve yapılacak bu iş ekonomik açıdan uygun olmayacaktır,
- Yeşil alan ve meydan üzerine panel yerleşimi yapılması durumunda gün içinde belediyeye gelen vatandaşların yaya geçişi kısıtlanacaktır. Bununla birlikte yapıyla bütün olarak değerlendirilen yapı çevresindeki görsel unsurlar bozulacaktır. Ayrıca yapılacak böyle bir bu uygulama kent-belediyecilik hizmet anlayışıyla uygun olmayan, estetikten yoksun bir oluşum meydana getirecektir.

Tüm bu sebeplerden dolayı tasarlanacak fotovoltaik panel yerleşimi sadece mülkiyeti belediyeye ait olan Çarşı Meram ve belediye hizmet binası toplantı salonu çatılarına, hesaplanarak bulunan 781 m² çatı alanı üzerine kurulacaktır. Bu senaryo ile ilgili yapılan PVSyst hesaplamaları ayrıntılı olarak verilmektedir (Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14).

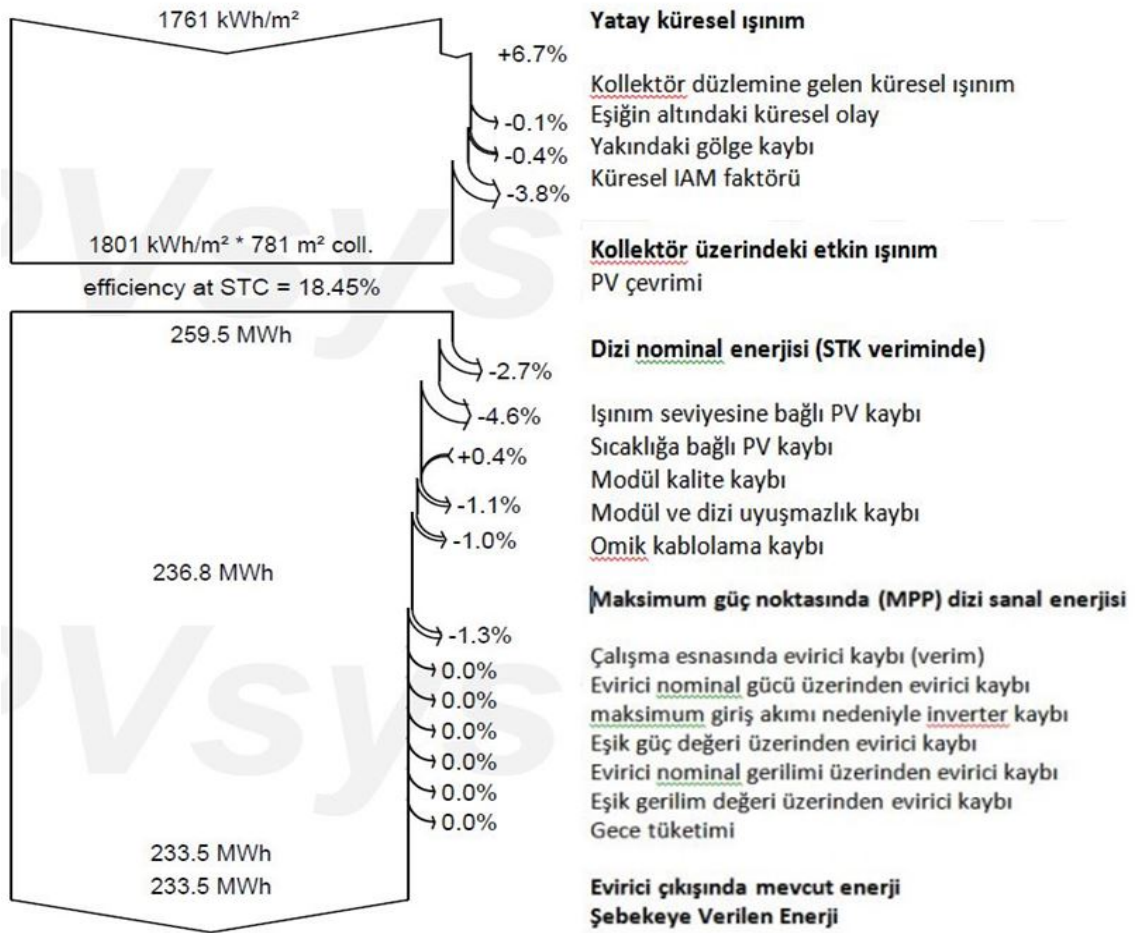


Şekil 5.12 Kurulu güç olan 144 kWp başına yıllık üretimin aylara dağılımı (1.senaryo)



Şekil 5.13 Yıl içerisindeki performans oranının aylık değişimi (1.senaryo)

Performans oranı yıl içinde aylık bazda çok az miktarda değişiklik göstermektedir. Yaz aylarında performans oranı düşmektedir. Bunun sebebi yaz aylarında görülen yüksek sıcaklığa bağlıdır ve fotovoltaik panellerde sıcaklık artışı verim kaybına neden olmaktadır.



Şekil 5.14 PV sistem kayıp tablosu (1.senaryo)

Evirici (inverter) çıkışında şebekeye verilen yani üretebileceğimiz yıllık enerji olan 233,5 MWh enerjiyi miktarı yapılan hesaplamalar sayesinde bilinmektedir. Bu enerjiyi elde edebilmek için kurulu gücü hesaplaması yapmamız gerekmektedir. Yıllık üretilecek elektrik miktarı ve hedeflenen üretim için kurulması gereken PV sistemi en az kaç kWp değerinde olması gerekeceğini şu şekilde hesaplanabilir;

$$\text{Kurulu Güç} = (\text{Toplam üretim}) \times (\text{günlük üretim oranı}) \times (\text{bir yıldaki gün sayısı}) \quad (5.1)$$

Dolayısıyla öneri projesi kapsamında Konya Meram'da kurulumu yapılacak PV sistemi en az kaç kWp değerinde olması gerekeceği;

$$[233.500 \text{ kWh}] / [4,44 \text{ kWh/kWp/gün} \times 365 \text{ gün}] = 144 \text{ kWp} \quad (5.2)$$

olarak bulunmaktadır.

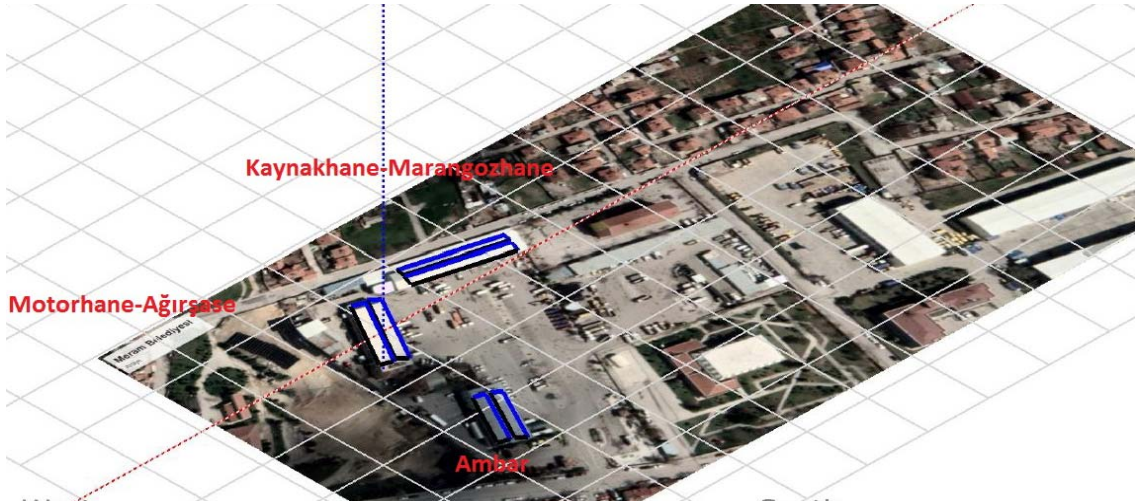
1. Senaryo ile yapılacak bir öneri projesiyle Meram ilçesinde 144 kWp kurulu nominal güce sahip bir fotovoltaiik tesisten şebekeye verilmek üzere 233,5 MWh elektrik enerjisi üretilebilecektir.

Çizelge 5.6 Seçilen fotovoltaik sistemlerle enerji üretimi ve performansı (1.senaryo)

Aylar	Dizi çıkışındaki etkin enerji [MWh]	Şebekeye verilen enerji, [MWh]	Ortam Sıcaklığı [T=°C]	Performans Oranı [%PR]
Ocak	11,03	10,89	-0,70	0,895
Şubat	13,46	13,28	1,00	0,897
Mart	19,20	18,94	6,50	0,884
Nisan	21,07	20,78	11,00	0,873
Mayıs	26,04	25,68	16,30	0,860
Haziran	27,81	27,43	21,00	0,850
Temmuz	29,26	28,85	24,90	0,841
Ağustos	27,58	27,20	24,30	0,844
Eylül	22,30	22,00	18,60	0,855
Ekim	17,07	16,85	13,30	0,866
Kasım	12,11	11,95	6,10	0,876
Aralık	9,79	9,66	1,10	0,879
Yıllık	236,71	233,51	12,02	0,863

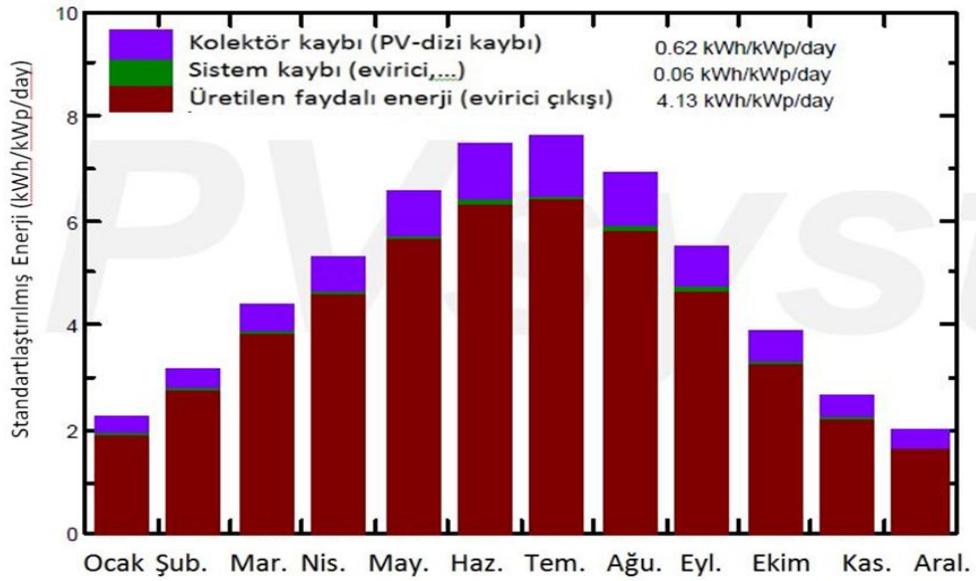
5.8.2 2. Senaryo (Belediye Hizmet Binası ile Arif Bilge Atölyesi Birlikte)

Belediye hizmet binası ve Çarşı Meram çatıları üzerine kurulacak bir PV enerji tesisi üretim verileri Senaryo 1’de oluşturulmuştur. 2. senaryo çalışması kapsamında farklı bir lokasyonda bulunan Arif Bilge Atölyesindeki yapılara ait çatı üzerlerine kurulacak fotovoltaik panellerin elektrik üretim hesaplamaları yapılacak ve ilk senaryo verileri ile birlikte toplanarak 2. senaryonun toplam üretim kapasitesi tespit edilecektir.



