

**T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ EVSEL ELEKTRİK İHTİYACININ
MATEMATİKSEL MODELLENMESİ - SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MUHAMMED GÜLSEVER**

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Kazım PIHTILI**

BİNGÖL-2020

ÖNSÖZ

Tez çalışmaları boyunca yardımlarını, bilgi birikimini ve şefkatini esirgemeyen, çalışmaların tamamlanabilmesi için gerekli yardım ve desteği veren değerli hocam Prof. Dr. Kazım PIHTILI'ya teşekkür ederim. Tez çalışmasına desteklerinden dolayı Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Dursun ÖZTÜRK hocama teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca yaptıkları yönlendirmeler ve katkılarından dolayı değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Adem YAR'a ve iş arkadaşlarım Serdal CANLI ile Necdet SÖYLEMEZ'e teşekkürlerimi borç biliyorum.

Son olarak, tezin hazırlanması sırasında gösterdiği sabır, fedakârlık ve desteklerinden dolayı anne-babama, aileme, eşime ve biricik kızıma teşekkür ederim.

Muhammed GÜLSEVER
Bingöl 2020

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖNSÖZ | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ | vi |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | viii |
| ÖZET | xi |
| ABSTRACT | xii |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Elektrik Enerji İhtiyacının Karşılanmasında Kullanılan Kaynaklar | 2 |
| 1.2. Türkiye’ de Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı | 2 |
| 1.3. Tezin Amacı | 8 |
| | |
| 2. KAYNAK ÖZETİ | 10 |
| 2.1. Güneşin Yapısı | 17 |
| 2.2. Güneş Sabiti | 17 |
| 2.3. Güneş Işınımı ve Işınım ölçüm cihazları | 18 |
| 2.4. Güneş Radyasyonu Geometrisi | 20 |
| 2.5. Avrupa ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli | 22 |
| 2.6. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları | 25 |
| 2.7. Güneş Pilleri | 26 |
| 2.7.1. Güneş Pilleri Çeşitleri | 27 |
| 2.7.1.1. İnorganik Güneş Pilleri | 27 |
| 2.7.1.2. İki Katmanlı İnorganik Güneş Pilleri | 27 |
| 2.7.1.3. Tek Kristal Silisyum Güneş Pilleri | 27 |
| 2.7.1.4. Çok Kristal Silisyum Güneş Pilleri | 28 |
| 2.7.1.5. İnce Film Güneş Pilleri | 29 |

| | |
|---|----|
| 2.7.1.6. Amorf Silisyum Güneş Pilleri | 29 |
| 2.7.1.7. Çok Kristalli İnce Film Güneş Pilleri | 30 |
| 2.7.1.8. İnce Film Kalgonit Güneş Pilleri | 31 |
| 2.7.1.9. Kadmiyum Tellürid Güneş Pilleri (CdTe) | 31 |
| 2.7.1.10. Bakır İndiyum Diseleneid Güneş Pilleri | 32 |
| 2.7.1.11. Bakır İndiyum Galyum Diseleneid Güneş Pilleri (CIGS) | 32 |
| 2.7.1.12. Fleksibil CIGS Güneş Pilleri | 32 |
| 2.7.1.13. Çok Eklemler Güneş Pilleri | 33 |
| 2.7.1.14. Nanofotovoltaik Güneş Pilleri (NanoPV) | 34 |
| 2.7.1.14.1. Nano Güneş Pili Teknolojisinin Avantajları | 34 |
| 2.7.1.14.2. Nano Güneş Pili Teknolojisinin Dezavantajları | 34 |
| 2.7.1.15. Kuantum Noktalı Güneş Pilleri | 35 |
| 2.7.1.16. Boya Duyarlı Güneş Pilleri | 35 |
| 2.7.2. Güneş Pilleri Kullanım Alanları | 36 |
| 2.8. Fotovoltaik Sistem Elemanları | 37 |
| 2.8.1. Güneş Panelleri | 37 |
| 2.8.2. İntertör (Eviriciler) | 38 |
| 2.8.2.1. Gerilim Kaynaklı İntertör | 40 |
| 2.8.2.2. Akım Kaynaklı İntertörler | 40 |
| 2.8.2.3. Çok Katlı İntertörler | 40 |
| 2.8.2.4. İntertör Seçimi | 41 |
| 2.8.3. Şarj Regülatörü | 41 |
| 2.8.3.1. Darbe Genişlik Modülasyonlu (PWM) Şarj Regülatörleri | 41 |
| 2.8.3.2. Maksimum Güç Noktası İzleyicili (MPPT) Şarj Regülatörleri .. | 41 |
| 2.8.3.3. Şarj Regülatörleri Akım Hesabı | 42 |
| 2.8.4. Batarya veya Aküler | 42 |
| 2.8.4.1. Batarya Gücü Hesabı | 43 |
| 2.8.5. Çift Yönlü Sayaç | 43 |
| 2.9. Fotovoltaik Sistem uygulamaları | 43 |
| 2.9.1. Şebekeye Paralel Sistemler | 44 |
| 2.9.2. Şebekeye Bağımsız Sistemler | 46 |
| 2.9.3. Hibrit Sistemler | 47 |

| | |
|--|-----|
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 49 |
| 3.1. Birim Yüzeye Gelen Güneş Işınım Şiddetinin Hesaplanması | 49 |
| 3.2. Eğimlendirilmiş Birim Yüzeye Gelen Anlık(H), Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerlerinin Hesaplanması | 49 |
| 3.3. Absorbe Edilen Işınım Miktarı | 52 |
| 3.4. Bingöl ve Çevre İller İçin Yataya Nazaran Belirli Açılarla Eğimlendirilmiş Panel Yüzeyle Gelen Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerlerinin Matlab Bilgisayar Programı İle Hesaplanması | 52 |
| 3.5. Fotovoltaik Piller ve Performansları | 57 |
| 3.6. Fotovoltaik Sistem Performansı – Uygulama Metodu | 60 |
| 3.7. Fotovoltaik Hücreler Kullanılarak Güneş Enerjisinden Üretilebilecek Anlık Elektrik Enerjisi (E) Miktarı | 62 |
| 3.8. Bingöl İlinde Yataya Nazaran Farklı Açılarla Eğimlendirilmiş Fotovoltaik Panellerden Üretilebilecek Aylık Ortalama Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı Hesabı | 64 |
| 3.9. Bingöl İli İnali Mahallesi Elektrik İhtiyacının Şebeke Bağlı Fotovoltaik Sistemle Sağlanmasının Solargis Programı İle Maliyet Analizi | 66 |
| 4. SONUÇ VE ÖNERİLER | 72 |
| KAYNAKLAR | 74 |
| EKLER | 78 |
| ÖZGEÇMİŞ | 109 |

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|--------------------------|--|
| LPG | : Sıvılaştırılmış Petrol Gazı |
| GWh | : Gigawatt saat |
| TWh | : Terawatt saat |
| Ar-Ge | : Araştırma ve Geliştirme |
| Hz | : Hertz |
| GES | : Güneş Enerjisi Santrali |
| DC | : Doğru Akım |
| AC | : Alternatif akım |
| kWh | : Kilowatt saat |
| W/m² | : Watt/metrekaare |
| MW | : Megawatt |
| V | : Volt |
| m | : metre |
| K | : Kelvin |
| Km | : Kilometre |
| m² | : Metrekare |
| I_{gs} | : Güneş sabiti |
| I_t | : Atmosfer dışındaki radyasyon |
| N | : Gün sayısı |
| TEİAŞ | : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi |
| EİE | : Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü |
| GEPA | : Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası |
| kWh/m² | : kilowattsaat/metrekaare |
| FV | : Fotovoltaik |
| Si | : Silisyum |
| Cd | : Kadmiyum |

| | |
|-----------------------------|---|
| Te | : Tellür |
| CdS | : Kadmiyum Sülfür |
| CdSe | : Kadmiyum Selenür |
| eV | : Elektronvolt |
| CZ | : Czochralski |
| CIS | : Bakır İndiyum Diseleneid |
| Ga | : Galyum |
| CIGS | : Bakır indiyum galyum diseleneid |
| NanoPV | : Nanofoltaik |
| ZnO | : Çinko oksit |
| TiO₂ | : Titanyum dioksit |
| Ru | : Rutenyum |
| MPP | : Maksimum güç noktası |
| CG | : Cihazların toplam gücü |
| MPPT | : Maksimum güç noktası izleyici |
| PWM | : Darbe genişlik modülasyonlu şarj regülatörü |
| R_b | : Direk ışınım eğim faktörü |
| ρ_g | : Çevrenin yansıtma oranı |
| z | : Zenit açısı |
| i | : Güneşin geliş açısı |
| δ | : Denklinasyon açısı |
| h | : Saat açısı |
| \bar{R} | : Aylık ortalama eğim faktörü |
| h_s | : Yatay yüzey için güneş batış açısı |
| h'_s | : Eğimli yüzey için güneş batış açısı |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | | |
|-------------|--|----|
| Şekil 1.1. | Türkiye brüt elektrik enerjisi üretimi ve brüt talep gelişimi | 4 |
| Şekil 1.2. | 2018 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı | 5 |
| Şekil 1.3. | 2018 yılı Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin dağılımı | 6 |
| Şekil 2.1. | Güneş ışınımının yeryüzüne gelmesi | 18 |
| Şekil 2.2. | Yeryüzüne gelen güneş ışınımının bitkiler tarafından kullanılması ... | 19 |
| Şekil 2.3. | Piranometre Cihazı | 20 |
| Şekil 2.4. | Güneşin konumuna göre güneş yükseklik ve azimut açısı | 21 |
| Şekil 2.5. | PV üreteç için güneşin geometrisiyle ilgili tüm açılar..... | 21 |
| Şekil 2.6. | Avrupa ülkeleri güneş enerjisi potansiyel atlası | 22 |
| Şekil 2.7. | Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası | 23 |
| Şekil 2.8. | Türkiye global radyasyon değerleri (kWh/m ² -gün) | 23 |
| Şekil 2.9. | Türkiye güneşlenme süreleri (Saat) | 24 |
| Şekil 2.10. | Farklı geometrilere sahip tek kristalli silikon güneş pilleri | 28 |
| Şekil 2.11. | Çok kristalli silikon güneş pilleri..... | 29 |
| Şekil 2.12. | Amorf silisyum güneş modülü (solda) | 30 |
| Şekil 2.13. | Fotovoltaik Güneş pili türüne göre Türkiye'de yılda üretilebilecek enerji miktarı | 31 |
| Şekil 2.14. | Kadmiyum Tellür güneş pili ve endüstriyel bir binada uygulanışı..... | 32 |
| Şekil 2.15. | Rulo halinde güneş pili | 33 |
| Şekil 2.16. | Boya duyarlı güneş pili | 36 |
| Şekil 2.17. | Güneş paneli oluşumu..... | 38 |
| Şekil 2.18. | Şebekeden bağımsız çalışan invertör | 39 |
| Şekil 2.19. | Şebekeye uyumlu olarak çalışan invertör | 39 |
| Şekil 2.20. | Şebekeye paralel sistem uygulaması..... | 44 |

| | |
|---|----|
| Şekil 2.21. Şebekeye paralel sistem uygulamasının şematik görünümü..... | 44 |
| Şekil 2.22. Şebekeye paralel sistem uygulaması elektrik üretim santrali | 45 |
| Şekil 2.23. Şebekeden bağımsız (stand alone ya da off-grid) sistem uygulaması | 46 |
| Şekil 2.24. Rüzgar türbini ve PV modülün birlikte kullanıldığı bir hibrit sistem..... | 48 |
| Şekil 2.25. Hibrit sistemin şematik görünümü..... | 48 |
| Şekil 3.1. Bingöl iline ait hesaplanan değerlerin grafiklendirilmesi..... | 54 |
| Şekil 3.2. Elazığ İline ait hesaplanan H_t değerlerin grafiklendirilmesi | 55 |
| Şekil 3.3. Diyarbakır iline ait hesaplanan H_t değerlerin grafiklendirilmesi | 56 |
| Şekil 3.4. Güneş pilinin (Fotovoltaik) fiziksel yapısı | 57 |
| Şekil 3.5. Fotovoltaik eş değer devresi | 58 |
| Şekil 3.6. Herhangi bir fotovoltaik pile ait yüke karşılık voltaj-akım karakteristikleri | 60 |
| Şekil 3.7. S açısı ile eğimlendirilmiş panel | 62 |
| Şekil 3.8. Solargıs koordinat girişi | 67 |
| Şekil 3.9. İnalı Mahallesi GES yatırımın kredisiz geri dönüş hesabı | 71 |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Tablo 1.1. Türkiye’de enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları | 3 |
| Tablo 1.2. Türkiye de son on yılda brüt elektrik enerjisi üretimi ve brüt talep gelişimi (birimi: GWh) | 4 |
| Tablo 2.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi Potansiyeli | 24 |
| Tablo 2.2. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli | 25 |
| Tablo 3.1. Bingöl ili aylık ortalama günlük toplam güneşlenme süresi (saat) | 52 |
| Tablo 3.2. Bingöl ili aylık ortalama sıcaklık (°C) | 53 |
| Tablo 3.3. Bingöl ili aylık ortalama günlük toplam global güneşlenme şiddeti (cal÷cm ²) | 53 |
| Tablo 3.4. Bingöl ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90 eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri | 54 |
| Tablo 3.5. Elazığ ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90 eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri | 55 |
| Tablo 3.6. Diyarbakır ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90 eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri.. | 55 |
| Tablo 3.7. Bingöl İli İnalı Mahallesi GES | 67 |
| Tablo 3.8. İnalı Mahallesi üretim tüketim farkı | 70 |
| Tablo 3.9. Bingöl İli İnalı Mahallesi Fizilibite özeti sonucu | 70 |
| Tablo 3.10. İnalı Mahallesi GES Yatırım geri dönüş hesabı | 71 |

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ EVSEL ELEKTRİK İHTİYACININ MATEMATİKSEL MODELLENMESİ SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ

ÖZET

Türkiye’de son yıllarda elektrik üretiminde kullanılan kaynakların rezervlerinin sınırlı olması, kaynakların çoğunun fosil kaynak ve ithal olması ve çevreye verdiği zararlar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde olan güneş enerjisi hem çevre dostudur hem de Türkiye’nin elektrik ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. 2018 yılı itibari ile Türkiye’nin elektrik enerjisinin %2,56 oranında fotovoltaik sistem ile üretildiği görülmektedir. 2018 yılında Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında fotovoltaik sistem ile elektrik üretim oranı (%7,79) oldukça düşüktür. Elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin payının artırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi, güneş pilleri çeşitleri ve fotovoltaik sistem ile elektrik üretiminin karşılanması gibi bazı konular genel olarak ele alınmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan iklim verileri kullanılarak Bingöl ilinde eğimli panel yüzeyine gelen ışınım değerleri matlab bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Böylece binanın elektrik ihtiyacının fotovoltaik sistem ile sağlanmasının matematiksel modeli oluşturulmuştur. Bingöl’deki bir mahallenin veya bir hanenin evsel elektrik ihtiyacının belli bir kısmının güneş panellerinden sağlanması, güneş panelinin ve sayısının belirlenmesi ve sistem tasarımının yapılması, sistemin kendini geri ödemesi ve sistemin olabilirliği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, fotovoltaik piller, elektrik enerjisi, güneş ışınımı.

MATHEMATICAL MODELLING OF SOLAR ENERGY BASED DOMESTIC ELECTRICAL NEEDS AND THE PERFORMANCE ANALYSIS OF THE SYSTEM

ABSTRACT

In recent years, there is an increasing demand on renewable energy sources has been increased in Turkey due to the use of the limited reserves resources and most resources are fossil sources and imported for electricity production and also potential harm to the environmental. Solar energy in renewable energy sources both is eco-friendly and possess potential to supply the electricity needs of Turkey. A rate of 2,56 % of Turkey's electricity is appeared to be produced by the photovoltaic system since 2018. Turkey's renewable energy sources in electricity production rate of photovoltaic systems in 2018 (7.79%) is rather low. Enhancing the portion of solar energy is important in encountering the electricity demand. In this study, some issues such as the solar energy potential of Turkey, solar energy, the variety of solar cells and the supply of electricity via photovoltaic system are generally addressed. The radiation values coming to the inclined panel surface in Bingöl province were calculated with the matlab computer program by using the climate data which is obtained from The General Directorate of Meteorology. Thus, the mathematical model of the electricity supply of the building by photovoltaic system was constituted. Providing to some extent of the electricity needs of neighborhood or a household in Bingöl province from solar panels, the determination of the solar panels and their numbers, the design of system, self-repayment of the system and the possibility of the system were determined.

Keywords: Solar energy, photovoltaic cells, electrical energy, solar radiation.

1. GİRİŞ

Küresel bazda artan enerji talebine rağmen enerji kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle, daha az enerji ile daha fazla iş yapabilme, daha fazla güç üretebilme, yani yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak enerji üretimini çeşitlendirmek ve daha ekonomik üretim şartları sağlamak amacıyla tüm dünyada araştırma faaliyetleri durmaksızın devam etmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de toplam enerji tüketiminin büyük bir oranı binalarda gerçekleşmektedir. Yüksek teknolojik ürünler kullanarak binalardaki enerji tüketimini azaltmak amacıyla verimi yüksek cihazlar kullanımını teşvik etmek, yeni enerji kaynaklarından faydalanma yöntemleri konusunda çok sayıda bilimsel araştırma ve çalışma yapılmaktadır. Bu konuda binanın inşaat aşamasıyla başlayıp, binanın kullanım ömrünü içeren ve binanın yıkımına kadar geçen zamanı kapsayan süreci içinde, binada kullanılacak yapı elemanlarının seçimi, binanın yapılacağı bölge özelliklerini, binanın konumu ve yönlendirilmesi mühendislik tasarımı ve kullanımını açısından alınması gereken çok önemli önlemler bulunmaktadır. Binanın enerji kullanım şeklini etkileyen tüm bu faktörlerin dikkate alınması ile enerji verimi yüksek bir binanın tasarımının sağlanması her zaman önemli bir faaliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Binaların bulunduğu coğrafik şartlar, binanın yaz ve kış şartlarında optimum enerji kazanç ve kaybını etkileyecek yönlendirme, pasif yöntemlerin kullanımı, uygun yalıtım, güneş enerjisinden faydalanma gibi kriterler tasarım sırasında göz önünde bulundurulması gereken faktörlerdir. Bu faktörler içinde bina yönlendirilmesi, yalıtım uygulaması ve pasif önlemler önemli parametrelerdir.

Günümüzde değişik amaçlar için ihtiyaç duyulan enerji türlerinden en önemlisi elektrik enerjisidir. Özellikle konutlarda elektrik enerjisi kullanımı ve tüketimi beklentilerin çok üstünde artış göstermiştir. Öte yandan konutlar aynı zamanda büyük oranda enerji tasarruf potansiyelini de bünyesinde bulunduran mekânlardır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyinin önemli göstergelerinden biri faydalı amaçlar için kullanılan enerji miktarıdır. Özellikle ülkemizde ihtiyaç duyulan enerjinin önemli bir oranı dış kaynaklardan sağlanan pahalı,

ekolojik dengeyi bozucu çevreyi kirleten fosil yakıt temeline dayalıdır. Halen ihtiyaç duyulan enerjinin %15 gibi bir oranı hidrolik enerji santrallerinden sağlanmaktadır. Son zamanlarda rüzgâr enerjisinden de faydalanmaya başlanmışsa da ülkemizin ihtiyaç duyulan enerjinin küçük bir oranını karşılar durumdadır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ise çok düşük seviyededir. Temiz ve bedava olan güneş enerjisinden faydalanma oranını hızlı bir şekilde artırılması gerekmektedir (Öztürk 2012).

1.1. Elektrik Enerji İhtiyacının Karşılanmasında Kullanılan Kaynaklar

Dünyada kullanılan enerji kaynakları kullanışlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak iki kısma ayrılır. Yenilenemez enerji kaynakları fosil kaynaklı (kömür, petrol, doğalgaz) ve çekirdek (uranyum, toryum) kaynaklı olarak ikiye ayrılır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını hidrolik, rüzgâr, güneş, biokütle, jeotermal, hidrojen ve dalga (gelgit) olarak sıralayabiliriz. Kullanılan enerji kaynakları dönüştürülebilirliklerine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir. Birincil enerji kaynakları dışarıdan hiçbir müdahaleye uğramamış kaynaklardır. Birincil enerji kaynakları başlıca; doğalgaz, kömür, petrol, güneş, rüzgar, hidrolik, nükleer, biokütle ve dalgadır. İkincil enerji kaynakları dışarıdan müdahaleye uğramış kaynaklardır. Benzin, motorin, mazot kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ikincil enerji kaynaklarıdır. Dünya genelinde kaynak bazında elektrik enerji üretim oranları 2016 yılı itibarıyla sırasıyla kömür (%40,6), yenilenebilir enerji (%22,90), doğalgaz (%21,6), nükleer (%10,6) ve petrol (10,3) tür (Koç vd. 2018).

1.2. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı

Türkiye’de elektrik enerji üretiminin de kullanılan kaynağın büyük bir kısmını dışa bağımlı olduğumuz petrol ve doğal gaz oluşturmaktadır. Türkiye’nin son on yılda doğal gazın elektrik üretimindeki payının yüzde 43-50 aralığında olduğu düşünüldüğünde doğalgazın ithal olmasından kaynaklı elektrik üretiminde dışa bağımlılığın ne kadar yüksek olduğu gayet açıktır (Şenel ve Koç 2012).

Tablo 1.1’de Türkiye’nin 2007-2017 yılları arası enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları gösterilmiştir. Tablo 1.1’de yenilenebilir enerji; jeotermal, rüzgar, katı

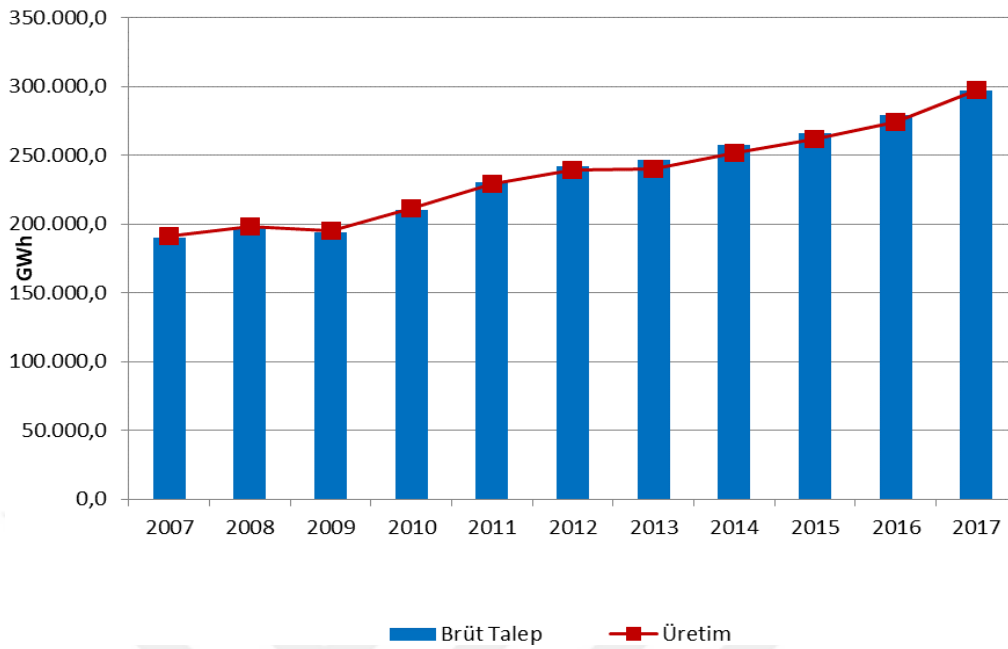
biyokütle, güneş, biogaz ve atık kaynaklarını içerir. Türkiye'nin artan nüfus ve endüstrinin gelişimine bağlı olarak elektrik üretim ve tüketimi artmıştır.

Tablo 1.1. Türkiye' de enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları (URL 1)

| Yıl | Toplam | Kömür | Sıvı yakıtlar | Doğal gaz | Hidrolik | Yenilenebilir Enerji ve Atıklar |
|------|-----------|-------|---------------|-------------|----------|---------------------------------|
| Year | Total | Coal | Liquid fuels | Natural Gas | Hydro | Renewable Energy and wastes |
| | (GWh) | (%) | | | | |
| 2007 | 191.558 | 27,9 | 3,4 | 49,6 | 18,7 | 0,4 |
| 2008 | 198.418 | 29,1 | 3,8 | 49,7 | 16,8 | 0,6 |
| 2009 | 194.813 | 28,6 | 2,5 | 49,3 | 18,5 | 1,2 |
| 2010 | 211.208 | 26,1 | 1,0 | 46,5 | 24,5 | 1,9 |
| 2011 | 229.395 | 28,8 | 0,4 | 45,4 | 22,8 | 2,6 |
| 2012 | 239.497 | 28,4 | 0,7 | 43,6 | 24,2 | 3,1 |
| 2013 | 240.154 | 26,6 | 0,7 | 43,8 | 24,7 | 4,2 |
| 2014 | 251.963 | 30,2 | 0,9 | 47,9 | 16,1 | 4,9 |
| 2015 | 261.783 | 29,1 | 0,9 | 37,9 | 25,6 | 6,5 |
| 2016 | 274.408 | 33,7 | 0,7 | 32,5 | 24,5 | 8,6 |
| 2017 | 297.277,5 | 32,8 | 0,4 | 37,2 | 19,6 | 10,1 |

Elektrik üretiminin 2023 yılında yapılan senaryoya göre yıllık ortalama %4,8 artışla 375,8 TWh'e ulaşması düşünülmektedir (URL 2).

Şekil 1.1'de Türkiye elektrik enerjisi üretimi ve talep gelişimi verilmiştir. Ülkemizde nüfusun artması, sanayinin gelişmesi yaşam koşullarının iyileşmesine paralel olarak kullanılan elektrik ihtiyacı hızla arttığını Şekil 1.1'e bakarak kolaylıkla görebiliriz.



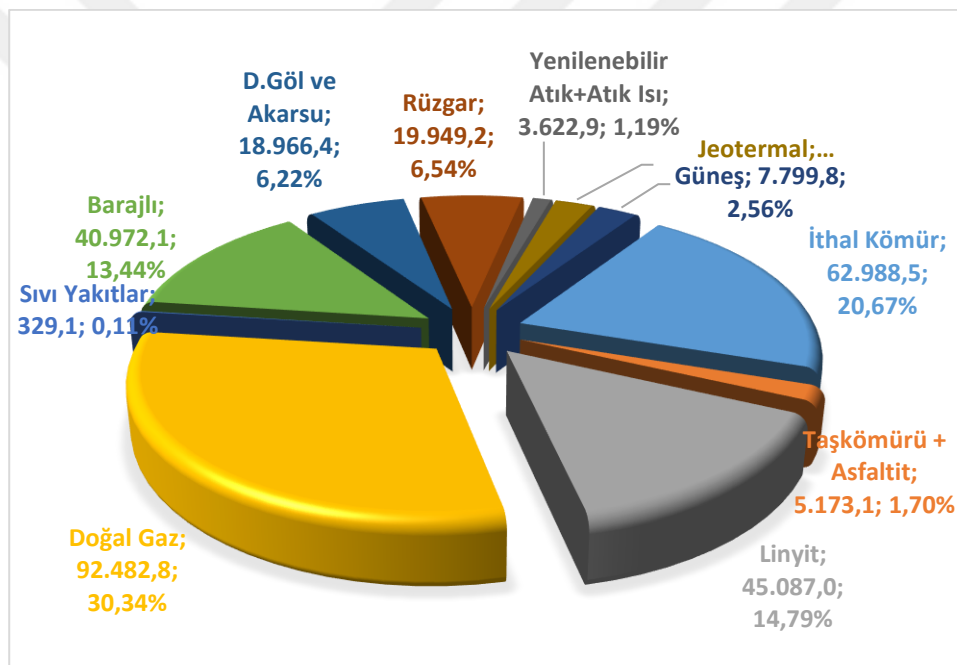
Şekil 1.1. Türkiye brüt elektrik enerjisi üretimi ve brüt talep gelişimi (URL 2)

2007-2017 yılları arasında artan elektrik talebiyle beraber elektrik üretimi de büyümüş, elektrik üretimi Tablo 1.2'de görüldüğü gibi 191.558,1 GWh'ten 297.277,5 GWh'e yükselmiştir.

Tablo 1.2. Türkiye de son on yılda brüt elektrik enerjisi üretimi ve brüt talep gelişimi (birimi: GWh) (URL 3)

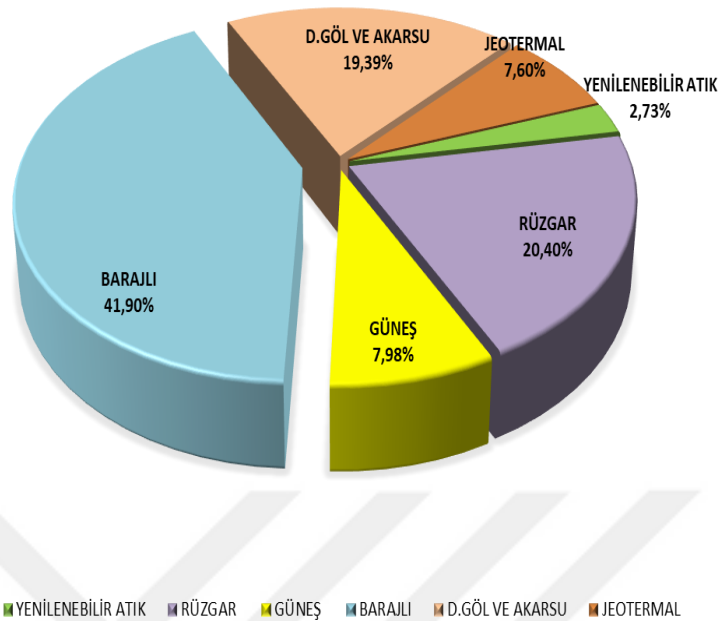
| Yıllar | Üretim | İthalat | İhracat | Brüt Talep |
|--------|-----------|---------|---------|------------|
| 2007 | 191.558,1 | 864,3 | 2.422,2 | 190.000,2 |
| 2008 | 198.418,0 | 789,4 | 1.122,2 | 198.085,2 |
| 2009 | 194.812,9 | 812,0 | 1.545,8 | 194.079,1 |
| 2010 | 211.207,7 | 1.143,8 | 1.917,6 | 210.434,0 |
| 2011 | 229.395,1 | 4.555,8 | 3.644,6 | 230.306,3 |
| 2012 | 239.496,8 | 5.826,7 | 2.953,6 | 242.369,9 |
| 2013 | 240.154,0 | 7.429,4 | 1.226,7 | 246.356,6 |
| 2014 | 251.962,8 | 7.953,3 | 2.696,0 | 257.220,1 |
| 2015 | 261.783,3 | 7.135,5 | 3.194,5 | 265.724,4 |
| 2016 | 274.407,7 | 6.330,3 | 1.451,7 | 279.286,4 |
| 2017 | 297.277,5 | 2.728,3 | 3.303,7 | 296.702,1 |

Şekil 1.2’de görüldüğü üzere Türkiye’de 2018 yılında elektrik enerjisi üretimi; ithal kömürden 62.988,5 GWh, taşkömürü + asfaltit 5173,1 GWh, linyit 45.087 GWh, doğal gaz 92.482,8 GWh, sıvı yakıtlar 329,1 GWh, barajlı 40.972,1 GWh, d.göl ve akarsu 18.966,4 GWh, rüzgar 19.949,2 GWh, yenilenebilir atık+atık Isı 3.622,9 GWh, jeotermal 7,431 GWh, güneş 7.799,8 GWh olmak üzere toplam üretim 304.801,9 GWh olmuştur. Elektrik üretimi bir önceki yıla göre %2,53 oranında artış göstererek 304.801,9 GWh olarak gerçekleşmiştir. Yine Şekil 1.1’den anlaşılacağı üzere elektrik üretimimizin %30,34’ü doğal gazdan %37,16’lık kısmı kömürden %32,43 hidrolik santrallerden, %0,11’lik kısmı sıvı yakıtlardan %6,54’lük kısmı rüzgar enerjisinden %2,56’sı güneş enerjisinden ve kalan kısmı diğer enerji kaynaklarından sağlanmıştır.



Şekil 1.2. 2018 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı (URL 4)

Şekil 1.3’te görüldüğü üzere 2018 yılı yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin %49,9’luk kısmı barajlı kısımdan, %7,98’lik kısmı güneş enerjisinden, %20,4’lük kısmı rüzgar enerjisinden, %2,73’lük kısmı yenilenebilir atıklardan, %19,39’luk kısmı göl ve akarsulardan %7,6’sı jeotermal kaynaklardan sağlandığı görülmektedir.



Şekil 1.3. 2018 yılı Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin dağılımı (URL 5)

Sanayinin ve kentsel yaşamın önemli girdilerinden biri olan enerji, farklı şekillerde ve farklı amaçlar için giderek daha yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Petrol ve kömür gibi fosil yakıt kaynaklarının hızla tüketilmesi, bu enerji türlerinin gittikçe azalmasına ve fiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Yeryüzünde çeşitli amaçlar için ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bölümü fosil ve nükleer yakıtlardan, diğer bölümü hidrolik santrallerinden ve diğer yan kaynaklardan sağlanmaktadır. Özellikle 70'li yıllarda yaşanan petrol krizlerini izleyen yıllarda, güneş rüzgar ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki araştırmalar hızlanmıştır. Bu enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi son derece önemli olduğu kabul edilmektedir. Çünkü yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyüğü güneştir. Güneş enerjisi temiz bir yakıttır fakat sürekliliğinin olmaması yani kesintili olması büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenden dolayı elektriği üretip depolayabilen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş kaynaklı elektrik üretiminin başlıca yolu fotovoltaik pil sistemleridir. Dünyada fotovoltaik pil uygulamaları son yıllarda birçok ülkede giderek yaygınlaştı. Özellikle evsel elektrik tüketiminde güneş pilleri lider konumdadır. Güneş enerjisinden dolaylı ve dolaysız yoldan elektrik üretmek mümkündür. Dolaylı yoldan elektrik üretme yönteminde türbini döndürmek için yoğunlaştırıcılar ya da yansıtıcı aynalar yardımıyla etkisi artırılan güneş enerjisi özel sıvıyı buharlaştırıyor ve elde

edilen yüksek basınçlı buhar kullanılıyor. Elde edilen yüksek basınçlı buhar yardımıyla döndürülen türbin bir elektrik jeneratörüne bağlanarak elektrik elde ediliyor. Aynı zamanda güneş enerjisi ile hidrojen üretilip yakıt hücresi kullanarak hidrojeni elektriğe dönüştürmekte mümkündür. Doğrudan elektrik üretme yönteminde ise güneş pili kullanılıyor. Bu alandaki Ar-Ge çalışmaları güneş pillerinin daha verimli kullanımı üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Güneş pilleri ile üretilen elektrik enerjisi şebekeye bağımlı ve şebekeden bağımsız olarak sisteme verilir. Elektrik enerjisine ihtiyaç duyulan her alanda güneş pilleri kullanılabilir. Güneş pilleri uygulamaya bağlı olarak akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim araçları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak fotovoltaik sistem oluştururlar. Fotovoltaik sistemler özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesine çok uzak veya olmayan yörelerde, aynı zamanda jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılır. Elektrik enerjisinin gece boyunca ve güneşin yetersiz olduğu durumlarda da kullanılacak olması sistemde akümülatörü zorunlu hale getirir. Güneş pili modülleri özellikle ışınımın çok olduğu zamanlarda ürettiği elektrik enerjisini akümülatörde depolar. Sistem için gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün zarar görmesini (aşırı şarj aşırı deşarj olarak) önlemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre ya yükün çektiği akımı ya da güneş pillerinden gelen akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda sistemin zarar görmemesi için sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki doğru akım (DC) gerilim, 220V, 50Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri güneş enerjisi santrali (GES) şeklinde olabileceği gibi en çok görülen uygulaması binalarda küçük çaplı kullanım şeklindedir. Bu gibi sistemlerde örneğin bir binanın elektrik gereksinimini karşılarken ihtiyaç duyulandan fazla üretilen elektrik enerjisi binanın elektrik enerjisi ihtiyacını karşıladıktan sonra elektrik şebekesine satılır. Binanın ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi sistemden alınamaması durumunda ise şebekeden enerji satın alınır. Bundan dolayı sistemde enerji depolanmasına yani akümülatöre gerek kalmaz, ancak üretilen DC elektriğinin alternatif akım elektriğine çevrilmesi ve şebeke ile uyumlu olması gerekmektedir. Şebekeden bağımsız sistemlerde ise sadece üretilen elektriğin depolanıp kullanılması söz konusudur. İhtiyaç duyulan elektrik enerjisinin elde edilen enerjiden sağlanamaması durumunda (gece saatleri vb.) akü üzerinde depolanan elektrik enerjisi kullanılır (Öztürk 2012).

1.3. Tezin Amacı

Bu çalışmada; kent ve mezralarda fosil yakıtlara dayalı enerjiye olan ihtiyacı azaltacak temiz ve tükenmez bir enerji olan güneş enerjisinden faydalanma ve uygulamaya yönelik matematiksel modelleme ve performans analizi yapılarak bu alanda çalışacaklara ve uygulayıcılara destek sağlayacak temel bilgiler ve gerçek verilere dayalı bir analiz yapılmıştır.

Konutlarda ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir oranı yenilenebilir enerji kaynaklarından öncelikle güneş enerjisinden sağlanabilir. Ayrıca kaliteli, ısı yalıtım özelliği yüksek olan inşaat malzemelerinin kullanımı, tekniğe uygun ısı, ses yalıtımı uygulaması ve enerji verimi yüksek elektrikli ev alet ve cihazlarının tasarlanıp, kullanımı ve bunların teşvik edilmesi ile konutlarda tüketilen enerjiden %35 - %45 oranında enerji tasarrufu yapılması mümkün olabilmektedir. Özellikle güneş enerjisi gibi temiz ve ucuz enerjinin kullanımı ile binaların elektrik enerjisi tüketimi büyük oranda düşürülebilir. Böyle bir çalışma ve uygulama ülke ekonomisi açısından oldukça önemli bilimsel bir faaliyet ve çalışma olacaktır. Bu çalışmada da özellikle binaların ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin bir bölümünün veya tamamının güneş enerjisinden sağlanması konusunda gerçek verilere dayalı bir matematiksel bir model geliştirilmiş ve böyle bir sistemin performans analizi yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında Bingöl, Diyarbakır ve Elazığ illerine ait 10 yıl geriye dönük olarak yatay düzleme gelen aylık ortalama tüm güneş ışınım değerleri, aylık ortalama sıcaklık, enlem dereceleri ve aylık ortalama günlük toplam güneşlenme süresi Meteoroloji Genel Müdürlüğü kaynaklarından temin edilerek matematiksel model kurulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma için pilot bölge olarak Bingöl ili seçilmiş olup özellikle Bingöl ili mevcut binalarda günlük ve aylık ortalama elektrik enerjisi tüketimi Aksa Elektrik ve belediyeden alınarak tüketim miktarının hangi oranda güneş pilleri ile karşılanabileceği araştırılmıştır. Aksa Elektrik verileri kullanılarak Bingöl de mevcut her mahalledeki haneleri aylık tükettikleri elektrik enerjisi miktarları tespit edilerek her mahallenin, hanenin aylık tüketmiş olduğu elektrik enerjisi tespit edilmiştir. Bu verilerin tespit edilmesinden sonra esas çalışmaya geçilmiştir. Bu çalışmalarda en önemli konu seçilen bölgede yataya nazaran

bir (S) açısı ile güneşe yönlendirilmiş birim yüzeye gelen aylık ortalama ve günlük tüm güneş ışınım şiddetinin tespiti yapılmasıdır. Bunun içinde materyal ve metot bölümünde geliştirilen ifade ve yöntemler esas alınmıştır. Çalışmalardan elde edilecek veriler ve bulgular tablo ve grafikler altına alınmıştır. Son bölümlerde Bingöl ili ve çevresinde evsel elektrik ihtiyacının hangi oranda hangi kolektör yüzeyi ile sağlanabileceği tespit edilmiştir.



2. KAYNAK ÖZETİ

Güneş enerjisi; yenilenebilir enerji kaynakları arasında hem çevre dostudur hem de potansiyel olarak tüm dünyanın enerji talebini karşılayacak kadar büyük bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtlar olarak tabir edilen geleneksel enerji kaynaklarına göre birden fazla avantajlı yönü olan güneş enerjisinin sıcak su temininden elektrik enerjisi üretimine kadar birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Son yüzyılda yapılan Ar-Ge faaliyetleri sonucunda, güneş enerjisi üretim teknolojilerinin; maliyetleri hızla azalmakla kalmamış verimlilikleri yükselmekle beraber birçok ülkede kullanımı yaygınlaşmıştır. Güneş enerjisi sistemleri ve tasarımı ile ilgili çalışmada güneş enerjili ısı depoları, güneş kollektörleri, güneş panelleri, güneş saatleri hakkında teorik bilgiler verilmiş ve fotovoltaik panel uygulamaları, fotovoltaik panellerin kapasite hesaplamaları, fotovoltaik panellerinde sıcaklıkla meydana gelen verim kayıpları, fotovoltaik panelin optimum eğim açısının hesaplanması, GES'ki gölgeleme hesabı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Ceylan 2018).

Güneş enerjisi konusunda çok sayıda yapılan çalışma ve araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmaya yapılan araştırmalar içinde önemli olanlar özetle aşağıda verilmiştir. Günümüzde güneş enerji sistemleri; teknoloji, maliyet ve çevresel etkiler bakımından yaygın bir şekilde kullanım olanağı bulmaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları; yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte, güneş enerjisinden esas olarak ısı enerjisi ve elektrik üretmek amacıyla yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, güneş enerjisi ve kullanımına ilişkin temel bilgiler ve ekonomik analizler verilmiştir (Öztürk 2012).

Fotovoltaik modül fiyatları gün geçtikçe düşmektedir ve bunun sonucu olarak da solar elektrik yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak, özellikle sıcak, bol güneşli ülkelerde, daha da popüler olmaktadır. Bu çalışmada temel olarak güneş ışığı ve solar hücreler üzerine olmakla birlikte; bu teorinin solar elektrik sistemlerinin tasarımı üzerine olan uygulamalarından da bahsetmektedir. Bu çalışma solar elektrik problemlerinin çözümü

için birçok bilgisayar programı içermektedir. Çalışmada verilen tüm programlar standart C programlama dili ile yazılmıştır. Çalışmanın sonunda solar elektrik üretme aşamalarındaki maliyetler göz önüne alınarak maliyet analizi yapılmıştır (İbrahim 2006).

Fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanımı ile ilgili yapılan çalışmada fotovoltaik sistem fotovoltaik sistem çeşitleri ve uygulamaları teorik olarak araştırılmış, herhangi bir kulenin elektrik ihtiyacı hesaplanmış ve ihtiyacın fotovoltaik sistemlerle sağlanması için tasarım yapılmıştır (Koryürek 2008).

Güneş enerjisinin kapsamlı bir tanımının sonunda güneş enerjisinden yararlanma ve üretim yöntemleri, teknik tanımlar, kullanılan teknolojiler, fotovoltaik sistemlerin Türkiye ve dünyadaki uygulamaları ele alınmıştır. Çalışmada fotovoltaik sistemlerin teknik ve teorik olarak ele alınması sonucunda fiili uygulamalar kapsamında bir modellemesi sunularak, tesisin kurumuyla ilgili açıklamalar, üretim maliyeti, finansman ve yasal düzenlemeler gibi konularda bilgi verilmektedir (Yerebakan 2010).

Aydın'daki bir yapının elektrik enerjisi gereksiniminin fotovoltaik sistemler ile karşılanma olanakları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda yapının elektrik enerjisini karşılayabilecek bir sistemin tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan sistemde kullanılan ana bileşenlerden akülerin ömrü 10, fotovoltaik panellerin kullanım ömürleri ise 20 olarak hesaplanmıştır. Bu senaryoya göre tasarımı yapılan fotovoltaik sistem ile üretilen elektriğin şebeke elektriğine göre daha ucuz olduğu sonucuna varılmıştır (Gürgen 2016).

Kampüs binalarında şebekeden bağımsız bir çatı üstü fotovoltaik sistem tasarımı ve benzetimi ile ilgili yapılan çalışmada sistemin tümünden elde edilebilecek enerji miktarı 88.642 kWh olarak hesaplanmıştır. Tasarlanan sistemin verimi %72,3 olarak elde edilmiştir. Tasarlanan sistem sonucunda üretilen elektrik enerjisi miktarı ile enstitü binasının yıllık elektrik tüketim miktarı ile karşılaştırıldığında, tasarlanan fotovoltaik sistemin bu tüketimin yaklaşık %25'ini karşılayabileceği görülmektedir (Ceylan 2018).

Büyük çekmece ilçesinde güneş enerjisi santralının tasarımı ve ekonomik analizi ile ilgili yapılan çalışmada güneş enerjisi santrallerinin, yakın gelecekte ülkemiz için yüksek öneme haiz olacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışmayla büyük çekmece ilçesinde kurulması

düşünülen güneş enerjisi santralının fizibilite çalışması yapılmış, hem ekonomik analiz hem de enerji analizi karşılaştırılmalı bir şekilde ele alınmıştır (Koçak 2018).

GES yatırımlarının uzun vadede ülke ekonomisinde yaratacağı fayda ve maliyetlerin öngörülmesi, güneş enerjisinin Türkiye elektrik sistemi içerisinde yerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan çalışmada GES yatırımlarının; istihdam üzerindeki olumlu etkisi, sera gazının azaltılmasındaki yararı ve şebekeye entegrasyonu için gerekli ilave yatırımların değeri hesaplanamamakla beraber enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasındaki tesiri ortaya konulmuştur. Bununla beraber GES yatırımlarının sağlayacağı doğal gaz yakıt tasarruf değerleri ile fotovoltaik sistem makine ve ekipmanlarının ithalat giderine yönelik analizler yapılarak GES'lerin inşası ve kurulumlarında gerekli olan makine ve ekipmanların yurt içinde üretilmesi ve dolayısıyla yerli imalat sanayiinin ve GES teknolojilerinin geliştirilmesi ile mümkün olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda yapılan çalışmada destek politikalarının güneş enerjisi kurulu gücünü artırmak odaklı bir yaklaşımdan ziyade yerli imalat (özellikle güneş panelleri) sanayiinin gelişmesini sağlayacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Cebeci 2017).

Bir başka çalışmada yapıya entegre fotovoltaik panel ürünleri, şehir planlama ve tarımsal özellikleri çerçevesinde mimari bir perspektiften değerlendirilmiştir. Bu çalışmada yapıya entegre fotovoltaik panel ürünlerinin özellikle toplam yüzölçümü düşük ancak enerji talebi yüksek olan ülkeler için bir fırsat olmasından ötürü, bu teknolojinin fotovoltaik pazarın geleceği olduğu öne sürülmüştür. Yön, eğim, binalar arası uzaklıklar, diğer binaların ve ağaçların gölgeleme etkileri ve yansıma gibi konular şehir planlama açısından önemli olan hususlardır. Çalışmada dikkat çekici bir nokta; ışınımın elektrikten ziyade daha fazla ısıya çevrildiği düşünüldüğünde, panellerin alt kısımda tasarlanacak hava boşlukları ile sıcak hava binaya aktarılacak ve böylece projenin maliyet etkinliği artırılmış olacaktır. Son olarak çalışmada belirtildiği üzere iyi tasarlanmış bir teras hem yağmurdan korunma anlamında hem de gölgelenme üstünlüğü sayesinde yapıya entegre fotovoltaik panel projeler açısından iyi bir seçenek olarak gözükmektedir (Reijenda et al. 2012).

Sıfır Enerji Binalar ve Şehirler konseptine geçiş amacıyla binalara yönelik yenilenebilir enerji uygulamaları son yıllarda önem kazanmış ve önemli araştırma alanlarından biri konumuna gelmiştir. Sırbistan'da yapılan bir çalışmada, binaların enerji talep ve yükünü

en aza indirgeyecek ve ayrıca su arıtma sistemleri, su pompa sistemleri gibi çeşitleri sistemler için enerji sağlayabilecek jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisi gibi farklı yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiştir. Çatı alan büyüklükleri, yön ve güneş ışınım değerleri de dikkate alınarak potansiyel fotovoltaik uygulamalar ve binalara entegre fotovoltaik uygulamalar araştırılmıştır. Çalışmadan çıkarılan bir sonuca göre, kojenerasyon, trijenasyon, güneş ve rüzgar enerjisi uygulamalarının hep birlikte değerlendirilmesi ve uygulanması Sıfır Enerji Binalar ve Şehirler konseptine ulaşılmasında önemli bir adım olmaktadır (Todorovic 2012).

Alternatif enerji kaynağı uygulamalarının en popüler olanı güneş enerjisi kullanarak enerji üretilmesidir. Geleneksel enerji kaynakları dediğimiz fosil yakıtlar hem gittikçe azalıyor hem de bu enerji türünün beraberinde yoğun çevre kirliliği oluşturuyor ve biyolojik dengeyi gittikçe bozuyor. Artan nüfus, sanayiinin günden güne gelişiminin kaynaklanan enerji gereksiniminin klasik yöntemlerle karşılanamaması ve geleneksel enerji kaynaklarının bir süre sonra tükenecek olması araştırmaları yeni kaynaklara ve dahası yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmeyi zorunlu hale getirdi (Söylemez 1988).

Küresel fotovoltaik pazarın mevcut halinin ve son teknoloji panellerin incelendiği bir çalışmada, 136 üreticiden toplam 445 fotovoltaik panel, verim, ağırlık, güç yoğunluğu, teknoloji tipi ve şekilleri bakımından araştırılmıştır. Buna göre fotovoltaik panel verimleri genel olarak %14 ile %19 arasında değişmektedir. Müşteri ve yatırımcıların tercihlerini etkileyen en önemli faktör ise maliyetleri düşmesi olarak ortaya çıkmıştır. Monosilikon bazlı fotovoltaik panellerin küresel payı 2010 yılında %16,6 iken 2012 yılında %37,2 olarak kaydedilmiştir. Çalışmada incelenen monokristal panellerin güç yoğunlukları da 100 W/m^2 ile 150 W/m^2 arasında değişmektedir. Ek olarak panellerin şekillerinin de genelde dikdörtgenimsi ve 100 milimetrenin katları olduğu görülmüştür (Ceron et al. 2013).

Fotovoltaik panellerin kullanılabilirlikleri, maliyet ve zaman açısından avantaj sağlayabilecek yeni yapısal tasarımları ile ilgili Çin'de yapılan bir çalışmada, Çin'deki binaların kullanım ömürlerinin 50 sene olduğu ve panellerin sahip olduğu 25 yıllık garanti süresinin bu yüzden yeterli olmadığı vurgulanmıştır. Bu doğrultuda fotovoltaik sistemlerin en önemli özelliğinin bakım ve değiştirme prosesleri olduğu belirtilmiştir. Bakım ve değiştirme prosesleri açısından kolaylığa sahip taşıyıcı sistemlerde, panellerin sahip olduğu

garanti süresi sona erdikten sonra yatırımcılar ve sistem sahipleri fotovoltaik sistemin bileşenlerini değiştirebileceklerdir. Burada en dikkat çekici husus, piyasaya ancak 2020'li yıllarda sunabilecek ve çok daha verimli olacak olan 3. nesil güneş hücreleri gece boyunca kızılötesi ışınları da elektriğe dönüştürebileceğinden verimlerinin %30 ile %60 arasında olabileceği tahmin edilmektedir. Çalışmada ayrıca Çin'in güneş enerjisindeki durumu da analiz edilmiştir. 2000 yılında güneş enerjisi konusunda sadece 3 MW'lık bir üretim kapasitesine sahip olan Çin, bu rakamı 2007 yılında 1.088 MW'a ve 2009 yılında 4.382 MW'a çıkarmıştır. Bu, yıllar önce başlayan güneş hücre teknolojileri ile ilgili çalışmaların bir sonucu olarak yorumlanmaktadır (Peng et al. 2011).

Güneş pillerinin çalışma şartları, şebeke uyumlu alternatif akım sağlamanın esasları; sisteme aküde depolanmış DC akımın 220V, 50Hz'lik sinüs dalgalarına dönüştürülmesi konusunda yapılan çalışma ile ekipmanlar analiz edilmiştir.

Güneş Enerji sistemlerinde seçilen fotovoltaik modüllerin değişik sıcaklıklarda sağladıkları verimi deneysel olarak araştırmışlardır (Durisch et al.2000).

Güneş uygulamaları için DC/AC güneş inverteleri konusunu araştırmışlar, evsel uygulamalar için tek fazlı bir invertör prototipi dizayn ederek laboratuvarında test etmişlerdir (Amrouche et al. 2009).

Evsel sistemler için kullanılan fotovoltaik sistemlerinde verimi artıracak enerji kaybını azaltacak metotları araştırmışlardır (Coventry And Lovegrove K 2003).

Evsel fotovoltaik sistemlerin çalışma şartları ve ekonomik analizleri konusunda araştırmalar yapmışlardır. Ucuz temiz enerji üretmesi ve düşük karbon salınımı özelliği ile binalara kurulabilecek fotovoltaik sistemler gelecek için vazgeçilmez enerji kaynağı olacağı savunulan bu çalışmada; fotovoltaik sistemlerin DC akım üretmesi nedeniyle DC akımla çalışan cihaz ve ürünlerin üretilmesi önerisinde bulunmuşlardır (Li 2011).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreyi kirletmemesinin yanı sıra tercih edilmelerini sağlayan önemli konu başlıkları; ülkelerin dışa bağımlılıklarını azaltması, yakıt giderlerinin olmaması, amortisman sürelerinin sonunda çok ucuz enerji sağlamalarıdır.

Tüm bu avantajları nedeniyle gün geçtikçe yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi hızla artmaktadır. 2008 yılından beri dünyada ekonomik kriz olmasına rağmen, yenilenebilir enerji alanında dikkate değer yatırım yapılmaya devam edilmiştir. Bununla beraber yenilenebilir enerji güneş enerjisinde ekonomik analiz konusunu işlemiştir (Taşdemiroğlu 1988).

Yenilenebilir enerji alanındaki yeni yatırımlar sektörel baz da incelendiğinde, rüzgar ve güneş alanında yapılan yatırımların önde geldiği görülmektedir. Bu yüzden yenilenebilir enerji kullanımını miktarını artırmak için gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyüğü güneştir. Güneş enerjisi temiz bir yakıttır fakat sürekliliğinin olmaması yani kesintili olması en büyük problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı da elektriği üretilip depolayabilen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yayında güneş enerjisi parametrelerini kullanarak elektrik enerjisi sağlanması konusunda teorik bilgiler vermektedir (Siegel et al. 1981).

Direkt güneş kaynaklı elektrik üretiminin başlıca yolu “fotovoltaik pil” sistemleridir. Son yıllarda fotovoltaik pil uygulamaları dünyada birçok ülkede giderek yaygınlaştı. Özellikle evsel elektrik tüketiminde güneş pilleri lider konumdadır. Bu yayında fotovoltaik pillerin kullanımı konusunda teorik ve deneysel bilgiler verilmiştir (Rosenblatt 1984).

Güneş enerjisinden dolaylı ve dolaysız yoldan elektrik üretmek mümkündür. Dolaylı yoldan elektrik üretme yönteminde, yoğunlaştırıcılar ya da yansıtıcı aynalar yardımıyla etkisi arttırılan güneş enerjisi, özel bir sıvıyı buharlaştırıyor ve elde edilen yüksek basınçlı buharla türbin döndürülüyor. Bu türbin bir elektrik jeneratörüne bağlanarak elektrik elde ediliyor. Ayrıca güneş enerjisi ile hidrojen üretilip, yakıt hücresi kullanarak hidrojeni elektriğe dönüştürmek de mümkün. Bu yayında güneş enerjisinin kullanımı ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir (Söylemez 1988).

Doğrudan elektrik üretme yönteminde güneş pili kullanılıyor. Bu alandaki Ar-Ge çalışmaları güneş pillerinin daha verimli kullanımı üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Üretilen bu elektrik enerjisi tüketim yerlerinde iki şekilde kullanımı mümkündür. Şebekeye bağımlı ve şebekeden bağımsız sistemlerdir (Klein et al.1975).

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır (Ünsal 1981).

Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220V, 50Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir (Kılıç ve Öztürk 1983).

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir. Şebekeden bağımsız sistemlerde ise sadece üretilen elektriğin depolanıp kullanılması söz konusudur. Güneşin olmadığı saatlerde akü üzerine depolanan elektrik kullanılır (Ünsal ve Doğantan 1980).

Bingöl İli İnönü Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 18.941 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 18.914 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 17.254 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 18.552 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 16.960 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 13.139 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 14.247 kWh, Ağustos ayı elektrik

tüketim miktarı 19.057 kWh, Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 14.271 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 17.139 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 16.257 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 18.854 kWh'tir.. Bingöl İli İnönü Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 203.434 kWh'tir (AKSA 2019).

2.1. Güneşin Yapısı

Güneş sisteminin merkezinde güneş yer alır. Güneş canlı hayatının ana kaynağıdır ve hidrojen ve helyum gazlarından oluşur (Yerebakan 2010). Güneş elektromanyetik ışınlar yaparak enerji yayar. Güneş dünyadan 150 milyon kilometre uzaklıkta ve çapı 1.39×10^9 m olan bir gaz küresidir. Güneşin kütlesi dünyanın yaklaşık 330.000 katıdır. Güneş enerjisinin %90'ının termonükleer füzyon sonucu güneşin merkez bölgesinde oluştuğu düşünülmektedir. Bu merkezi bölgedeki sıcaklık 15×10^6 K civarındadır ve açığa çıkan enerji yaklaşık 3.83×10^{26} W'tır. Fotosfer güneşin en dışında yer alan küresel kabuktur. Güneş radyasyonunun büyük bir kısmı fotosferden yayılır. Fotosfer'deki sıcaklık 6050 K olup enerji miktarı $6,33 \times 10^7$ W/m² dir. Fotosferin ötesinde kromosfer olarak bilinen ve derinliği yaklaşık 10.000 km olan bir gaz tabakası bulunur. Kromosfer tabakasının 5000 ile 50.000 K arasında sıcaklığa ve düşük yoğunluğa sahip yapısı vardır. Kromosferin ötesinde daha düşük yoğunlukta korona yer almaktadır. Korona tabakasındaki sıcaklık yaklaşık 8×10^5 ile 3×10^6 K arasındadır (İbrahim 2006). En son bölge ise güneş tacıdır. Bu bölgede yoğunluk çok düşük olmakla beraber sıcaklık (2 milyon K) çok yüksektir (Acaroğlu 2013).

2.2. Güneş Sabiti

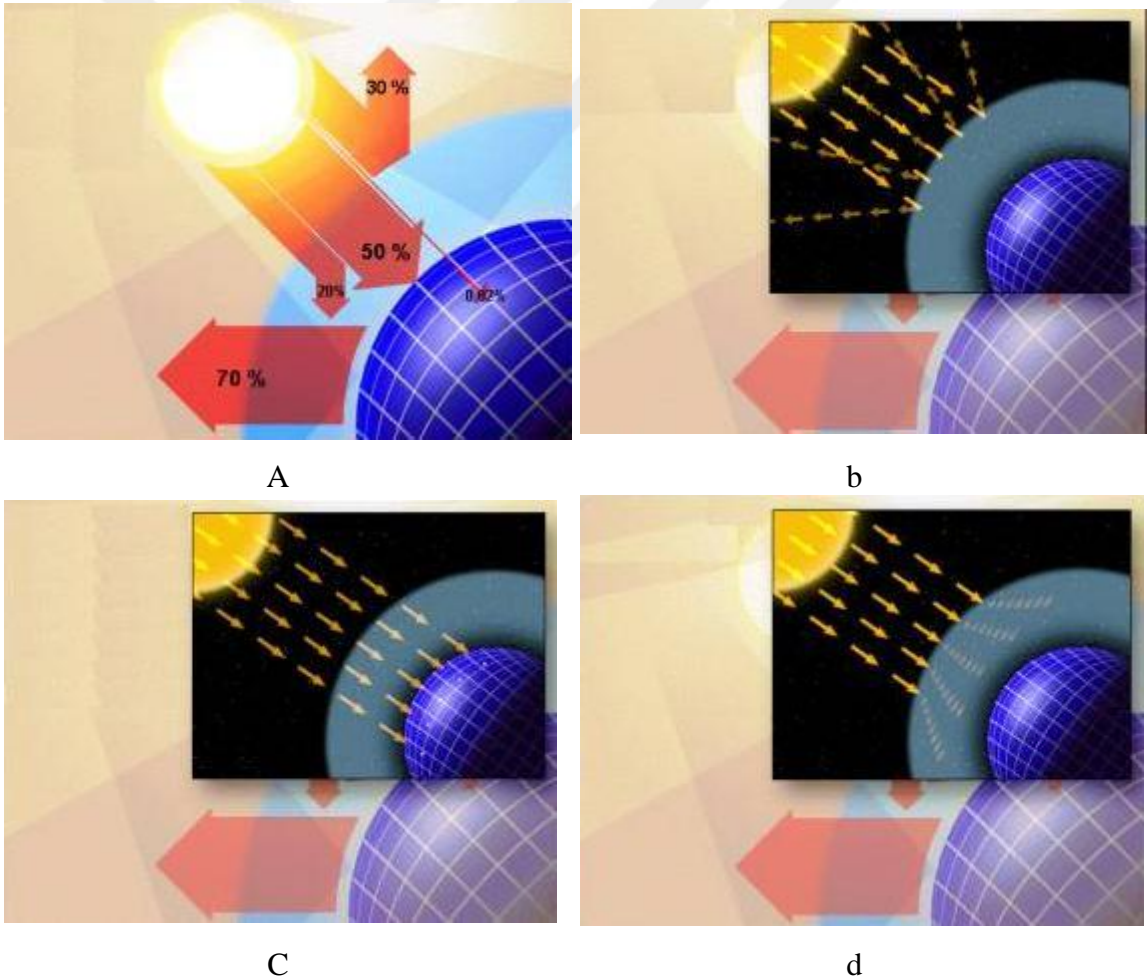
Güneş yüzeyindeki enerji miktarı $6,33 \times 10^7$ W/m²'dir. Atmosferin dışında güneşten yaklaşık 1.5×10^{11} m uzaklıktaki 1 m²'lik alana düşen enerji miktarı 1367 W/m²'dir. Bu sayıya güneş sabiti denir ve I_{gs} ile tabir edilir. Güneş sabiti dünya güneş arasındaki uzaklığın değişmesinden kaynaklanan mevsimsel farklılıklardan dolayı az da olsa değişebilir. Güneş sabitinin değeri aşağıda verilen fonksiyon ile yaklaşık olarak bulunabilir.

$$I_t = I_{gs} [1 + 0,033 \cos (360. N / 365)] \quad (2.1)$$

Yukarıdaki denklemde I_t atmosfer dışındaki radyasyonu, I_{gs} güneş sabitini, N ise 1 Ocak'tan itibaren geçen gün sayısını belirtmektedir (Kılıç A ve Öztürk A 1980).

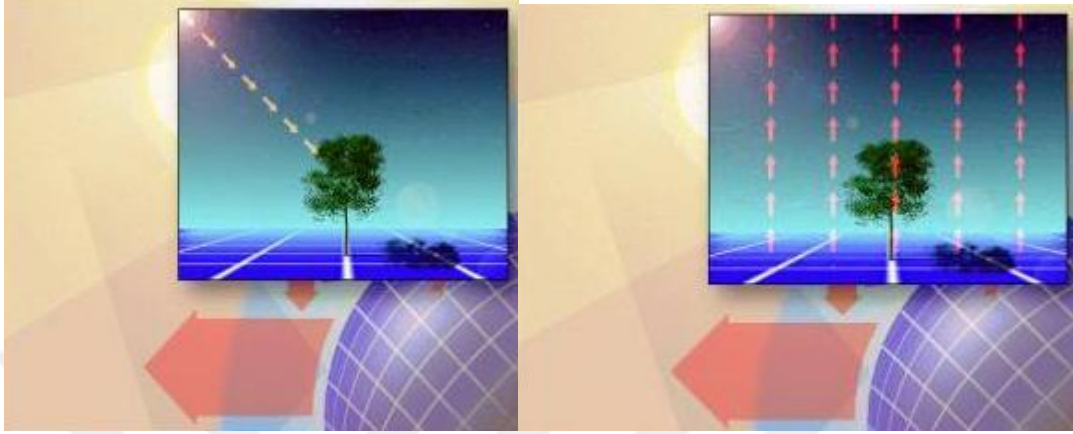
2.3. Güneş Işınımı ve Işınım ölçüm cihazları

Şekil 2.1'de görüleceği gibi güneş ışınımının tamamı yeryüzüne ulaşmaz. Şekil 2.1b'de görüldüğü gibi güneş ışınımının %30'u atmosfer tarafından geriye yansıtılır. Şekil 2.1.c'de görüldüğü gibi güneş ışınımının %50'si atmosfer tabakasından geçerek dünyamıza ulaşır. Dünyamıza ulaşan güneş ışınımı sayesinde dünyanın sıcaklığı yükselir ve dünyamızda yaşam mümkün olur. Aynı zamanda gelen ışınım ile rüzgar hareketleri ve okyanus dalgalanmaları meydana gelir (Öztürk 2012).



Şekil 2.1. Güneş ışınımının yeryüzüne gelmesi (URL 6)

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi yeryüzüne gelen güneş ışınımının çok az (%1’den) kısmı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Nükleer enerji dışındaki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağı güneştir (Öztürk 2012).



Şekil 2.2. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının bitkiler tarafından kullanılması (URL 6)

Doğrudan güneşten gelen ve atmosferde hiçbir şekilde dağılmaya uğramadan gelen ışınımolar direkt güneş ışınımı olarak adlandırılır. Direkt güneş ışınımı güneşli bir günde bir noktaya yaklaşık %80 civarında gelir. Atmosferdeki atomlar, su parçacıkları ve bulutlar tarafından yansıtılan ışınımolar difüz güneş ışınımı olarak adlandırılır. Toplam güneş ışınımı direkt ve difüz güneş ışınımı toplamı olarak düşünülse de buna ek olarak yansıtılmış güneş ışınımı vardır. Yansıtılmış güneş ışınımı bitkiler, insanlar, binalar gibi yeryüzünde bulunan elemanlarca yansıtılan güneş ışınımolarıdır. Güneş ışınımolarını ölçen cihazlardan birincisi Şekil 2.3’te gösterilen piranometredir. Bu cihaz direkt ve difüz güneş ışınımolarının toplamını ölçmek için kullanılan cihazdır. Difüz güneş ışınımolarını belirlemek için yapmamız gereken işlem gölgeleme bandı, disk veya top kullanarak direkt güneş ışınımını engellemektir (Kıncay 2018).