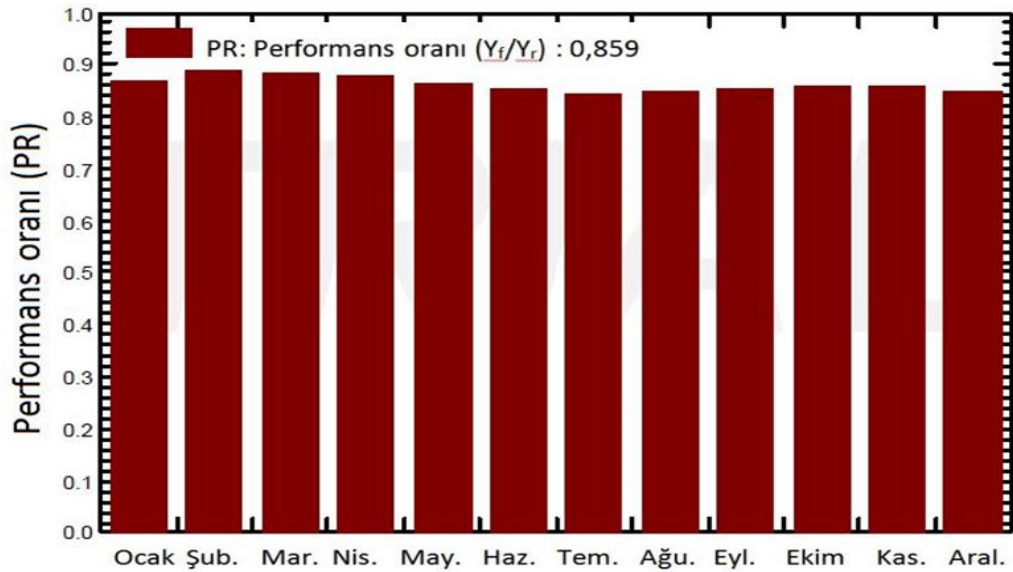
Şekil 5.15 Çatı üzerine PV panel yerleşim perspektifi (Arif Bilge Atölyesi)

Arif Bilge Atölyesi'nde bulunan 2 adet atölye ve ambar çatısı üzerine fotovoltaik panel yerleşimi yapılacaktır. Tesiste bulunan diğer yapılara ait çatılar ilave yük oluşturacak panel ve konstrüksiyon malzemesi ağırlığını taşıyamayacak durumdadırlar. Yapı statüğünü bozmama adına sadece 3 adet yapıda ve PVSyst'de hesaplanan toplam 2.343 m² çatı alanında fotovoltaik sistem tasarlanacaktır. Fotovoltaik panel yerleşimi yapılacak çatılar Şekil 5.15'te gösterilmektedir.



Şekil 5.16 Kurulu güç 432 kWp başına yıllık üretimin aylara dağılımı (2.senaryo için)

Üretebileceğimiz en fazla elektrik bu şekilde yapılacak bir fotovoltaik panel yerleşimi sayesinde elde edilebilecektir. 2. senaryo kapsamında hazırlanacak hesaplamalar yine PVSyst programıyla yapılmaktadır (Şekil 5.16, Şekil 5.17 ve Şekil 5.18).



Şekil 5.17 Yıl içerisinde performans oranının aylık değişimi (2.senaryo için)

Yatay küresel ışınım

1761 kWh/m²

-0.3% Kollektör düzlemine gelen küresel ışınım

-0.1% Eşiğin altındaki küresel olay

0.0% Yakındaki gölge kaybı

-4.5% Küresel IAM faktörü

1675 kWh/m² * 2343 m² coll.

efficiency at STC = 18.45%

Kollektör üzerindeki etkin ışınım

PV çevrimi

724 MWh

-3.0%

-4.4%

+0.4%

-1.1%

-1.0%

660 MWh

-1.3%

0.0%

0.0%

0.0%

0.0%

0.0%

0.0%

651 MWh

651 MWh

Dizi nominal enerjisi (STK veriminde)

İşinım seviyesine bağlı PV kaybı

Sıcaklığa bağlı PV kaybı

Modül kalite kaybı

Modül ve dizi uyumsuzluk kaybı

Omik kablolama kaybı

Maksimum güç noktasında (MPP) dizi sanal enerjisi

Çalışma esnasında evirici kaybı (verim)

Evirici nominal gücü üzerinden evirici kaybı

maksimum giriş akımı nedeniyle inverter kaybı

Eşik güç değeri üzerinden evirici kaybı

Evirici nominal gerilimi üzerinden evirici kaybı

Eşik gerilim değeri üzerinden evirici kaybı

Gece tüketimi

Evirici çıkışında mevcut enerji

Şebekeye Verilen Enerji

109

Çizelge 5.7 Seçilen PV sistemle enerji üretimi (Arif Bilge Atölyesi üretim)

Aylar	Dizi Çıkış Enerjisi (MPP max. Noktasında) [MWh]	Şebekeye Verilen Enerji [MWh]	Performans Oranı [PR %]
Ocak	26,70	26,35	0,869
Şubat	34,47	34,03	0,886
Mart	52,42	51,72	0,880
Nisan	60,73	59,92	0,875
Mayıs	76,93	75,90	0,864
Haziran	83,42	82,29	0,852
Temmuz	87,16	85,96	0,843
Ağustos	79,41	78,33	0,845
Eylül	61,55	60,75	0,853
Ekim	44,73	44,15	0,858
Kasım	29,59	29,22	0,855
Aralık	22,91	22,60	0,848
Yıllık	660,03	651,21	0,859

Arif Bilge Atölyesinde üretilebilecek yani evirici çıkışından şebekeye verilecek enerji miktarı olan 651 MWh elektrik enerjisi bilgisayar programı hesaplamaları sayesinde bilinmektedir (Çizelge 5.7). Yine bu enerjiyi elde edebilmek için kurulu gücü hesaplaması yapmamız gerekmektedir. Yıllık üretilecek elektrik miktarı ve hedeflenen üretim için kurulması gereken PV sistemi en az kaç kWp değerinde olması gerekeceğini şu şekilde hesaplanabilir;

$$\text{Kurulu Güç} = (\text{Toplam üretim}) \times (\text{günlük üretim oranı}) \times (\text{bir yıldaki gün sayısı}) \quad (5.3)$$

Dolayısıyla 2. senaryo öneri projesi kapsamında Arif Bilge Atölyesi'nde kurulumu yapılacak PV sistemi en az kaç kWp değerinde olması gerekeceği;

$$[651.210 \text{ kWh}] / [4,13 \text{ kWh/kWp/gün} \times 365 \text{ gün}] = 432 \text{ kWp} \quad (5.4)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Çizelge 5.8 Seçilen fotovoltaik sistemlerle enerji üretimi (2.senaryo)

Aylar	Dizi Çıkış Enerjisi (MPP max. Noktasında) [MWh]	Şebekeye Verilen Enerji [MWh]	Performans Oranı [PR %]
Ocak	37,73	37,24	0,880
Şubat	47,93	47,31	0,889
Mart	71,62	70,66	0,880
Nisan	81,80	80,70	0,871
Mayıs	102,97	101,58	0,861
Haziran	111,23	109,72	0,851
Temmuz	116,42	114,81	0,842
Ağustos	106,99	105,53	0,844
Eylül	83,85	82,75	0,854
Ekim	61,80	61,00	0,861
Kasım	41,70	41,17	0,866
Aralık	32,70	32,26	0,864
Yıllık	896,74	884,71	0,863

Meram ilçesinde belediye hizmet binası ve çevresinde 144 kWp kurulu nominal güce sahip bir fotovoltaik tesisten şebekeye verilmek üzere yıllık 233,5 MWh elektrik enerjisi üretilebileceği 1. senaryo ile daha önce tespit edilmişti. Arif Bilge Atölyesi çatılarında 432 kWp kurulu nominal güce sahip tesisten üretilebilecek yıllık elektrik miktarı da 651,21 MWh olarak hesaplanmaktadır. 2. senaryo için toplam 576 kWp kurulu nominal güce sahip bir fotovoltaik tesisten şebekeye verilmek üzere yıllık 884,71 MWh elektrik enerjisi üretilebilecektir.

5.9 Oluşturulan Senaryoların Değerlendirilmesi

1. senaryo için sistem üzerine düşen yatay global ışınımın geçtiği adımlar, sistem üzerindeki kayıplar ve sonuç olarak şebekeye verilen yıllık elektrik enerjisi değerleri şematik olarak Şekil 5.14'te gösterilmektedir.

2. senaryo için ise sistem üzerine düşen yatay global ışınımın geçtiği adımlar, sistem üzerindeki kayıplar ve sonuç olarak şebekeye verilen yıllık elektrik enerjisi toplamı şematik olarak değeri Şekil 5.14 ve Şekil 5.18'de gösterilmektedir.

Kurulması önerilen sistemlerle elde edilecek enerji üretimi kurulu kWp başına aylık olarak 1. senaryo için Şekil 5.12’de, 2. senaryo için Şekil 5.16’da çizdirilmiştir. Burada mor renkle gösterilenler PV dizi kayıpları ve buna bağlı toplama kayıpları, yeşil renkle gösterilenler evirici ve benzeri sistem elemanlarının kayıpları, bordoyla gösterilenler ise üretilen faydalı enerji, yani evirici çıktısıdır. Bu büyüklüklerin günlük ortalama değerleri;

1. senaryo için sırasıyla: 0,65 kWh/kWp, 0,06 kWh/kWp ve 4,44 kWh/kWp,

2. senaryo için sırasıyla: 0,62 kWh/kWp, 0,06 kWh/kWp ve 4,13 kWh/kWp,

olarak hesaplanmıştır.

Simülasyonlardan elde edilen önemli bir bilgi, fotovoltaik sistemin performans göstergelerinden performans oranı bilgisidir.

1. senaryo için üretilen yıllık enerji 233.510 kWh/yıl, yıllık üretimin kurulu kWp başına değeri 1.622 kWh/kWp/yıl ve performans oranı (PR) %86,27’dir.

2. senaryoda ise üretilen yıllık enerji 884.592 kWh/yıl, yıllık üretimin kurulu kWp başına değeri 1.536 kWh/kWp/yıl ve performans oranı (PR) %85,96’dır.

Yapılan PV yerleşimi sonuçları incelendiğinde, 1. senaryo için belediye hizmet binası, çevre aydınlatma ve caminin toplam tüketim miktarı olan yıllık 1.400 MWh’lik enerji tüketiminden çok daha az bir enerji üretilebileceği görülmektedir. Enerji üretiminin yıllık 233,5 MWh olduğu ancak çevre aydınlatma ve caminin yıllık elektrik ihtiyacını karşılayabileceği, geri kalan üretimin belediye hizmet binası elektrik ihtiyacının çok az bir miktarını karşılayabileceği ön görülmektedir.

2. senaryoda kurulan sistemle ise yıllık fotovoltaik sistem üzerinden elde edilen üretim 884,71 MWh olduğu, çevre aydınlatma, cami ve Arif Bilge Atölyesinin yıllık toplam tüketim miktarı olan yıllık 424.921,12 kWh’lik enerji tüketimlerinin tamamını karşılayabilecektir. Bu şekilde oluşturulan 2.senaryoyla üretilen fazla enerji belediye hizmet binası elektrik ihtiyacının da önemli bir kısmını karşılayabilecektir.

1. Senaryo İncelemesi: Konya, Meram Belediyesi Hizmet Binası ve Çarşı Meram çatıları üzerine kurulumu yapılacak PV sistemi için PVSyst çıktı sonuçlarına göre (Şekil 5.14);

- Yıllık 1.761 kWh/m^2 olan yatay küresel ışınlama miktarı atmosferde yaşanacak kayıplar ve kazançlar sebebiyle 1.801 kWh/m^2 bir enerjiye dönüşecektir,

- 144 kWp nominal güç üretimi 781 m² modül alanı, 701 m² güneş enerjisi hücresi alanında 24'lü 20 adet seriden ve toplamda 480 modülden oluşan sistem kurulmasıyla sağlanacaktır,
- %18,45 ortalama verimlilikle yıllık toplam 259,5 MWh'lik enerji üretimi teorikte meydana gelecektir,
- Gerçekte ise sistem üzerinde ve kolektörlerde meydana gelecek kayıplar düşüldüğünde yaklaşık 233,51 MWh'lik enerji üretimi gerçekleşecektir,
- Üretimin kurulu kWp başına değeri yaklaşık 1.622 kWh/kWp/yıl hesaplanmıştır,
- Toplam enerji oluşumunda 28,85 MWh'lik aylık maksimum enerji elde edilmesi temmuz ayında mümkün olmaktadır,
- En düşük aylık üretim miktarı 9,66 MWh'lik enerji aralık ayında olabilecektir,
- Sistemden yıl içinde aylık ortalama 19,46 MWh'lik enerji sağlanabilecektir.