Şekil 2.3. Piranometre Cihazı

Güneş ışınımını ölçen cihazlardan ikincisi pirheliometredir. Pirheliometre difüz ve yansıtılmaya uğramadan yeryüzüne gelen direkt güneş ışınımını ölçen cihazdır. Pirheliometre cihazı direkt radyasyon ölçer olarak ta adlandırılır. Pirheliometre cihazı güneş ışınımını dik görebilmesi için güneş izleyici sistem ile beraber kullanılır (İbrahim 2006).

Güneş ışınımını ölçen cihazlardan üçüncüsü pirradymetredir. Pirradymetre cihazı güneş ışınımının tümünü (direkt, difüz, yansıtılmış) ölçen cihazdır (Kılıç ve Öztürk 1980).

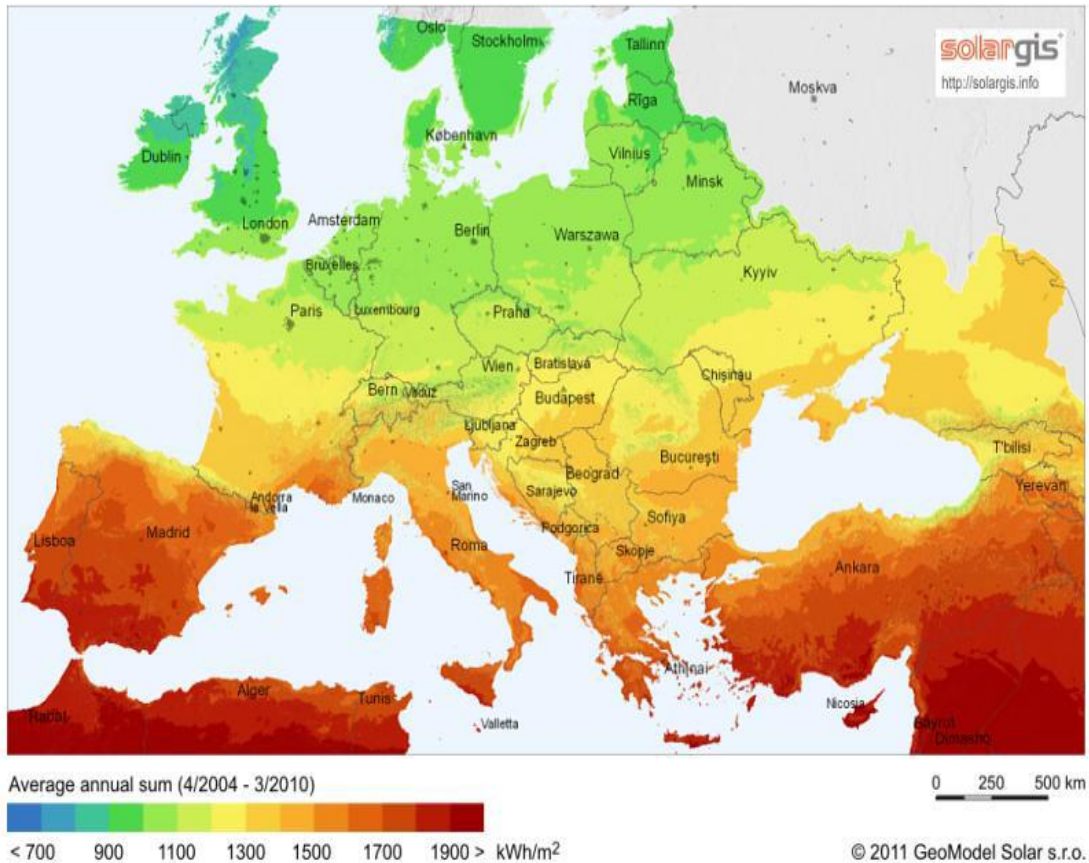
Güneş ışınımını ölçen cihazlardan dördüncüsü solarmetredir. Solarmetre cihazı direkt güneş ışınımını ölçmekle beraber diğer ışınım cihazlarından daha ucuzdur (Acaroğlu 2013).

2.4. Güneş Radyasyonu Geometrisi

Güneş geometrisiyle ilgili fotovoltaik sistemler için dört tanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan birincisi güneş yükseklik açısıdır. Güneş yükseklik açısı, bölgenin yatay düzlemi ile güneşin, herhangi bir anda, bulunduğu noktaya doğru düşünülen çizgi arasındaki yani güneş ışını ile yatay düzlem arasındaki açıdır. Öğlen vaktinde en yüksek değerini almaktadır. Şekil 2.4'te güneş konumuna göre güneş yükseklik açısı ve güneş azimuth açısı görülmektedir

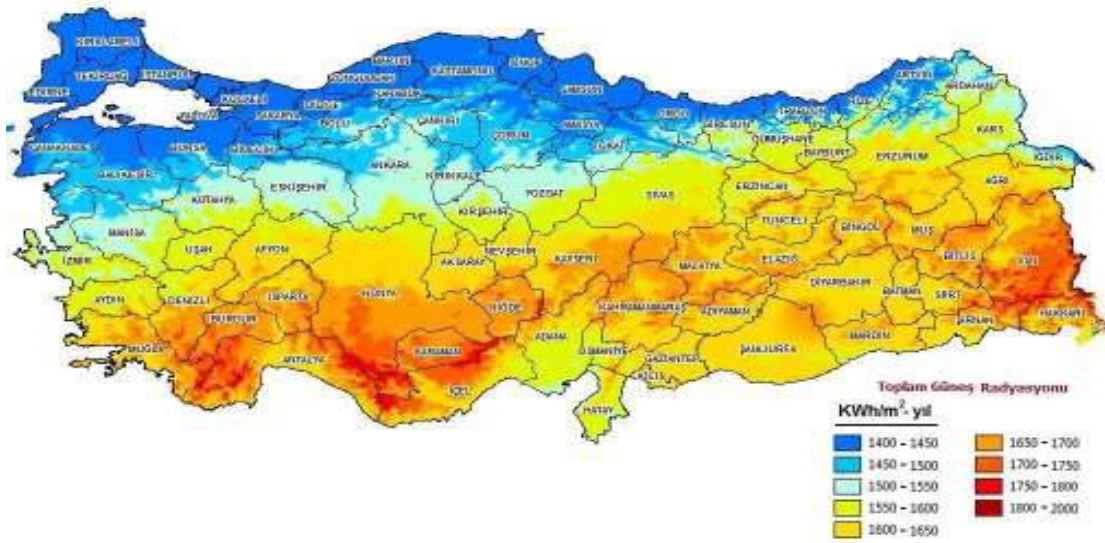
2.5. Avrupa ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Şekil 2.6’da Avrupa güneş enerji atlası görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere kırmızı bölge üzerinde olanlar ışınımı fazla olan bölgelerdir. Ülkemiz güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli birçok Avrupa ülkesinden fazladır.

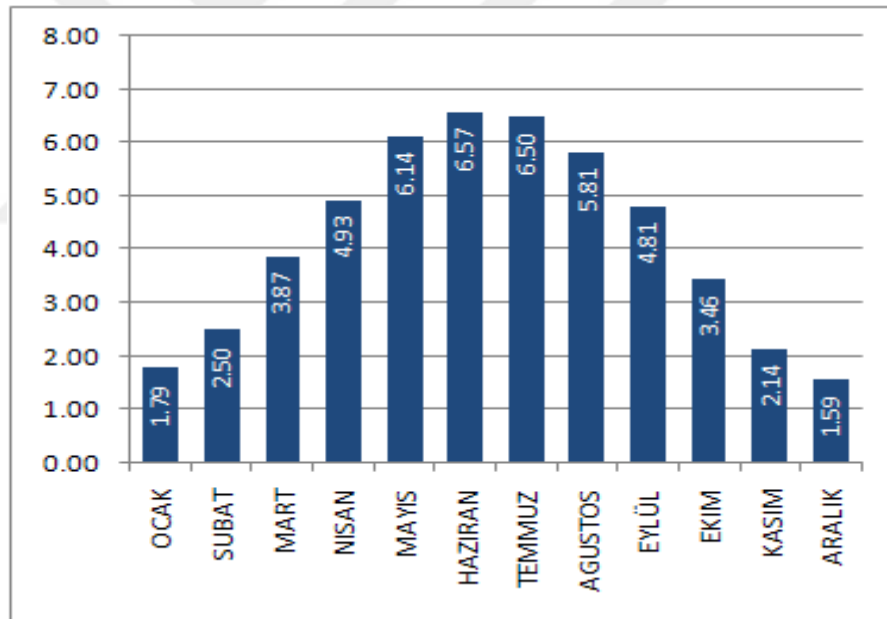


Şekil 2.6. Avrupa ülkeleri güneş enerjisi potansiyel atlası(URL 7)

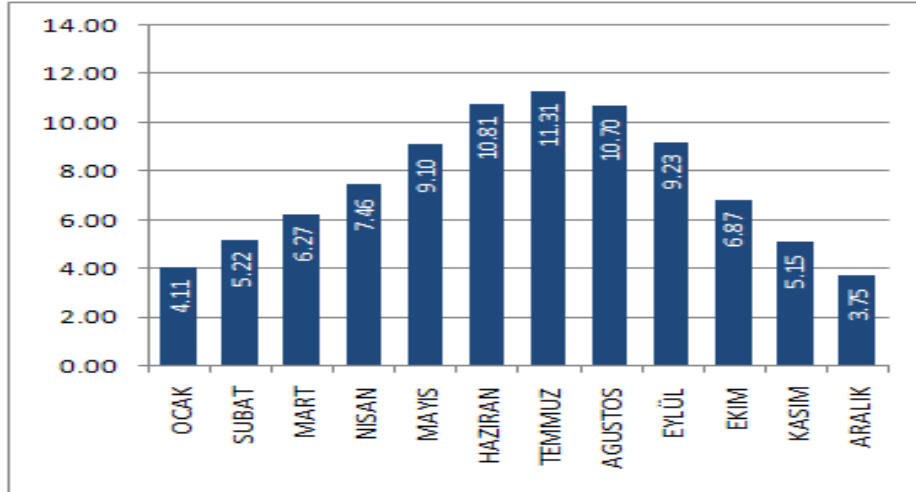
Türkiye kuzey yarımkürede yer alır ve 36-42° kuzey enlemleri ve 26-45° doğu boylamları arasında yer alır. Türkiye güneş enerjisi bakımından birçok ülkeye göre avantajlıdır ve bu avantajını bulunduğu coğrafi konumundan almaktadır (Çanka Kılıç 2015). Türkiye güneş kuşağı olarak isimlendirilen bir bölgede bulunmaktadır (Altıntop and Erdemir 2013). EİE tarafından 2010 yılında Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) hazırlanmıştır. Şekil 2.7’de Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası görülmektedir. Şekil 2.8’de aylık bazda Türkiye global radyasyon değerleri verilmiştir. Şekil 2.9’da Türkiye güneşlenme süreleri aylık olarak verilmiştir.



Şekil 2.7. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (URL 6)



Şekil 2.8. Türkiye global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)(URL 6)



Şekil 2.9. Türkiye güneşlenme süreleri (Saat) (URL 6)

Tablo 2.1’de aylara göre Türkiye toplam güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri verilmiştir. Tablo 2.1’de görüleceği gibi ülkemizde yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat (günlük 7,2 saat) yıllık ortalama güneş radyasyon değeri 1311 kWh/m^2 (günlük $3,6 \text{ kWh/m}^2$) dir. Aynı zamanda tablodan anlaşılacağı üzere aylık ortalama güneşlenme süreleri bakımından Temmuz, Ağustos, Haziran ayları güneş enerjisi potansiyellerinin yüksek olduğu görülür (Acaroğlu M).

Tablo 2.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi Potansiyeli (URL 7)

| Aylar | Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -ay) | Güneşlenme Süresi (Saat/ay) |
|----------|---|--------------------------------|
| Ocak | 51,75 | 103 |
| Şubat | 63,27 | 115 |
| Mart | 96,65 | 165 |
| Nisan | 122,23 | 197 |
| Mayıs | 153,86 | 273 |
| Haziran | 168,75 | 325 |
| Temmuz | 175,38 | 365 |
| Ağustos | 158,4 | 343 |
| Eylül | 123,28 | 280 |
| Ekim | 89,9 | 214 |
| Kasım | 60,82 | 157 |
| Aralık | 46,87 | 103 |
| Toplam | 1311 | 2640 |
| Ortalama | 3,6 kWh/m ² -gün | 7,2 saat/gün |

Tablo 2.2’te Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımına tablodan bakıldığında Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin ilk sırada geldiği görülür. Onu sırasıyla Akdeniz, Doğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgeleri takip etmekle beraber en düşük potansiyele sahip olan bölge ise Karadeniz Bölgesi olduğu görülür (Yiğit A ve Atmaca İ 2010).

Tablo 2.2. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli (URL 6)

| Bölge | Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl) | Güneşlenme Süresi (Saat/yıl) |
|-------------------|--|---------------------------------|
| Güneydoğu Anadolu | 1460 | 2993 |
| Akdeniz | 1390 | 2959 |
| Doğu Anadolu | 1365 | 2664 |
| İç Anadolu | 1314 | 2628 |
| Ege | 1304 | 2738 |
| Marmara | 1168 | 2409 |
| Karadeniz | 1120 | 1971 |

2.6. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Güneş enerjisi sistemlerinin avantajları;

- Çevreyi kirletmez ve küresel ısınma meydana getirmez.
- Mevcut sistemlerden farklı olarak en büyük yararı, herhangi bir fosil yakıt veya bağlantı gerektirmeden bağımsız olarak elektrik üretebilmesidir.
- Her yerde bulunması nedeniyle dışa bağımlılığın olmamasıdır.
- İlk yatırım maliyetleri yüksek olması dışında ucuz bir kaynak olması.
- Enerjinin ihtiyaç duyulduğu yerde kolayca üretilmesinden dolayı nakil problemi olmaz.
- Enerji krizlerinin etkisinden uzak olmasıdır.
- Karmaşık teknolojiler olmadan yararlanılabilmesi.
- İşletme maliyetinin düşüktür.
- Hareketli parçaları ya çok azdır; ya da yoktur. Şimşekler, güçlü rüzgarlar veya kum fırtınaları, nem ve ısı, kar veya buz gibi doğa olaylarına dayanıklıdır.

- Enerji kaynağı ile kullanım yeri arasında, uzun kablolar ve bağlantı elemanları olmadığından arada oluşabilecek güç kaybından kaçınılmış olur (Kayfeci 2011).

Güneş enerji sistemlerinin kullanımındaki dezavantajlar;

- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı istenilen seviyede olmadığı için çok büyük alanlara ihtiyaç duyulmakta bundan dolayı ilk yatırım maliyeti artmaktadır.
- İhtiyaç duyulan enerjinin tamamı güneş ışınımı ile sağlanmadığı zamanlar batarya ihtiyacı oluşmakta hem maliyet artmakta hem de verim azalmaktadır.
- Kış aylarında enerji ihtiyacı artmakta ancak ışınım azalmaktadır.
- Günlük veya saatlik enerji çıktısı belli değildir (Çaçan F 2018).

2.7. Güneş Pilleri

Güneşten dünyamıza ulaşan ışınlar üç şekilde enerjiye dönüşür. Bunlardan birincisi bitkiler vasıtasıyla kimyasal enerjiye dönüştürülür, ikincisi kolektör vasıtasıyla ısı enerjisine dönüştürülür ve üçüncü olarak elektrik enerjisine dönüştürülür.(Ceylan ve Gürel 2018). Güneş enerjisinden elektrik üretmek çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

- Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP): Bu sistemlerde güneş enerjisinden ısı elde edilir. Elde edilen ısı doğrudan kullanılacağı gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.
- b - Güneş Pilleri: Fotovoltaik piller de denen yarıiletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler.

Güneş pilleri aynı zamanda fotovoltaik pil olarak da adlandırılır. Güneş pilleri güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren fotovoltaik düzeneklerdir (Koçak 2018). FV sistemlerin en temel yapısı FV hücrelerdir. FV hücreler üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi meydana gelir. Gücü istenilene seviyeye getirebilmek için güneş hücrelerini birbirine seri veya paralel bağlayabiliriz. Oluşan bu yapıya FV modül adı verilmektedir. Bu şekilde oluşan sistemle birkaç W'tan MW'lara kadar büyüklükte üretim sistemleri meydana getirilebilir (Cebeci 2017).

2.7.1. Güneş Pilleri Çeşitleri

Fotovoltaik pil çeşitlerini dört ana teknoloji olarak sıralayabiliriz.

- Kristal yapı teknolojisi
- İnce film teknolojisi
- Birleşik teknoloji
- Nanoteknoloji

olarak sıralayabiliriz (URL 8).

2.7.1.1. İnorganik güneş pilleri

Verimleri çok düşük olan tek katmanlı inorganik güneş pili, elektronlardan birisi yarı iletken olan ve farklı elektrokimyasal potansiyele sahip iki metal elektrot arasına yerleştirilen silikon gibi inorganik yarı iletken meydana gelir (URL 8).

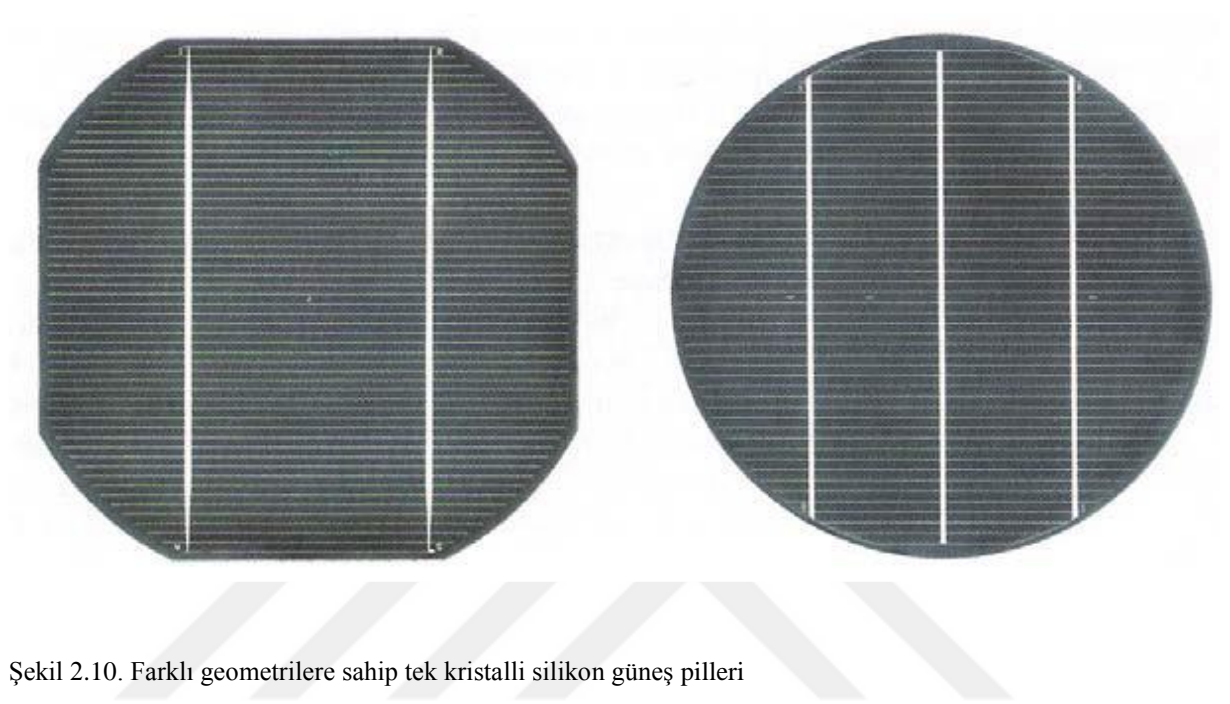
2.7.1.2. İki Katmanlı İnorganik Güneş Pilleri

Günümüzde iki katmanlı inorganik güneş pili %30'a kadar verim sağlamaktadır. Bu piller iki yarı iletken kullanılarak meydana getirilir ve kimyasal ve ısı bakımından oldukça kararlıdır. Sınıra yakın bölgelerde yük ayrımı meydana gelir (URL 8).

2.7.1.3. Tek Kristal Silisyum Güneş Pilleri

Güneş paneli yapımında tek kristal silisyum güneş pili çok kullanılır. Bu pilin maliyeti çok yüksektir. Çok kristalli güneş hücresine göre daha az kullanılmaktadır. Güneş pili yapımında en çok kullanılan madde silisyumdur. Silisyum maddesinin güneş pili yapımında yaygın olarak kullanılmasının başlıca sebepleri silisyumun elektriksel, optik ve yapısal özelliklerini uzun zaman koruyabilmesinden dolayıdır. Silisyumu saf olarak elde etmek hem pahalı hem de zordur. Silisyum elementi Dünya'da oksijenden sonra en çok bulunan elementtir. Çok kristalli silisyum elde edilmek için silisyumun saflaştırılarak yarı iletken özelliği sağlanmalıdır. Ancak çok kristalli silisyum elde etmek maliyeti artırıyor. Silisyum (Si) güneş pillerini ticari olarak kullanılır. Bunların birçoğu bor katkılı tek kristal dilimlerden Czochralski (CZ) işlemiyle meydana getirilirler. Kafes bozuklukları

oluşmaması için güneş pilleri CZ işlemiyle üretilir. Güneş pili pazarının yaklaşık %80'ini kristal silikon piller oluşturur. Kristal silikon pillerin verimleri %15 ile %23 arasındadır. Şekil 2.10'da Farklı geometrilere sahip tek kristalli silikon güneş pilleri görülmektedir (Ünal 2006)



Şekil 2.10. Farklı geometrilere sahip tek kristalli silikon güneş pilleri

2.7.1.4. Çok Kristal Silisyum Güneş Pilleri

Elektriksel, optik ve yapısal olarak tek kristal silisyum güneş pili ile aynı olan çok kristal silisyum güneş pili damarlarının boyutları arttıkça kalitesi de artar. Elektriksel yük taşıyıcılarının aktarılmasında engelleyici rol oynamasından dolayı damarların arasındaki süreksizlik istenmez. Çok kristal silisyum hücrelerin üretimi kolay ve az maliyetli olması avantaj olsa da az verimli olması dezavantajdır. Bu piller dökme yöntemi ile üretilmektedir. Üretilirken tek kristalli silisyumun elde edilmesi için yapılan işlemlerle benzerlik gösterse de erimiş yarı iletken haldeki silisyumun soğuması için kalıplara dökülür. Kare şeklinde kesilerek üretim tamamlanır. Bu güneş pillerinin verimleri %12-15 arasındadır. Şekil 2.11'de çok kristalli silikon güneş pilleri gösterilmiştir (Koryürek 2008).



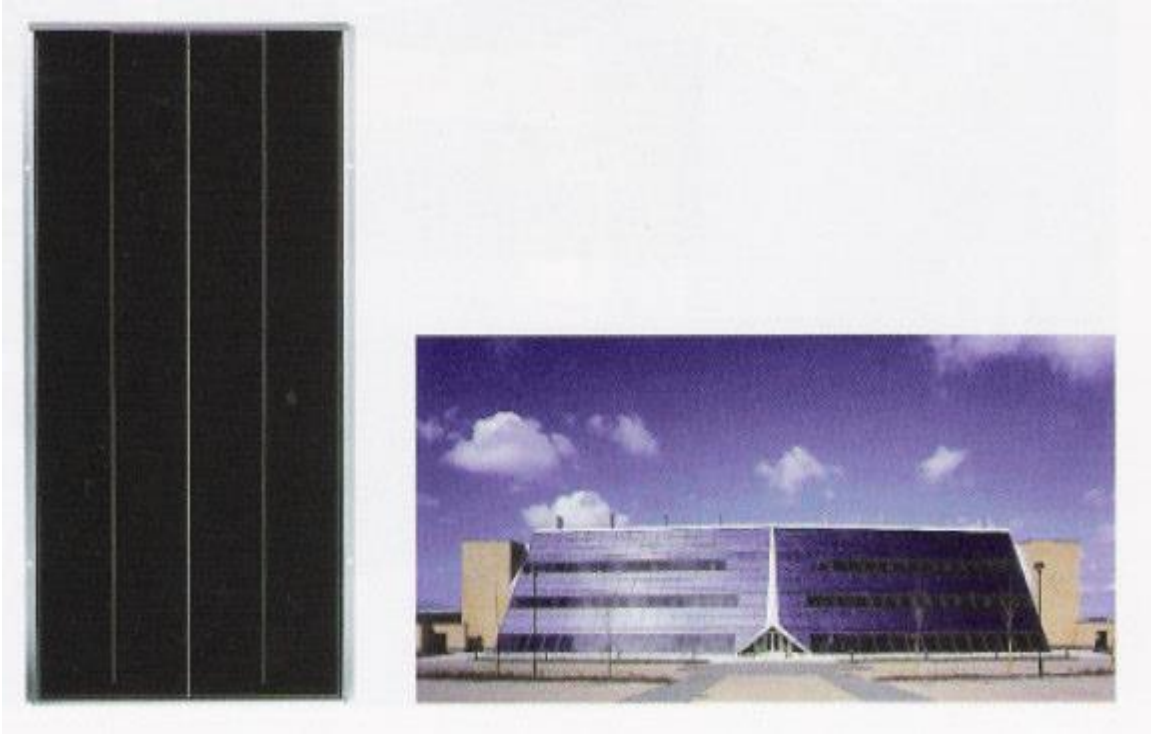
Şekil 2.11. Çok kristalli silikon güneş pilleri

2.7.1.5. İnce Film Güneş Pilleri

Amorf silikondan yapılan ince film güneş pili üst üste yerleştirilen aşırı ince yarı iletken katmanlardan meydana gelir. Bu güneş pili elde edilirken pek çok malzeme kullanılır. Bunların başında çok kristal bakır indiyum diselenid ve kadmiyum tellür gelir. İnce film pillerin katmanları maliyeti düşük olan cam veya plastik esaslı malzeme üzerinde çökeltilir. Verimleri %8-12 arasında değişen ince film güneş pillerinin de kullanılan yarı iletken malzeme ve arka elektrik kontaklarına, yansıtmayan özellikli kaplama ve iletken oksit katmanlar eklenince üretim tamamlanır (Yazıcı 2014).

2.7.1.6. Amorf Silisyum Güneş Pilleri

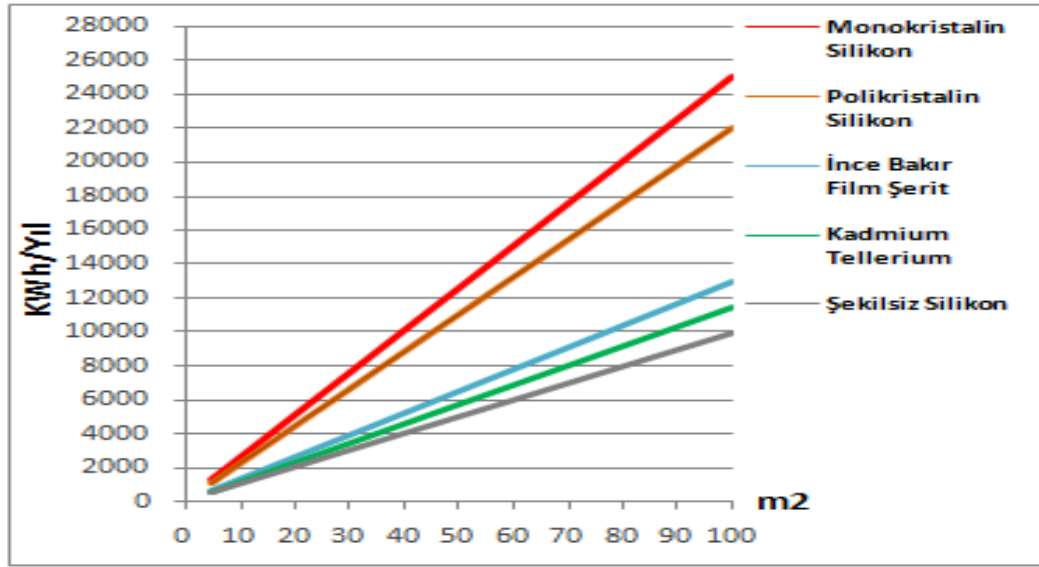
Amorf yapıdaki katı malzemelerin atomları belli bir düzende dizilmemiştir. Tam anlamıyla kristal bir yapı oluşturduğu söylenemez. Çok sayıda yapısal ve bağlantı hataları içerdiği söylenebilir. Amorf silikonun elektriksel özelliği yalıtkan olarak kabul edilmişse de daha sonra fotovoltaik piller de kullanılabilceği düşünülmüştür. Düşük güçteki cihazlarda genellikle amorf silikon güneş pilleri kullanılır. Cihazları geliştirmek için karbon, germanyum, azot ve kalay ile amorf silikon alaşımları oluşturulur. Amorf silisyum güneş pili etkinlik gösterdiği yer çoğunlukla laboratuvardır. İnce film güneş pili %24'den daha fazla verim gösterebilmesi için galyum arsenit kullanılmalıdır. Şekil 2.12'de amorf silisyum güneş modülü görülmektedir (Yazıcı 2014).



Şekil 2.12. Amorf silisyum güneş modülü (solda)

2.7.1.7. Çok Kristalli İnce Film Güneş Pilleri

Çok kristalli ince film güneş pili, yarı iletken malzemelerin çok küçük kristal taneciklerinden meydana gelir. İnce film güneş pili güneş hücrelerinde kullanılan malzemeler, silikondan farklı özelliklere sahiptir. Bu hücrelerde, iki farklı yarı iletken malzeme arasındaki ara yüzey ile daha kolay elektrik alanı oluşturulur. Çok kristalli ince güneş pili, pencere olarak adlandırılan 0,1 mikrondan daha ince kalınlıktaki bir üst katmana sahiptir. Yüksek enerji taşıyan ışınım enerjisini absorbe etmek pencere katmanının görevidir. Pencere katmanının yeteri kadar ince olması sonucunda katman yeterli bant boşluğuna sahip olur (Yazıcı 2014). Şekil 2.13'te GEPA'ya göre Türkiye'nin ortalama güneş ışınım değerleri özelinde farklı tip güneş enerjisi piline göre m² başına üretilebilecek enerji miktarı gösterilmiştir.



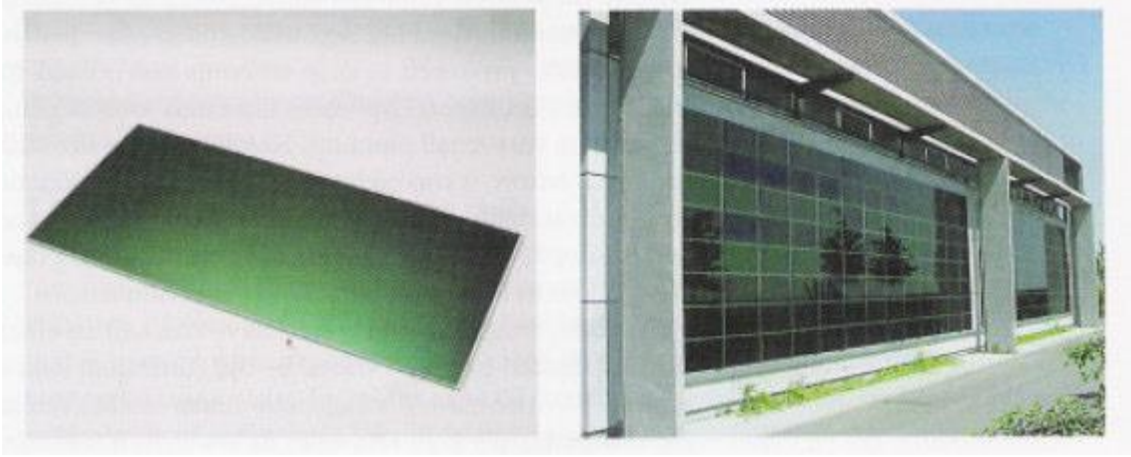
Şekil 2.13. Fotovoltaik Güneş pili türüne göre Türkiye’de yılda üretilebilecek enerji miktarı

2.7.1.8. İnce Film Kalgonit Güneş Pilleri

CdS, CdSe, CdTe ince film güneş pili hücreleri 1960 yılında geliştirilmiştir. İnce film kalgonit güneş pillerinin üretimi çok basittir. Kimyasal çökeltme işlemi ile CdS, CdSe ve CdTe filmleri üretilir. Bu üçüncü nesil güneş pili hücresi de %10’dan fazla verim verebilmektedir. Bu güneş pili çeşitleri üretilmemesinin nedeni bakır kalgonit katmanlar, bakır difüzyonu ile bozulmasından kaynaklanır (Ünver 2012).

2.7.1.9. Kadmiyum Tellürid Güneş Pilleri (CdTe)

Kadmiyum elementi (Cd) ve Tellür (Te) elementinin birleşmesiyle oluşur. Meydana gelen kadmiyum tellür (CdTe) yarı iletkenidir. İnce film güneş pili teknolojisinde önemli yer tutan kadmiyum tellür (CdTe) güneş pilinin güneş ışınını absorbe etme katsayısı yüksektir. Kadmiyum tellür güneş hücresi verimi %15’ten fazladır ve ideal bant genişliğine sahiptir. Kadmiyum tellür güneş hücresi ile meydana getirilen güneş paneli modüllerinin verimi %9’dan daha fazladır. İnce film güneş pili teknolojileri arasında kadmiyum tellür’ün depolanması kolay ve üretimi daha iyidir. Güneş pilleri ile elektrik elde etmek için çok uygun bant boşluğuna sahip olan kadmiyum tellür’ün bant boşluğu 1,45 eV dir. Şekil 2.14’te Kadmiyum Tellür güneş pili ve endüstriyel bir binada uygulaması görülmektedir (Zafer 2006).