2. Senaryo İncelemesi: PVSyst çıktısı olan Şekil 5.14 ve Şekil 5.18'lerde gösterilen veri sonuçları birlikte incelendiğinde belediye hizmet binası, Çarşı Meram ve Arif Bilge Atölye çatıları üzerine kurulumu yapılacak PV sistemi için;

- Arif Bilge Atölyesinde yıllık 1.761 kWh/m² olan yatay küresel ışınlama miktarı atmosferde yaşanacak kayıplar ve kazançlar sebebiyle 1.675 kWh/m² bir enerjiye dönüşecektir,
- 576 kWp (144 kWp + 432 kWp) nominal güç üretimi 3.124 m² (781 m² + 2.343 m²) modül alanı, 2.804 m² (701 m² + 2.103 m²) güneş enerjisi hücresi alanında toplamda 1.920 adet (480 adet + 1.440 adet) modülden oluşan sistem kurulmasıyla sağlanacaktır,
- %18,45 ortalama verimlilikle yıllık toplam 983,5 MWh'lik (259,5 MWh + 724 MWh) enerji üretimi teorikte meydana gelecektir,
- Gerçekte ise sistem üzerinde ve kolektörlerde meydana gelecek kayıplar düşüldüğünde yaklaşık 884,51 MWh'lik (233,51 MWh + 651 MWh) enerji üretimi gerçekleşecektir,

- Üretimin kurulu kWp başına değeri (1.senaryoda yıllık 1.622 kWh/kWp/yıl hesaplanmıştı, Arif bilge Atölyesinde ise 1.507 kWh/kWp/yıl hesaplandı) toplamda 2.senaryo için 3.129 kWh/kWp/yıl olarak hesaplanmaktadır,
- Toplam enerji oluşumunda 114,81 MWh'lik (28,85 MWh + 85,96 MWh) aylık maksimum enerji elde edilmesi temmuz ayında mümkün olmaktadır,
- Yılın en düşük aylık üretim miktarı olan 32,26 MWh'lik (9,66 MWh + 22,60 MWh) enerji kazanımı aralık ayında olabilecektir,
- Sistemden yıl içinde aylık ortalama 73,73 MW'lik enerji sağlayabilecektir.

Oluşturulan bu 2 farklı senaryo sayesinde hazırlanacak öneri projesiyle yüklü miktarda temiz enerji üretimi sağlanabilecektir. Yıl içinde farklı mevsimler sonucu farklı güneşlenme süreleri oluşacak ve fotovoltaik güneş enerjisi üretimi değişecektir. Ayrıca gün içindeki güneşin konumuna göre de üretilcek enerji miktarında değişiklik görülecektir. Bunun yanı sıra mevsimlere göre Meram Belediyesi birimlerinde tüketilen enerji miktarında değişiklik olmaktadır. Yaz aylarında bina içlerinde ve ofislerde soğutma yapılmasına bağlı olarak elektrik sarfiyatı artmaktadır. Kış mevsiminde soğutma ihtiyacı istenmediği için soğutma amaçlı elektrik tüketimi olmamakta, ısıtma ihtiyacı da doğalgaz yakıcılı kazanla karşılanmakta olduğu için elektrik tüketimi çok fazla gerçekleşmemektedir. Fakat kış mevsiminde havanın geç aydınlanması, erken saatte kararması neticesinde bina ve çevre aydınlatmalarında elektrik tüketimi artış göstermektedir.

Öneri projesi kapsamında üretilcek enerji ve Meram Belediyesince tüketilen enerji miktarlarıyla ilgili bir başka husus ise yılın her mevsiminde hafta sonları belediyeye ait birimlerde faaliyet gösterilmeyeceği için elektrik tüketimi çok az olacaktır. Fakat fotovoltaik enerji üretimi hafta sonları gündüzleri devam ediyor olacaktır. Üretim fazlası olarak değerlendirilen PV kaynaklı enerji depolanmayıp direkt şebekeye verilecektir. Şebekeye verilecek olan elektrik sayesinde akü ve depolama ekipmanları için herhangi bir yatırım maliyeti ortaya çıkmayacaktır. Güneşsiz günlerde ise ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi şebekeden karşılanmaya devam edecektir. Şebeke bağlantısında kullanılan çift yönlü sayaç ile şebekeden alınan ve şebekeye verilen enerjiyi takip etmek mümkün olacak ve kesintisiz enerji sağlanmış olacaktır.

EPDK lisanssız elektrik üretimine ilişkin ilgili yönetmeliğine göre üretim ve tüketim tesislerinin aynı yerde bulunması durumunda çift yönlü sayaçtan faydalanılarak saatlik olarak ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi miktarı tespit edilmektedir. Daha sonra saatlik veriler birleştirilerek her fatura dönemi için dağıtım sistemine verilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi miktarı belirlenecektir. Toplam üretim miktarı toplam tüketimden çıkartılarak aradaki enerji farkı faturalandırılacaktır.

EKONOMİK ANALİZ

Bir önceki bölümde güneş panelleri sayesinde elektrik elde edilmesine yönelik kurulması düşünülen sistemler ve oluşturulan senaryolar için üretim hesaplamaları yapılmıştır. Bu bölümde yatırım maliyeti oluşturulacak ve her iki senaryo için amortisman süresi hesaplanarak sistemden ekonomik ömrü boyunca elde edilebilecek gelir hesaplanacaktır. Öneri projemizde kullanılan malzemeler ve yatırım maliyetini çıkarmada esas alınacak iş kalemleri;

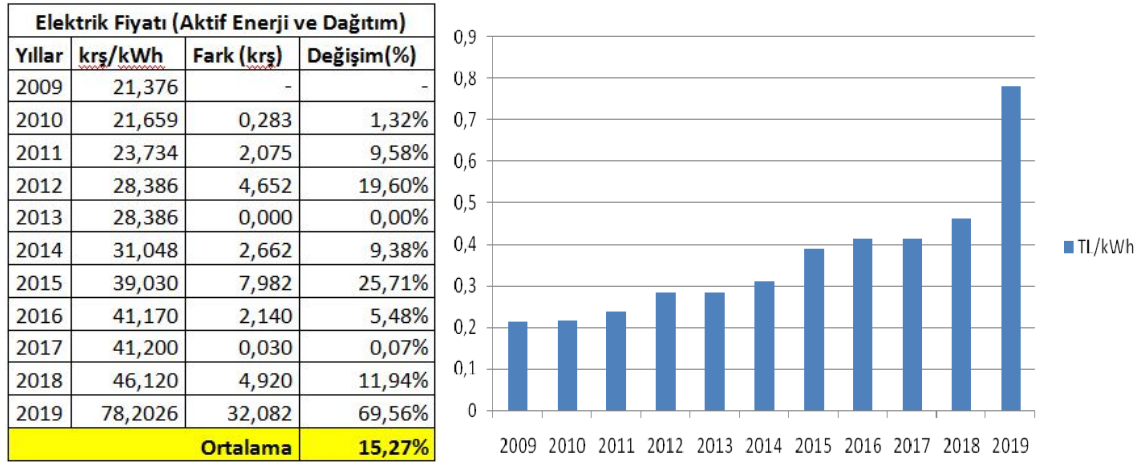
- Axitec Energy firmasına ait AXI Perfect AC-300T/156-60S tipi güneş panelleri,
- Huawei Technologies firmasının üretmiş olduğu SUN2000-60KTL-M0_400Vac model dönüştürücüler (inverter),
- Elektrik tesisatı işi kapsamında muhtelif özellikte ve kesitlerde kablo kullanılarak hat bağlantıları yapılması, elektrik panoları kurulumu, işçilik vb. hizmet kalemleri,
- Diğer masraflar (inverter güvenlik koruması yapılması, topraklama işi vb.)

şeklinde sıralanmakta ve bu maddeler yatırım maliyetimizin başlıca kalemlerini oluşturmaktadır. Hazırlanan maliyet hesabında birim fiyatlar güncel piyasa verileri esas alınarak oluşturulmuştur.

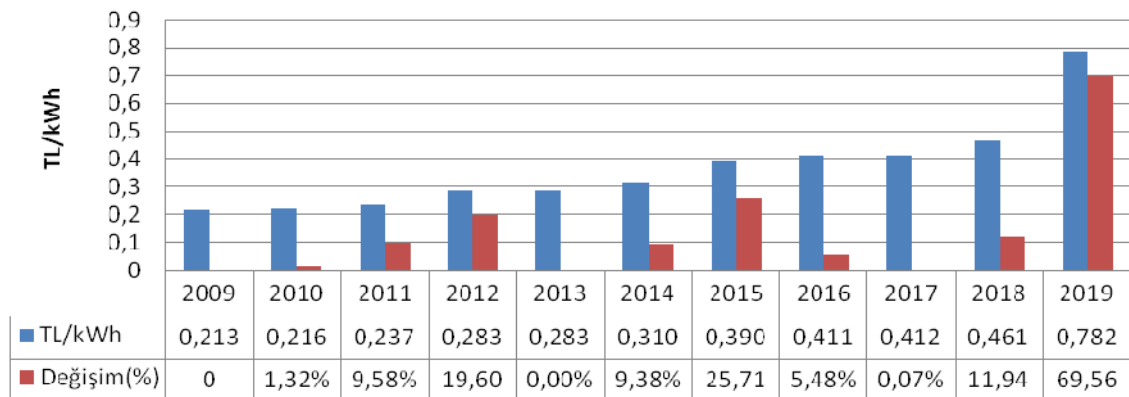
6.1 Maliyet Hesabı

Ticarethane ve meskenlerde tüketilen elektriğin birim fiyatını belirleyebilmek ve yıllık artış oranını hesaplayabilmek için 2009-2019 yılları arası yıllık ortalama elektrik tüketim bedeli Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) verilerinden alınarak hazırlanmıştır (Şekil 6.1). Amerikan Doları–Türk Lirası paritesinin yıllık ortalama

değerini bilmek ve yıllık ortalama artış miktarını hesaplayabilmek için 2009-2019 yılları arası yıllık ortalama parite Türk Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) verilerinden alınarak oluşturulmuştur (Şekil 6.3). Hesaplamalarda kullanabilmemiz için bu iki veri son 10 yılın istatistiki rakamları sonucu hazırlanmıştır.



Şekil 6.1 2009-2019 yılları arası yıllık ortalama ticarethane elektrik fiyatı

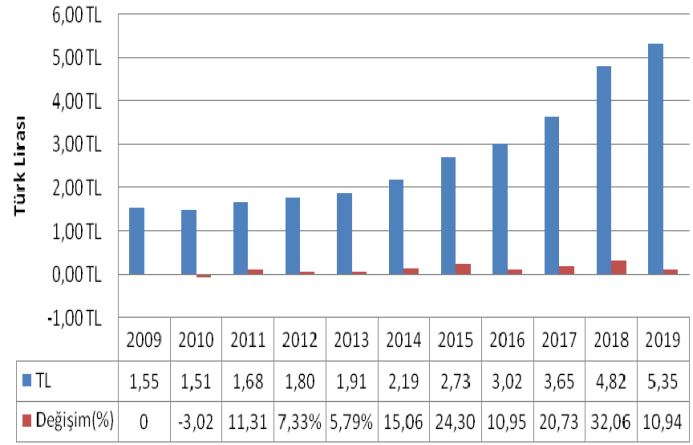


Şekil 6.2 Ticarethaneler için yıllık elektrik tüketim bedeli (TL/kWh) ve yıllık değişimi

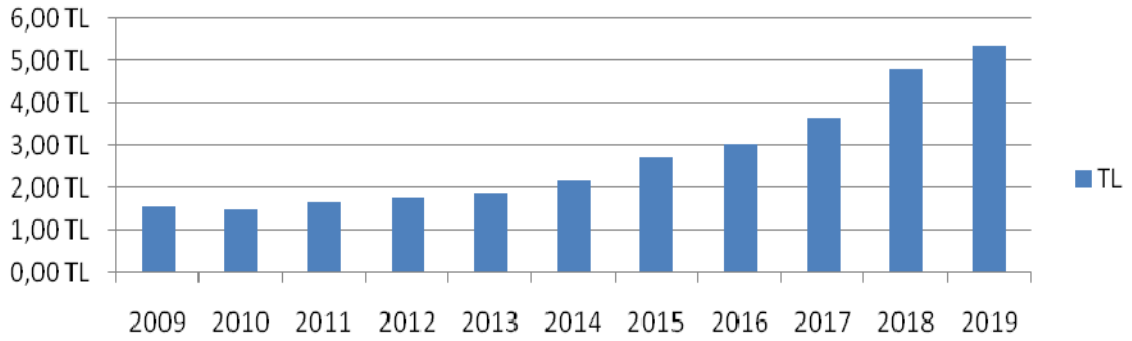
TEDAŞ'tan alınan son 10 senelik ticarethanelerde tüketilen elektriğin TL/kWh karşılığı olan bedel incelendiğinde, sadece 2012-2013 yılları arasında elektrik fiyatında herhangi bir artışın olmadığı görülmektedir (Şekil 6.2). Tüketicilerin ödemiş olduğu elektrik fiyatı son 10 senede ortalama %15,27'lik bir artış göstermiştir.

TCMB verileri esas alınarak oluşturulan Amerikan Dolarının son 10 senedeki Türk Lirası karşılığı ve paritenin yıllık değişim miktarı incelendiğinde 2010 yılı hariç her sene belli bir oranda artış yaptığı görülmektedir. Sadece 2009-2010 yılları arasında %3,02 kadar bir düşüşün gerçekleştiği ve paritenin son 10 senede ortalama %13,53'lük bir oranında artış gerçekleştirdiği görülmüştür (Şekil 6.3).

Dolar (\$) (Satış Fiyat Ortalaması)			
Yıllar	TL	Fark (TL)	Değişim(%)
2009	1,55 TL	-	-
2010	1,51 TL	-0,0469	-3,02%
2011	1,68 TL	0,1705	11,31%
2012	1,80 TL	0,1231	7,33%
2013	1,91 TL	0,1043	5,79%
2014	2,19 TL	0,2869	15,06%
2015	2,73 TL	0,5328	24,30%
2016	3,02 TL	0,2983	10,95%
2017	3,65 TL	0,6267	20,73%
2018	4,82 TL	1,1702	32,06%
2019	5,35 TL	0,5275	10,94%
Ortalama			13,53%



Şekil 6.3 Yıllık Amerikan Doları-Türk Lirası paritesi (\$/TL) ve değişim oranı (%)



Şekil 6.4 2009-2019 yılları arası Amerikan Doları-Türk Lirası paritesi karşılığı

TEDAŞ 2019 yılı ocak ayı güncel verilerinden ticarethanelerde tüketilen elektriğin kWh bedeli tüm vergiler ve harçlar eklendiğinde faturaya yansıyan elektrik tüketim ücreti 78,2026 kuruş olarak tespit edilmiştir. TEDAŞ'ın 2019 yılı ocak ayı ticarethaneler için elektriğin birim tüketim fiyatı olarak belirlenen 78,2026 krş/kWh değeri amortisman hesabında referans alınmıştır.

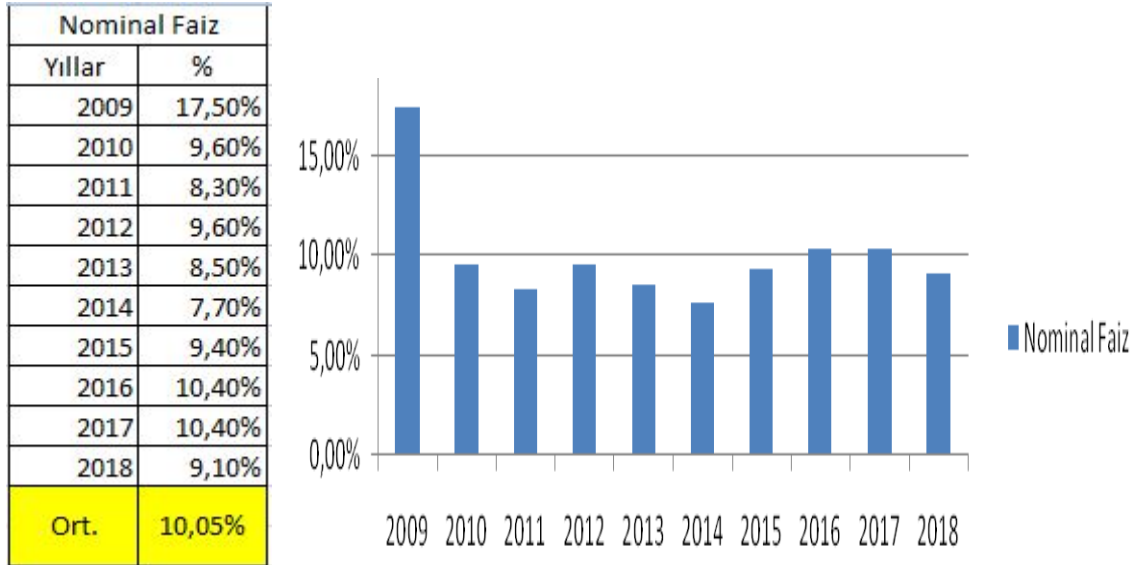
Amerikan Doları başlangıç değeri TCMB 02 Ocak 2019 verilerine göre satış 5,3412 TL kabul edilmiştir. Elektriğin kWh'i Amerikan Doları karşılığı;

$$[78,2026 \text{ krş/kWh}] / [5,3412 \$] = 14,6414 \text{ cent/kWh} \quad (6.1)$$

değerinde olmaktadır.

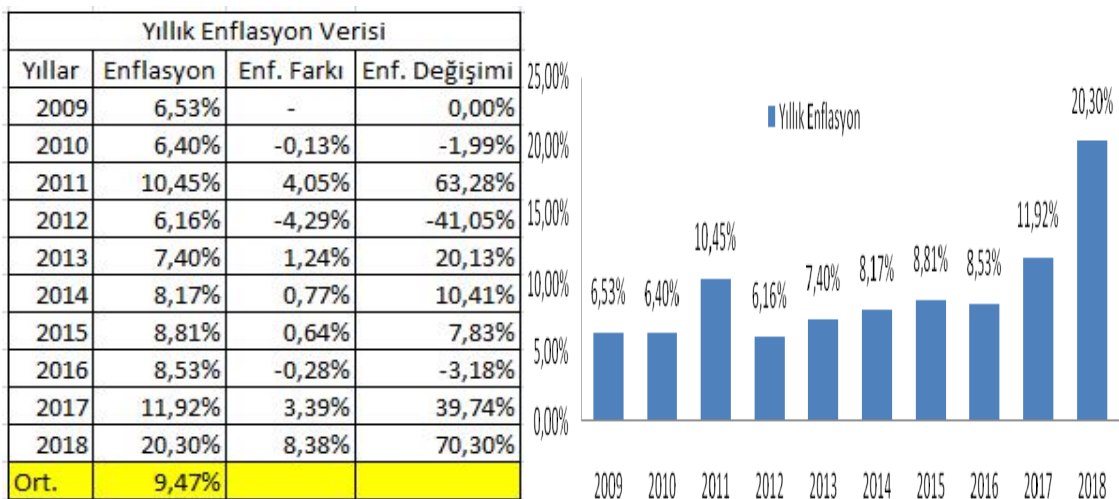
Son 10 yılda; ticarethaneler için elektriğin birim fiyatında yıllık ortalama artış miktarı %15,27 , Amerikan Doları-Türk Lirası paritesinde yıllık ortalama artış miktarı ise %13,53 olarak gerçekleşmiştir. Bu iki veriye ait son 10 yıllık değişim oranlarının birbirine çok

yakın değerler olduğu görülmektedir. Birbirine paralel giden bu artışlardan elektrik fiyatı artış sebebi dünya genelinde ve ülkemiz ekonomisi üzerinde Amerikan Dolarının değer kazanması sonucu olmaktadır. Ülkemizin enerji konusunda dışa bağımlı olduğu bir kez daha görülmektedir.



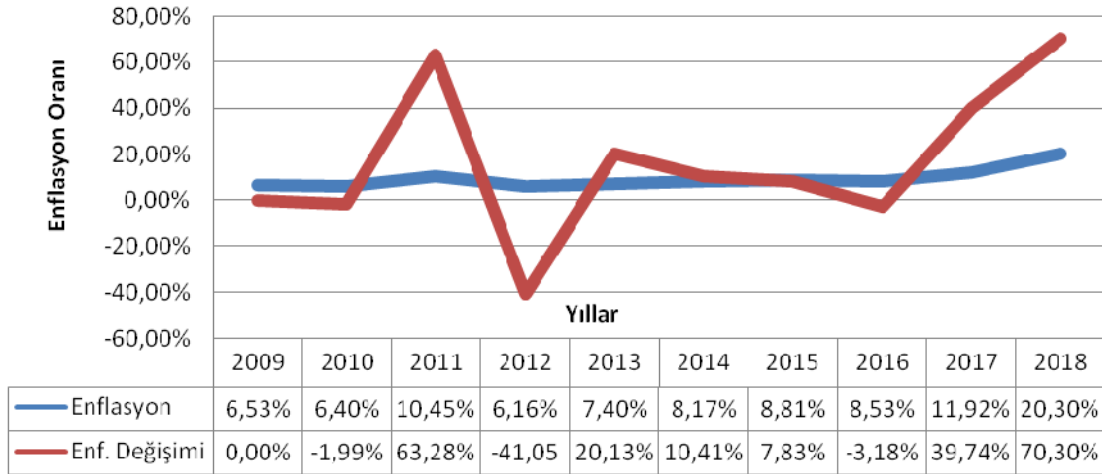
Şekil 6.5 2009-2019 yılları arası yıllık nominal faiz miktarı ve değişimi

Yıllık nominal faiz 2010, 2011, 2013, 2014 ve 2018 yıllarında kendinden bir önceki yıla göre azaldığı, 2016-2017 yılları arasında değişmediği ve son 10 senelik periyotta ortalama %10,05 oranında seyrettiği Şekil 6.5'te görülmektedir.



Şekil 6.6 2009-2019 yılları arası yıllık enflasyon oranı ve değişim miktarı

Yıllık enflasyon oranı 2010, 2012 ve 2016 yıllarında kendinden bir önceki yıla göre azaldığı, 2018 yılı sonunda en fazla değer olan %20,30'a ulaştığı ve son 10 senelik periyotta ortalama %9,47 oranında seyrettiği Şekil 6.6'da görülmektedir.



Şekil 6.7 2009-2019 yılları arası yıllık enflasyon miktarı ve değişim oranı (%)

Aslında geri ödeme süresi analizleri için, paranın zaman içinde kaybettiği değeri dikkate almak gerekmektedir ve bu amaçla önerilen sistemlerden elde edilen tasarrufların yıllık mevduat faiz oranları hesaba katılarak yeni değerlere indirgenmesi gerekmektedir. Hatta bu hesap için indirgeme oranı da bilinmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışma, TCMB'nin 2018 yılı ortalama vadeli Türk Lirası yıllık mevduat faiz oranı olan %9,10 ile son 10 yılın enflasyon ortalaması olan %9,47'nin yıllık mevduat faiziyle çok yakın bir değerde olduğunu göstermektedir.

Elektrik tüketimi bedeli yıllık fiyat artış oranı ile Amerikan Doları yıllık artış oranının çok yakın değerlerde seyretmesi ve yıllık nominal faiz oranı ile enflasyon oranının çok yakın bir değerde görülmesi sonucu yapacağımız yatırım maliyeti hesaplamalarında indirgeme işlemine gerek kalmadan Amerikan Doları üzerinden işlem yapılmasına imkan sağlamaktadır. Bu sebeple her iki senaryo için hazırlanacak amortisman hesabında indirgeme işlemi yapılmaksızın Amerikan Doları esas alınarak maliyet ve kazanç işlemleri ile geri ödeme süresi belirlenecektir.

6.2 Senaryo-1 (Kurulu Nominal Güç = 144 kWp)

Oluşturulan ilk senaryo için belediye hizmet binasının 2017 yılı esas alınarak hazırlanan aylık elektrik tüketim miktarı ve yıllık toplam elektrik tüketimi listelenecektir. Bu

tüketime karşılık aylık üretilecek fotovoltaik elektrik bu tüketimin ne kadarını karşılamada yeterli olabileceği hususu incelenecektir.

Tüketim değerleri incelendiğinde en fazla enerji tüketimi havaların ısınması sonucu mahal soğutulması ihtiyacının gerekli olduğu yaz ayında gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 6.1). Belediye hizmet binasının ısıtma ihtiyacı doğalgazlı kazan ile sağlandığından kış aylarında ısınma esaslı elektrik tüketimi olmamaktadır. Fakat mekanik tesisat üzerinde bulunan cihazlar (doğalgaz kazanı, pompalar, elektronik vanalar vb.) sistemin soğuk havalarda sürekli çalışmasını sağladığı için bir miktar elektrik tüketimi gerçekleştirmektedir.