Şekil 2.14. Kadmiyum Tellür güneş pili ve endüstriyel bir binada uygulaması

2.7.1.10. Bakır İndiyum Diseleneid Güneş Pilleri

Bakır indiyum diseleneid güneş pili bakır, indiyum, selenyum veya daha fazla elementin bir araya gelmesiyle meydana gelen yarı iletken pildir. Bu pilin absorbe etme katsayısı çok yüksektir. Bakır indiyum diseleneid güneş pilini diğer pillerden ayıran özellikleri; optik absorbe kat sayısı yüksek olması, iletkenliği ve öz direnci değiştirilebilir olması, fabrika ortamında da üretilebilir olması söylenebilir. Yüksek soğurganlık özelliğine sahip CIS güneş pili hücrelerine Ga (galyum) elementi katılırsa, daha yüksek verim meydana getirilebilir. CIS güneş pili malzemesinin ilk bir mikron kalınlığında ki katmanı, gelen ışınların %99'unu absorbe etme özelliğine sahiptir (Zafer 2006).

2.7.1.11. Bakır İndiyum Galyum Diseleneid Güneş Pilleri (CIGS)

Bakır indiyum galyum diseleneid ince film güneş pili çeşitleri arasındadır ve CIGS güneş pili olarak adlandırılır. CIGS güneş hücresi %10 civarında verimliliğe sahipken diğer ince film güneş hücreleri %8 verime sahiptir. CIGS ve CdTe güneş pilleri uygulama koşullarında en fazla %25 verime ulaşabilir (Zafer 2006).

2.7.1.12. Fleksibil CIGS Güneş Pilleri

Uzay teknolojisi açısından oldukça yüksek potansiyele sahip CIGS güneş pilleri modülleri elektriksek olarak içten bağlantılıdır. CIGS güneş pilleri rulo şeklini alabildiğinden ve

esnek olduğundan dolayı oldukça popüler hale gelmiştir. Şekil 2.15'te rulo şeklindeki güneş pili gösterilmiştir. Çatı sistemleri için fleksibil CIGS güneş pili kullanımı artmıştır (Zafer 2006).



Şekil 2.15. Rulo halinde güneş pili

2.7.1.13. Çok Eklemli Güneş Pilleri

Çok eklemli güneş pili üretilirken tek tip malzeme kullanılır ve bu piller teorik %30, uygulamada ise %25 verime ulaşır. Verimin yüksek olmasından ve tek tip malzeme kullanılmasından dolayı çok eklemli güneş pili üzerindeki araştırmalar oldukça artmıştır. İki veya iki den fazla yarı iletken katmanlardan yapılan çok eklemli güneş pilinin bir katmanı mavi ışığı çok iyi absorbe ederken, diğeri kırmızı ışığı daha iyi soğurmaktadır. Bu

yüzden verim artışı yüksek olur. Zamanımızda çok eklemli güneş pili verimliliği %35-40 gibi düzeylere çıkmıştır (Boya 2017).

2.7.1.14. Nanofotovoltaik Güneş Pilleri (NanoPV)

Geleceğin güneş pili teknolojisi nanofotovoltaik güneş pillerinden oluşacaktır. Nanofotovoltaik güneş pilleri hücreleri nano-mikro kristalli ve yüksek verimlidir. NanoPV (nano fotovoltaik) piller diğer güneş pillerine göre %8-10 üzerinde verim sağlar. Bunun nedeni optik, elektrik ve kimyasal özellikleri açısından oldukça iyi olan nanomateryallerin kullanılmasıdır. Nanofotovoltaik teknolojisinde kristal yarı iletken materyalleri, polimerik materyaller, karbon esaslı nano yapılar kullanılır. Bundan dolayı bu pillerde maliyet ve uygulama açısından farklı çözümler sunulabilir. Nanofotovoltaik güneş pilleri üretiminde her birisi saç telinden 1000 kat daha ince olabilen çinko oksit (ZnO) ve titanyum dioksit (TiO₂) nanotelleri iletken olarak kullanılabilir (Boya 2017).

2.7.1.14.1. Nano Güneş Pili Teknolojisinin Avantajları

- Mimarlar nano fotovoltaik teknolojisi ile esnek güneş pillerini kullanarak istediği tasarımları elde edebilecektir.
- Nano fotovoltaik teknoloji yeni iş sahaları açacaktır.
- Nano teknoloji ile üretilen güneş panelleri çok hafif olduğundan statik olarak binaya yük getirmeyecektir.
- Nano fotovoltaik teknoloji sayesinde güneş pili verimi en az %8-10 artacaktır (Boya 2017).

2.7.1.14.2. Nano Güneş Pili Teknolojisinin Dezavantajları

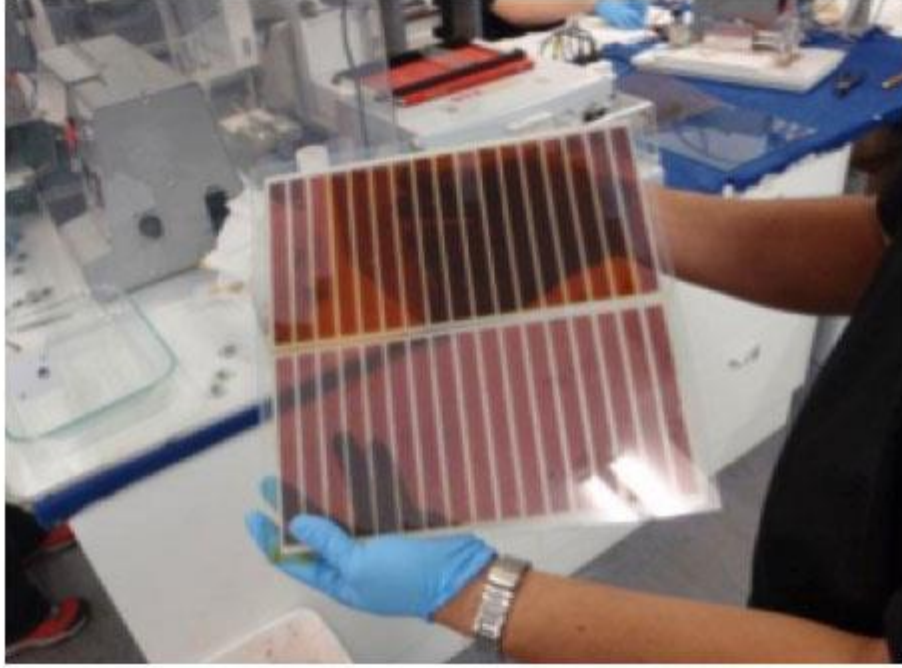
- Özel üretim yöntemleri ile üretilmeleri.
- İlk yatırım maliyeti diğer güneş panellerine göre oldukça fazladır.
- Nano fotovoltaik teknoloji alanında teknik personel sayısının az olması ve teknik personelin yetişmesinin uzun zaman alması (Boya 2017).

2.7.1.15. Kuantum Noktalı Güneş Pilleri

Kuantum noktalı güneş pillerindeki kuantum noktaları nanometre büyüklüğünde kristal yarı iletkenlerdir. Soğurma eşiğinin ayarlanmasına imkan verebilen kuantum noktaları genelde yapay atomlar olarak adlandırılır. Bu noktalar enerji taşıyıcılarını kontrol olanağı sağlar. Yarı iletken malzemenin nanometre büyüklüğündeki granülü olan kuantum noktaları nanokristaller ve elektronlar için üç boyutlu kanal işlevini yaparlar. Teorik açıdan %63 verim elde edilebilen bu pillerde kuantum noktalı malzemeler nanometre seviyesindedir ve bant genişliği ayarlanabilir. Alt boşluk enerjileri absorbe edilerek noktaların kaynaştırılması verimi artırabilir (Boya 2017).

2.7.1.16. Boya Duyarlı Güneş Pilleri

Boya duyarlı güneş pili hücreleri elektrolit sıvı içerir. Bu elektrolit sıvı silikon gibi yarı iletken ve su gibi çözücü sıvı içinde eriyen tuzla oluşturulmuş bir iletim çözeltisidir. Aynı zamanda elektrolit sıvı güneş ışınımı hücrenin üzerine ulaştığında, üretilen yakın bağlı elektron-boşluk çiftlerini ayırmaya çalışır. Güneş pili hücrelerine ismini veren ışığa duyarlı boyalar ışınım tarafından indüklenen yük taşıyıcıların kaynağıdır. İyodürdür en yaygın olarak kullanılan boyadır. Boya moleküllerini iskelet bir yapıda tutmak için titanyum dioksit (TiO_2) gibi nanomalzeme kullanılır. Boya duyarlı hücrelerin güneş pili uygulamalarında ki kullanımını bitkilerdeki fotosentez yöntemi ile aynıdır. Boya duyarlı güneş pili için en önemli gelişim 1991'de yapılan çalışmadır. 1991'de yapılan çalışmada TiO_2 nanoparçacığı daha verimli ve kararlı olan rutenyum (Ru) tarafından algılanarak oluşturulan kompleks boya kullanılarak, ışığı soğuran boya geliştirilerek yapılmıştır. Şekil 2.16'da boya duyarlı güneş pili gösterilmiştir (Dayan 2019)



Şekil 2.16. Boya duyarlı güneş pili

2.7.2. Güneş Pilleri Kullanım Alanları

Güneş pili sistemlerinin kullanıldığı başlıca uygulama alanlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Park, bahçe, sokak ve otopark aydınlatmaları
- Trafik işaret levhaları
- Sıcak su üretiminde
- Hesap makinelerinde
- Saatlerde
- Evlerde elektrik ihtiyaçlarının karşılanmasında
- Deprem ve hava gözlem istasyonlarında
- Billboard aydınlatılmasında
- Cep telefonlarının şarj edilmesinde
- Arazi aydınlatılmasında
- GSM vericilerinin ve radyo istasyonlarının enerjilerini karşılamak için
- Güneş arabalarında
- Yapay uydularda
- Haberleşme istasyonlarında

- Petrol boru hatlarının kadotik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan korunması
- İlaç ve aşı soğutma
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deniz fenerleri
- Orman gözetleme kuleleri
- Tarımsal sulama veya binalarda kullanmak amacıyla su pompası
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- Meteorolojik gözlem istasyonlarında elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler (Öztürk 2012)

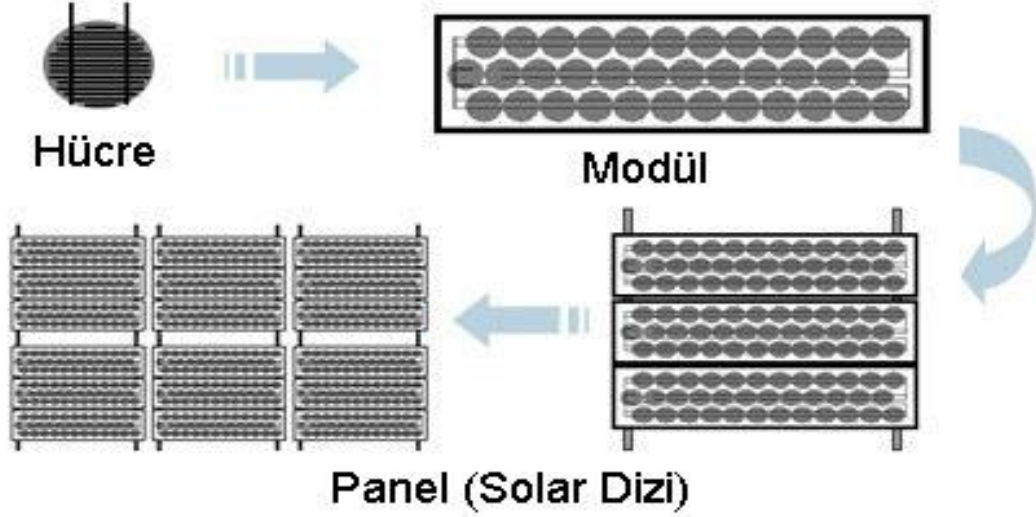
2.8. Fotovoltaik Sistem Elemanlari

Fotovoltaik sistemin temel elemanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz

- Güneş panelleri
- İnvvertörler
- Şarj regülatörü
- Batarya veya aküler
- Çift yönlü sayaç

2.8.1. Güneş Panelleri

FV sistemlerin en temel yapısı FV (Güneş Pili) hücrelerdir. FV hücreler üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi meydana gelir. Gücü istenilene seviyeye getirebilmek için güneş hücrelerini birbirine seri veya paralel bağlayabiliriz. Oluşan bu yapıya FV modül adı verilmektedir. Güneş panelleri fotovoltaik modüllerin birleşmesinden oluşur. Şekil 2.17’de güneş paneli oluşumu gösterilmiştir. İstenilen güç çıkışlarına göre birkaç W’tan MW’lara kadar büyüklükte üretim sistemleri meydana getirilebilir (Cebeci 2017).



Şekil 2.17. Güneş paneli oluşumu

2.8.2. İntertör (Eviriciler)

İntertörler herhangi bir kaynaktan üretilen doğru akımı gerektiği zaman alternatif akıma çeviren güç elektroniği devreleridir. İntertörler şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılabilirler. Şebekeye bağlı sistemlerde sisteme en uygun İntertörü seçmek önemlidir. Şebekeye bağlı sistemlerde güneş panelinden sonra en önemli sistem elemanı İntertördür. İntertörün görevi şebekeden gelebilecek zararları önlemek ve sistem için en uygun gücü verebilmektir. Şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılan İntertörlerin çoğunda İntertör üzerinde, güç, voltaj, akım ve diğer çalışma parametrelerini kaydedip izlemeye yarayan veri kaydedici ve ölçüm yapan bir bilgisayar sistemleri bulunmaktadır. İntertörde bulunan elektronik devre tarafından izlenen sistemin maksimum güç noktası (MPP) sayesinde sistem çok verimli çalışır. Şekil 2.18’de şebekeden bağımsız İntertör görülmektedir. Bu İntertör sayesinde sistem için gerekli olan farklı çeşitlerdeki elektrik ihtiyaçları karşılanır. Şekil 2.19’da ise şebekeye uyumlu olarak çalışan İntertör gösterilmiştir (URL 12).



Şekil 2.18. Şebekeden bağımsız çalışan invertör (URL 9)



Şekil 2.19. Şebekeye uyumlu olarak çalışan invertör (URL 9)

İnvertörden esas olarak ürettiği alternatif akımdaki bozulmaların düşük seviyelerde olması ve istenilen genlik ve frekansta alternatif kaynak sağlanması istenmektedir. Tek fazlı veya üç fazlı olan invertörler şebeke bağlantılı veya ada sistemlerinde (ada eviriciler) kullanılmak üzere iki kullanım şekilleri mevcuttur. Çıkış gerilimlerinin sinüzoidal dalga olması istenen invertörlerin düşük ve orta güçlü uygulamalarda kare dalgaya yakın çıkış formları kabul edilse de büyük güçlerde mümkün olduğu kadar harmoniklerinden arınmış bir sinüs dalga formu gerekir. İnvertörler Değişken hızlı asenkron motor sürücü devrelerinde, kesintisiz güç kaynaklarında, yüksek gerilimde doğru akım iletim sistemlerinde, endüksiyonla ısıtma sistemlerinde kullanılabilir. Beslemede kullanılan

kaynağın çeşidine invertörler gerilim kaynaklı invertörler ve akım kaynaklı invertörler diye ikiye ayrılır. Akım kaynaklı invertörlerde düşük ve orta güç uygulamalarında daha transistör ve mosfet anahtarlar kullanılırken büyük güç uygulamalarında tristör anahtar kullanılır. IGBT anahtar kullanımı ise hem orta hem de büyük güç uygulamalarında kullanılan eleman olmakla birlikte invertörler de günümüzde en çok kullanılan anahtarlardır. Yükün özelliğine göre akım beslemeli ya da gerilim beslemeli invertör kullanılır (Baş 2016).

2.8.2.1. Gerilim Kaynaklı İvertör

Gerilim kaynaklı invertörler (Flexible AC Transmission Systems – FACTS) iletim sistemlerini gerçekleştirmekte kullanılır. Gerilim kaynaklı invertörler de giriş doğru gerilimi ve anahtarlama yöntemi kullanılarak çıkış gerilim dalga biçimi belirlenir. Dalga biçimine etki etmeyen yük, harmonik akımlara yüksek empedans gösteren bir özellik taşıyorsa gerilim beslemeli bir invertör ile sürülmesi daha uygundur. Tek fazlı yarım köprü topolojisi basit invertör yapısıdır. Tek fazlı yarım köprü topolojisinde orta uçlu bir gerilim kaynağı beslemesine gerek duyulur. Seri yerleştirilmiş iki kapasite ile doğru akım kaynağı kullanılarak orta uç oluşturulur (Baş 2016).

2.8.2.2. Akım Kaynaklı İvertörler

Çok büyük güçlerde tercih edilen ve akımı evirmekte kullanılan akım kaynaklı invertörlerin, kaynaktan çektiği akımın sabit kalması için doğrultucu bir devrenin çıkısına seri bağlanacak çok büyük bir self (endüktans) konulması gerekmektedir. İvertör çıkısındaki yükün harmonik akımlara düşük empedans gösteren bir özelliği varsa, bu durumda akım kaynaklı invertör kullanmak daha uygun olur (Baş 2016).

2.8.2.3. Çok Katlı İvertörler

Çok katlı invertörler son yıllarda orta veya yüksek gerilimli uygulamalarda tercih edilmektedir. Bunun nedeni diğer invertörlerin veriminin düşük olması ve büyük transformatörler kullanılması nedeni ile fiyatın yükselmesidir. Dağıtılmış enerji kaynakları

alanında ilgi odağı olan invertör çok katlı invertördür. Fotovoltaik piller voltaj dengeleme sorunları olmadan bir yükü veya AC sistemi besleyebilir (Baş 2016).

2.8.2.4. İnvörtör Seçimi

Şebekeden ayrı sistemler için off-grid invertörler, şebekeye paralel sistemler içinde on-grid invertörler seçilir. İnvörtörler gücünün, sistemde aynı anda çalışan tüm cihazların güçlerinin toplamından daha fazla olacak şekilde invertör seçilmelidir. İnvörtör kapasitesi aynı anda çalışan cihazların toplam güçlerinin (CG) 1.2 katından küçük ve aynı anda çalışan cihazların toplam güçlerinin (CG) 0.7 katından büyük olmalıdır (Ceylan ve Gürel 2018).

$$0.7 \times CG < P_{inv} < 1.2 \times CG \quad (2.2)$$

2.8.3. Şarj Regülatörü

Güneş panelinden gelen akımı düzenleyerek istenilen akım değerine çevirerek aküye ileten üründür. Akünün uzun süre kullanmasını sağlar. Genellikle şebekeden bağımsız (Off-Grid) sistemlerinde kullanılan cihazın seçiminde en önemli kıstas regülatörün gerekli olan maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Şarj regülatörleri iki ana gruba ayrılmaktadır.

2.8.3.1. Darbe Genişlik Modülasyonlu (PWM) Şarj Regülatörleri

Bağımsız güneş sistemleri için en uygun regülatör darbe genişlik modülasyonlu (PWM) şarj regülatörüdür. Açık ve kapalı kurşun aküleri optimum ölçüde şarj edebilen darbe genişlik modülasyonlu (PWM) şarj regülatörü üzerindeki LCD ekran veya LED'ler sayesinde akü durumu şarj durumu görebilir. 12V ve 24V akü veya akü gruplarını şarj edebilen bu regülatörlerin verimleri maksimum güç noktası izleyicilere (MPPT) göre düşüktür.

2.8.3.2. Maksimum Güç Noktası İzleyicili (MPPT) Şarj Regülatörleri

Maksimum güç noktası izleyicili (MPPT) şarj regülatörü Akünün aşırı dolmasını ya da aşırı kullanımlarda tamamen boşalmasını önleyerek akü ömürlerini %50 uzatmaktadır.

Maksimum güç noktası izleyicili (MPTT) şarj regülatörü yaklaşık %98 verimlerde çalışmaktadır. Maksimum güç noktası izleyicili (MPTT) şarj regülatörü akü ömrünü uzattığından sistem maliyeti de düşmektedir (Kıyançipek 2010).

2.8.3.3. Şarj Regülatörleri Akım Hesabı

Şarj regülatörünün akımını hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$\text{ŞR}_{\text{amp}} = (\text{GPG} \times \text{GPA}) / \text{V}_{\text{mp}} \quad (2.3)$$

ŞR_{amp} : Şarj regülatörü amper (A)

GPG : Güneş pilinin gücü (W)

GPA : Güneş panelinin adedi

V_{mp} : Güneş paneli maksimum çıkış voltajıdır (Ceylan ve Gürel 2018).

2.8.4. Batarya veya Aküler

Güneş panelleri tarafından üretilen elektrik enerjisinin ihtiyaç duyulan enerjiden fazla olması durumunda enerji akülerde depolanır (Gürgen 2016). Depolama şekli elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak meydana gelir. Aküler genellikle depoladıkları enerjinin %60'ını kullanımına izin verirler. Şekil 3.21'de görülen derin deşarj jel aküler ise depoladıkları enerjinin %80'inin kullanımına izin verdikleri için fotovoltaik sistemlerde genelde kullanılırlar. Akü gruplarının kapasitesi yarıdan az duruma düşmemesi gerekir. Bu yüzden sistem için hesaplanan akü kapasitesi 2 ile çarpılmalıdır. Maliyeti arttırsa da şebekeden ayırık sistemler için olmazsa olmazları içerisinde yer alır. Şebekeden ayırık sistemlerde güneş ışığının yeterli olmadığı zamanda ihtiyaç duyulan enerji bu akülerden sağlanır. Dolum sürelerinin uzun olması ve hızlı boşalmalarından dolayı kuru tip batarya güneş enerji sistemlerinde kullanılmaması gerekmektedir. Sürekli bakım gerektiren ve çok fazla ısınan sulu aküler de güneş enerji sistemlerinde kullanılmaması gerekmektedir (Ceylan ve Gürel 2018).

2.8.4.1. Batarya Gücü Hesabı

Fotovoltaik sistemlerde kullanılacak toplam batarya gücü aşağıdaki denklemden bulunabilir.

$$TBG = GPG \times GPA \times GS \times 1.20 \times 2 \quad (2.4)$$

$$TBA = TBG / (V_{bat} \times I_{bat}) \quad (2.5)$$

TBG : Bataryanın toplam gücü (Wh/gün)

1.20 : Güneş enerji sistemlerinde kullanılan derin deşarj bataryanın tam dolu halde %80'ini kullanabilmesinden dolayı bu sayı ile çarpılır.

2 : Bataryanın toplam gücü hesaplanırken 2 sabiti ile çarpılmasının nedeni akünün yarısından fazlasının boşaltılmamasının istenmesidir.

TBA : Bataryanın toplam adedi

V_{bat} : Batarya voltajı (genellikle 12 volttur)

I_{bat} : Tek bir bataryanın akımı

GS : Güneşlenme süresi (h)

2.8.5. Çift Yönlü Sayaç

Sistem için gerekli olan elektrik ihtiyacından fazla üretilen elektrik enerjisini şebekeye göndermeye yarayan ve tüketilen enerjinin üretilen enerjiden fazla olduğu durumlarda şebekeden elektrik ihtiyacının karşılandığı cihazdır. Şebekeden gelen elektriği ve şebekeye gönderilen elektriği üzerinden geçirerek gerekli verileri kayıt altında tutar (URL 10). Çift taraflı sayaç ilk defa 1980 yıllarında ABD'nin birkaç eyaletinde kullanılmaya başlanmıştır (Denholm et al. 2009).

2.9. Fotovoltaik Sistem uygulamaları

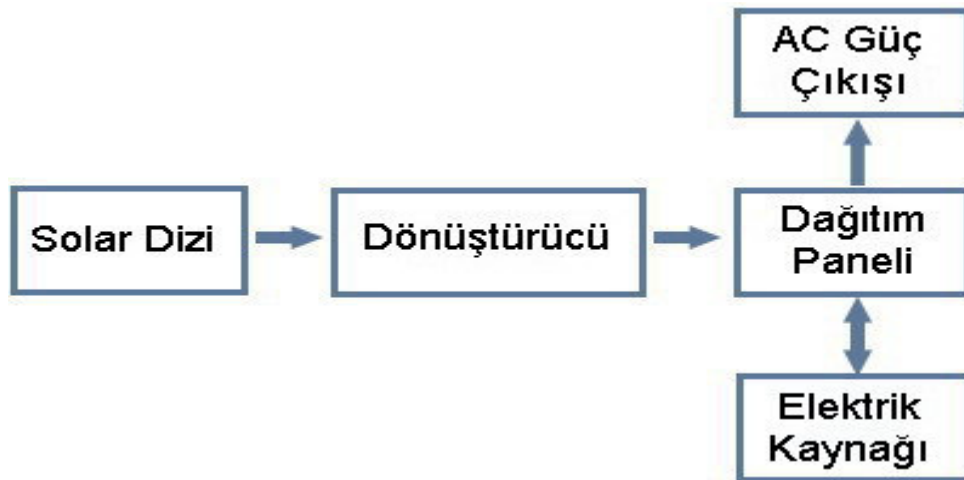
Fotovoltaik sistem uygulamalarını şebekeye paralel(on-grid) ve şebekeden bağımsız (off-grid ya da stand alone) sistemler olarak ikiye ayırabiliriz (Sulukun 2019)

2.9.1 Şebekeye Paralel Sistemler

Şebekeye paralel sistemlerde elektrik şebekesi sonsuz bir batarya düzeneği olarak düşünüldüğünden akü kullanılmaz. Şebekeye paralel sistemlerde üretilen enerji ihtiyaç duyulan enerjiden fazla ise çift yönlü sayaç sayesinde fazla olan elektrik enerjisi şebekeye verilir. Şekil 2.20’de şebekeye paralel sistem uygulaması gösterilmiştir. Şekil 2.21’de şebekeye paralel sistem uygulamasının şematik görünümü gösterilmiştir.

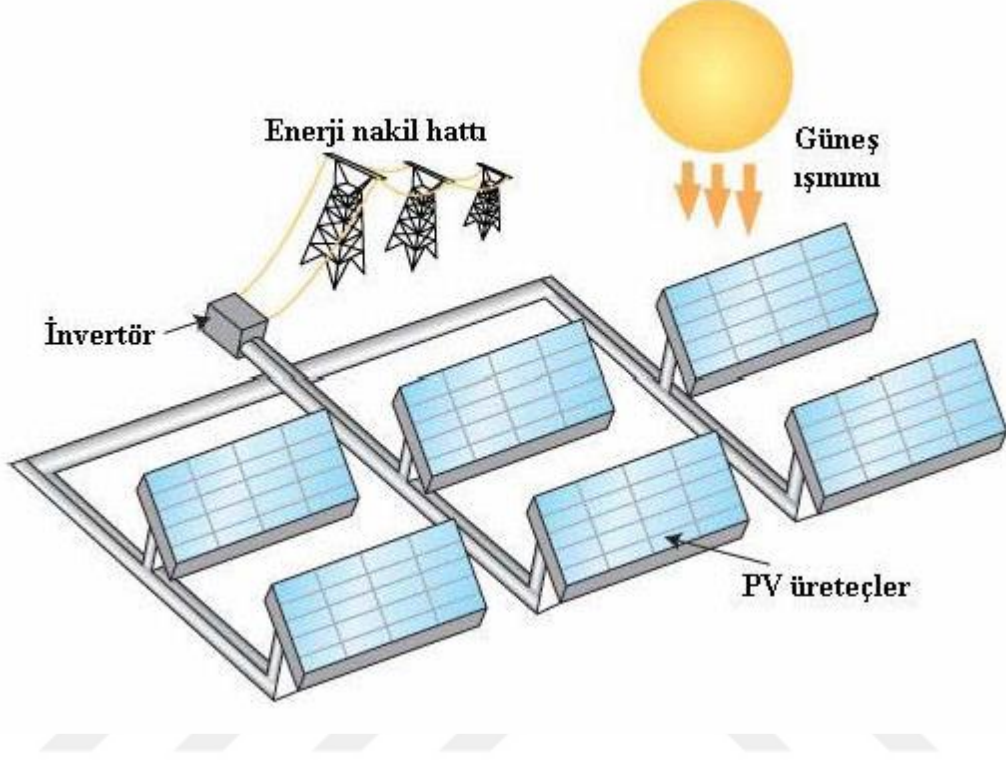


Şekil 2.20. Şebekeye paralel sistem uygulaması (URL 11)



Şekil 2.21. Şebekeye paralel sistem uygulamasının şematik görünümü

Şebekeye paralel sistemlerle MW mertebesinde elektrik üreten elektrik santrali Şekil 2.22’de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Şebekeye paralel sistem uygulaması elektrik üretim santrali

Şebekeye paralel sistemlerin özellikleri:

- Şebekeden bağımsız sistemlere göre ilk yatırım maliyeti düşük olur.
- Akü bakım ve değişim maliyeti oluşmaz.
- Çift yönlü sayaç kanuni düzenlemeye tabidir.
- Yıllık üretilecek enerji tahmin edilirken anlık üretilecek enerji tahmin edilememektedir.
- Şebekeden alınan enerji ve şebekeye verilen enerji maliyetleri sabit değildir.
- Dünyada genelde devlet desteği verilerek kullanılır.
- Modüler sistem olduğu için ekleme ve çıkarma yapılabilir.
- Bu sistemler çok sessiz çalışır (Ceylan ve Gürel 2018).

2.9.2. Şebekeye Bağımsız Sistemler

Şebekeden bağımsız sistemler de ihtiyaç duyulan elektriğin tümü fotovoltaik sistemden alınır. Bu tür sistemlerde akü olur ve güneş ışınımının düşük olduğu zamanlarda, hiç olmadığı gece saatlerinde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi aküden sağlanır. Şekil 2.23'te şebekeden bağımsız (stand alone ya da off-grid) sistem uygulaması görülmektedir. Şebekeden bağımsız sistemler şebekenin olmadığı yerler veya şebekenin getirilmesinin yüksek maliyetli olduğu yerler için kullanılır. Taşıtlarda (kara, deniz ve hava), hesap makinelerinde, saatlerde, trafik sinyalizasyonunda, şebekeden uzak yerleşim yerlerinde olan fotovoltaik sistemler şebekeden bağımsız sistemlere örnek gösterilebilir.



Şekil 2.23. Şebekeden bağımsız (stand alone ya da off-grid) sistem uygulaması

Şebekeden bağımsız sistemlerde ihtiyaç duyulan güç belirlendikten solar sistemin tasarımı gerçekleştirilmelidir. Bu sistemlerde şarj regülatörüne akü bağlantısı yapıldıktan sonra

güneş panelleri bağlanmalıdır. Şebekeden bağımsız (stand alone ya da off-grid) sistemlerin özellikleri:

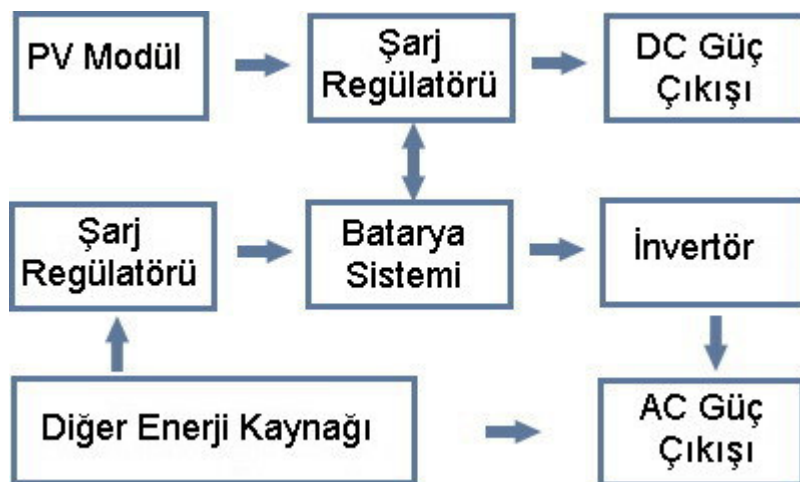
- Gece depolama gerektirdiğinden (güneş ışınımı olmadığı için) ilk yatırım maliyeti çok yüksektir.
- Akü kullanıldığından bakım ve değişim maliyeti vardır.
- Kanuni düzenlemeye ihtiyaç yoktur.
- Akü kullanıldığı için enerji kaybı oluşmaktadır.
- Modüler sistem olduğu için ekleme ve çıkarma yapılabilir.
- Güneş panellerinden dolayı sistem sessiz çalışır.
- Elektrik şebekesinden uzak olan dağ evleri, çiftlikler vb yerlerde kullanımı uygundur (Ceylan ve Gürel 2018).

2.9.3. Hibrit Sistemler

Hibrit sistemler birinci sistemi fotovoltaik sistem ve diğer sistemi diesel jeneratör veya rüzgar enerjisi gibi farklı elektrik üretim sistemlerinden biri olmak üzere iki sistemin birleşmesiyle oluşur. Bu sistem sayesinde ihtiyaç duyulan enerjinin panellerden sağlanamadığı zamanlar diğer sistemden enerji alınır. Şekil 2.24'de rüzgar türbini ve PV modülün birlikte kullanıldığı bir hibrit sistem gösterilmiştir. Şekil 2.25'te hibrit sistemin şematik görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.24. Rüzgar türbini ve PV modülün birlikte kullanıldığı bir hibrit sistem



Şekil 2.25. Hibrit sistemin şematik görünümü

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Birim Yüzeğe Gelen Güneş Işınım Şiddetinin Hesaplanması

Güneş enerjisi ile ilgili yapılacak tüm çalışma, uygulama ve tasarımlarda uygulamanın yapılacağı bölgede birim yüzeğe gelen anlık, aylık, yıllık ve ortalama günlük ışınım değerlerine ihtiyaç duyulur. Bu ışınım değerlerinin bir bölümü ölçüm istasyonlarında uzun süre yapılan ölçüm sonuçlarından sağlanırken bir bölümü de ölçüm istasyonlarından elde edilen verilerden faydalanarak yapılacak uygulama durumuna göre yaklaşık ifadelerle tespit edilmektedir. Ölçüm istasyonlarında genelde birim yatay yüzeğe gelen anlık toplam ışınım (H) değeri tespit edilmektedir.

$$H = H_b + H_d \quad (3.1)$$

Burada;

H_b = Direk ışınım değeri

H_d = Yayılı(diffüze) ışınım değeri

Kuzey yarım küresinde güneş ışınımından yeterince faydalanabilmek için ışınım alacak yüzeyin güney veya güneyin ara yönlerine belirli bir açıda eğilendirilmesi gerekir. Bu konuda geliştirilen matematiksel ifadeler aşağıda verilmiştir.