Çizelge 6.1 Üretilen ve tüketilen enerjinin aylık ortalama miktarı (1.senaryo)

SENARYO 1 (Kurulu Nominal Güç = 144 kWp)					
Aylar	Günlük PV Üretim Miktarı [kWh/kWp/day]	Aylık PV Üretim Gücü Miktarı [kWh]	TALEP	İhtiyacı Karşılamadaki Fark [kWh]	İhtiyacı Karşılama Oranı [%]
			Belediye Hizmet Binası [kWh]		
	(a)	(b)	(c)	(b-c)	(d)
Ocak	2,36	10.890,00	79.162,65	-68.272,65	13,76
Şubat	3,50	13.280,00	73.133,55	-59.853,55	18,16
Mart	4,20	18.940,00	57.493,80	-38.553,80	32,94
Nisan	4,80	20.780,00	50.967,00	-30.187,00	40,77
Mayıs	5,80	25.680,00	93.945,60	-68.265,60	27,33
Haziran	6,20	27.430,00	104.283,90	-76.853,90	26,30
Temmuz	6,40	28.850,00	221.848,20	-192.998,20	13,00
Ağustos	6,30	27.200,00	190.612,80	-163.412,80	14,27
Eylül	5,00	22.000,00	138.505,50	-116.505,50	15,88
Ekim	3,80	16.850,00	68.884,20	-52.034,20	24,46
Kasım	2,90	11.950,00	66.376,80	-54.426,80	18,00
Aralık	2,00	9.660,00	81.364,50	-71.704,50	11,87
Yıllık	4,44	233.510,00	1.226.578,50	-993.068,50	21,40

Oluşturulan 1.senaryoda belediye hizmet binası toplantı salonu çatısı ve Çarşı Meram tesisi çatısı üzerine kurulması önerilen PV panellerle üretilebilecek olan yıllık toplam 233.510 kWh elektrik enerjisi belediye hizmet binasının yıllık elektrik tüketimi olan 1.226.578,50 kWh enerjinin ilk yıl yaklaşık %19,40 oranında karşılayabilmektedir. Mart, nisan, mayıs, haziran ve ekim aylarında üretilen fotovoltaik enerji miktarı, yıllık ortalama ihtiyacı karşılama oranı olan %21,40'ın üzerinde bir değerde gerçekleşecektir (Çizelge 6.1). Söz konusu bu aylarda belediye hizmet binasının ödemekte olduğu aylık elektrik giderinin dörtte birinden fazlasının karşılanabileceği görülmektedir.

Belediye hizmet binası ve Çarşı Meram çatısı üzerine 1. senaryo kapsamında kurulacak 144 kWp nominal gücündeki fotovoltaik elektrik tesisi için gerekli ekipman, cihaz, malzeme vb. gibi gerekli hususlar ile miktarları ve birim fiyatları Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Senaryo-1 için kurulum maliyeti hesabı

Kullanılacak Malzeme Listesi	Kurulu Nominal Güç = 144 kWp			
	Miktar	Birim	Birim Fiyat (\$)	Toplam Tutar (\$)
- Fotovoltaik Panel	480	Adet	140,00	67.200,00
- Evirici (inverter)	2	Adet	3.150,00	6.300,00
- Konstrüksiyon Malzemesi	1	Takım	48.000,00	48.000,00
- Elektrik Tesisatı (Kablo, pano, İşçilik vb.)	1	Takım	10.000,00	10.000,00
- Diğer Giderler (inverter güvenlik koruması, topraklama vb.)	1	Takım	2.500,00	2.500,00
Genel Toplam				134.000,00

Çizelge 6.3 Senaryo-1 için amortisman hesabı

Yıllar	Yıllık Üretim	Elektrik Br. Fiyatı	İşletme Gideri	Net Gelir	Kümülatif Gelir	Yatırım Maliyeti
1. Yıl	233.510	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 33.489,13	\$ 33.489,13	\$134.000,00
2. Yıl	232.109	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 33.284,00	\$ 66.773,13	
3. Yıl	230.716	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 33.080,09	\$ 99.853,23	
4. Yıl	229.332	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 32.877,41	\$ 132.730,64	
5. Yıl	227.956	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 32.675,95	\$ 165.406,59	
6. Yıl	226.588	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 32.475,69	\$ 197.882,28	
7. Yıl	225.229	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 32.276,64	\$ 230.158,92	
8. Yıl	223.877	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 32.078,78	\$ 262.237,70	
9. Yıl	222.534	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 31.882,11	\$ 294.119,81	
10. Yıl	221.199	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 31.686,61	\$ 325.806,42	
11. Yıl	219.872	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 31.492,29	\$ 357.298,72	
12. Yıl	218.552	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 31.299,14	\$ 388.597,86	
13. Yıl	217.241	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 31.107,15	\$ 419.705,00	
14. Yıl	215.938	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 30.916,30	\$ 450.621,31	
15. Yıl	214.642	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 30.726,61	\$ 481.347,91	
16. Yıl	213.354	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 30.538,05	\$ 511.885,96	
17. Yıl	212.074	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 30.350,62	\$ 542.236,58	
18. Yıl	210.802	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 30.164,31	\$ 572.400,89	
19. Yıl	209.537	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 29.979,13	\$ 602.380,02	
20. Yıl	208.280	\$ 0,1464	\$ 700,00	\$ 29.795,05	\$ 632.175,07	

Fotovoltaik üretimde yaşanacak yıllık yaklaşık %0,6 verim kaybından dolayı elektrik üretimi her sene azalarak gerçekleşecektir. İlk yıl sonunda üretilen 233.510 kWh elektrik enerjisi her sene binde 6 azalarak 20. sene sonunda 208.280 kWh olarak üretilenektir. Yıllık tüketimin değişmediği varsayıldığında bu değer belediye hizmet binasının 20. yıl sonundaki tüketimin yaklaşık %16,98'lik ihtiyacını karşılayabilecektir (Çizelge 6.3).

Yapılan amortisman hesabı incelendiğinde 4 sene bitiminde 5. yılın başlarından itibaren bu sistem kendi maliyetini karşılayabilecek, ekonomik ömrü olan en az 15 sene boyunca üreteceği enerjisi sayesinde ek gelir kazandıracaktır (Çizelge 6.3). 134.000,00\$ maliyet karşılığı üretim yapabilecek şekilde kurulacak sistemden 20 yıl sonunda işletme ve bakım-onarım giderleri düşüldüğünde 632.175,07 \$ gelir elde edilebilecektir. PV sistemi ekonomik ömrü olan 20 yıl süresi sonunda yatırım maliyeti toplam gelirden düşüldüğünde ise 498.175,07 \$ net gelir sağlaması hedeflenmektedir (Çizelge 6.3). Diğer bir ifadeyle bu sistem sayesinde belediye bütçesinden en az 20 yıl boyunca ödenecek olan elektrik tüketim bedeli beşte bir oranında karşılanabilecektir.

6.3 Senaryo-2 (Kurulu Nominal Güç = 576 kWp)

Belediye hizmet binasının aylık ve yıllık toplam elektrik tüketimi 1.226.578,50 kWh olduğu bilinmektedir (Çizelge 6.1). Buna ilave olarak elektrik tüketimi yapan çevre aydınlatması, Sekine Hatun Cami ve Arif Bilge Atölyesi'nin 2017 yılı esas alınarak oluşturulan aylık elektrik tüketim miktarları ve yıllık toplam 412.115,26 kWh olan elektrik tüketimleri Çizelge 6.4'te gösterilmiştir. Tüm birimlerin yıllık toplam tüketimi olan 1.638.693,76 kWh karşılamak üzere monokristalin fotovoltaik panelin bir metrekarede üretebileceği enerji değişimi grafiğinden yaklaşık 5.850 m² çatı alanına ihtiyaç olduğu hesaplanabilir (Şekil 5.10).

Daha fazla metrekare alan üzerine daha fazla fotovoltaik panel yerleşimi yapılabilir ve bu sayede daha fazla fotovoltaik güç üretilenektir. 1.senaryo 781 m² çatı alanı üzerine fotovoltaik panel yerleşimi yapılarak oluşturuldu. Arif Bilge Atölyesi için hazırlanan 2.senaryo güç hesaplamaları ise 2.343 m² çatı alanı üzerine fotovoltaik panel yerleşimi yapılarak oluşturuldu. Toplam tüketimi karşılamak için ilave 2.726 m²

alana ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyacımız olan toplam tüketim miktarının ne kadarı karşılanabileceği hususu bu senaryoda incelenecektir.

Çevre aydınlatma, Sekine Hatun Cami ve Arif Bilge Atölyesi 2017 yılı aylık toplam elektrik tüketim değerleri incelendiğinde birkaç ay hariç senenin genelinde aylık tüketimin ortalama bir değerde gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 6.4). Ülkemiz kuzey yarım kürede olması sebebiyle en fazla üretim temmuz ayında, en düşük üretim aralık ayında meydana gelmektedir. Mevsimsel olarak değişen güneşin konumu itibarıyla fotovoltaik elektrik üretim miktarı ocak-aralık ayları arasında çan eğrisi grafiği benzeri bir davranış göstermektedir. Enerji üretimindeki değişim; ilkbahar mevsimiyle başlayan yükseliş, yaz aylarında zirve yapması ve sonbahar başlangıcıyla düşüş yaparak seyretmektedir. Fotovoltaik üretimin işletmeye alındığı yıl itibarıyla her sene binde 6'lık verim kaybı yaşanacak ve elektrik üretimi azalış yaparak en az 20 sene devam edecektir.

Çizelge 6.4 Üretilen ve tüketilen enerjinin aylık ortalama miktarı (2.senaryo)

SENARYO 2 (Kurulu Nominal Güç = 576 kWp)							
AYLAR	Günlük PV Üretim Miktarı [kWh/kW p/day] (a)	Aylık PV Üretim Gücü Miktarı [kWh] (b)	TALEP			TÜKETİM TOPLAMI [kWh] (c+d+e)	FARK [kWh] (b-c-d-e)
			Sekine Hatun Cami [kWh] (c)	Çevre Aydınlatma [kWh] (d)	Arif Bilge Atölyesi [kWh] (e)		
Ocak	4,26	37.240,00	1.463,55	2.615,00	82.521,84	86.600,39	-49.360,39
Şubat	6,20	47.310,00	1.514,00	936,00	27.609,12	30.059,12	17.250,88
Mart	8,00	70.660,00	1.173,75	1.433,00	30.940,00	33.546,75	37.113,25
Nisan	9,60	80.700,00	1.281,50	1.316,00	26.154,00	28.751,50	51.948,50
Mayıs	11,60	101.580,00	222,50	661,00	22.776,48	23.659,98	77.920,02
Haziran	12,40	109.720,00	347,25	2.263,00	16.428,00	19.038,25	90.681,75
Temmuz	12,70	114.810,00	1.524,50	1.892,00	26.649,92	30.066,42	84.743,58
Ağustos	12,15	105.530,00	1.479,50	1.874,14	29.400,56	32.754,20	72.775,80
Eylül	9,80	82.750,00	1.129,50	1.696,53	9.980,40	12.806,43	69.943,57
Ekim	6,90	61.000,00	1.194,75	2.398,19	36.451,44	40.044,38	20.955,62
Kasım	5,10	41.170,00	263,75	1.231,32	29.335,76	30.830,83	10.339,17
Aralık	4,00	32.260,00	1.550,00	1.931,81	40.475,20	43.957,01	-11.697,01
Yıllık	8,56	884.730,00	13.144,55	20.247,99	378.722,72	412.115,26	472.614,74

Bu senaryoda çevre aydınlatması, Sekine Hatun Cami ve Arif Bilge Atölyesi toplam elektrik tüketiminden çok daha fazla fotovoltaik elektrik üretimi gerçekleşeceği Çizelge 6.4'te gösterilmektedir. Üretim fazlası enerjiyle belediye hizmet binası yıllık elektrik ihtiyacının bir kısmı karşılanacağı ön görülmektedir. Fotovoltaik üretim aylık olarak incelendiğinde ocak ayı üretim miktarı 37.240 kWh ve aralık ayı üretim miktarı 32.260 kWh olduğu görülmektedir. 3 birimin ocak ayında 86.600,39 kWh ve aralık ayında 43.957,01 kWh olan toplam elektrik tüketimleri, fotovoltaik enerji üretimiyle tamamen karşılanamayacağı görülmektedir (Çizelge 6.4). Bu durumda enerji ihtiyacımızın kalan kısmı şebekeden karşılanacak ve MEDAŞ ile mahsuplaşma yapılacaktır. Bunun yanı sıra yılın ocak ve aralık haricindeki diğer aylarında üretilen enerji fazlası belediye hizmet binası elektrik tüketiminin bir kısmını karşılayabilecektir.

3 birimde tüketilen yıllık elektrik toplamı olan 412.115,26 kWh enerji miktarı ilk sene sonunda üretilebilecek 884.730,00 kWh fotovoltaik enerji farkı 472.614,74 kWh hesaplanmaktadır. Hesaplanan elektrik fazlası hizmet binasının yıllık elektrik tüketimi olan 1.226.578,50 kWh'in ilk sene sonunda %38,53'ünü karşılayabilmektedir.