3.2. Eğilendirilmiş Birim Yüzeğe Gelen Anlık(H), Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerlerinin Hesaplanması

Güneş enerjisi ile ilgili yapılacak tüm uygulama ve tasarım çalışmalarında çok sayıda parametreye ihtiyaç duyulur. İhtiyaç duyulan temel parametrelerden en önemlileri uygulama yapılacak bölgenin coğrafi değerleri ile yatay ve eğik birim yüzeğe gelen anlık, aylık ortalama günlük tüm ışınım değerleri ile yıllık ortalama güneş ışınım değerleridir. Bu çalışmada uygulama alanı olarak Bingöl ili ve çevresinin coğrafik değerleri ile bu bölgeye

gelen güneş ışınım değerlerinin on yıllık ortalaması esas alınarak tasarıma dayalı gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Benzeri bir çalışma diğer bölgeler için de yapılabilir. Gerçek uygulamalarda ve bilimsel bazdaki analizlerde bölgenin enlem derecesi esas alınarak yataya nazaran bir (S) açısı ile eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen anlık güneş ışınım ($H_t, Mj/m^2$) değeri ve yataya nazaran bir (S) açısıyla eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınım ($\bar{H}_t, Mj/m^2 gün$) değeri önemli temel parametrelerdir.

Yataya nazaran bir (S) açısı ile eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen güneş ışınım değerlerinin tespit edilebilmesi için ilgili yörede yatay birim yüzeye gelen anlık(H) ve yatay birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınım(\bar{H}) değerlerine ihtiyaç vardır. Bu değerler bölgedeki güneş ölçüm istasyonlarından sağlanabilmektedir. Bu çalışmada da Bingöl ili için birim yatay yüzeye gelen anlık ve aylık ortalama günlük tüm güneş ışınım değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden son on yıllık ortalama değerleri sağlanarak tezde ilgili kısımlarda kullanılmıştır.

Eğimlendirilmiş yüzeye gelen anlık güneş ışınımı: H_t

Yatay yüzeye gelen anlık güneş ışınımı: H

$$H = H_b + H_d \quad (\text{meteoroloji ölçüm istasyonlarından alınır})$$

H_b = Direk ışınım değeri

H_d = Yayılı(diffüze) ışınım değeri

Eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen anlık güneş ışınımı (H_t) aşağıdaki ifade yardımı ile hesaplanabilir.

$$H_t = H_b R_b + H_d \left(\frac{1 + \cos(S)}{2} \right) + (H_b + H_d) \rho_g \left(\frac{1 - \cos(S)}{2} \right) \quad (3.2)$$

$$R_b = \frac{\cos(i)}{\cos(z)} = \frac{\cos(L-S)\cos(\delta)\cos(h) + \sin(L-S)\sin(\delta)}{\cos(L)\cos(\delta)\cos(h) + \sin(L)\sin(\delta)} \quad (3.3)$$

ρ_g : Çevrenin yansıtma oranı

R_b : Direk ışınım eğim faktörü

z : Zenit açısı

i : Güneşin geliş açısı

δ : denklinasyon açısı

h : Saat açısı

Öte yandan $\left(\frac{H_t}{H}\right)$ oranı önemli bir parametredir. Bu oran “R” ile ifade edilmektedir; toplam güneş ışınımına eğim faktörü adı verilmektedir.

$$R = \frac{H_t}{H} = \frac{H_b}{H} R_b + \frac{H_d}{H} \left(\frac{1+\cos(S)}{2}\right) + \rho_g \left(\frac{1-\cos(S)}{2}\right) \quad (3.4)$$

Aylık ortalama toplam eğim faktörü \bar{R} ise;

$$\bar{R} = \frac{\bar{H}_t}{\bar{H}} = \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \bar{R}_B + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \left(\frac{1+\cos(S)}{2}\right) + \rho_g \left(\frac{1-\cos(S)}{2}\right) \quad (3.5)$$

Burada \bar{R}_b , aylık ortalama günlük direk ışınım eğim faktörüdür. Bu değer kuzey yarım küresinde ekvatora dönük bir yüzey için

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(L-S) \cos(\delta) \sin(h'_s) + \left(\frac{\pi}{180}\right) h'_s \sin(L-S) \sin(\delta)}{\cos(L) \cos(\delta) \sin(h_s) + \left(\frac{\pi}{180}\right) h_s \sin(L) \sin(\delta)} \quad (3.6)$$

$$h_s = \arccos(-\tan(L) \tan(\delta)) \quad (3.7)$$

$$h'_s = \arccos[-\tan(L - S) \tan(\delta)]$$

Yataya nazaran bir (S) açısı ile eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımı (\bar{H}_t) değerinin tespiti için birçok yaklaşık ifade geliştirilmiştir. Bunlardan en çok tercih edilen Liu ve Jordon tarafından geliştirilen yaklaşık ifadelerdir. Liu ve Jordon yaklaşımının da yatay birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük yayılı(diffüze) ışınım değerinin yatay birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük ışınım değerine, olan oranından (\bar{H}_d/\bar{H}) ve aylık ortalama günlük açıklık indeksinden (\bar{K}_t) faydalanılır.

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.390 - 4027\bar{K}_t - 3.108(\bar{K}_t)^3 \quad (3.8)$$

$$\bar{H}_d = \bar{H} - \bar{H}_b \quad (3.9)$$

3.3. Absorbe Edilen Işınım Miktarı

Yatay birim yüzeye gelen anlık ışınımın absorbe edilen değeri H_a ise;

$$H_a = H_b R_b (\tau\alpha)_b + H_d (\tau\alpha)_d \left(\frac{1+\cos(S)}{2}\right) + H\rho_g (\tau\alpha)_g \left(\frac{1-\cos(S)}{2}\right) \quad (3.10)$$

Yatay birim yüzeyin absorbe ettiği aylık ortalama günlük ışınım değeri \bar{H}_a ;

$$\bar{H}_a = \bar{H}_B \bar{R}_B (\bar{\tau}\alpha)_B + \bar{H}_d (\bar{\tau}\alpha)_d (1 + \cos(s)/2) + \bar{H}\rho_g (\bar{\tau}\alpha)_g (1 - \cos(S)/2) \quad (3.11)$$

Veya $\bar{H}_a = \bar{H}\bar{R}(\bar{\tau}\alpha)$ ifadesiyle hesaplanır.

3.4. Bingöl ve Çevre İller İçin Yataya Nazaran Belirli Açılarla Eğilendirilmiş Panel Yüzelere Gelen Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerlerinin Matlab Bilgisayar Programı İle Hesaplanması

Bingöl İlinde Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan yatay yüzeye gelen güneş ışınımı değerlerinin 10 yıllık ortalamaları ve diğer iklim özellikleri. Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.1. Bingöl ili aylık ortalama günlük toplam güneşlenme süresi (saat)

| (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2018) | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| İSTASYON ADI/NO: BINGOL / 17203 | | | | | | | | | | | | |
| YIL/AY | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2009 | 2,3 | 3,2 | 4,6 | 4,1 | 3,5 | 9,4 | 9,5 | 9,1 | 8,3 | 6,0 | 5,5 | 4,4 |
| 2010 | 4,7 | 3,8 | 5,3 | 6,0 | 6,5 | 9,5 | 9,5 | 9,2 | 8,3 | 6,3 | 4,4 | 4,4 |
| 2011 | 3,5 | 5,2 | 3,9 | 5,3 | 7,6 | 8,8 | 9,7 | 8,9 | 7,7 | 6,4 | 4,9 | 3,3 |
| 2012 | 3,5 | 3,3 | 4,6 | 4,2 | 8,2 | 9,7 | 9,2 | 8,6 | 8,1 | 4,9 | 6,0 | 6,2 |
| 2013 | 4,8 | 4,8 | 4,6 | 4,2 | 6,0 | 9,2 | 8,9 | 8,6 | 8,5 | 6,6 | 4,1 | 3,7 |
| 2014 | 4,9 | 5,2 | 4,8 | 5,3 | 7,3 | 9,3 | 9,5 | 8,1 | 7,1 | 7,0 | 5,1 | 4,3 |
| 2015 | 4,0 | 2,0 | 3,8 | 6,0 | 7,4 | 8,2 | 8,8 | 9,0 | 7,8 | 6,8 | 4,3 | 2,1 |
| 2016 | 2,2 | 2,1 | 4,5 | 5,6 | 6,7 | 8,6 | 9,4 | 9,1 | 7,9 | 5,8 | 7,1 | 4,2 |
| 2017 | 4,2 | 4,3 | 5,6 | 3,9 | 5,9 | 8,9 | 8,3 | 9,1 | 7,8 | 6,9 | 4,7 | 4,5 |
| 2018 | 1,8 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 6,2 | 8,6 | 9,0 | 8,8 | 8,3 | 6,0 | 4,0 | 2,5 |

Tablo 3.2. Bingöl ili aylık ortalama sıcaklık (°C)

| Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2018) | | | | | | | | | | | | |
| İSTASYON ADI/NO: BINGOL / 17203 | | | | | | | | | | | | |
| YIL/AY | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2009 | 0,1 | -1,7 | 1,1 | 10,3 | | 23,0 | 27,4 | 28,4 | 21,2 | 15,2 | 6,5 | 0,6 |
| 2010 | -2,5 | -1,9 | 5,9 | 9,9 | 15,2 | 22,5 | 26,4 | 26,6 | 22,3 | 15,4 | 5,6 | -5,1 |
| 2011 | -3,9 | -2,7 | 3,8 | 11,9 | 16,7 | 20,9 | 28,2 | 27,2 | 20,7 | 12,4 | 5,4 | 0,6 |
| 2012 | -4,9 | -2,4 | 3,7 | 10,2 | 15,5 | 23,8 | 25,5 | 27,6 | 19,9 | 12,7 | 3,4 | -1,9 |
| 2013 | -7,6 | -4,8 | 2,2 | 4,7 | 16,2 | 21,0 | 24,7 | 24,8 | 20,5 | 13,5 | 3,2 | -2,7 |
| 2014 | -8,5 | -7,1 | 4,7 | 10,8 | 11,7 | 19,9 | 24,8 | 25,3 | 20,1 | 14,1 | 8,0 | -1,6 |
| 2015 | -3,5 | 0,2 | 3,1 | 9,3 | 15,8 | 22,6 | 26,1 | 26,0 | 19,5 | 15,8 | 7,6 | 3,7 |
| 2016 | 1,3 | 3,5 | 8,8 | 11,9 | 17,0 | 24,0 | 28,8 | 28,5 | 24,0 | 15,0 | 9,8 | 4,5 |
| 2017 | 0,5 | 0,7 | 5,7 | 10,3 | 15,2 | 21,8 | 26,9 | 27,0 | 21,4 | 13,3 | 2,4 | -0,1 |
| 2018 | -1,3 | -4,3 | | 12,3 | 17,0 | 24,1 | 27,3 | 27,4 | 22,6 | 15,5 | 9,4 | 1,7 |

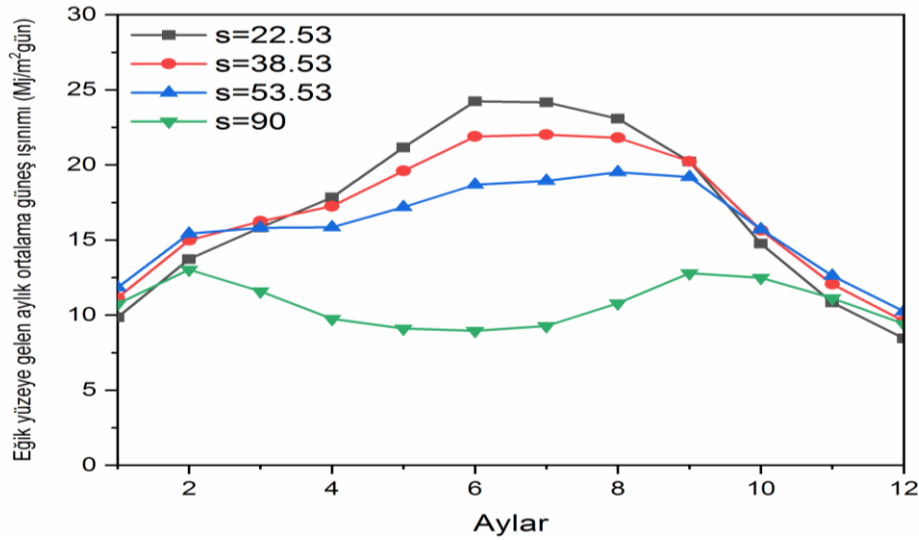
Tablo 3.3. Bingöl ili aylık ortalama günlük toplam global güneşlenme şiddeti (cal÷cm²)

| Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti (cal÷cm ²) | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| İSTASYON ADI/NO: BINGOL / 17203 | | | | | | | | | | | | |
| YIL/AY | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2011 | 150,3 | 225,1 | 336,1 | 348,6 | | 593,4 | 554,9 | 525,0 | 456,4 | 306,2 | 200,0 | 152,1 |
| 2012 | 148,0 | 240,2 | 378,6 | 434,1 | 487,1 | 592,8 | 576,4 | 492,4 | 430,5 | 297,0 | 187,0 | 198,8 |
| 2013 | 195,5 | 301,6 | 299,7 | 398,5 | 504,6 | 553,5 | 565,6 | 516,4 | 421,6 | 307,7 | 205,9 | 146,3 |
| 2014 | 177,5 | 232,1 | 314,5 | 337,0 | 514,6 | 585,7 | 544,7 | 500,6 | 438,1 | 269,4 | 211,9 | 196,3 |
| 2015 | 196,8 | 269,3 | 316,0 | 327,0 | 424,7 | 558,3 | 529,6 | 470,9 | 451,0 | 314,3 | 196,1 | 157,9 |
| 2016 | 221,6 | 305,2 | 354,1 | 426,4 | 516,0 | 605,1 | 571,5 | 484,3 | 415,2 | 330,1 | 204,7 | 176,9 |
| 2017 | 201,4 | 190,0 | 320,8 | 432,3 | 516,1 | 569,0 | 541,1 | 543,1 | 433,7 | 323,3 | 201,9 | 122,7 |
| 2018 | 139,1 | 213,7 | 342,5 | 416,2 | 478,8 | 559,5 | 563,0 | 522,4 | 432,3 | 280,2 | 250,9 | 153,1 |

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen değerler ve tezimize esas teşkil eden Bingöl ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri matlab programı ile hesaplanarak elde edilen veriler Tablo 3.4'de ve Şekil 3.1'de verilmiştir. Bingöl ili L Değeri 38.53° ve $\rho = 0.2$ esas alınmıştır.

Tablo 3.4. Bingöl ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri

| AY | T _a (°C) | \bar{H} (MJ/m ² gün) | \bar{H}_t (MJ/m ² gün) | | | |
|---------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|---------|--------|
| | | | 23,53° | 38,53° | 53,53° | 90° |
| OCAK | -1,09 | 6,81 | 9,3561 | 11,7626 | 11,8355 | 10,749 |
| ŞUBAT | -0,46 | 10,31 | 13,2602 | 14,9837 | 15,9773 | 13,027 |
| MART | 4,33 | 13,58 | 15,9684 | 16,4870 | 15,814 | 11,581 |
| NİSAN | 10,75 | 17,04 | 17,8785 | 17,9726 | 15,8475 | 9,745 |
| MAYIS | 17,13 | 21,74 | 21,5661 | 19,5773 | 17,7777 | 9,1026 |
| HAZİRAN | 22,74 | 25,84 | 24,4472 | 21,8502 | 18,6722 | 8,9537 |
| TEMMUZ | 27,02 | 25,43 | 24,6564 | 22,4806 | 18,932 | 9,2792 |
| AĞUSTOS | 26,41 | 22,8 | 23,7221 | 21,8115 | 19,7895 | 10,781 |
| EYLÜL | 20,77 | 18,08 | 20,5406 | 20,2369 | 19,189 | 12,455 |
| EKİM | 14,16 | 11,82 | 14,5603 | 15,6502 | 15,7144 | 12,483 |
| KASIM | 7,11 | 7,82 | 10,7637 | 12,0635 | 12,6265 | 11,124 |
| ARALIK | 0,81 | 5,78 | 8,9878 | 9,6034 | 10,2357 | 9,4099 |



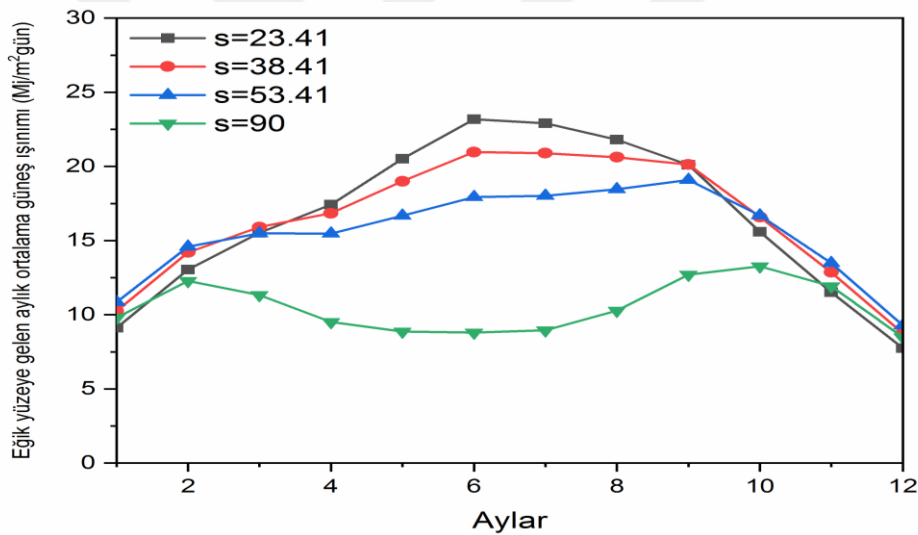
Şekil 3.1. Bingöl iline ait hesaplanan değerlerin grafiklendirilmesi

- Elazığ ili için \bar{H}_t değerlerinin hesaplanması

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen değerler ve tezimize esas teşkil eden Elazığ ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri matlab programı ile hesaplanarak elde edilen veriler. Tablo 3.5'te ve Şekil 3.2'de verilmiştir. Elazığ ili L değeri 38.41° ve $\rho = 0.2$ esas alınmıştır.

Tablo 3.5. Elazığ ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90°eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri

| AY | T _a (°C) | \bar{H} (MJ/m ² gün) | \bar{H}_t (MJ/m ² gün) | | | |
|---------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | 23,41° | 38,41° | 53,41° | 90° |
| OCAK | 1,36 | 6,42 | 9,7583 | 10,4635 | 11,9765 | 10,7654 |
| ŞUBAT | 1,76 | 9,90 | 13,6578 | 14,3586 | 15,8653 | 13,7897 |
| MART | 5,98 | 13,36 | 15,9187 | 15,9853 | 15,9765 | 11,4678 |
| NİSAN | 11,76 | 16,67 | 17,6975 | 16,7653 | 15,9754 | 9,6789 |
| MAYIS | 17,56 | 21,07 | 20,4897 | 18,8643 | 17,6785 | 9,5678 |
| HAZİRAN | 23,04 | 24,69 | 23,9876 | 20,8756 | 18,4689 | 8,5789 |
| TEMMUZ | 27,87 | 24,09 | 22,7697 | 20,3367 | 18,4699 | 9,9765 |
| AĞUSTOS | 26,96 | 21,59 | 21,4578 | 20,9654 | 19,4578 | 10,7865 |
| EYLÜL | 21,07 | 18,01 | 20,8789 | 20,8643 | 19,8754 | 12,7890 |
| EKİM | 14,67 | 12,43 | 15,6797 | 15,8754 | 15,6789 | 12,8789 |
| KASIM | 8,01 | 8,24 | 11,4678 | 11,8653 | 12,4567 | 11,5667 |
| ARALIK | 2,59 | 5,42 | 7,5678 | 7,9764 | 10,8995 | 9,7787 |



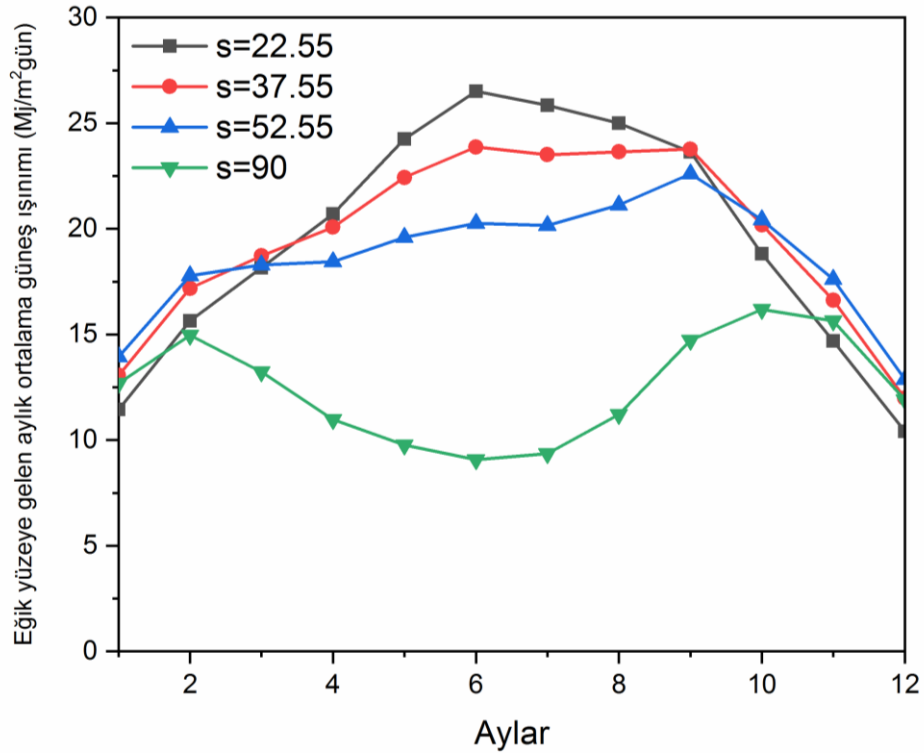
Şekil 3.2. Elazığ İline ait hesaplanan \bar{H}_t değerlerin grafiklendirilmesi

- Diyarbakır ili için \bar{H}_t değerlerinin hesaplanması

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen değerler ve tezimize esas teşkil eden Diyarbakır ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri matlab programı ile hesaplanarak elde edilen veriler Tablo 3.6'da ve Şekil 3.3'te verilmiştir. Diyarbakır ili L değeri 37.55° ve $\rho = 0.2$ esas alınmıştır.

Tablo 3.6. Diyarbakır ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90°eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri

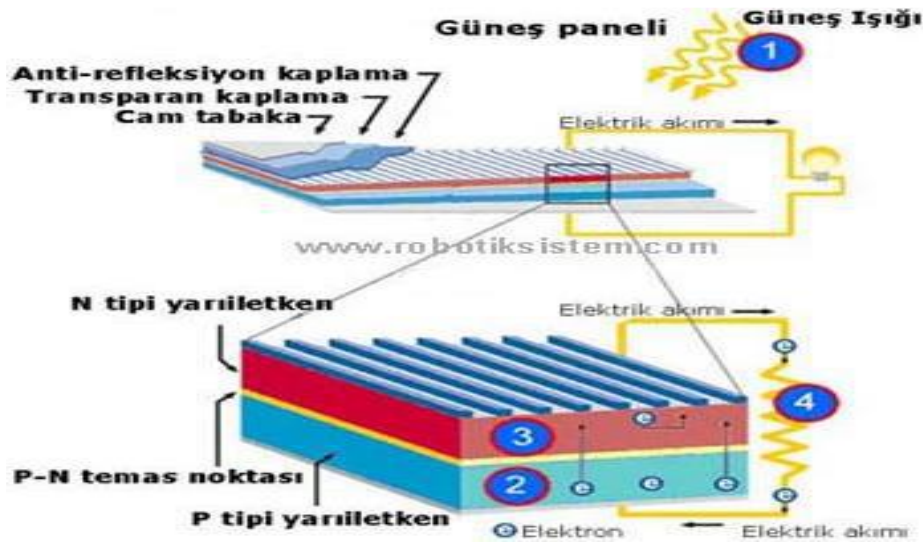
| AY | T _a (°C) | \bar{H} (MJ/m ² gün) | \bar{H}_t (MJ/m ² gün) | | | |
|---------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | 22,55° | 37,55° | 52,55° | 90° |
| OCAK | 3,02 | 7,9 | 11,9789 | 13,8457 | 13,5678 | 12,6688 |
| ŞUBAT | 4,32 | 11,75 | 15,6757 | 17,4637 | 17,5778 | 14,6854 |
| MART | 8,87 | 15,53 | 18,5678 | 18,7454 | 18,5677 | 13,4788 |
| NİSAN | 13,76 | 19,73 | 20,9085 | 20,7653 | 18,7766 | 10,6688 |
| MAYIS | 19,57 | 24,92 | 24,6688 | 22,3546 | 19,5756 | 9,7896 |
| HAZİRAN | 27,75 | 28,3 | 26,5778 | 23,7564 | 20,5758 | 9,6688 |
| TEMMUZ | 31,98 | 27,97 | 25,5788 | 23,4657 | 20,4787 | 9,8789 |
| AĞUSTOS | 30,08 | 24,67 | 25,5789 | 23,4765 | 21,7678 | 11,6789 |
| EYLÜL | 24,90 | 21,97 | 23,9764 | 23,4778 | 22,9876 | 14,9688 |
| EKİM | 17,78 | 14,65 | 18,6876 | 20,8765 | 20,8766 | 16,8756 |
| KASIM | 9,08 | 10,46 | 14,6688 | 16,7886 | 17,5547 | 15,7789 |
| ARALIK | 4,08 | 7,98 | 10,8655 | 11,8866 | 12,9867 | 11,6789 |



Şekil 3.3. Diyarbakır iline ait hesaplanan \bar{H}_t değerlerin grafiklendirilmesi

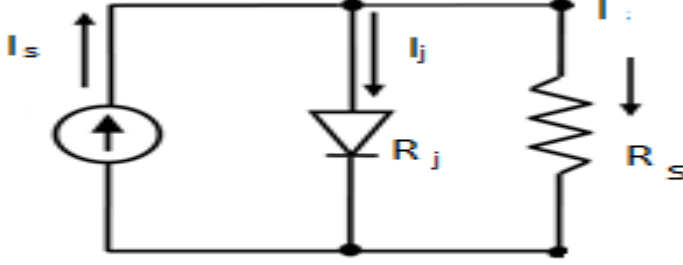
3.5. Fotovoltaik Piller ve Performansları

Fotovoltaik piller, genellikle protonca ve elektronca zengin yarı iletken malzemelerin uygun bir şekilde birleştirilip bir (p-n) kavşağı oluşturmaları suretiyle meydana getirilmiş bir yapıya sahip önemli sistemlerdir. (p-n) kavşakları yardımıyla sonsuz enerji kaynağı olan güneş enerjisinden direkt elektrik enerjisi (DC) üretimi ve benzer diğer uygulamalar için yer ve uzay sisteminde tercih edilen ve halen yoğun kullanılan enerji dönüşüm sistemleridir. Şekil 3.4’de fotovoltaik pilin fiziksel yapısı verilmiştir. Günümüzde (p-n) kavşağı oluşturmak için çok farklı yarı iletken malzemeler kullanılmaktadır. Ancak yeryüzünde bol bulunan silikon bu konuda en çok tercih edilen malzemedir. Saf silikon üretimi için, indüksiyon Ocaklarında eritilmiş silikon içine boron malzeme katılarak (p) tipi malzeme üretilir. Bu işlemten sonra (p) tipi yarı-iletken malzeme yüzeyinde (n) tipi yarı iletken malzeme meydana getirecek şekilde, içinde fosfor gazı bulunan difizyon fırınına konularak difizyonla girişim sağlanarak yüzeyde elektronca zengin 0.2μ (mikron) kalınlığında n tipi yarı iletken malzemeyi oluşturacak şekilde çok ince bir bant teşekkül ettirilerek ışığa, ışına duyarlı (p-n) kavşağı oluşturulur. Bu (p-n) kavşakları uygun şekilde birleştirilerek ihtiyaca göre belirli güçlerde fotovoltaik sistem (panel) üretilerek kullanıcılara sunulur. Günümüzde farklı metal kombinasyonu ve üretim yöntemleri kullanılarak daha verimli; daha ucuz yani tip yarı-iletken malzemeler üretilerek uygun şekilde (p-n) kavşağı oluşturulması konusunda yoğun araştırma ve çalışmalar devam etmektedir.



Şekil 3.4. Güneş pilinin (Fotovoltaik) fiziksel yapısı

Fotovoltaik pil teşkili için Şekil 3.5'te verilen eş değer devre pratik uygulamalar için uygun devre olarak kullanılabilir.



Şekil 3.5. Fotovoltaik eş değer devresi

Bu devrede yük akımı; I ile ifade edilir.

$$I = I_s - I_j \quad (3.12)$$

I_j (p-n) kavşağı akımı aşağıdaki ifade ile verilir.

$$I_j = I_o \left[e^{\left(\frac{eV}{kT}\right)} - 1 \right] \quad (3.13)$$

Bu ifade aynı zamanda (p-n) kavşağındaki (kavşak diyodunda) akım-gerilim bağıntısıdır.

Burada ;

I_o : Karanlık Akım

k : Boltzman sabiti (termal iletkenlik)

T : Kavşak (hücre) mutlak sıcaklığı(K)

I_s : Kısa devre akımı

(3.13) nolu ifadede (3.12) nolu ifadeye yerleştirilirse; devre yük akımı (I) aşağıdaki ifade ile verilir.

$$I = I_s - I_o \left[e^{\left(\frac{eV}{kT}\right)} - 1 \right] \quad (3.14)$$

Kısa devre akım şartlarında ışık kaynaklı bir devre elde edilir, bu durumda $V = 0$ olur ve

$I = I_S$ olur. Öte yandan açık devre şartlarında $I = 0$ bu durumda maksimum açık devre (V_{OC}) dir. Bu durumda (3.14) nolu ifade aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\frac{I_S}{I_o} = \exp\left(\frac{eV_{OC}}{kT}\right) - 1 \text{ ve } V_{OC} = \frac{kT}{e} \ln\left(\frac{I_S}{I_o} + 1\right) \quad (3.15)$$

Fotovoltaik pilden üretilen elektrik enerjisi gücü P ise

$$P = IV \quad (3.16)$$

Işınım şiddetine bağlı olarak elde edilen güç yük direncine (R) bağlı olur. Bu durumda (3.14) nolu ifade (3.16) nolu ifadede yerine konulursa; çıkış gücü (P) aşağıdaki ifade ile verilir.

$$P = \left\{ I_S - I_o \left[\exp\left(\frac{eV_{OC}}{kT}\right) - 1 \right] \right\} V \quad (3.17)$$

(3.17) nolu ifadenin (V)'ye göre diferansiyeli alınıp türevi sıfıra eşitlenirse, elde edilen ifade dış yük voltajını (gerilimini) (V_{mp}) verir. Buradan da fotovoltaik hücre max çıkış gücüne ulaşır:

$$\left\{ I_S - I_o \left[\exp\left(\frac{eV_{mp}}{kT}\right) - 1 \right] \right\} + V_{mp} \left\{ -I_o \left[\left(\frac{e}{kT}\right) \exp\left(\frac{eV_{mp}}{kT}\right) \right] \right\} = 0$$

Veya;

$$\exp\left(\frac{eV_{mp}}{kT}\right) \left(1 + \frac{eV_{mp}}{kT}\right) = 1 + \frac{I_S}{I_o} \quad (3.18)$$

(3.18) nolu ifade; kısa devre akımı I_S , I_o ve mutlak sıcaklık (T) şartlarında çıkış gücünü maksimum yapan V_{mp} gerilimi için impliit eşitliğidir. Şayet I_S , I_o ve T bilinirse, V_{mp} değeri de (3.18) nolu ifade yardımı ile bulunabilir. Öte yandan çıkış yükünü max yapan yük altındaki akım değeri olan I_{mp} ' de bulunabilir. (3.18) nolu ifade (3.14) nolu ifade de yerine konulursa;

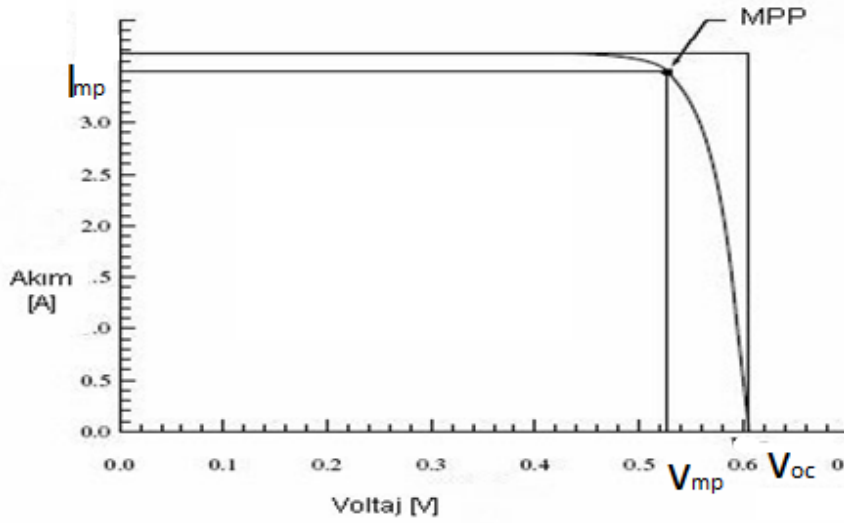
$$I_{mp} = I_S - I_o \left[\exp\left(\frac{eV_{mp}}{kT}\right) - 1 \right]$$

$$I_{mp} = I_S - I_o \left[\frac{\left(1 + \frac{I_S}{I_o}\right)}{\left(1 + \frac{eV_{mp}}{kT}\right) - 1} \right] = \frac{\left(\frac{eV_{mp}}{kT}\right)}{\left(1 + \frac{eV_{mp}}{kT}\right)} (I_S + I_o) \quad (3.19)$$

İfadesi elde edilir. Bu durumda fotovoltmik hücrenin max çıkış gücü (P_{max}) aşağıdaki şekilde verilebilir.

$$P_{max} = \left[\frac{eV_{mp}}{kT} (I_S + I_o) \right] V_{mp} \quad (3.20)$$

Şekil 3.6’da belirli bir ışın şiddeti için voltaj-akım karakteristikleri verilmiştir.



Şekil 3.6. Herhangi bir fotovoltmik pile ait yüke karşılık voltaj-akım karakteristikleri

3.6. Fotovoltmik Sistem Performansı – Uygulama Metodu

Tek başına fotovoltmik hücrenin gerilimi ve çıktı akımı oldukça küçük seviyede olduğundan ihtiyaca göre, her bir hücre seri veya paralel bağlanarak gerilim veya akım değeri artırılarak ihtiyaç giderilebilir. Benzer uygulama fotovoltmik panel yerleşimlerinde de uygulanarak istenilen gerilim veya akım şartları sağlanabilmektedir. Bu uygulamada

paneller belirli bir düzende seri veya paralel bağlanarak sistem tasarımı yapılır. Fotovoltaik uygulama işleminde gerilimin (voltajın) yüksek olması isteniyorsa; her hücre seri bağlanır. Aynı işlem, belirli güçlerde üretilmiş panel sistemine de uygulanarak, yani paneller de seri bağlanarak ihtiyaç duyulan yüksek gerilime sahip devre oluşturulur. Şayet ihtiyaç gereği devre akımının yüksek olması isteniyorsa; hücreler ve hücrelerden oluşmuş paneller paralel bağlanarak yüksek akım şartları sağlanır. Panel dizi hesabı yapılırken fotovoltaik güç sistemin kurulacağı bölgede en az 10 veya 15 yıl geriye giderek bu yıllar içerisinde kaydedilen en yüksek ve en düşük sıcaklık değeri esas alınarak dizi sayısı bulunur. Bingöl ili için en yüksek sıcaklık 41°C, en düşük sıcaklık -21°C'dir. Genel olarak güneş panel veri değerleri test sonucu elde edilir. Bu veriler içinde; panel gücü, akımı, gerilimi, test yapılan ortam sıcaklığı önemli parametrelerdir. Genelde test sıcaklığı 20 ve 25°C alınır. Örnek bir panelin teknik özellikleri şu şekildedir.

W_p : Güneş panelin maksimum gücü (325 V)

V_{mp} : Maksimum güçteki voltaj değeri (38,11 V)

I_{mp} : Maksimum güçteki akım değeri (8,53 A)

V_{oc} : Açık devre gerilim değeri (46,34 V)

I_{sc} : Kısa devre akım değeri (9,11 A)

- Fotovoltaik Güç Sistemlerinin Projelendirilmesi

Herhangi bir bölgeye yerleştirilecek güneş panelleri ve invertörlerin uyumlu bir şekilde çalışabilmeleri için yapılması gereken işlemler aşağıda verilmiştir

- Alan Seçim ve Özellikleri

Fotovoltaik güç sistemlerinin tasarımında dikkat edilecek önemli hususlardan biri, sistemin kurulacağı alan ve özellikleridir. Fotovoltaik güç sistemleri taşıyıcı yapılar vasıtasıyla doğrudan eğimli bir alan üzerine kurulabileceği gibi binaların çatı yüzeyine de kurulabilir. Fotovoltaik güç sistemlerinin kapasiteleri; sistemin kurulacağı bölgenin güneş ışınım şiddetine ve alanın büyüklüğüne bağlıdır. Güneş panellerinin belirli bir açıyla yerleştirilmesi önemli bir ayrıntıdır. Panel eğim açısı, bölgenin eğim açısı (L) sistem performansını etkileyen önemli parametredir. Eğim açısı her ay değişir. Ancak iyi bir çalışma için paneller, yörenin eğim açısında veya eğim açısından 3-5° fazla bir eğimle yerleştirilmeleri halinde güneş enerjisinden optimum oranda faydalanılır. Gerek ana uygulamalarda gerekse çatı yüzeyi uygulamalarında panellerin birbirlerini gölgelemeleri önlenmelidir.

3.7. Fotovoltaik Hücreler Kullanılarak Güneş Enerjisinden Üretililecek Anlık Elektrik Enerjisi (E) Miktarı

$$E = AH_t\tau_\alpha\eta = A_cH_t\tau\delta - A_cU_L(T_c - T_a) \quad (3.21)$$

Burada;

τ_α : Panelin ışın geçirme – absorbe oranı

A_c : Panel alanı (m^2)

η : Anlık güneş ışıını verimi (%)

H_t : Yataya nazaran “S” açısı ile eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen anlık ışıını şiddeti ($Mj/m^2, W/ m^2$)

τ : Fotovoltaik panel üstüne konmuş ışın geçirici yüzeyin (cam vb) ışın geçirme yüzdesi

δ : Fotovoltaik hücrenin ışın absorbe oranı (yüzdesi)

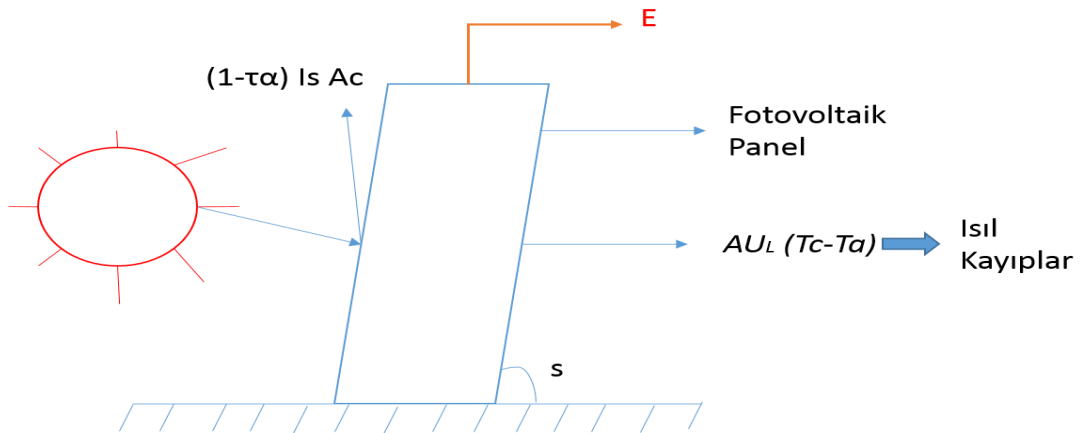
U_L : Kollektörden olan toplam ısı kayıp miktarı ($10 - 30 W/ m^2$ civarında)

T_c : Fotovoltaik hücre sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_a : Çevre ortalama sıcaklığı ($^{\circ}C$)

$$T_c = T_a + \frac{H_t\tau}{U_L}(\alpha - \eta)$$

Panelin anlık verimi (η) fotovoltaik hücre sıcaklığının bir fonksiyonudur. Şekil 3.7’de S açısı ile eğimlendirilmiş bir panel gösterilmektedir.



Şekil 3.7. S açısı ile eğimlendirilmiş panel

I_s : Birim panel yüzeyine anlık gelen güneş ışıını değeri (W/ m^2)

A_c : Panel alanı (m^2)

Fotovoltaik güç sistemi anlık enerji dönüşüm verimi η ile ifade edilir.

$$\eta = \frac{E}{A_c H_t \tau} \quad (3.22)$$

Fotovoltaik güç sistemi ile üretilen anlık üretilen elektrik enerjisi miktarının kollektör üzerine gelen güneş ışınım şiddetine oranıdır. Burada;

E: Fotovoltaik sistem yardımı ile üretilen anlık elektrik enerjisi miktarı (Wh)

A_c : Fotovoltaik panel(pil) yüzeyi (m^2)

H_t : Yataya nazaran belirli bir açı ile eğimlendirilmiş birim panel yüzeyine gelen anlık güneş enerjisi şiddeti (Mj/m^2 , W/ m^2)

τ : Panel örtüsünün (cam yüzeyin) ışın geçirme oranı (%)

Aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı \bar{E} değeri (W/ m^2 gün); anlık güneş enerjisi miktarı olan (E) değerinin hesaplanan ay için entegre edilerek o ayın gün sayısına bölünerek elde edilir.

$$E = \frac{1}{N} \int^{ay} E dt = \frac{1}{N} \int^{ay} A_c \tau \eta H_t dt \quad (3.23)$$

(3.21) nolu ifade de η, τ ve H_t yerine aylık ortalama günlük değerler konulursa aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı (\bar{E}) değeri aşağıdaki ifade ile verilir.

$$\bar{E} = A_c \bar{\tau} \bar{H}_t \bar{\eta} \quad (3.24)$$

$$\bar{\eta} = \frac{\int^{ay} \eta H_t dt}{\int^{ay} H_t dt} \quad (3.25)$$

Fotovoltaik hücreler kullanılarak güneş enerjisinden üretilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı (\bar{E}); fotovoltaik hücreler kullanılarak yataya nazaran bir “S” açısı ile eğimlendirilmiş fotovoltaik panel yardımı ile güneş enerjisinden üretilebilecek “aylık ortalama günlük tüm elektrik enerjisi miktarı (\bar{E}); ile ifade edilirse, bu değer (3.22) nolu ifade ki eğimli bir yüzeye gelen anlık ışınımdan üretilebilecek anlık elektrik enerjisinden (E) faydalanarak, yapılacak entegrasyon işlemi sonucunda elde edilir.

$$\bar{E} = \bar{\tau} \bar{H}_t \bar{\eta} A$$

İfadesi ile hesaplanabilmektedir. Burada;

\bar{E} : “S” açısı ile eğimlendirilmiş birim fotovoltaik panelden güneş enerjisinden üretilebilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı (W/ m²gün)

$\bar{\tau}$: aylık ortalama ışın geçirgenlik oranı (%)

\bar{H}_t : (S) açısı ile eğimlendirilmiş birim fotovoltaik yüzeye (1 m²) gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınım miktarı (Mj/ m²gün) (Wh/m²gün)

$\bar{\eta}$: aylık ortalama fotovoltaik hücre verimi(0.12 – 0.18)

3.8. Bingöl İlinde Yataya Nazaran Farklı Açılarla Eğimlendirilmiş Fotovoltaik Panellerden Üretilbilecek Aylık Ortalama Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı Hesabı

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan yatay yüzeye gelen güneş ışınım değerlerinden faydalanarak ve eğimli yüzeye gelen ışınım bağıntılarını kullanarak yapılan matlab programı sonucuna göre farklı eğim açılarında Bingöl ilinde eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınım değerleri hesaplanarak Tablo 3.4'e ve Şekil 3.1'e aktarılmıştır. Bu veriler esas alınarak Bingöl ilinde üretilebilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı (\bar{E}) tespit edilmiştir. Bu değer ve İnalı Mahallesi aylık ortalama elektrik enerjisi dikkate alınarak panel alanı ve panel sayısı aşağıda hesaplanmıştır.

Bingöl ilinde eğimli yüzeye gelen (38,53°) günlük ortalama güneş ışınım miktarı \bar{H}_t tablo 3.4'den hesaplanarak 16,03 Mj/m² gün bulunmuştur.

Birim m² eğik düzleme gelen aylık ortalama günlük ışınım şiddeti esas alınarak fotovoltaik panelden üretilebilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı \bar{E} ise;

$$\bar{E} = A_c \bar{\tau} \bar{H}_t \bar{\eta} \quad (3.26)$$

$$A_c = 1 \text{ m}^2$$

$$\bar{\tau} = 0,85$$

$$\bar{H}_t = 16,03 \text{ Mj/m}^2$$

$$\bar{\eta} = 0,15$$

$$\bar{E} = 1 \text{ m}^2 \times 0,85 \times 16,03 \times 10^6 \text{ j/ m}^2 \times 0,15 = 2,043825 \times 10^6 \text{ j}$$

1 Wh= 3600j olduğundan

$$\bar{E} = 2,043825 \times 10^6 \text{j} / 3600 = 567,72 \text{Wh}$$

Bingöl İlinde 1 m² eğik yüzeye gelen ışıınımdan elde edilebilecek aylık ortalama günlük enerji miktarı $\bar{E} \cong 567,72 \text{ Wh}$

Işııma, panel ve benzeri kayıplar toplamı 0,115 ise

$$\bar{E}_T = \bar{E} \eta_g = 567,72 \text{ Wh} \times 0,885 = 502,24 \text{ Wh/ m}^2$$

$\bar{E}_T = 0,50224 \text{ kWh}$ Bingöl ilinde 1 m² eğik yüzeye(38.53°) gelen ışıınımdan elde edilebilecek aylık ortalama günlük elektrik enerji miktarı

Bingöl İli İnalı Mahallesi toplam mesken sayısı 375'tir. Bingöl ili İnalı Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 51.896 kWh'tir. Buradan İnalı mahallesinde bir hanenin aylık ortalama tüketilen günlük güneş enerjisi miktarı:

$$51.896 / (375 \text{ hane} \times 30 \text{ gün}) = 4,61 \text{ kWh kabul edilir.}$$

Bingöl ilinde 38.53° eğimlendirilmiş ve verimi 0,15 olan 1 m² fotovoltaik panelden üretilecek aylık ortalama günlük elektrik enerji miktarı $\bar{E} \cong 0,50224 \text{ kWh}$ tır.

Bingöl ili İnalı mahallesinde oturan bir ailenin aylık ortalama günlük elektrik enerji tüketimi 4,61 kWh olduğuna göre bir hanede kullanılacak panel alanı A ise;

$$A = 4,61 \text{ kWh} / 0,50224 \text{ kWh} \cong 9.17 \text{ m}^2 \text{ panele ihtiyaç vardır.}$$

Örnek fotovoltaik panelin ölçüleri 1,956 m x 0,992 m olduğundan panel alanı 1,9403 m²dir

Bingöl İli İnalı mahallesinde bir hanenin elektrik enerji için ihtiyaç duyduğu panel alanının fotovolatik panel alanına bölünmesiyle bir hanenin elektrik enerji için ihtiyaç duyduğu panel sayısı 4,72 olarak bulunur.

Yaklaşık 4,72 adet panel sayısı ile bir hanenin elektrik enerji ihtiyacı sağlandığına göre Bingöl İli İnalı mahallesinin elektrik enerji ihtiyacının güneş enerji panellerinden sağlanması durumunda 1746 panele ihtiyaç duyulacaktır.

3.9. Bingöl İli İnalı Mahallesiinde Elektrik İhtiyacının Şebeke Bağlı Fotovoltaik Sistemle Sağlanması Solargis Programı İle Maliyet Analizi

Bingöl İli İnalı Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 56.403 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 44.159 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 56.751 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 50.612 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 51.960 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 40.817 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 48.493 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 58.094 kWh, Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 45.885 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 44.330 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 59.850 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 57.109 kWh'tir. Bingöl ili İnalı Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 51.896 kWh'tir. Bingöl ili İnalı Mahallesi toplam mesken sayısı 375'tir. Bingöl ili İnalı Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 622.754 kWh'tir.

Bingöl İli İnalı mahallesinin elektrik İhtiyacının fotovoltaik sistemlerle karşılanabilmesi için 400 kWh kurulu güce sahip güneş enerjisi santraline ihtiyaç vardır. Solargis programı ile Bingöl ili İnalı mahallesinin konum ve enlem derecesi ile birlikte kurulacak olan güneş enerjisi santralinin verileri girilmiştir. Şekil 3.8 de bu veriler görülmektedir. Kullanılacak güneş paneli ve invertör özellikleri Tablo 3.7'de gösterilmiştir. GES santrali için 1250 (320 W gücünde) panel ve 6 adet invertör (66kW) kullanılacaktır.

YIELD ASSESSMENT OF THE PHOTOVOLTAIC POWER PLANT

1. Site info

Site name: Bingöl, Türkiye

Coordinates: 38° 54' 26.09" N, 40° 32' 39.48" E
 Elevation a.s.l.: 1050 m
 Slope inclination: 2°
 Slope azimuth: 183° south

Annual global in-plane irradiation: **1995 kWh/m²**
 Annual air temperature at 2 m: **11.1 °C**

2. PV system info

Installed power: **1.0 kWp**
 Type of modules: crystalline silicon (c-Si)
 Mounting system: **fixed mounting, free standing**
 Azimuth/inclination: **180° (south) / 30°**
 Inverter Euro eff.: 97.5%
 DC / AC losses: 5.5% / 3.5%
 Availability: 99.0%

Annual average electricity production: **1556 kWh**
 Average performance ratio: **77.8%**

3. Geographic position



Şekil 3.8. Solargis koordinat girişi

Tablo 3.7. Bingöl İli İnali Mahallesi GES

| BİNGÖL İLİ İNALI MAHALLESİ GES | |
|-------------------------------------|-------------------|
| SİSTEM GÜCÜ (kWp) | 400 |
| PANEL YÜZEYİ (m ²) | 2425 |
| PANEL CİNSİ | SMart solar 320 W |
| PANEL YÜZEY ALANI (m ²) | 1,94 |
| PANEL SAYISI (ADET) | 1250 |
| EVİRİCİ CİNSİ | Huawei 66kW |
| İNVERTÖR SAYISI (ADET) | 6 |
| PV ENERJİSİ (kWh)/yıl | 622.360 |

Tablo 3.8’de İnalı Mahallesi üretim tüketim farkı gösterilmektedir. Konutlarda 1 kWh elektrik enerjisi aktif enerji ve dağıtım dahil bedeli (2019 yılı 2. dönem için) 0,572754 Türk lirasıdır (TL). Sistemden şebekeye elektrik enerjisi satış bedeli 0.364 TL’dir. Şekilden anlaşılacağı üzere Ocak ayında sistemden 25.560 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Ocak ayı tüketimi ise 56.403 kWh olduğu görülmektedir. Ocak ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %45’tir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 40.059 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 21.906 TL’dir. Ocak ayında şebekeye satış olmamaktadır. Ocak ayı aylık kazanç ise 18.153 TL’dir. Şubat ayında sistemden 30.920 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Şubat ayı tüketimi ise 44.150 kWh olduğu görülmektedir. Şubat ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %70’tir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 31.357 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 7.963 TL’dir. Şubat ayında şebekeye satış olmamaktadır. Şubat ayı aylık kazanç ise 21.960 TL’dir. Mart ayında sistemden 49.720 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Mart ayı tüketimi ise 56.751 kWh olduğu görülmektedir. Mart ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %88’dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 40.306 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 4.994 TL’dir. Mart ayında şebekeye satış olmamaktadır. Mart ayı aylık kazanç ise 35.313 TL’dir. Nisan ayında sistemden 51.560 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Nisan ayı tüketimi ise 52.312 kWh olduğu görülmektedir. Nisan ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %99’dur. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 37.154 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 534 TL’dir. Nisan ayında şebekeye satış olmamaktadır. Nisan ayı aylık kazanç ise 41.785 TL’dir. Mayıs ayında sistemden 63.320 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Mayıs ayı tüketimi ise 51.960 kWh olduğu görülmektedir. Mayıs ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %122’dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 36.904 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Mayıs ayında şebekeye satış tutarı 4.882 TL’dir. Mayıs ayı aylık kazanç ise 41.785 TL’dir. Haziran ayında sistemden 69.840 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Haziran ayı tüketimi ise 42.517 kWh olduğu görülmektedir. Haziran ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %164’tür. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 30.197 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Haziran ayında şebekeye satış tutarı 11.742 TL’dir. Haziran ayı aylık kazanç ise 41.939 TL’dir. Temmuz ayı ayında sistemden 71.840 kWh elektrik

enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Temmuz ayı tüketimi ise 48.493 kWh olduğu görülmektedir. Temmuz ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %148'dir. İnalı Mahallesinde sistem kurulmadığında Temmuz ayı güncel fatura tutarı KDV dahil 34.441 Türk lirasıdır. Sistem kurulduktan sonra sistem kendi elektrik enerjisini sağladığı için gelmeyecektir. Temmuz ayında şebekeye satış KDV dahil 10.033 Türk lirasıdır. Temmuz ayı aylık kazanç ise 44.473 Türk lirasıdır. Ağustos ayında sistemden 70.760 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Ağustos ayı tüketimi ise 58.094 kWh olduğu görülmektedir. Ağustos ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %122'dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 41.260 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Ağustos ayında şebekeye satış tutarı 5.443 TL'dir. Ağustos ayı aylık kazanç ise 46.703 TL'dir. Eylül ayında sistemden 65.840 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Eylül ayı tüketimi ise 45.885 kWh olduğu görülmektedir. Eylül ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %143'dür. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 32.589 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Eylül ayında şebekeye satış tutarı 8.576 TL'dir. Eylül ayı aylık kazanç ise 41.164 TL'dir. Ekim ayında sistemden 51.680 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Ekim ayı tüketimi ise 44.330 kWh olduğu görülmektedir. Ekim ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %117'dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 31.484 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Ekim ayında şebekeye satış tutarı 3.159 TL'dir. Ekim ayı aylık kazanç ise 34.643 TL'dir. Kasım ayında sistemden 41.480 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Kasım ayı tüketimi ise 59.850 kWh olduğu görülmektedir. Kasım ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %69'dur. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 42.507 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 13.047 TL'dir. Kasım ayında şebekeye satış olmamaktadır. Kasım ayı aylık kazanç ise 29.460 TL'dir. Aralık ayında sistemden 29.840 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Aralık ayı tüketimi ise 62.009 kWh olduğu görülmektedir. Aralık ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %48'dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 44.041 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 22.847 TL'dir. Aralık ayında şebekeye satış olmamaktadır. Aralık ayı aylık kazanç ise 21.193 TL'dir.

| | | Aktif Enerji Fiyatı | | 364,19 | TL/MWh | Fatura Dibi - KDV Hariç | | 601,89 | TL/MWh | | | | | | |
|--------------------------|-----------|---------------------|---------|---------|---------|-------------------------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | | | | 63,34 | USD/MWh | | | 104,68 | USD/MWh | | | | | | |
| | | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam | |
| Üretim | Proje kW | kWh | 25.560 | 30.920 | 49.720 | 51.560 | 63.320 | 69.840 | 71.840 | 70.760 | 65.840 | 51.680 | 41.480 | 29.840 | 622.360 |
| Tüketim | Lokasyon | kWh | 56.403 | 44.150 | 56.751 | 52.312 | 51.960 | 42.517 | 48.493 | 58.094 | 45.885 | 44.330 | 59.850 | 62.009 | 622.754 |
| Üretim / Tüketim | Oran | % | 45% | 70% | 88% | 99% | 122% | 164% | 148% | 122% | 143% | 117% | 69% | 48% | 100% |
| Tüketim - Üretim | Fark | kWh | 30.843 | 13.230 | 7.031 | 752 | -11.360 | -27.323 | -23.347 | -12.666 | -19.955 | -7.350 | 18.370 | 32.169 | 394 |
| Fatura (Güncel Durum) | KDV Hariç | TL | €33.948 | €26.573 | €34.158 | €31.486 | €31.274 | €25.591 | €29.187 | €34.966 | €27.618 | €26.682 | €36.023 | €37.323 | €374.829 |
| | KDV Dahil | TL | €40.059 | €31.357 | €40.306 | €37.154 | €36.904 | €30.197 | €34.441 | €41.260 | €32.589 | €31.484 | €42.507 | €44.041 | €442.298 |
| | KDV Hariç | USD | €5.904 | €4.621 | €5.940 | €5.476 | €5.439 | €4.451 | €5.076 | €6.081 | €4.803 | €4.640 | €6.265 | €6.491 | €65.188 |
| Fatura (Yatırım Sonrası) | KDV Hariç | TL | €18.564 | €7.963 | €4.232 | €453 | €0 | €0 | €0 | €0 | €0 | €11.057 | €19.362 | €61.630 | |
| | KDV Dahil | TL | €21.906 | €9.396 | €4.994 | €534 | €0 | €0 | €0 | €0 | €0 | €13.047 | €22.847 | €72.724 | |
| | KDV Hariç | USD | \$3.229 | \$1.385 | \$736 | \$79 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$0 | \$1.923 | \$3.367 | \$10.718 | |
| Şebekeye Satış | KDV Hariç | TL | €0 | €0 | €0 | €0 | €4.137 | €9.951 | €8.503 | €4.613 | €7.267 | €2.677 | €0 | €0 | €37.148 |
| | KDV Dahil | TL | €0 | €0 | €0 | €4.882 | €11.742 | €10.033 | €5.443 | €8.576 | €3.159 | €0 | €0 | €43.834 | |
| | KDV Hariç | USD | \$0 | \$0 | \$0 | \$720 | \$1.731 | \$1.479 | \$802 | \$1.264 | \$466 | \$0 | \$0 | \$6.460 | |
| Net Fatura | KDV Hariç | TL | €18.564 | €7.963 | €4.232 | €453 | -€4.137 | -€9.951 | -€8.503 | -€4.613 | -€7.267 | -€2.677 | €11.057 | €19.362 | €24.483 |
| | KDV Dahil | TL | €21.906 | €9.396 | €4.994 | €534 | -€4.882 | -€11.742 | -€10.033 | -€5.443 | -€8.576 | -€3.159 | €13.047 | €22.847 | €28.890 |
| | KDV Hariç | USD | \$3.229 | \$1.385 | \$736 | \$79 | -€720 | -€1.731 | -€1.479 | -€802 | -€1.264 | -€466 | \$1.923 | \$3.367 | \$4.258 |
| Aylık Kazanç | KDV Hariç | TL | €15.384 | €18.610 | €29.926 | €31.033 | €35.411 | €35.541 | €37.690 | €39.579 | €34.885 | €29.359 | €24.966 | €17.960 | €350.346 |
| | KDV Dahil | TL | €18.153 | €21.960 | €35.313 | €36.619 | €41.785 | €41.939 | €44.474 | €46.703 | €41.164 | €34.643 | €29.460 | €21.193 | €413.408 |
| | KDV Hariç | USD | \$2.676 | \$3.237 | \$5.205 | \$5.397 | \$6.158 | \$6.181 | \$6.555 | \$6.883 | \$6.067 | \$5.106 | \$4.342 | \$3.124 | \$60.930 |

Tablo 3.8. İnalı Mahallesi üretim tüketim farkı

Şekil 3.9'da Bingöl İli İnalı Mahallesi fizibilite özeti görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere 400 kW kurulu güce sahip sistem için 3000 m² alana ihtiyaç duyulmaktadır. Toplam maliyet 260.000 (\$) 'dır. 400 kW kurulu gücün bir yılda verebileceği elektrik enerjisi miktarı 622.360 kWh tir. Meskenlerde elektrik enerjisi fiyatı 1 kWh için 0,572754 Türk Lirasıdır. Sistemin 1 yılda kazandırdığı para (622.360 x 0,57275) 356.456 Türk Lirasıdır. Amortisman süresi (dolar kuru 5,75 Türk Lirasından hesaplanırsa) ; Amortisman süresi = (260.000 x 5,75)/356.456 = 4.1 yıl olduğu görülür.

Tablo 3.9. Bingöl İli İnalı Mahallesi Fizibilite özeti sonucu

| Bingöl | Lokasyon | Bingöl | | Aylar | 1 kW için | Tüketim - T0 | kWh |
|-------------------------|-------------------------------|----------|---------|------------------|-----------|--------------|-----|
| | Müsait Çatı Alanı | 3.000 | m2 | Ocak | 63,9 | 56.403 | |
| Tarifesi | AG - TT - Mesken | | Şubat | 77,3 | 44.150 | | |
| BTV | Var | | Mart | 124,3 | 56.751 | | |
| SKTT? | Hayır | | Nisan | 128,9 | 52.312 | | |
| OSB içerisinde? DSKB? | Hayır | | Mayıs | 150,3 | 51.960 | | |
| Güncel İndirim Oranı | 0,00% | % | Haziran | 174,6 | 42.517 | | |
| Trafo Kurulu Gücü | 630 | kVA | Temmuz | 179,6 | 48.493 | | |
| Sözleşme Gücü | 520 | kVA | Ağustos | 176,9 | 58.094 | | |
| Proje Kurulu Gücü | 400 | kW | Eylül | 164,6 | 45.885 | | |
| Fiyat: 1.000 kW için | \$650.000 | USD | Ekim | 129,2 | 44.330 | | |
| Proje Bedeli | \$260.000 | USD | Kasım | 103,7 | 59.850 | | |
| Güncel Dolar Kuru | €5,75 | USD/TRY | Aralık | 74,6 | 62.009 | | |
| | | | Toplam | 1.555,9 | 622.754 | | |
| Özet | Geri Dönüş Süresi - Kredisiz | 4,1 | YIL | Üretim | 622.360 | kWh | |
| | Geri Dönüş Süresi - Kredili | 4,6 | YIL | Tüketim | 622.754 | kWh | |
| | Yıllık Net Fatura - KDV Hariç | \$4.258 | USD | Üretim / Tüketim | 100% | % | |
| | Yıllık Tasarruf - KDV Hariç | \$60.930 | USD | Tüketim - Üretim | 394 | kWh | |

Şekil 3.9 ve Tablo 3.10'da görüleceği gibi İnalı Mahallesi'nde kurulacak olan sistem 4 yılda kendini geri ödediği gibi 25 yılın sonunda 1.738.174 (\$) kar elde etmektedir.



Şekil 3.9. İnalı Mahallesi GES yatırımının kredisiz geri dönüş hesabı

Tablo 3.10. İnalı Mahallesi GES Yatırım geri dönüş hesabı

| Yatırım Geri Dönüş Hesabı - USD | | | |
|--|-------------|-------------|--------------------|
| Yıllar | Kredisiz | Kredili | Kazanç |
| 0 | -\$260.000 | -\$296.400 | \$0 |
| 1 | -\$199.984 | -\$236.384 | \$60.016 |
| 2 | -\$138.477 | -\$174.877 | \$61.507 |
| 3 | -\$75.441 | -\$111.841 | \$63.036 |
| 4 | -\$10.839 | -\$47.239 | \$64.602 |
| 5 | \$55.368 | \$18.968 | \$66.207 |
| 6 | \$123.221 | \$86.821 | \$67.853 |
| 7 | \$191.409 | \$155.009 | \$68.189 |
| 8 | \$259.936 | \$223.536 | \$68.526 |
| 9 | \$328.801 | \$292.401 | \$68.865 |
| 10 | \$398.007 | \$361.607 | \$69.206 |
| 11 | \$467.556 | \$431.156 | \$69.549 |
| 12 | \$537.449 | \$501.049 | \$69.893 |
| 13 | \$607.688 | \$571.288 | \$70.239 |
| 14 | \$678.275 | \$641.875 | \$70.587 |
| 15 | \$749.211 | \$712.811 | \$70.936 |
| 16 | \$820.498 | \$784.098 | \$71.287 |
| 17 | \$892.138 | \$855.738 | \$71.640 |
| 18 | \$964.133 | \$927.733 | \$71.995 |
| 19 | \$1.036.484 | \$1.000.084 | \$72.351 |
| 20 | \$1.109.193 | \$1.072.793 | \$72.709 |
| 21 | \$1.182.262 | \$1.145.862 | \$73.069 |
| 22 | \$1.255.693 | \$1.219.293 | \$73.431 |
| 23 | \$1.329.487 | \$1.293.087 | \$73.794 |
| 24 | \$1.403.647 | \$1.367.247 | \$74.160 |
| 25 | \$1.478.174 | \$1.441.774 | \$74.527 |
| Toplam | | | \$1.738.174 |

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında Şekil 1.2’de 2018 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımında görüleceği gibi elektrik üretimin yarısından fazlası yenilenmez enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 2018 yılı itibari ile Türkiye’nin elektrik enerjisini ancak %2,56 oranında güneş enerjisi ile üretmiştir. 2018 yılında Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında fotovoltaik sistem ile elektrik üretim oranı (%7,79) oldukça düşüktür. Tezden anlaşılacağı gibi Türkiye’de elektrik üretiminde kullanılan yenilenemez kaynakların çoğunluğu ithal edilmekte ve bu kaynaklardan üretilen elektrikten dolayı çevre kirliliği artmaktadır. Elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin payının artırılması önem arz etmektedir

Bu çalışmada Bingöl ve çevre iller için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan iklim verileri ile Bingöl, Elazığ, Diyarbakır illeri için enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğime sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri matlab bilgisayar programı ile hesaplanmış ve matematiksel model oluşturulmuştur. Bingöl ilinde bir hanenin elektrik ihtiyacının fotovoltaik sistem ile sağlanmasında en uygun panel eğim açısı enlem açısı ve enlem açısına yakın bir açıda olduğu tespit edilmiştir.