Çizelge 6.5 Üretilen ve tüketilen elektriğin aylık ortalama değeri (2.senaryo)

SENARYO 2 (Kurulu Nominal Güç = 576 kWp)							
AYLAR	Aylık PV Üretim Gücü Miktarı [kWh] (b)	TALEP				TÜKETİM TOPLAMI [kWh] (c+d+e+f)	FARK [kWh] (b-c-d-e-f)
		Belediye Hizmet Binası [kWh] (c)	Sekine Hatun Cami [kWh] (d)	Çevre Aydınlatma [kWh] (e)	Arif Bilge Atölyesi [kWh] (f)		
Ocak	37.240	79.162,65	1.463,55	2.615,00	82.521,84	165.763,04	-128.523,04
Şubat	47.310	73.133,55	1.514,00	936,00	27.609,12	103.192,67	-55.882,67
Mart	70.660	57.493,80	1.173,75	1.433,00	30.940,00	91.040,55	-20.380,55
Nisan	80.700	50.967,00	1.281,50	1.316,00	26.154,00	79.718,50	981,50
Mayıs	101.580	93.945,60	222,50	661,00	22.776,48	117.605,58	-16.025,58
Hazira	109.720	104.283,90	347,25	2.263,00	16.428,00	123.322,15	-13.602,15
Temm	114.810	221.848,20	1.524,50	1.892,00	26.649,92	251.914,62	-137.104,62
Ağust	105.530	190.612,80	1.479,50	1.874,14	29.400,56	223.367,00	-117.837,00
Eylül	82.750	138.505,50	1.129,50	1.696,53	9.980,40	151.311,93	-68.561,93
Ekim	61.000	68.884,20	1.194,75	2.398,19	36.451,44	108.928,58	-47.928,58
Kasım	41.170	66.376,80	263,75	1.231,32	29.335,76	97.207,63	-56.037,63
Aralık	32.260	81.364,50	1.550,00	1.931,81	40.475,20	125.321,51	-93.061,51
YILLIK	884.730	1.226.578,50	13.144,55	20.247,99	378.722,72	1.638.693,76	-753.963,76

Fotovoltaik üretimde yaşanacak yıllık %0,6 verim kaybından dolayı elektrik üretimi her sene azalarak devam edecektir. İlk yıl sonunda üretilen toplam 884.730 kWh elektrik enerjisi 20. sene sonunda 789.136 kWh olarak gerçekleşecektir. Yıllık tüketimin değişmediği kabul edilip çevre aydınlatması, Sekine Hatun Cami ve Arif Bilge Atölyesi yıllık elektrik tüketimleri toplamı olan 412.115,26 kWh enerji 20. sene sonunda üretilen 789.136 kWh enerjiden çıkarıldığında üretim fazlası fark 377.020,74 kWh olacaktır. 20. sene sonundaki üretim fazlası enerji belediye hizmet binası yıllık toplam tüketimi olan 1.226.578,50 kWh enerjinin %30,74'ünü karşılayabilmektedir. MEDAŞ ile yapılacak protokol karşılığı mahsuplaşma yapılacak ve yıl içinde ödenecek elektrik faturası tutarları bu senaryolar sayesinde azaltılmış olacaktır.

Bu senaryoya göre ilk 2 sene sadece nisan ayında tüm birimlerin elektrik ihtiyacını karşılayabilecek şekilde bir üretim gerçekleşebilecektir. Daha sonraki senelerde sistemdeki binde 6'lık verim kaybından dolayı toplam üretim senenin hiçbir ayında toplam tüketimi karşılayamayacaktır. PV kaynaklı üretilen enerji miktarı olan yıllık 884.730,00 kWh'lik enerji tüm birimde toplam tüketimimiz olan 1.638.693,76 kWh'lik enerjinin %54'ünü karşılayabilecek bir kapasiteye sahip olduğu Çizelge 6.5'te gösterilmektedir. Ekonomik ömrü boyunca her yıl binde 6 azalan fotovoltaik üretim 20. yılda 789.136 kWh olarak gerçekleşeceği hesaplanmakta ve tüketim değerinin aynı kaldığı kabul edileceği bir hesaplamada bu üretilen elektrik enerjisi 20. yıldaki toplam tüketimin %48,16'lık kısmını karşılayabilmektedir (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.6 Senaryo-2 için kurulum maliyeti hesabı

Kullanılacak Malzeme Listesi	Kurulu Nominal Güç = 576 kWp			
	Miktar	Birim	Birim Fiyat (\$)	Toplam Tutar (\$)
- Fotovoltaik Panel	1.920	Adet	140,00	268.800,00
- Evirici (inverter)	8	Adet	3.150,00	25.200,00
- Konstrüksiyon Malzemesi	1	Takım	192.000,00	192.000,00
- Elektrik Tesisatı (Kablo, pano, işçilik vb.)	1	Takım	37.000,00	37.000,00
- Diğer Giderler (İnverter güvenlik koruması, topraklama vb.)	1	Takım	6.500,00	6.500,00
Genel Toplam				529.500,00

Çizelge 6.7 Senaryo-2 için amortisman hesabı

Yıllar	Yıllık Üretim	Elektrik Br. Fiyatı	İşletme Gideri	Net Gelir	Kümülatif Gelir	Yatırım Maliyeti
1. Yıl	884.730	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 127.036,86	\$ 127.036,86	\$529.500,00
2. Yıl	879.422	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 126.259,64	\$ 253.296,50	
3. Yıl	874.145	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 125.487,08	\$ 378.783,57	
4. Yıl	868.900	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 124.719,16	\$ 503.502,73	
5. Yıl	863.687	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 123.955,84	\$ 627.458,57	
6. Yıl	858.505	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 123.197,11	\$ 750.655,68	
7. Yıl	853.354	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 122.442,92	\$ 873.098,60	
8. Yıl	848.234	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 121.693,27	\$ 994.791,87	
9. Yıl	843.144	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 120.948,11	\$ 1.115.739,98	
10. Yıl	838.085	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 120.207,42	\$ 1.235.947,40	
11. Yıl	833.057	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 119.471,17	\$ 1.355.418,57	
12. Yıl	828.058	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 118.739,35	\$ 1.474.157,92	
13. Yıl	823.090	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 118.011,91	\$ 1.592.169,83	
14. Yıl	818.152	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 117.288,84	\$ 1.709.458,67	
15. Yıl	813.243	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 116.570,11	\$ 1.826.028,77	
16. Yıl	808.363	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 115.855,69	\$ 1.941.884,46	
17. Yıl	803.513	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 115.145,55	\$ 2.057.030,01	
18. Yıl	798.692	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 114.439,68	\$ 2.171.469,69	
19. Yıl	793.900	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 113.738,04	\$ 2.285.207,73	
20. Yıl	789.136	\$ 0,1464	\$ 2.500,00	\$ 113.040,61	\$ 2.398.248,34	

Amortisman hesabı incelendiğinde 884,73 MWh gibi daha fazla kurulu güce sahip bu 2.senaryodaki sistem 5. yılın başlarından itibaren kurulum maliyetini kazanmış diğer bir ifadeyle kendini maliyetini amorti etmiş olacaktır (Çizelge 6.7). Daha sonraki en az 15 sene boyunca üreteceği elektrik sayesinde belediye bütçesine ilave gelir sağlayacaktır. 529.500\$ maliyet karşılığı işletmeye alınacak sistemden 20 yıl sonunda işletme ve bakım-onarım giderleri düşüldüğünde 2.398.248,34\$ gelir sağlanabileceği ön görülmektedir. İki farklı lokasyonda elektrik üretimi yapacak fotovoltaik tesisler ekonomik ömrü olan 20 yıl süresi sonunda toplam yatırım maliyeti toplam gelirden düşüldüğünde ise 1.868.748,34\$ net gelir sağlaması hedeflenmektedir. Bir başka bakış açısıyla değerlendirilecek olduğunda; belediye bütçesinden 20 yıl boyunca ödenecek olan 3 birimdeki yıllık toplam elektrik tüketim bedellerinin tamamı ödenebilecektir. Ayrıca buna ilave olarak belediye hizmet binasının en az 20 yıl boyunca elektrik ihtiyacının yaklaşık üçte bir oranından fazlası bu şekilde karşılanabilecektir.

6.4 Senaryo-1 ve Senaryo-2 Karşılaştırması

Çizelge 6.8 Oluşturulan iki senaryonun maliyet karşılaştırması

Kullanılacak Malzeme Listesi	1. Senaryo (P _{nom} = 144 kWp)				2. Senaryo (P _{nom} = 576 kWp)				
	Mik.	Birim	Birim Fiyat (\$)	Toplam Tutar (\$)	Miktar	Birim	Birim Fiyat (\$)	Toplam Tutar (\$)	
- Fotovoltaik Panel	480	Adet	140	67.200,00	1.920	Adet	140	268.800,00	
- Evirici (inverter)	2	Adet	3.150	6.300,00	8	Adet	3.150	25.200,00	
- Konstrüksiyon Malzemesi	1	Tk.	48.000	48.000,00	1	Tk.	192.000	192.000,00	
- Elektrik Tesisatı (Kablo, pano, İşçilik vb.)	1	Tk.	10.000	10.000,00	1	Tk.	37.000	37.000,00	
- Diğer Giderler İnverter güvenlik koruması, topraklama vb.	1	Tk.	2.500	2.500,00	1	Tk.	6.500	6.500,00	
Genel Toplam				134.000,00	Genel Toplam				529.500,00

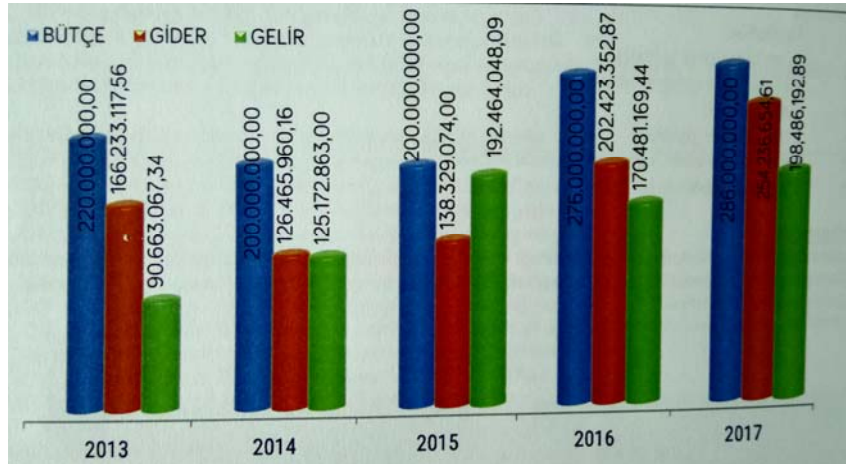
Farklı lokasyonlarda kurulacak 2. senaryo çalışmasında 144 kWp ve 576 kWp nominal güce sahip üretim gerçekleştirilecektir. Bu sistemlerin yapım maliyetini oluşturan malzeme ve işçilik listesi Çizelge 6.8’de gösterilmiştir. Yapım maliyetleri incelendiğinde genel toplamda fotovoltaik panellerin yapım maliyetinin yarısı kadar olduğu ve en büyük bedeli oluşturduğu görülmektedir. Panel bedeline yakın bir değerde konstrüksiyon malzemesi imalat tutarı genel toplamda yer almaktadır. Fotovoltaik bir tesis yatırım maliyetinin büyük bir çoğunluğunu bu iki malzeme fiyatı oluşturmaktadır.

İkinci senaryoda kurulacak bir tesisin kurulum maliyeti 529.500\$ tutar karşılığı (TCMB 2017 ortalama verilerine göre satış 3,65TL) olan 1.932.675,00TL bedel, 2017 yıllık gideri olan 254.236.654,61 TL’nin yaklaşık %0,76’sını oluşturmaktadır. Fakat bu tesisin 5 sene içinde kendi maliyetini karşılayıp en az 15 sene üretim yapacağı göz önünde bulundurulduğunda sistemden elde edilecek olan 454.728,76 TL’lik ortalama yıllık gelir 2017 belediye bütçesinin yıllık geliri olan 198.486.192,89TL’nin yaklaşık %0,23’üne karşılık gelmektedir.

Belediyecilik açısından tek bir proje sayesinde ve en az 15 sene boyunca toplam bütçenin %0,23’lük kısmını sağlayacak bir gelir elde edilmesi son derece başarılı bir çalışma olacaktır. Bu ilave gelir sayesinde bir başka belediyecilik hizmeti için kaynak

yaratılmış olacaktır. İşin maliyet boyutu bir tarafa karbon salımını azaltma ve çevreye duyarlı bir uygulama olması bile tek başına tercih edilme nedeni olmalıdır.

Her yıl düzenli olarak hazırlanan belediye bütçesindeki gelir-gider dengesi bu 2 senaryodan elde edilecek bir yatırım sonucu kazanılacak gelir sayesinde dengelenmiş olacaktır (Şekil 6.8). 10 seneden az bir sürede kendi maliyetini çıkarıp uzun bir süre gelir sağlayıcı bu tarz projeler kamusal hizmetlerde tercih edilir olmalıdır.