Matlab programı ve matematiksel model sonucunda Bingöl İlinde 38.53° eğimlendirilmiş ve verimi 0,15 olan 1 m² fotovoltaik panelden üretilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı yaklaşık olarak $\bar{E} \cong 0,50224$ kWh olarak hesaplanmıştır. Diyarbakır ve Elazığ illeri içinde bu programlar kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Bingöl ili inalı mahallesinde oturan bir ailenin (Aksa Elektrikten alınan verilerle) aylık ortalama günlük elektrik tüketimi bulunarak bir hanede kullanılacak panel alanı hesaplanmıştır. Diğer verilerle Bingöl ili ve diğer illerde kullanılacak panel alanı bulunabilir.

Fotovoltaik sistem elemanlarının birçoğunun ithal olması, yaşanan ekonomik krizlerden dolayı döviz kurunun artması maliyeti arttırmakta, bundan dolayı yerli üretime olan teşvik artırılması gerekmektedir. Fotovoltaik panel verimlerinin artması ve maliyetin azaltılması binalarda fotovoltaik panellerle elektrik üretimine olan ilgiyi arttıracaktır.



KAYNAKLAR

Acaroğlu M (2013) Alternatif enerji kaynakları. Nobel Akademik Yayıncılık Eđitim Danışmanlık Tic.Ltd.şti, Ankara, s. 39-90

Altıntop N, Erdemir D (2013) Development of the solar energy in Turkey and around the world. Engineer and Machine 5(3): 69-77

Amrouche S, Belhamel M, Malek A, Maafi A (2009) DC/AC Solar inverter for solar applications. World Renewable Energy Congress VI s. 3-7

Atmaca İ, Abdulvahap Y (2018) Güneş enerjisi mühendislik uygulamaları. Dora Yayıncılık, Bursa, s. 20-40

Baş H (2016) Fotovoltaik sistemlerin performans deđerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Mekatronik Anabilim Dalı Karabük, s. 67-80

Boya Y (2017) Copper zinc tin sulfite CZT(S,Se) for solar cell applications. Yüksek Lisans Tezi, İstanbül Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı, İstanbül, s. 24-36

Cebeci S (2017) Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, T.C.Kalkınma Bakanlığı Yayın no 2977, s. 63-88

Ceylan İ, Gürel E (2018) Güneş enerjisi sistemleri ve tasarımı. Dora Yayıncılık, Bursa, s. 32-220

Coventry M, Lovegrove K (2003) Development of an approach to compare the value of electrical and thermal output from a domestic PV/thermal system. Solar Energy 75: 63-72

Çaçan F (2018) Fotovoltaik sistemlerin kurulum ve maliyet analizinin örnek bir otele uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Elazığ, s. 48-56

Dayan S (2019) Boya duyarlı güneş pili üretimi için yeni materyallerin geliştirilmesi. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Kayseri, s. 75-94

Durisch W, Struss O, Robert K (2000) Efficiency of selected photovoltaic modules under varying climatic conditions. World Renewable Energy Congress VI s. 6-10

Denholm P, Drury E, Margolis E (2009) The solar deployment system (SolarDS) Model: Documentation and sample results (No. NREL/TP-6A2-45832), Technical Report, NREL (National Renewable Energy Laboratory), Golden, CO (USA) s. 12-18

Gürgen K (2016) Aydın'daki bir yapının elektrik enerjisi gereksiniminin fotovoltaik sistemler ile karşılanma olanakları. Yüksek Lisans Tezi Aydın Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Aydın, s. 85-97

İbrahim D (2006) Güneş enerjisi uygulamaları. Bilişim Yayınları, İstanbul, s.13-23

Kayfeci M (2011) Alternatif enerji kaynakları. Dora Yayıncılık, Bursa, s. 3-11

Klein S, Beckman W, Duffie J (1975) A design procedure for solar systems. Solar Energy 18: 113-127

Kılıç A, Öztürk A (1980) Güneş enerjisi. Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul s. 32-44

Çanka Kılıç F (2015) Solar energy, its recent status in Turkey and production technologies. Engineer and Machinery 56(671): 28-40

Kıncay A (2017) Güneş enerjisi. Bilişim Yayınları, İstanbul, s. 38-45

Kıyanççek Ö, Kulaksız A (2010) RF haberleşmesi ile bilgisayar destekli PV sistem analiz. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Bursa, Türkiye, s. 1-5

Koç A, Yağlı H, Koç Y, Uğurlu İ (2018) Dünyada ve Türkiye'de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi. Mühendis ve Makine 692(59): 87-95

Koçak E (2018) Büyükçekmece ilçesindeki güneş enerji santralının tasarımı ve ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği, Sakarya, s. 9-11

Li S (2011) Domestic application of solar PV system in Ireland: The reality of their economic viability. *Energy* 36: 5856-5876

Öztürk M (2012) Güneş enerjisi ve uygulamaları. Birsen Yayınevi, İstanbul s. 200-250

Öztürk H (2012) Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. Birsen Yayınevi, s. 48-60

Peng C, Huang Y, Wu Z (2012) The potential of building-integrated (BIPV) and Building-applied photovoltaics (BAPV) in single-family urban residences at low latitudes in Brazil. *Energy and Buildings* 50: 290-297

Rosenblatt A (1984) Energy crises spurs development of photovoltaic power sources. *Electronics* 47: 106-120

Siegel MD, Klein SA, Beckmen WA (1981) A simplified method for estimating the monthly- average performance of photovoltaic systems. *Solar Energy* 26(5): 413-418

Söylemez M (1988) Computer simulation and economic feasibility of active solar assisted heating systems. Master Thesis, METU, Gaziantep Campus Press, s. 25-26

Sulukan E (2019) İstanbul'da bir fotovoltaik sistemin tekno-ekonomik ve çevresel analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi (10): 2-4

Şenel M, Koç E (2012) Dünyada ve Türkiye'de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine* 692(54): 36-37

Taşdemiroğlu E (1988) Solar energy utilization: technical and economic aspects, Ankara, p. 217-223

Todorovic M (2012) BPS, energy efficiency and renewable energy sources for buildings greening and zero energy cities planning. *Harmony and ethics of sustainability. Energy and Buildings* 48: 180-189

URL 1: <https://www.teias.gov.tr/> (erişim tarihi: 03.09.2019)

URL 2: <https://www.teias.gov.tr/tr/elektrik-istatistikleri> (erişim tarihi: 04.13.2019)

URL 3: <https://www.teias.gov.tr/tr/elektrik-uretim-iletim-istatistikler> (erişim tarihi: 04.17.2019)

URL 4: <https://www.teias.gov.tr/tr/ites/default/files/> (erişim tarihi: 04.21.2019)

URL 5: <https://www.teias.gov.tr/elektrik-uretim-tuketim-kayıplar> (erişim tarihi: 03.09.2019)

URL 6: <http://www.yegm.gov.tr/> (erişim tarihi: 10.09.2019)

URL 7: <http://www.gunessistemleri.com/> (erişim tarihi: 06.06.2018)

URL 8: <https://moduled.com.tr/gunes-pili-nedir-nasil-calisir/pil> (erişim tarihi: 10.09.2019)

URL 9: <https://www.cw-enerji.com/urun/-k-serisi-off-grid-invertor/> (erişim tarihi: 04.09.2019)

URL 10: <http://www.electrotech.com.tr/arsiv/yazi/elektrik-sayaclary-ve-cift-yonlu-sayaclaryn-incelemesi/> (erişim tarihi 14.04.2019)

URL 11: <https://muhendistan.com/fotovoltak-sistemler-nedir/> (erişim tarihi 06.05.2019)

URL 12: <https://solarevi.com/image/cache/catalog/> (erişim tarihi 05.07.2019)

Ünal O (2006) Güneş pilleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Fizik Anabilim Dalı, Konya, s. 32-48

Ünsal M (1981) Güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemleri için aylık ortalama geçiş- yutma sayısı. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi 4(1): 35-44

Ünsal M, Doğantan Z (1980) Solar tables-design data for solar aided space heating systems. METU, Gaziantep Campus Press, p. 25-26

Ünver H (2012) İnce film güneş pili uygulamaları için poliimit alttaşların yüzey modifikasyonu, metalizasyonu, bakır – indium – galyum – sülfür soğurucu tabakanın spreylendirilmesi yöntemi ile büyütülmesi. Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, Ankara, s. 88-96

Yazıcı Ş (2014) Growth of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ absorber layer on flexible metallic substrates for thin film solar cell applications . Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, İzmir, s.76-83

Zafer C (2006) Organik boya esaslı nanokristal yapılı film güneş pili üretimi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir s. 44-52



EKLER

EK-A1 Bingöl İli İçin Yataya Nazaran Belirli Açılarla Eğimlendirilmiş Panel Yüzeyle Gelen Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerinin Matlab Bilgisayar Programı İle Hesaplanması

Clear all,close all

%EĞİK YÜZEYE GELEN AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK TÜM GÜNEŞ IŞINIMINI
DEĞİŞİK % AÇILARA GÖRE HESAPLAYAN PROGRAM

%Atmosfer dışından gelen ortalama güneş ışınım değeri (Mj/gün.m²)

Sc=116.9;

%Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımı değerleri(Mj/gün.m²)

n= [15 45 75 105 135 165 195 225 285 315 345];

%Eğim açısı

ss=[23.53 38.53 53.53 90];

for j=1:4

for j=1:12

s=ss(j);

%Enlem açısı

z=38.53;

b=z*3.1416/180;

c=s*3.1416/180;

e=(360/635)*(284+n(i));

fz=e*3.1416/180

%Deklinasyon açısı

$Da=23.45*\sin(fz);$

$d=(3.1416/180)*da;$

%Güneş doğuş saat açısı

$v=\cos(-\tan(b)*\tan(d));$

$vs=(180/3.1416)*v;$

%Eğik yüzey güneş doğuş saat açısı

$vsa=\cos((-\tan(b-c))*\tan(d));$

$vss=(180/3.1416)*vsa;$

if $vss > vs$

$vss=vs;$

else

$vss=vss;$

end

%Atmosfer dışından gelen değişken radyasyon değeri (Mj/gün.m2)

$nb=360*(i)/365;$

$nc=(3.1416)/180)*nb;$

$ek=sc(1+0.033*\cos(nc));$

% Atmosfer dışından yatay yüzeye gelen ışınlam değeri (Mj/gün.m2)

$Ol=(ek/3.1416)*(vs*(3.1416/180)*\sin(d)*\sin(b)+\cos(d)*\sin(vs*(3.1416/180))*\cos(b));$

%Berraklık indeksi

$Kt=h(i)/ol;$

%Hd/H oranı

$a=1.39-4.027*kt+5.531*kt*kt-3.108*kt*kt*kt;$

```

%Aylık ortalama direk ışınım eğim faktörü
ra=(cos(b-c)*cos(d)*sin(vss*3.1416/180)+vss*(3.1416/180)*sin(b-c)*sin(d));
rc=cos(b)*cos(d)*sin(vs*3.1416/180))+vs*(3.1416/180)*sin(b)*sin(d);
rb=ra/rc;

%Aylık ortalama toplam radyasyon eğim faktörü
r=(1-a)*rb+a*0.5*(1+cos(c))+0.2*0.5*(1-cos(c));

%Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımı değerleri(Mj/gün.m2)
ht=r*h(i);
sonuc(i,j)=[ht];
ay(i)=i;
end
end
sonuç
plot(ay,sonuc(:,1),'*-k')
hold on
plot(ay,sonuc(:,2),'*-k')
plot(ay,sonuc(:,3),'*+-k')
plot(ay,sonuc(:,4),'*--k')
hold off
%xlabel('yılın Ayları')
ylabel('Eğik yüzeye gelen aylık ortalama güneş ışınımı(Mj/m2gün)')
legend('s=23.53','s=38.53','s=53.53','s=90')
axis([1 12 0 30])