Şekil 6.8 Meram Belediyesi 2013-2017 yılları arası bütçe kesin hesabı

Çizelge 6.9 Senaryoların enerji üretimi ve ekonomik açıdan karşılaştırılması

	Kurulu Nom. Güç [kWp]	Toplam Elektrik Tüketimi [kWh/yıl]	PV Elektrik Üretimi [kWh/yıl]	Üretim Tüketimi Karşılama Oranı [%]	Yatırım Maliyeti [₺]	Geri Ödeme Süresi [Yıl]	Toplam Gelir (20 Yıl) [₺]	Net Tasarruf (16 Yıl) [₺]	Enerji Kazanımı (20 Yıl) [kWh]	Net Enerji Tasarruf (16 Yıl) [kWh]
Senaryo-1	144	1.226.578	233.510	19,04	134.000	4	632.175	498.175	4.413.342	3.487.675
Senaryo-2	576	1.638.693	884.730	53,99	529.500	4	2.398.248	1.868.748	16.721.409	13.214.212

Çizelge 6.9'da her iki senaryonun yıllık bazda ekonomik analizi bir arada verilmektedir. Hazırlanan her iki sistem de kendi masrafını 4. yıl sonunda çıkartmaktadır. 16 yıllık süreçte 1.senaryo net 3.487.675 kWh enerji tasarrufu ve \$498.175 maddi tasarruf sağlamakta, 2.senaryo ise net 13.214.212 kWh enerji tasarrufu ve \$1.868.748 maddi tasarruf sağlanmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Yeryüzünün aydınlatılmasını ve ısı ihtiyacını sağlayan güneş bir enerji kaynağı olarak ele alınmış ve enerjisinden fotovoltaik paneller yardımıyla elektrik elde edilmesi hususu incelenmiştir. Dünya ülkelerinde yenilenebilir enerjisi üretimi ve uygulama örnekleri araştırılmıştır. Uluslararası Enerji Ajansının yapmış olduğu bir öngörü çalışmasında 2050 yılına gelindiğinde dünyadaki elektrik enerjisi talebinin yaklaşık %11'inin sadece güneş enerjisinden karşılanacağı yönünde olacağıdır. Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji üretimine daha fazla önem verdiği görülmekte fakat gelecek 20 yıl içerisinde Çin ve gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerji üretimi açısından lider konuma geleceği öngörülmektedir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynağı potansiyeli zengin ve çeşitli olmasına rağmen ülkemiz enerji bakımından büyük ölçüde dışa bağlı bir konumdadır. Oysa ülkemizde kömürden sonra gelen ikinci büyük enerji kaynağı yenilenebilir enerjidir. Yüksek miktarda petrol ve doğalgaz ithalatı yapılmakta ve ithal edilen bu enerjinin bir kısmı da elektrik üretiminde kullanılmaktadır. 2018 yılı ağustos ayı sonu EPDK verilerine göre elektrik üretiminde kullanılan doğalgazın payı %31,38 , kömürün payı %23,71 seviyelerinde olmakta ve üretimin geri kalan %44,91 kısmını ise yenilenebilir kaynaklar karşılamaktadır. Ayrıca ülkemizde elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımında her geçen sene bir miktar artış olduğu da görülmektedir.

Türkiye 36°-42° enlemleri arasında kuzey yarımküre üzerinde ve sahip olduğu bu coğrafi konum itibarıyla yıllık 2.741 saat gibi yüksek miktarda güneşlenme süresine sahip bir coğrafyadadır. Bu tez çalışmasında güneş enerjisi potansiyeli açısından uygun

konumda yer alan ülkemizdeki mevcut yapılar için yenilenebilir güneş enerjisi araştırılmıştır. Kamusal alanda faaliyet gösteren kurumlardan özellikle belediyeçilik alanında gerçekleştirilen fotovoltaik enerji uygulama örnekleri incelenmiştir. Ülkemiz genelindeki coğrafi bölgelerden Akdeniz, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Güney Doğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde bulunan birçok belediyenin bu hususa önem verdiği ve enerji ihtiyaçlarının önemli bir kısmını çeşitli kapasitelerdeki GES'lerden elde ettikleri görülmüştür. Bu araştırmalardan yola çıkarak Konya ili Meram Belediyesi için fotovoltaik enerji üretimi yapabilecek bir sistem oluşturulması fikri ortaya çıkarılmıştır.

GEPA verilerinden yeryüzüne düşen yıllık global radyasyon miktarının Meram ilçesinde birim alanda monokristal yapıdaki fotovoltaik panelde üretebileceği enerji miktarı belirlenmiştir. Güneşlenme ve buna bağlı diğer enerji verileri PVSyst bilgisayar programı hesaplamalarında kullanılmıştır. Bu programla yıl içinde aylık bazda üretebilecek toplam enerji miktarı yeryüzü ve sistem kayıpları düşüldükten sonra şebekeye verilecek net enerji hesaplanmıştır.

Yapılan araştırma, inceleme ve PVSyst programı hesaplamalarına göre Meram Belediyesine ait mevcut yapıların çatıları üzerine çok sayıda fotovoltaik panel yerleşimi yapılarak 2 farklı senaryo geliştirilmiştir. Bu senaryolardan 144 kWp nominal güce sahip 1.senaryo çalışmasında yıllık üretim miktarı 1.622 kWh ve performans oranı %86,27 olan 480 adet fotovoltaik panelden oluşturulacak sistemden yıllık toplam 233.510 kWh elektrik enerjisi şebekeye verebilecek şekilde üretilebilecektir. Bu üretim miktarı belediye hizmet binasının yıllık toplam elektrik tüketimi olan 1.226.578,50 kWh enerji ihtiyacının ilk yıl %19'unu karşılayabilecek olduğu görülmektedir. Ekonomik ömrü en az 20 yıl olan bu sistem sayesinde her yıl tüketilen elektriğin yaklaşık %20'si karşılanabilecektir. Yatırım maliyeti 134.000 \$ olarak hesaplanan bu senaryo için geri ödeme süresi 4 yıl olarak bulunmuştur. Bu fotovoltaik tesis dördüncü yıl sonunda kendi yatırım maliyetini çıkaracak ve en az 16 yıl daha belediye bütçesine gelir sağlayabilecektir.

576 kWp nominal güce sahip 2.senaryo çalışmasında yıllık üretim miktarı 1.536 kWh ve performans oranı %85,96 olan 1.920 adet fotovoltaik panelden oluşturulacak sistemden yıllık toplam 884.730 kWh elektrik enerjisi şebekeye verilebilecektir. Bu üretim miktarı tez çalışmasında ele alınan birimlerin yıllık toplam elektrik tüketimi olan

1.638.693,76 kWh enerjinin ilk yıl %54'ünü karşılayabilecektir. Yatırım maliyeti 529.000\$ olarak hesaplanan bu senaryo için de geri ödeme süresi 4 yıl olarak bulunmuştur. 4. yıl sonunda kendi yatırım maliyetini çıkaracak proje en az 16 yıl daha elektrik üretmeye devam edecek ve belediye bütçesine ilave gelir sağlayabilecektir.

Meram ilçesi için mikro ölçekte yapılmış olan bu tez çalışması Konya'daki herhangi bir kamu kurumu için de uygulanabilir sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Diğer kamu kurumları bu tez çalışmasındaki senaryo çıktılarını temiz enerji politikalarında kullanılabileceklerdir. Kurumlar mevcut bina çatıları üzerine yapacakları fotovoltaik enerji uygulamasıyla kurumdaki işleyişi aksatmadan, mimari ve görsel detayları etkilemeden, yapının statik hesaplarına zarar vermeden güneşten elektrik elde edebilecektir. Bu tarz bir yatırım; son derece verimli, idareciler tarafından kabul edilebilir ve ülke ekonomisine katma değer kazandırabilir bir çalışma olarak görülecektir. Ayrıca kamusal yapıların çevreci olmaları yönünde taşıdıkları misyon açısından önemli bir sonuç bu tez çalışması neticesinde ortaya konulmaktadır. Temiz doğa, temiz çevre, temiz toplum anlayışı ile kamunun öncü olacağı benzer çalışmalar ülkemizin enerji ve çevre politikası oluşturulmasında diğer sektörlerle de rehberlik edecektir.

Yapılan bu tez, yenilenebilir kaynak olan güneşten kamu binalarında sadece elektrik elde edilmesi üzerine bir çalışmadır. Ancak ülkemiz genelinde güneş enerjisi potansiyeli açısından uygun şartlara sahip bütün kamu kurum ve kuruluşları kendilerine ait bina, tesis ve yapılarında güneş enerjisinden farklı şekillerde yararlanabilmelidirler. Kamu binalarında pasif güneş sistemleri mahal ısıtması sağlayabilmeli, çatı üzerine konulacak cam sayesinde iç aydınlatma oluşturulabilmeli, kullanım amaçlı sıcak su temini güneş kolektörlerinden elde edilebilmeli vb. gibi uygulamalarla yapıların enerji ihtiyaçları güneş sayesinde karşılanabilmelidir. Dahası yenilenebilir enerji çeşidi bakımından zengin olan ülkemizin her hangi bir yerinde hizmet veren kamu binası bulunduğu bölgedeki herhangi bir yenilenebilir kaynak çeşidiyle enerji ihtiyacını sağlayabilmelidir.

Son olarak, üzerinde önemle durulması gerekli olan yenilenebilir enerji konusu ülkemizin hem ekonomik manada dışa bağlı olmaktan kurtulacağı hem de gelecek nesillere daha yaşanılabilir bir çevre bırakılacağı hususlarını içermektedir. Devletin enerji ve çevre politikası olarak hazırlayacağı kanun ve yönetmeliklerle yenilenebilir

enerji uygulamaları kamu binalarında zorunlu hale getirilmelidir. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı idaresince hazırlanmakta olan 5 yıllık kalkınma planlamalarında yenilenebilir konusu kamu yatırımları göstergelerinde işlenmelidir. Bu ve benzer uygulamalar neticesinde ithalata dayalı enerji tüketiminde bir azalma oluşacak ve ülkemiz ekonomisi cari açığında en büyük payı oluşturan enerji ithalatı bu sayede azaltılacaktır.

KAYNAKLAR

-
- [1] Horváth, M. Kassai-Szoó, D. ve Csoknyai, T., (2016). "Solar energy potential of roofs on urban level based on building typology", *Energy and Buildings*, 111: 278-289.
 - [2] Maurer, C. Cappel, C. ve Kuhn, T.E., (2017). "Progress in building-integrated solar thermal systems", *Solar Energy*, 154: 158-186.
 - [3] Eicker, U. Demir, E. ve Gürlich, D., (2015). "Strategies for cost efficient refurbishment and solar energy integration in European Case Study buildings", *Energy and Buildings*, 102: 237-249.
 - [4] O'Shaughnessy, E. Cutler, D. Ardani, K. ve Margolis, R., (2018). "Solar plus: A review of the end-user economics of solar PV integration with storage and load control in residential buildings", *Applied Energy*, 228: 2165-2175.
 - [5] Gaglia, A.G. Tsikaloudaki, A.G. Laskos, C.M. Dialynas, E.N. ve Argiriou, A.A., (2017). "The impact of the energy performance regulations' updated on the construction technology, economics and energy aspects of new residential buildings: The case of Greece", *Energy and Buildings*, 155: 225-237.
 - [6] Silva, S.M. Mateus, R. Marques, L. Ramos, M. ve Almeida, M., (2016). "Contribution of the solar systems to the nZEB and ZEB design concept in Portugal – Energy, economics and environmental life cycle analysis", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 156: 59-74.
 - [7] Timilsina, G.R. Kurdgelashvili, L. ve Narbel, P.A., (2012). "Solar energy: Markets, economics and policies", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 449-465.
 - [8] Chel, A. ve Kaushik, G., (2017). "Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building", *Alexandria Engineering Journal*, 10.1016/j.aej.2017.02.027.
 - [9] Zhu, J. ve Li, D., (2015). "Current Situation of Energy Consumption and Energy Saving Analysis of Large Public Building", *Procedia Engineering*, 121: 1208-1214.
 - [10] Truong, N.L. Dodoo, A. ve Gustavsson, L., (2018). "Effects of energy efficiency measures in district-heated buildings on energy supply", *Energy*, 142: 1114-1127.
 - [11] Mukashev, A. Pugovkin, A. Kuprekov, S. Petrova, N. ve Abramchuk, S., (2017). "Dynamic method of the heating devices efficiency measurement", *Energy Procedia*, 128: 86-91.

- [12] Simona, P.L. Spiru, P. ve Ion, I.V., (2017). "Increasing the energy efficiency of buildings by thermal insulation", Energy Procedia, 128: 393-399.
- [13] D'Agostino, D. Cuniberti, B. ve Bertoldi, P., (2017). "Energy consumption and efficiency technology measures in European non-residential buildings", Energy and Buildings, 153: 72-86.
- [14] Maccarini, A. Wetter, M. Afshari, A. Hultmark, G. Bergsøe, N.C. ve Vorre, A., (2017). "Energy saving potential of a two-pipe system for simultaneous heating and cooling of office buildings", Energy and Buildings, 134: 234-247.
- [15] Huo, H. Shao, J. ve Huo, H., (2017). "Contributions of energy-saving technologies to building energy saving in different climatic regions of China", Applied Thermal Engineering, 124: 1159-1168.
- [16] Öztürk, H.H., (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [17] Mengüç, M.P. ve Somuncu, Y., (2012). "Enerji Verimliliği Boyutu ve Sıfır İstanbul 2050'ye Doğru", Enerji Dergisi, 1(4):10-15.
- [18] ETKB, (2017). Strateji Geliştirme Başkanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü Raporu, Yayın No:15, Ankara.
- [19] T.C. Resmi Gazete, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. (5346), 10.05.2005, 5-44.
- [20] ETKB Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Hidrojen Enerjisi, http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx, 05 Kasım 2018.
- [21] Elmas, B., (2012). Ortadoğu'daki Enerji Kaynaklarının Önemi ve Türkiye Üzerinden Taşınması ile Türkiye'nin Kazandığı Jeopolitik Konum, Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [22] Yüceer, N.S., (2015). Yapıda Çevre ve Enerji, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. , Ankara.
- [23] ETKB, Enerji, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Verimliliği>, 11 Kasım 2018.
- [24] TÜİK, Temel İstatistikler, www.tuik.gov.tr, 11 Kasım 2018.
- [25] ETKB Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (2018). Enerji Verimliliği Daire Başkanlığı Ölçme ve Değerlendirme Grubu 2000-2016 Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu 2018, Yayın No: EV-2018-01-V1, Ankara.
- [26] ISPRE International Science Panel on Renewable Energies, Research and Development on Renewable Energies, https://council.science/cms/2017/05/ISPRE_Photovoltaic_and_Wind.pdf, 05 Kasım 2018.
- [27] Güneş Gazetesi, Dünyanın En Büyük Güneş Enerjisi Santrali Konya'ya Kuruluyor, <http://www.gunes.com/ekonomi/dunyanin-en-buyuk-gunes-enerjisi-santrali-konyaya-kuruluyor-899411>, 14 Kasım 2018.
- [28] British Petroleum, BP Energy Outlook 2018 Edition, <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf>, 18 Kasım 2018.

- [29] Erdoğan, D.C. ve Seçgin, B., (2008). Yenilenebilir Enerjiler, Alan Eğitiminde Araştırma Projesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fizik Öğretmenliği Bölümü, İstanbul.
- [30] EPDK, (2018). Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı Elektrik Piyasası Sektör Raporu, Yayın No: 08/2018, Ankara.
- [31] ETKB, Elektrik, <http://enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>, 11 Ekim 2018.
- [32] Çalışkan, M., (2007), Türkiye Rüzgar ve Güneş Enerjisi Potansiyeli, http://www.ttmd.org.tr/userfiles/file/TTMD_calistay_mcaliskan.pdf, 13 Kasım 2018.
- [33] YEGM, GEPA Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/42.aspx>, 13 Kasım 2018.
- [34] Atılğan, L.E., (2014). Tarihi Camilerin Modern Teknolojilerle Enerji Etkin Aydınlatılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [35] Solbak, V., (2016), Solar Energy for Public Buildings in Alberta, http://www.infrastructure.alberta.ca/Content/docType486/Production/Solar_Energy_for_Alberta_final.pdf, 22 Kasım 2018.
- [36] Foster+Partners, 1997-Frankfurt Germany Commerzbank Headquarters, <https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/>, 16 Ekim 2018.
- [37] Inhabitat, BedZED: Beddington Zero Energy Development in London, <https://inhabitat.com/bedzed-beddington-zero-energy-development-london/>, 16 Ekim 2018.
- [38] Skidmore Owings & Merrill LLP (SOM), Pearl River Tower, http://www.som.com/projects/pearl_river_tower, 16 Ekim 2018.
- [39] Hagemann, I.B., (2007), Solarsiedlung am Schlierberg Freiburg (Breisgau) Germany, www.pvupscale.org, 16 Ekim 2018.
- [40] Guzowski, M., (2010). Towards Zero Energy Architecture New Solar Design, Laurence King, London.
- [41] Beermann, J., (2009). 100% Renewable Energy Regions in Europe - A Comparative Analysis Of Local Renewable Energy Development, Postgraduate Thesis, Berlin Free University, Department of Social and Political Sciences, Berlin.
- [42] IEA Photovoltaic Power Systems Program, 2008 International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Program, <http://iea-pvps.org/>, 08 Kasım 2018.
- [43] Anel Grup, Anel Enerji Gelişen Kentler Zirvesi, <http://www.solar-academy.com/menuis/Gelisen-Kentler-Zirvesi-Konya-AnelEnerji.194405.pdf>, 25 Kasım 2018.
- [44] ETKB Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, YEGM'nin Güneş Enerjisi Çalışmaları, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_calismalari.aspx, 10 Kasım 2018.

- [45] Doğa Sektörel Yayın Grubu e-Belediye Dergisi, Belediyelerden "GES" Atağı, <https://www.ebelediye.info/dosya/belediyelerden-ges-atagi>, 19 Ekim 2018.
- [46] T.C. Karşıyaka Belediyesi, Güneş Tarlası Açıldı, <http://www.karsiyaka.bel.tr/tr/faaliyetlerimiz/vizyon-projeler/gunes-tarlası>, 19 Ekim 2018.
- [47] Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, DİŞTİ GES Projesi, <http://www.diyarbakir.bel.tr/en/projeler/tamamlanan-projeler/4848-distı-ges-projesi.html>, 19 Ekim 2018.
- [48] Milliyet Gazetecilik A.Ş., Karabağlar Güneş Enerjisiyle Kazanacak, <http://www.milliyet.com.tr/karabaglar-gunes-enerjisiyle-kazanacak-izmir-yerelhaber-212922/>, 19 Ekim 2018.
- [49] Bornova Belediyesi, Yenilenebilir enerji kullananlar belediye ücretlerini yüzde 25 indirimli ödeyecek, <https://www.bornova.bel.tr/yenilenebilir-enerji-kullananlar-belediye-ucretlerini-yuzde-25-indirimli-odeyecek/>, 19 Ekim 2018.
- [50] Seferihisar Belediyesi, Seferihisar Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali-GES, <http://www.enerjiatlası.com/gunes/seferihisar-belediyesi-gunes-enerjisi-santrali.html>, 19 Ekim 2018.
- [51] SMA Solar Technology AG Sunny Portal, Gürsu GES Sistem Profili, <https://www.sunnyportal.com/Templates/PublicPageOverview.aspx?page=31e570cc-f55c-459c-be1e-9c15aefa3c76&plant=c030dea0-7faf-417a-8d4e-c5d0dd31476c&splang=en-US#>, 19 Ekim 2018.
- [52] Tuzla Belediyesi, Tuzla Belediyesi Kamu Alanında İstanbul'un En Büyük Güneş Enerjisi Santralini Hizmete Açtı, <https://www.tuzla.bel.tr/icerik/11/5637/tuzla-belediyesi-kamu-alanında-istanbulun-en-buyuk-gunes-enerji-santralini-hizmete-acti.aspx>, 19 Ekim 2018.
- [53] Muğla Belediyesi, Büyükşehir Güneş Enerjisi ile Çevreyi ve Bütçesini Koruyor, <https://www.mugla.bel.tr/haber/buyuksehir-gunes-enerjisi-ile-cevreyi-ve-butcesini-koruyor>, 19 Ekim 2018.
- [54] Tepebaşı Belediyesi, Tepebaşı'ndan Türkiye'de Bir İlk Daha!, <http://www.tepebasi.bel.tr/hd.asp?hid=6710>, 19 Ekim 2018.
- [55] İnhisar Belediyesi, 90 kWp Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrali, <http://inhisar.bel.tr/?Syf=18&Hbr=453279&/BELED%C4%B0YEM%C4%B0Z-%C4%B0LE-GSR-%C5%9E%C4%B0RKET%C4%B0-ARASINDA-S%C3%96ZLE%C5%9EME-%C4%B0MZALANARAK-%C3%87ALı%C5%9EMALAR-BA%C5%9ELAMI%C5%9ETIR>, 19 Ekim 2018.
- [56] Enerji Atlası, Bitlis Adilcevaz Belediyesi GES, <http://www.enerjiatlası.com/gunes/adilcevaz-belediyesi-gunes-enerjisi-santrali.html>, 19 Ekim 2018.
- [57] Belediyeniz internet sitesi, Belediyeler Yenilenebilir Enerjiyi Çok Sevdi, <http://www.belediyedeniz.com/kutuphane/makale/9555/belediyeler-yenilenebilir-enerji-yi-cok-sevdi>, 19 Ekim 2018.

- [58] Alanya Belediyesi, Alanya Belediyesi Elektrik Üretim Kar Elde Ediyor, <https://www.alanya.bel.tr/Haber/19713/ALANYA-BELEDIYESI-ELEKTRIK-URETIP-K-R-EDIYOR>, 19 Ekim 2018.
- [59] Melikgazi Belediyesi, Güneş Enerjisi Sistemleri, <http://www.melikgazi.bel.tr/Gunes-Enerji-Sistemleri>, 19 Ekim 2018.
- [60] Karaman Belediyesi, Güneş Enerji Santralinde Sona Gelindi, <http://www.karaman.bel.tr/HaberDetay.aspx?HaberId=2527>, 19 Ekim 2018.
- [61] Taktak, F. ve Ili, M., (2018). "Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği", Geomatik Dergisi, 3(1):1-21.
- [62] Konya Ticaret Odası, (2017). Ekonomik Araştırmalar ve Projeler Müdürlüğü Araştırma Raporu Güneşin Lideri Konya: Lisanssız Elektrik Üretimi, Yayın No: 07/2017, Konya.
- [63] MEVKA, (2018). Lisanssız Güneş Enerjisi Santrali Kurulumu Yol Haritası, Yayın No: 1, Konya.
- [64] Tekno Ray Solar Enerray SPA ve Tekno Şirketler Grubu, Çatı Güneş Enerjisi Nedir? Nasıl Üretilir?, <https://www.teknoraysolar.com.tr/cati-gunes-enerjisi-nedir-nasil-uretilir/>. 14 Kasım 2018.
- [65] IEA Photovoltaic Power Systems Program, Trends 2013 in Photovoltaic Applications Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2012, http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/FINAL_TRENDS_v1.02.pdf, 14 Kasım 2018.
- [66] Energy Saver, Using Solar Electricity at Home, <https://www.energy.gov/energysaver/buying-and-making-electricity/using-solar-electricity-home>, 14 Kasım 2018.
- [67] Susan, N. ve Geoff, S., (2012). Grid-connected Solar Electric Systems, Routledge, New York.
- [68] Prasad, D. ve Snow, M., (2014). Designing with solar power: a source book for building integrated photovoltaics (BiPV), Routledge, London.
- [69] E.S. U.S. Department of Energy, Balance-of-System Equipment Required for Renewable Energy Systems, <https://www.energy.gov/energysaver/balance-system-equipment-required-renewable-energy-systems>, 14 Kasım 2018.
- [70] SAY Elektro Mekanik Otomasyon AR-GE, Konya GES, <https://www.sayelektromekanik.com/Konya-Ges-a6>, 14 Kasım 2018.
- [71] Meram Belediyesi, (2018). Meram Belediyesi 2017 Faaliyet Raporu, Yayın No:2018/55, Konya.
- [72] Meram Kaymakamlığı, Tarihçe, <http://www.meram.gov.tr/tarilce>, 11Ekim 2018.
- [73] Meram Belediyesi, Tamamlanan Projelerimiz Belediye Hizmet Binası, <http://www.meram.bel.tr/tr/icerik/17/2769/belediye-hizmet-binasi.aspx>, 11 Ekim 2018.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Hüseyin GÜLEROĞLU
Doğum Tarihi ve Yeri :05.06.1981, Bakırköy-İstanbul
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :huseyinguleroglu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2004
Lise	Fen Bilimleri	Kırıkkale Fen Lisesi	1998

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2019	Meram Belediyesi	Makine Mühendisi
2017	İstanbul Büyükşehir Belediyesi	Makine Mühendisi
2008	Özel sektör	Makine Mühendisi