```

EK-A2. 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

Tablo A.1. 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| 2018 YILI BİNGÖL İNALI MAHALLESİ 12 AYLIK ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (KWH) | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| MESKEN NO | MESKEN ADRESİ | Ocak | Şub. | Mart | Nis. | May. | Haz. | Tem. | Agu. | Eyl. | Ek. | Kas. | Ara. |
| 1 | YENİ KENT SİTESİ A BLOK NO:8 İNALI MH. | 200 | 233 | 296 | 238 | 332 | 224 | 234 | 364 | 281 | 214 | 254 | 239 |
| 2 | YENİKENT SİTESİ A BLOK NO:10 İNALI MH. | 265 | 193 | 268 | 216 | 301 | 203 | 216 | 269 | 206 | 234 | 256 | 259 |
| 3 | YENİKENT SİTESİ A BLOK NO:10 İNALI MH. | 150 | 157 | 216 | 148 | 181 | 97 | 90 | 118 | 156 | 121 | 149 | 137 |
| 4 | YENİKENT SİTESİ A/BLOK NO:11 İNALI MH. | 116 | 88 | 157 | 127 | 152 | 92 | 79 | 134 | 135 | 110 | 135 | 110 |
| 5 | YENİKENT KOOP.A BLOK İNALI MH. | 169 | 158 | 143 | 187 | 210 | 131 | 186 | 227 | 162 | 156 | 226 | 191 |
| 6 | YENİKENT SİT.A BLOK NO:2/13 İNALI MH. | 292 | 245 | 340 | 285 | 344 | 126 | 374 | 374 | 313 | 295 | 388 | 279 |
| 7 | YENİKENT SİTESİ A BLOK NO:2/14 İNALI MH. | 123 | 112 | 135 | 117 | 137 | 109 | 140 | 165 | 148 | 115 | 160 | 104 |
| 8 | YENİKENT SİT.A BLOK NO:2/15 İNALI MH. | 105 | 79 | 97 | 102 | 112 | 101 | 94 | 119 | 116 | 97 | 137 | 98 |
| 9 | YENİKENT KONUT YAPI KOOP. A BLOK İNALI MH. | 97 | 88 | 143 | 125 | 147 | 102 | 143 | 140 | 125 | 110 | 136 | 106 |
| 10 | YENİKENT SİT.A BLOK NO:2/7 İNALI MH. | 171 | 92 | 130 | 102 | 134 | 76 | 125 | 141 | 162 | 152 | 0 | 0 |
| 11 | YENİKENT SİT.A BLOK NO:6 İNALI MH. | 139 | 117 | 155 | 168 | 146 | 135 | 190 | 220 | 168 | 141 | 135 | 112 |
| 12 | YENİKENT YAPI KOOP.A BLOK İNALI MH. | 175 | 106 | 164 | 160 | 182 | 147 | 124 | 168 | 126 | 133 | 174 | 142 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 13 | NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. A BLOK İNALI MH. | 139 | 113 | 185 | 153 | 170 | 131 | 168 | 218 | 162 | 147 | 208 | 143 |
| 14 | YENİKENT ŞİT.A BLOK NO:2/3 İNALI MH. | 262 | 228 | 300 | 238 | 318 | 248 | 299 | 402 | 335 | 270 | 323 | 242 |
| 15 | YENİ KENT KOOP.A BLOK İNALI MH. | 159 | 113 | 158 | 144 | 177 | 145 | 173 | 186 | 205 | 138 | 272 | 149 |
| 16 | YENİKENT ŞİT.A BLOK İNALI MH. | 120 | 118 | 93 | 95 | 181 | 106 | 89 | 153 | 181 | 144 | 161 | 100 |
| 17 | YENİKENT ŞİTESİ A BLOK MÜŞTERE İNALI MH. | 419 | 308 | 434 | 268 | 124 | 45 | 60 | 115 | 84 | 48 | 262 | 392 |
| 18 | B BLOK İNALI MH. | 157 | 99 | 74 | 73 | 76 | 75 | 188 | 192 | 171 | 148 | 178 | 155 |
| 19 | YENİKENT ŞİT.B BLOK NO:2/9 İNALI MH. | 246 | 133 | 150 | 186 | 266 | 204 | 233 | 237 | 213 | 210 | 260 | 224 |
| 20 | NO:2-1/10 YENİ KENT YAPI KOP. B BLOK İNALI MH. | 205 | 207 | 150 | 175 | 218 | 169 | 167 | 137 | 105 | 32 | 166 | 154 |
| 21 | YENİKENT ŞİTESİ B BLOK NO:11 İNALI MH. | 236 | 201 | 254 | 227 | 260 | 220 | 231 | 278 | 219 | 239 | 319 | 216 |
| 22 | YENİ KENT KOOP.B BLOK İNALI MH. | 167 | 164 | 203 | 169 | 210 | 159 | 224 | 239 | 175 | 156 | 192 | 155 |
| 23 | YENİKENT ŞİTESİ B BLOK NO:13 İNALI MH. | 146 | 121 | 141 | 116 | 166 | 112 | 155 | 208 | 160 | 162 | 183 | 133 |
| 24 | NO:14 YENİKENT ŞİTESİ B/BLK İNALI MH. | 106 | 141 | 350 | 254 | 293 | 189 | 194 | 193 | 220 | 0 | 130 | 84 |
| 25 | YENİKENT ŞİT.B BLOK NO:15 İNALI MH. | 117 | 84 | 111 | 79 | 118 | 0 | 0 | 0 | 146 | 115 | 146 | 116 |
| 26 | NO:2-1/16 YENİ KENT YAPI KOP. B BLOK İNALI MH. | 244 | 176 | 258 | 228 | 259 | 192 | 221 | 252 | 202 | 195 | 110 | 150 |
| 27 | YENİ KENT ŞİTESİ B BLOK NO:2/1 İNALI MH. | 212 | 160 | 197 | 153 | 175 | 140 | 159 | 179 | 159 | 173 | 213 | 160 |
| 28 | YENİKENT ŞİT.B BLOK NO:2/2 İNALI MH. | 117 | 96 | 124 | 135 | 118 | 79 | 112 | 123 | 125 | 100 | 114 | 98 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 29 | YENİ KENT KOOP.B BLOK NO:3 İNALI MH. | 129 | 95 | 143 | 112 | 118 | 74 | 147 | 179 | 143 | 224 | 65 | 123 |
| 30 | YENİKENT KOOP.B BLOK NO:2/4 İNALI MH. | 122 | 103 | 130 | 97 | 134 | 93 | 100 | 119 | 94 | 94 | 132 | 118 |
| 31 | NO:5 İNALI MH.YENİ KENT SİT.B BLOK | 165 | 144 | 190 | 152 | 181 | 149 | 196 | 211 | 183 | 268 | 84 | 157 |
| 32 | YENİ KENT YAPI KOOP.B BLOK İNALI MH. | 144 | 104 | 135 | 147 | 166 | 102 | 154 | 169 | 136 | 130 | 167 | 140 |
| 33 | YENİ KENT KOOP.B BLOK İNALI MH. | 152 | 205 | 274 | 229 | 146 | 109 | 142 | 189 | 152 | 150 | 206 | 154 |
| 34 | YENİKENT YAPI KOOP.B BLOK MÜŞ İNALI MH. | 367 | 291 | 316 | 236 | 51 | 43 | 105 | 128 | 85 | 52 | 196 | 307 |
| 35 | YENİKENT SİT.C BLOK NO:9 İNALI MH. | 151 | 66 | 113 | 98 | 118 | 67 | 85 | 93 | 117 | 133 | 269 | 140 |
| 36 | NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. C BLOK NO:2/10 İNALI MH. | 165 | 116 | 166 | 145 | 177 | 132 | 163 | 216 | 177 | 160 | 224 | 160 |
| 37 | YENİKENT KOOP.C BLOK İNALI MH. | 145 | 77 | 153 | 144 | 153 | 143 | 110 | 140 | 142 | 141 | 258 | 154 |
| 38 | YENİKENT SİTESİ C BLOK NO:2/12 İNALI MH. | 250 | 164 | 222 | 236 | 208 | 167 | 143 | 180 | 122 | 140 | 167 | 134 |
| 39 | YENİKENT SİTESİ C BLOK NO:13 İNALI MH. | 209 | 133 | 188 | 158 | 199 | 134 | 168 | 212 | 161 | 177 | 387 | 219 |
| 40 | YENİKENT SİT.C BLOK NO:14 İNALI MH. | 92 | 108 | 209 | 207 | 173 | 180 | 210 | 238 | 177 | 165 | 215 | 243 |
| 41 | YENİKENT SİT.C BLOK NO:2/15 İNALI MH. | 184 | 188 | 197 | 150 | 151 | 109 | 101 | 207 | 116 | 94 | 160 | 171 |
| 42 | YENİKENT SİT.C BLOK NO:16 İNALI MH. | 0 | 72 | 138 | 128 | 154 | 114 | 146 | 107 | 106 | 61 | 156 | 0 |
| 43 | YENİ KENT SİTESİ C BLOK NO:1 İNALI MH. | 181 | 147 | 135 | 145 | 187 | 95 | 141 | 121 | 138 | 58 | 147 | 96 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 44 | YENİKENT YAPI KOOP.C BLOK NO2 İNALI MH. | 122 | 95 | 118 | 109 | 0 | 0 | 108 | 147 | 144 | 128 | 142 | 120 |
| 45 | YENİ KENT ŞİT.C BLOK İNALI MH. | 222 | 125 | 196 | 216 | 293 | 189 | 197 | 283 | 222 | 192 | 289 | 202 |
| 46 | YENİKENT ŞİT.C BLOK NO:2/4 İNALI MH. | 133 | 85 | 114 | 123 | 186 | 80 | 108 | 163 | 130 | 134 | 191 | 148 |
| 47 | NO:5 YENİKENT ŞİT.C/BLK İNALI MH. | 0 | 119 | 173 | 150 | 191 | 134 | 204 | 227 | 136 | 49 | 62 | 0 |
| 48 | YENİ KENT YAPI KOOP.C BLOK İNALI MH. | 164 | 115 | 178 | 155 | 169 | 55 | 0 | 0 | 0 | 44 | 174 | 122 |
| 49 | YENİKENT KOOP C BLOK NO:7 İNALI MH. | 172 | 74 | 241 | 158 | 190 | 138 | 197 | 227 | 151 | 175 | 202 | 161 |
| 50 | C BLOK NO:8 İNALI MH. | 80 | 56 | 154 | 145 | 107 | 100 | 107 | 135 | 74 | 74 | 88 | 29 |
| 51 | YENİKENT KOOP.C BLOK NO:2 İNALI MH. | 295 | 275 | 320 | 201 | 84 | 33 | 63 | 96 | 65 | 57 | 205 | 269 |
| 52 | YENİKENT ŞİT.D BLOK NO:9 İNALI MH. | 131 | 181 | 215 | 202 | 226 | 170 | 224 | 279 | 179 | 151 | 171 | 135 |
| 53 | NO:2-3/10 YENİ KENT YAPI KOP. D BLOK İNALI MH. | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 295 | 0 | 0 | 0 | 557 | 152 | 175 |
| 54 | NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. İNALI MH. | 164 | 101 | 177 | 160 | 197 | 145 | 165 | 232 | 167 | 157 | 206 | 163 |
| 55 | NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. D BLOK İNALI MH. | 150 | 110 | 172 | 157 | 186 | 113 | 197 | 235 | 182 | 153 | 212 | 183 |
| 56 | NO:2-3/13 YENİ KENT YAPI KOP. D BLOK İNALI MH. | 267 | 220 | 407 | 137 | 372 | 256 | 255 | 312 | 213 | 124 | 435 | 236 |
| 57 | YENİKENT YAPI KOO.D BLOK İNALI MH. | 185 | 282 | 199 | 136 | 175 | 177 | 166 | 273 | 238 | 122 | 192 | 251 |
| 58 | YENİKENT ŞİT.D BLOK NO:15 İNALI MH. | 163 | 110 | 175 | 155 | 155 | 141 | 179 | 177 | 168 | 158 | 193 | 144 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 59 | YENİKENT SİTESİ D BLOK NO:16 İNALI MH. | 160 | 233 | 208 | 190 | 227 | 136 | 215 | 249 | 202 | 223 | 206 | 168 |
| 60 | NO:2-3/1 YENİ KENT YAPI KOOP. D BLOK İNALI MH. | 173 | 118 | 243 | 89 | 209 | 149 | 151 | 226 | 189 | 159 | 280 | 225 |
| 61 | YENİKENT YAPI KOOP.D BLOK NO:2 İNALI MH. | 156 | 149 | 197 | 174 | 205 | 138 | 161 | 203 | 183 | 153 | 204 | 147 |
| 62 | NO:2-3/3 YENİ KENT YAPI KOOP. D BLOK İNALI MH. | 138 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 272 | 158 | 119 |
| 63 | YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/4 İNALI MH. | 133 | 102 | 179 | 177 | 174 | 124 | 117 | 162 | 140 | 130 | 210 | 130 |
| 64 | YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/5 İNALI MH. | 133 | 73 | 153 | 139 | 146 | 111 | 112 | 62 | 100 | 116 | 139 | 122 |
| 65 | YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/6 İNALI MH. | 209 | 253 | 214 | 170 | 220 | 193 | 202 | 276 | 203 | 212 | 247 | 171 |
| 66 | YENİKENT SİT.D BLOK NO2/7 İNALI MH. | 76 | 91 | 114 | 86 | 116 | 68 | 109 | 114 | 101 | 67 | 130 | 93 |
| 67 | YENİKENT SİT.D BLOK İNALI MH. | 139 | 116 | 144 | 138 | 155 | 123 | 151 | 214 | 170 | 147 | 167 | 138 |
| 68 | YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/MÜŞTE İNALI MH. | 255 | 329 | 887 | 339 | 85 | 46 | 173 | 148 | 179 | 44 | 400 | 379 |
| 69 | E BLOK NO:2/9 İNALI MH. | 150 | 129 | 155 | 129 | 150 | 121 | 141 | 165 | 136 | 213 | 74 | 143 |
| 70 | NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. E BLOK NO:2/10 İNALI MH. | 160 | 116 | 174 | 143 | 156 | 119 | 162 | 189 | 161 | 132 | 196 | 151 |
| 71 | YENİKENT SİT.E BLOK NO:2/11 İNALI MH. | 159 | 140 | 204 | 186 | 245 | 151 | 192 | 183 | 189 | 191 | 176 | 146 |
| 72 | YENİ KENT SİTESİ E BLOK NO:2/1 İNALI MH. | 272 | 183 | 236 | 195 | 219 | 166 | 221 | 238 | 174 | 196 | 281 | 283 |
| 73 | NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. E BLOK İNALI MH. | 238 | 196 | 246 | 237 | 266 | 188 | 270 | 203 | 159 | 209 | 245 | 207 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 74 | YENİ KENT SİTESİ E BLOK NO:2 İNALI MH. | 243 | 221 | 318 | 237 | 237 | 184 | 259 | 292 | 260 | 261 | 273 | 225 |
| 75 | YENİ KENT SİT.E BLOK NO:2/15 İNALI MH. | 30 | 0 | 63 | 40 | 41 | 30 | 54 | 71 | 36 | 26 | 52 | 30 |
| 76 | YENİ KENT KOOP.E BLOK NO:16 İNALI MH. | 142 | 118 | 173 | 146 | 198 | 155 | 180 | 230 | 154 | 167 | 267 | 186 |
| 77 | YENİ KENT SİT.E BLOK NO:4/1 İNALI MH. | 197 | 133 | 200 | 150 | 201 | 144 | 170 | 195 | 199 | 119 | 260 | 173 |
| 78 | NO:2/2 E BLOK İNALI MH. | 154 | 97 | 147 | 115 | 164 | 120 | 126 | 136 | 107 | 109 | 221 | 137 |
| 79 | E BLOK NO:2 İNALI MH. | 198 | 182 | 254 | 223 | 249 | 152 | 165 | 169 | 155 | 150 | 275 | 175 |
| 80 | NO:2/4 YENİ KENT KONUT YAPI KOOP. E BLOK İNALI MH. | 206 | 76 | 172 | 167 | 176 | 141 | 183 | 111 | 113 | 176 | 413 | 217 |
| 81 | YENİ KENT SİT.E BLOK NO:5 İNALI MH. | 218 | 77 | 208 | 181 | 206 | 163 | 175 | 235 | 161 | 214 | 273 | 190 |
| 82 | YENİ KENT E/BLOK NO:2/6 İNALI MH. | 239 | 210 | 339 | 315 | 379 | 223 | 266 | 434 | 332 | 214 | 382 | 300 |
| 83 | YENİ KENT YAPI E BLOK NO:6 İNALI MH. | 180 | 172 | 224 | 163 | 205 | 138 | 193 | 230 | 216 | 194 | 364 | 166 |
| 84 | NO:4/8 YENİ KENT KONUT YAPI KOOP. E BLOK İNALI MH. | 101 | 150 | 222 | 182 | 216 | 141 | 181 | 176 | 104 | 172 | 221 | 153 |
| 85 | NO:2 BINA ORTAK KULLANIMI İNALI MH. | 361 | 281 | 353 | 264 | 507 | 52 | 186 | 124 | 86 | 63 | 240 | 325 |
| 86 | NO:2 YENİ KENT KONUT YAPI KOOP. F BLOK NO:9 İNALI MH. | 190 | 147 | 210 | 244 | 173 | 167 | 220 | 264 | 215 | 176 | 263 | 206 |
| 87 | YENİ KENT SİT.F BLOK NO:2/10 İNALI MH. | 81 | 242 | 338 | 240 | 114 | 115 | 327 | 414 | 327 | 102 | 62 | 72 |
| 88 | YENİ KENT SİT.F BLOK NO:2/11 İNALI MH. | 134 | 149 | 180 | 201 | 143 | 122 | 141 | 151 | 116 | 124 | 140 | 130 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 89 | NO:4_-1/12 YENİ KENT YAPI KOP. F BLOK YENİKENT SİTESİ F BLOK NO:2/12 İNALI MH. | 274 | 237 | 329 | 327 | 179 | 172 | 252 | 366 | 236 | 206 | 450 | 302 |
| 90 | NO:4-1 YENİ KENT YAPI KOP. F BLOK NO:13 İNALI MH. | 160 | 55 | 123 | 159 | 114 | 80 | 117 | 52 | 90 | 93 | 148 | 106 |
| 91 | F BLOK NO:2/14 İNALI MH. | 200 | 152 | 174 | 216 | 144 | 142 | 91 | 69 | 123 | 135 | 210 | 153 |
| 92 | YENİKENT YAPI KOOP F BLOK NO:2 İNALI MH. | 231 | 184 | 228 | 221 | 161 | 105 | 169 | 173 | 122 | 128 | 187 | 182 |
| 93 | NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. F BLOK İNALI MH. | 209 | 199 | 242 | 274 | 207 | 200 | 280 | 215 | 229 | 217 | 244 | 182 |
| 94 | NO:2 F BLOK İNALI MH. | 182 | 160 | 248 | 182 | 141 | 104 | 146 | 164 | 131 | 126 | 270 | 150 |
| 95 | YENİ KENT YAPI KOOP.F BLOK İNALI MH. | 225 | 194 | 290 | 256 | 192 | 173 | 233 | 403 | 282 | 217 | 573 | 202 |
| 96 | YENİKENT SİT.F BLOK NO:2/3 İNALI MH. | 165 | 116 | 166 | 172 | 130 | 129 | 140 | 214 | 187 | 286 | 96 | 168 |
| 97 | YENİKENT KOOP F BLOK NO:4 İNALI MH. | 173 | 137 | 187 | 171 | 156 | 94 | 137 | 113 | 116 | 103 | 147 | 176 |
| 98 | YENİKENT SİT.F BLOK NO:5 İNALI MH. | 132 | 131 | 169 | 181 | 131 | 123 | 142 | 187 | 132 | 132 | 159 | 134 |
| 99 | NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. F BLOK İNALI MH. | 175 | 145 | 208 | 239 | 210 | 191 | 259 | 431 | 218 | 164 | 225 | 180 |
| 100 | YENİKENT YAPI KOOP F BLOK NO:7 İNALI MH. | 149 | 143 | 223 | 203 | 139 | 107 | 75 | 0 | 64 | 125 | 162 | 146 |
| 101 | YENİKENT YAPI KOOP.NO:2/8 İNALI MH. | 145 | 124 | 195 | 222 | 153 | 132 | 169 | 202 | 135 | 145 | 187 | 137 |
| 102 | YENİ KENT SİTESİ F BLOK İNALI MH. | 322 | 225 | 288 | 252 | 76 | 45 | 115 | 126 | 82 | 74 | 238 | 301 |
| 103 | MENDERES SK. NO:24/1 BAYRAMOĞLU APT. İNALI MH. | 94 | 38 | 117 | 77 | 105 | 62 | 102 | 57 | 40 | 69 | 105 | 92 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 104 | MENDERES SK. NO:24/2 BAYRAMOĞLU APT İNALI MH. | 185 | 167 | 222 | 167 | 200 | 142 | 210 | 242 | 173 | 166 | 221 | 162 |
| 105 | MENDERES SK. NO:24/3 BAYRAMOĞLU APT. İNALI MH. | 180 | 102 | 157 | 142 | 157 | 99 | 134 | 145 | 115 | 99 | 192 | 136 |
| 106 | MENDERES SK. BAYRAMOĞLU AP NO:24/4 İNALI MH. | 99 | 60 | 110 | 111 | 137 | 112 | 130 | 178 | 153 | 114 | 135 | 99 |
| 107 | MENDERES SK. BAYRAMOĞLU AP. NO:24/5 İNALI MH. | 118 | 73 | 124 | 111 | 127 | 79 | 128 | 126 | 77 | 84 | 170 | 85 |
| 108 | MEDERES SOK. NO:24 BAYRAMOĞLU KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 133 | 98 | 149 | 122 | 164 | 98 | 135 | 177 | 125 | 137 | 175 | 134 |
| 109 | MENDERES SK. NO:24/7 BAYRAMOĞLU APT. İNALI MH. | 96 | 56 | 87 | 65 | 78 | 54 | 93 | 90 | 72 | 107 | 131 | 86 |
| 110 | MENDERES SK. BAYRAMOĞLU AP.NO:24/8 İNALI MH. | 107 | 88 | 141 | 103 | 149 | 87 | 131 | 165 | 126 | 131 | 72 | 94 |
| 111 | MENDERES SK. NO:24/9 BAYRAMOĞLU APT. İNALI MH. | 115 | 99 | 137 | 115 | 161 | 91 | 149 | 143 | 127 | 118 | 162 | 109 |
| 112 | MENDERES SOK.NO:24/10 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 136 | 105 | 149 | 123 | 154 | 89 | 151 | 185 | 151 | 128 | 156 | 125 |
| 113 | MENDERES SK. NO:24/11 SELTA İNŞ. İNALI MH. | 164 | 113 | 176 | 139 | 196 | 82 | 97 | 200 | 149 | 162 | 191 | 147 |
| 114 | MENDERES SK. BAYRAMOĞLU AP.NO:24/12 İNALI MH. | 122 | 105 | 169 | 146 | 190 | 115 | 95 | 31 | 119 | 88 | 123 | 97 |
| 115 | MENDERES SK. BAYRAMOĞLU APT. NO:24/13 İNALI MH. | 139 | 92 | 135 | 115 | 182 | 92 | 157 | 240 | 183 | 164 | 206 | 164 |
| 116 | MENDERES SK. ORTAK KULLANIM İNALI MH. | 218 | 150 | 237 | 117 | 63 | 0 | 63 | 44 | 36 | 37 | 131 | 181 |
| 117 | SAHRA SK. NO:4/3 İNALI MH. | 35 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 52 | 57 | 84 | 54 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 137 | SAHRA SK. NO:9/1 AHMET ÇİFÇİ İNALI MH. | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 553 |
| 138 | SAHRA SK. NO:9/2 AHMET ÇİFÇİ İNALI MH. | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 530 |
| 139 | SAHRA SK. NO:9/3 AHMET ÇİFÇİ İNALI MH. | 151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2160 |
| 140 | SAHRA SK. NO:9/4 AHMET ÇİFÇİ İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 141 | SAHRA SK. NO:9 İNALI MH. | 134 | 985 | 275 | 37 | 0 | 42 | 0 | 76 | 0 | 0 | 284 | 126 |
| 142 | SAHRA SK. NO:11 İNALI MH. | 85 | 147 | 0 | 0 | 0 | 250 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 259 |
| 143 | SAHRA SK. NO:17 İNALI MH. | 89 | 44 | 81 | 93 | 181 | 117 | 176 | 195 | 142 | 127 | 161 | 91 |
| 144 | SAHRA SK. NO:28 İNALI MH. | 97 | 63 | 118 | 116 | 149 | 96 | 138 | 145 | 105 | 118 | 161 | 105 |
| 145 | SAHRA SK. NO:17 İNALI MH. | 56 | 58 | 80 | 79 | 113 | 71 | 129 | 155 | 59 | 0 | 0 | 301 |
| 146 | KINALI CD. NO:17/4 İNALI MH. | 64 | 57 | 94 | 69 | 101 | 68 | 114 | 144 | 107 | 78 | 99 | 65 |
| 147 | KINALI CD. NO:17/3 İNALI MH. | 59 | 39 | 68 | 62 | 94 | 72 | 124 | 146 | 106 | 95 | 83 | 68 |
| 148 | KINALI CD. NO:17/6 İNALI MH. | 74 | 91 | 114 | 134 | 176 | 119 | 179 | 206 | 143 | 121 | 107 | 84 |
| 149 | KINALI CD. NO:17/5 İNALI MH. | 53 | 41 | 75 | 70 | 153 | 97 | 156 | 184 | 144 | 114 | 216 | 52 |
| 150 | KINALI CD. NO:17/1 İNALI MH. | 0 | 50 | 101 | 73 | 116 | 85 | 123 | 159 | 120 | 0 | 0 | 0 |
| 151 | KINALI CD. NO:17 İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 |
| 152 | SAHRA SK. NO:26 İNALI MH. | 61 | 33 | 96 | 46 | 91 | 71 | 103 | 149 | 79 | 89 | 97 | 64 |
| 153 | İNALI MH.KINALI CAD.SAFA APT.NO:19 | 215 | 156 | 289 | 105 | 205 | 147 | 186 | 220 | 163 | 352 | 89 | 173 |
| 154 | KINALI CD. SAFA APT.NO:19/8 İNALI MH. | 261 | 125 | 244 | 191 | 210 | 144 | 234 | 241 | 225 | 197 | 321 | 243 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 155 | KINALI CD. SAFA APT.NO:19 İNALI MH. | 213 | 189 | 239 | 321 | 240 | 170 | 242 | 306 | 180 | 169 | 244 | 221 |
| 156 | KINALI CD. SAFA APT.NO:19/10 İNALI MH. | 35 | 65 | 79 | 81 | 129 | 85 | 153 | 337 | 200 | 131 | 159 | 165 |
| 157 | KINALI CD. SAFA APT. NO:19/9 İNALI MH. | 82 | 208 | 116 | 175 | 222 | 140 | 207 | 178 | 130 | 167 | 171 | 242 |
| 158 | KINALI CD. SAFA APT.NO:19 İNALI MH. | 109 | 96 | 141 | 0 | 74 | 0 | 44 | 35 | 0 | 84 | 37 | 105 |
| 159 | KINALI CD. İNALI MH. | 75 | 48 | 99 | 111 | 92 | 77 | 87 | 114 | 63 | 67 | 70 | 77 |
| 160 | KINALI CD. SAFA APT.NO:19/1 İNALI MH. | 79 | 73 | 85 | 84 | 110 | 76 | 115 | 144 | 90 | 79 | 90 | 96 |
| 161 | KINALI CD. NO:19 SAFA APT. NO:19/4 İNALI MH. | 144 | 103 | 116 | 104 | 113 | 75 | 110 | 133 | 118 | 161 | 181 | 158 |
| 162 | KINALI CD. SAFA APT.NO:19/3 İNALI MH. | 181 | 169 | 208 | 211 | 255 | 184 | 305 | 393 | 287 | 164 | 206 | 166 |
| 163 | KINALI CD. SAFA APT.NO:19 İNALI MH. | 243 | 183 | 223 | 210 | 187 | 142 | 168 | 280 | 187 | 179 | 234 | 280 |
| 164 | OKUR SK. NO:7/1 İNALI MH. | 177 | 199 | 186 | 116 | 201 | 146 | 0 | 389 | 174 | 138 | 175 | 124 |
| 165 | OKUR SK. NO:7/2 İNALI MH. | 186 | 159 | 173 | 169 | 210 | 198 | 0 | 542 | 238 | 225 | 202 | 193 |
| 166 | KINALI CD. NO:23 İNALI MH. | 106 | 122 | 147 | 159 | 172 | 168 | 170 | 255 | 180 | 150 | 151 | 104 |
| 167 | OKUR SK. NO:5/2 İNALI MH. | 68 | 55 | 80 | 77 | 129 | 83 | 141 | 168 | 140 | 133 | 119 | 73 |
| 168 | OKUR SK. NO:5/1 İNALI MH. | 72 | 80 | 94 | 90 | 110 | 113 | 103 | 136 | 99 | 91 | 108 | 83 |
| 169 | OKUR SK. AKATKENT SİTESİ E/BLOK NO:1 İNALI MH. | 133 | 119 | 159 | 138 | 134 | 105 | 160 | 180 | 129 | 125 | 210 | 86 |
| 170 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK D:2 İNALI MH. | 373 | 111 | 151 | 148 | 149 | 97 | 178 | 43 | 120 | 0 | 0 | 0 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 171 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:3 İNALI MH. | 227 | 214 | 254 | 256 | 238 | 182 | 288 | 281 | 222 | 221 | 402 | 158 |
| 172 | OKUR SK. AKAT KENT SİT.E BLOK D:4 İNALI MH. | 210 | 105 | 207 | 197 | 217 | 171 | 248 | 149 | 130 | 181 | 377 | 134 |
| 173 | OKUR SK. NO:2_-2/5 AKAT KENT E BLOK İNALI MH. | 22 | 146 | 220 | 212 | 220 | 175 | 151 | 1 | 125 | 91 | 127 | 69 |
| 174 | OKUR SK. AKATKENT E/BLOK İNALI MH. | 473 | 347 | 464 | 309 | 121 | 30 | 50 | 58 | 46 | 48 | 343 | 312 |
| 175 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK D:6 İNALI MH. | 171 | 174 | 220 | 234 | 238 | 161 | 235 | 228 | 172 | 173 | 281 | 120 |
| 176 | OKUR SK. NO:2-2/7 AKAT KENT E BLOK İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 177 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:8 İNALI MH. | 131 | 101 | 141 | 152 | 168 | 117 | 177 | 159 | 136 | 145 | 206 | 85 |
| 178 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:9 İNALI MH. | 125 | 124 | 149 | 162 | 178 | 118 | 183 | 176 | 101 | 268 | 142 | 104 |
| 179 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK D:10 İNALI MH. | 102 | 0 | 54 | 103 | 142 | 151 | 128 | 130 | 109 | 101 | 162 | 73 |
| 180 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:11 İNALI MH. | 96 | 101 | 146 | 121 | 152 | 114 | 183 | 219 | 141 | 183 | 161 | 132 |
| 181 | OKUR SK. NO:2/12 AKAT KENT E BLOK İNALI MH. | 176 | 150 | 191 | 175 | 119 | 189 | 137 | 315 | 165 | 151 | 264 | 119 |
| 182 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK D:13 İNALI MH. | 94 | 103 | 0 | 0 | 99 | 43 | 123 | 119 | 76 | 73 | 159 | 68 |
| 183 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:14 İNALI MH. | 107 | 54 | 116 | 100 | 129 | 82 | 138 | 92 | 94 | 115 | 181 | 68 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 184 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:15 İNALI MH. | 97 | 109 | 124 | 97 | 131 | 61 | 151 | 178 | 143 | 123 | 130 | 70 |
| 185 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:16 İNALI MH. | 102 | 53 | 92 | 84 | 108 | 72 | 121 | 131 | 74 | 81 | 218 | 71 |
| 186 | OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK BODRM-17 İNALI MH. | 119 | 115 | 147 | 162 | 147 | 79 | 156 | 181 | 110 | 109 | 189 | 73 |
| 187 | OKUR SK. NO:2-2/18 AKAT KENT E BLOK İNALI MH. | 0 | 98 | 122 | 164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 188 | OKUR SK. NO:2_-3/1 AKAT KENT F BLOK İNALI MH. | 166 | 141 | 156 | 164 | 183 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 | 159 |
| 189 | OKUR SK. NO:2 AKAT KENT SİT.F/BLK İNALI MH. | 252 | 207 | 286 | 280 | 243 | 149 | 254 | 288 | 225 | 443 | 111 | 260 |
| 190 | OKUR SK. AKATKENT SİT.F BLOK NO:2/3 İNALI MH. | 604 | 89 | 192 | 233 | 166 | 49 | 118 | 132 | 141 | 280 | 0 | 0 |
| 191 | OKUR SK. AKATKENT SİT. F BLOK NO:4 İNALI MH. | 393 | 154 | 188 | 173 | 228 | 125 | 159 | 174 | 150 | 248 | 0 | 0 |
| 192 | OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:2/5 İNALI MH. | 133 | 113 | 209 | 168 | 159 | 110 | 141 | 192 | 101 | 136 | 163 | 206 |
| 193 | OKUR SK. AKATKEN SİT.F BLOK İNALI MH. | 141 | 231 | 320 | 234 | 86 | 34 | 46 | 164 | 57 | 47 | 177 | 393 |
| 194 | MENDERES SK. AKAT KENT SİT.D BLOK İNALI MH. | 118 | 148 | 161 | 144 | 143 | 91 | 129 | 131 | 113 | 118 | 144 | 117 |
| 195 | OKUR SK. NO:2-3/7 AKAT KENT F BLOK İNALI MH. | 155 | 178 | 189 | 194 | 223 | 143 | 247 | 268 | 185 | 176 | 202 | 173 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| 196 | OKUR SK. NO:8 AKAT KENT SİT.F/BLK İNALI MH. | 0 | 140 | 240 | 111 | 217 | 161 | 211 | 185 | 133 | 133 | 205 | 250 |
| 197 | OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:2/9 İNALI MH. | 172 | 132 | 153 | 132 | 141 | 95 | 135 | 120 | 97 | 140 | 167 | 142 |
| 198 | OKUR SK. NO:2-1/10 AKAT KENT D BLOK İNALI MH. | 125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1611 | 128 | 127 |
| 199 | OKUR SK. AKATKENT SİT D BLOK İNALI MH. | 200 | 142 | 185 | 155 | 199 | 128 | 148 | 287 | 228 | 227 | 253 | 217 |
| 200 | OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK İNALI MH. | 213 | 92 | 199 | 213 | 204 | 118 | 209 | 190 | 184 | 174 | 250 | 242 |
| 201 | OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:2/13 İNALI MH. | 294 | 285 | 411 | 334 | 344 | 247 | 366 | 399 | 324 | 286 | 370 | 287 |
| 202 | OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:2/14 İNALI MH. | 125 | 81 | 269 | 103 | 154 | 106 | 144 | 288 | 183 | 147 | 172 | 131 |
| 203 | MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ D BLOK NO:15 İNALI MH. | 255 | 148 | 241 | 278 | 245 | 155 | 169 | 198 | 191 | 184 | 259 | 239 |
| 204 | OKUR SK. AKATKENT SİTESİ D BLOK NO:2/16 İNALI MH. | 181 | 179 | 201 | 222 | 200 | 142 | 203 | 236 | 163 | 163 | 179 | 193 |
| 205 | OKUR SK. NO:2-1/17 AKAT KENT D BLOK BODRUM İNALI MH. | 94 | 63 | 90 | 88 | 99 | 49 | 81 | 89 | 91 | 82 | 98 | 82 |
| 206 | OKUR SK. AKATKENT SİT.F BLOK BODRUM/2 İNALI MH. | 59 | 81 | 125 | 142 | 119 | 75 | 0 | 68 | 97 | 113 | 117 | 174 |
| 207 | OKUR SK. NO:2,-1/1 AKAT KENT D BLOK İNALI MH. | 239 | 220 | 270 | 248 | 248 | 186 | 265 | 330 | 211 | 216 | 281 | 250 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 208 | OKUR SK. NO:2_-1/2 AKAT KENT D BLOK İNALI MH. | 196 | 329 | 172 | 165 | 212 | 137 | 253 | 251 | 190 | 203 | 182 | 168 |
| 209 | OKUR SK. NO:2_-1/2 AKAT KENT D BLOK AKAT KENT SİT.B1 BLOK NO:2/3 İNALI MH. | 129 | 121 | 164 | 159 | 147 | 100 | 139 | 168 | 124 | 123 | 163 | 133 |
| 210 | OKUR SK. AKATKENT SİT.B1 BLOK NO:24/4 İNALI MH. | 108 | 70 | 87 | 87 | 86 | 60 | 96 | 107 | 80 | 80 | 84 | 123 |
| 211 | OKUR SK. AKATKENT SİT.B1 BLOK NO:2/5 İNALI MH. | 199 | 183 | 237 | 224 | 239 | 175 | 221 | 238 | 180 | 186 | 279 | 218 |
| 212 | OKUR SK. AKATKENT SİT. İNALI MH. | 406 | 353 | 466 | 346 | 138 | 28 | 103 | 154 | 94 | 64 | 232 | 393 |
| 213 | OKUR SK. AKAT KENT SİT.B1 BLOK İNALI MH. | 241 | 208 | 231 | 221 | 239 | 153 | 221 | 347 | 185 | 206 | 336 | 279 |
| 214 | OKUR SK. NO:2 AKAT KENT İNALI MH. | 202 | 173 | 261 | 233 | 218 | 193 | 257 | 135 | 191 | 216 | 288 | 217 |
| 215 | OKUR SK. AKATKENT SİTESİ B1 BLOK 2/8 İNALI MH. | 161 | 121 | 168 | 143 | 145 | 108 | 159 | 51 | 145 | 142 | 164 | 152 |
| 216 | OKUR SK. AKATKENT SİT.B1 BLOK NO:2/9 İNALI MH. | 0 | 238 | 202 | 191 | 250 | 120 | 101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 217 | OKUR SK. NO:10 AKAT KENT SİTESİ D/BLK İNALI MH. | 190 | 171 | 237 | 210 | 208 | 138 | 259 | 250 | 245 | 174 | 257 | 200 |
| 218 | OKUR SK. NO:2_-1/11 AKAT KENT D BLOK İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 564 | 84 | 62 | 91 | 105 | 92 | 129 | 0 | 0 |
| 219 | OKUR SK. AKAT KENT SİT.NO:2/1 İNALI MH. | 203 | 265 | 344 | 300 | 289 | 205 | 327 | 331 | 196 | 221 | 271 | 204 |
| 220 | OKUR SK. NO:2 AKAT KENT C BLOK İNALI MH. | 147 | 379 | 212 | 226 | 218 | 168 | 216 | 250 | 172 | 178 | 219 | 216 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 221 | OKUR SK. AKATKENT SİT.B1 BLOK NO:2/14 İNALI MH. | 96 | 165 | 285 | 128 | 196 | 109 | 229 | 238 | 194 | 167 | 220 | 339 |
| 222 | OKUR SK. AKAT KENT SİT.B1 BLOK NO:2/15 İNALI MH. | 182 | 161 | 189 | 184 | 160 | 122 | 164 | 111 | 103 | 158 | 194 | 166 |
| 223 | OKUR SK. NO:16 AKAT KENT SİTESİ D/BLK İNALI MH. | 213 | 62 | 145 | 139 | 145 | 208 | 0 | 165 | 201 | 244 | 274 | 257 |
| 224 | OKUR SK. NO:2-1/18 AKAT KENT D BLOK İNALI MH. | 115 | 107 | 142 | 100 | 97 | 27 | 117 | 115 | 46 | 79 | 137 | 133 |
| 225 | OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:18/BDRM İNALI MH. | 98 | 94 | 112 | 82 | 86 | 69 | 83 | 57 | 30 | 41 | 0 | 54 |
| 226 | OKUR SK. NO:1 AKAT KENT SİT.C/BLK İNALI MH. | 450 | 363 | 375 | 389 | 404 | 204 | 368 | 436 | 225 | 301 | 385 | 381 |
| 227 | OKUR SK. AKATKENT SİT.C BLOK NO:2 İNALI MH. | 111 | 139 | 181 | 164 | 155 | 120 | 197 | 186 | 138 | 168 | 259 | 115 |
| 228 | OKUR SK. NO:3 AKAT KENT SİT.C/BLK İNALI MH. | 97 | 64 | 72 | 66 | 84 | 53 | 76 | 88 | 80 | 62 | 82 | 73 |
| 229 | OKUR SK. NO:2/4 AKAT KENT C BLOK İNALI MH. | 87 | 55 | 73 | 64 | 59 | 42 | 71 | 50 | 0 | 0 | 190 | 76 |
| 230 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.C BLOK KAZAN DA İNALI MH. | 400 | 299 | 411 | 201 | 76 | 30 | 0 | 247 | 99 | 49 | 0 | 582 |
| 231 | OKUR SK. NO:2/6 AKAT KENT C BLOK İNALI MH. | 132 | 187 | 223 | 215 | 219 | 115 | 207 | 379 | 264 | 0 | 511 | 123 |
| 232 | MENDERES SK. AKAT KENT SİT.C BLOK NO:7 İNALI MH. | 229 | 280 | 262 | 270 | 268 | 135 | 267 | 287 | 207 | 220 | 265 | 208 |
| 233 | OKUR SK. AKAT KENT SİT.A1 BLOK İNALI MH. | 187 | 144 | 162 | 153 | 172 | 104 | 179 | 193 | 170 | 145 | 186 | 182 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 234 | OKUR SK. NO:9 AKAT KENT SİT.C/BLK İNALI MH. | 150 | 140 | 130 | 129 | 138 | 90 | 168 | 129 | 168 | 104 | 228 | 148 |
| 235 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.C BLOK NO:10 İNALI MH. | 128 | 78 | 94 | 95 | 54 | 77 | 109 | 167 | 181 | 135 | 199 | 143 |
| 236 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.A1 NO:11 İNALI MH. | 175 | 156 | 245 | 201 | 160 | 106 | 159 | 148 | 136 | 126 | 203 | 172 |
| 237 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.C BLOK NO:12 İNALI MH. | 164 | 77 | 128 | 57 | 94 | 125 | 183 | 171 | 138 | 443 | 207 | 422 |
| 238 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.C BLOK İNALI MH. | 192 | 141 | 214 | 207 | 190 | 139 | 231 | 228 | 125 | 154 | 208 | 194 |
| 239 | MENDERES SK. AKATKENT.SİT.C BLOK İNALI MH. | 143 | 95 | 110 | 185 | 211 | 87 | 148 | 138 | 126 | 171 | 56 | 157 |
| 240 | MENDERES SK. AKAT KENT SİT.C BLOK NO:15 İNALI MH. | 45 | 93 | 111 | 103 | 92 | 63 | 114 | 134 | 104 | 88 | 117 | 149 |
| 241 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.A1 BLOK NO:16 İNALI MH. | 225 | 69 | 334 | 190 | 198 | 114 | 199 | 194 | 160 | 161 | 302 | 225 |
| 242 | MENDERES SK. NO:1 AKAT KENT SİT.B/BLK İNALI MH. | 122 | 66 | 151 | 155 | 136 | 84 | 53 | 0 | 72 | 90 | 136 | 130 |
| 243 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK NO:2 İNALI MH. | 140 | 113 | 152 | 140 | 142 | 85 | 0 | 335 | 144 | 118 | 178 | 143 |
| 244 | MENDERES SK. AKAT KENT SİT.B BLOK İNALI MH. | 164 | 135 | 179 | 167 | 162 | 70 | 125 | 178 | 153 | 149 | 334 | 166 |
| 245 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK NO:4 İNALI MH. | 0 | 141 | 164 | 209 | 139 | 93 | 156 | 196 | 272 | 0 | 0 | 523 |
| 246 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK NO:5 İNALI MH. | 62 | 171 | 290 | 120 | 0 | 241 | 33 | 85 | 82 | 79 | 124 | 88 |
| 247 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK MÜŞTEREK İNALI MH. | 280 | 269 | 349 | 245 | 84 | 27 | 59 | 56 | 40 | 74 | 223 | 309 |
| 248 | MENDERES SK. AKAT KENT SİT.B BLOK İNALI MH. | 187 | 168 | 191 | 199 | 173 | 165 | 237 | 257 | 144 | 187 | 276 | 198 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 249 | OKUR SK. NO:2 AKAT KENT B BLOK İNALI MH. | 128 | 102 | 170 | 151 | 154 | 114 | 163 | 197 | 137 | 155 | 180 | 130 |
| 250 | MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ B BLOK NO:8 İNALI MH. | 130 | 105 | 120 | 106 | 135 | 67 | 0 | 0 | 33 | 29 | 133 | 105 |
| 251 | MENDERES SK. NO:9 AKAT KENT SİT.B/BLK İNALI MH. | 197 | 148 | 199 | 193 | 196 | 116 | 184 | 195 | 161 | 174 | 258 | 185 |
| 252 | MENDERES SK. NO:29 AKAT KENT SİTESİ A BLOK İNALI MH. | 181 | 150 | 176 | 188 | 189 | 132 | 122 | 46 | 126 | 161 | 244 | 195 |
| 253 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK D:11 İNALI MH. | 178 | 153 | 197 | 179 | 193 | 129 | 103 | 101 | 150 | 165 | 222 | 168 |
| 254 | MENDERES SK. NO:12 AKAT KENT SİTESİ B/BLK İNALI MH. | 88 | 184 | 177 | 161 | 213 | 156 | 167 | 185 | 94 | 110 | 195 | 97 |
| 255 | MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ B BLOK NO:13 İNALI MH. | 160 | 146 | 166 | 164 | 202 | 142 | 210 | 224 | 178 | 160 | 175 | 169 |
| 256 | MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ B BLOK NO:14 İNALI MH. | 128 | 119 | 170 | 162 | 132 | 69 | 150 | 153 | 84 | 105 | 168 | 144 |
| 257 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK D:15 İNALI MH. | 185 | 69 | 75 | 68 | 52 | 35 | 38 | 0 | 163 | 177 | 234 | 188 |
| 258 | MENDERES SK. AKAT KENT SİT.B BLOK İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 116 | 52 | 35 | 138 | 164 | 94 | 0 | 0 | 48 |
| 259 | MENDERES SK. NO:29-1/17 AKAT KENT SİTESİ B BLOK İNALI MH. | 226 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1234 | 102 | 74 | 153 | 154 |
| 260 | MENDERES SK. NO:29 - 1/18 AKAT KENT SİTESİ B BLOK İNALI MH. | 73 | 121 | 139 | 116 | 174 | 132 | 154 | 166 | 240 | 0 | 226 | 229 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 261 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.A BLOK NO:1 İNALI MH. | 116 | 94 | 140 | 116 | 111 | 76 | 123 | 133 | 180 | 27 | 134 | 130 |
| 262 | MENDERES SK. NO:29/2 AKAT KENT SİTESİ A BLOK İNALI MH. | 0 | 207 | 151 | 122 | 198 | 221 | 172 | 185 | 236 | 195 | 174 | 0 |
| 263 | MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ A BLOK NO:3 İNALI MH. | 187 | 179 | 248 | 224 | 210 | 150 | 257 | 267 | 205 | 179 | 201 | 183 |
| 264 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.A BLOK İNALI MH. | 117 | 108 | 144 | 113 | 122 | 81 | 116 | 138 | 124 | 110 | 148 | 122 |
| 265 | MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ A BLOK NO:5 İNALI MH. | 308 | 276 | 271 | 265 | 233 | 139 | 284 | 662 | 363 | 221 | 298 | 302 |
| 266 | MENDERES SK. AKATKENT SİT.A BLOK MÜŞTEREK İNALI MH. | 288 | 306 | 349 | 251 | 91 | 45 | 170 | 124 | 80 | 49 | 159 | 275 |
| 267 | MENDERES SK. AKAT KENT SİT.A BLOK İNALI MH. | 168 | 87 | 140 | 116 | 149 | 104 | 136 | 63 | 104 | 123 | 198 | 161 |
| 268 | MENDERES SK. NO:29/7 AKAT KENT SİTESİ A BLOK İNALI MH. | 73 | 77 | 172 | 169 | 127 | 75 | 103 | 194 | 88 | 52 | 288 | 208 |
| 269 | MENDERES SK. NO:29/8 AKAT KENT SİTESİ A BLOK AKATKENT SİT.A BLOK İNALI MH. | 93 | 0 | 55 | 37 | 12 | 38 | 89 | 105 | 90 | 82 | 90 | 86 |
| 270 | MENDERES SK. NO:29 AKAT KENNT SİTESİ A BLOK İNALI MH. | 160 | 175 | 232 | 221 | 221 | 142 | 146 | 179 | 154 | 152 | 181 | 161 |
| 271 | MENDERES SK. AKATKANET SİT A BLOK NO:10 İNALI MH. | 110 | 99 | 120 | 133 | 0 | 217 | 61 | 133 | 173 | 0 | 157 | 101 |
| 272 | MENDERES SK. NO:29/11 AKAT KENT SİTESİ A BLOK İNALI MH. | 136 | 126 | 170 | 178 | 163 | 120 | 168 | 126 | 129 | 144 | 235 | 152 |
| 273 | AYDINSU MAH.MENDERES SOK.AKATK KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 181 | 179 | 231 | 203 | 211 | 132 | 218 | 223 | 184 | 157 | 198 | 180 |
| 274 | MENDERES SK. NO:29 AKAT KENNT SİTESİ A BLOK İNALI MH. | 130 | 119 | 160 | 166 | 153 | 125 | 111 | 62 | 55 | 118 | 172 | 146 |
| 275 | AKATKENT SİTESİ A BLOK NO:14 İNALI MH. | 155 | 120 | 161 | 140 | 139 | 101 | 162 | 209 | 156 | 125 | 202 | 146 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 276 | MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ A BLOK NO:15 İNALI MH. | 121 | 119 | 166 | 156 | 146 | 112 | 159 | 202 | 123 | 118 | 141 | 122 |
| 277 | MENDERES SK. NO:29/16 AKAT KENNT SİTESİ A BLOK İNALI MH. | 190 | 170 | 195 | 174 | 186 | 138 | 172 | 212 | 165 | 179 | 219 | 175 |
| 278 | MENDERES SK. NO:29 AKAT KENNT SİTESİ A BLOK BODRUM-1 İNALI MH. | 180 | 112 | 209 | 194 | 183 | 133 | 200 | 176 | 150 | 155 | 234 | 182 |
| 279 | MENDERES SK. AKAT KENT SİT. A BLOK İNALI MH. | 120 | 93 | 105 | 120 | 92 | 87 | 129 | 126 | 94 | 87 | 117 | 115 |
| 280 | OKUR SK. 2 Lİ DIŞ AYDINLATMA İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 281 | OKUR SK. AKATKENT 4LÜ DIŞ AYDINLATMA İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 709 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 282 | MENDERES SK. NO:40/1 KADİR AYDIN İNALI MH. | 113 | 20 | 0 | 106 | 152 | 115 | 192 | 213 | 133 | 129 | 131 | 105 |
| 283 | MENDERES SK. AYDIN KARDEŞLER APT.NO:40/2 İNALI MH. | 189 | 0 | 93 | 175 | 172 | 122 | 213 | 235 | 161 | 123 | 201 | 171 |
| 284 | MENDERES SK. AYDINKARDEŞLER APT.NO:40/3 İNALI MH. | 125 | 144 | 188 | 54 | 140 | 82 | 143 | 142 | 48 | 40 | 163 | 129 |
| 285 | MENDERES SK. AYDINKARDEŞLER APT. NO:40/4 İNALI MH. | 206 | 177 | 231 | 196 | 171 | 115 | 206 | 252 | 146 | 139 | 213 | 184 |
| 286 | MENDERES SK. AYDINKARDEŞLER APT.NO:40/5 İNALI MH. | 240 | 238 | 264 | 238 | 253 | 167 | 100 | 111 | 165 | 226 | 338 | 230 |
| 287 | MENDERES SK. AYDIN KARDEŞLER APT.NO:40/6 İNALI MH. | 134 | 95 | 163 | 122 | 120 | 92 | 111 | 117 | 101 | 64 | 125 | 106 |
| 288 | MENDERES SK. NO:40/7 KADİR AYDIN İNALI MH. | 112 | 38 | 84 | 106 | 33 | 0 | 0 | 0 | 117 | 102 | 169 | 104 |
| 289 | MENDERES SK. NO:40 KADİR AYDIN D.10 İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 290 | MENDERES SK. KARDEŞLER APT.NO:40/8 İNALI MH. | 306 | 238 | 284 | 300 | 259 | 183 | 185 | 184 | 215 | 246 | 292 | 250 |
| 291 | MENDERES SK.NO:40 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 156 | 125 | 117 | 141 | 35 | 37 | 166 | 163 | 90 | 60 | 189 | 162 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 309 | İSTEMİHAN SK. NO:20/5 BULMUŞ APT. İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 310 | İSTEMİHAN SK. NO:20 D:6 İNALI MH. | 145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 176 |
| 311 | İSTEMİHAN SK. NO:20 D:7 İNALI MH. | 519 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 312 | İSTEMİHAN SK. NO:20 D:8 İNALI MH. | 144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 327 |
| 313 | İSTEMİHAN SK. NO:20 /9 İNALI MH. | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 |
| 314 | İSTEMİHAN SK. NO:20 ORTAK KUL. İNALI MH. | 457 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 | 43 | 120 | 0 | 0 |
| 315 | İSTEMİHAN SK. NO:18/2 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 103 | 112 | 166 | 138 | 156 | 156 | 161 | 134 | 85 | 117 | 142 | 108 |
| 316 | İSTEMİHAN SK. NO:18/2 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 175 | 139 | 170 | 187 | 184 | 225 | 228 | 320 | 240 | 203 | 215 | 164 |
| 317 | İSTEMİHAN SK. NO:16/1 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 0 | 0 | 0 | 473 | 142 | 146 | 160 | 218 | 140 | 143 | 187 | 0 |
| 318 | İSTEMİHAN SK. NO:16/2 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 57 | 27 | 55 | 58 | 66 | 66 | 73 | 95 | 76 | 62 | 62 | 56 |
| 319 | İSTEMİHAN SK. NO:8/1 A KADİR CAF APT. İNALI MH. | 204 | 128 | 183 | 175 | 0 | 312 | 191 | 227 | 118 | 158 | 201 | 179 |
| 320 | İSTEMİHAN SK. NO:8/3 A KADİR CAF APT. İNALI MH. | 171 | 182 | 204 | 165 | 174 | 136 | 130 | 183 | 165 | 146 | 273 | 176 |
| 321 | İSTEMİHAN SK. NO:8/4 İNALI MH. | 268 | 178 | 211 | 174 | 201 | 150 | 206 | 242 | 182 | 120 | 269 | 205 |
| 322 | İSTEMİHAN SK. NO:8/5 İNALI MH. | 88 | 138 | 240 | 217 | 240 | 137 | 263 | 290 | 211 | 210 | 261 | 319 |
| 323 | İSTEMİHAN SK. NO:8/6 İNALI MH. | 214 | 230 | 281 | 231 | 237 | 171 | 297 | 513 | 307 | 122 | 309 | 210 |
| 324 | İSTEMİHAN SK. NO:8/7 Y.C. APT. A KADİR CAF APT. İNALI MH. | 245 | 137 | 218 | 198 | 181 | 108 | 79 | 32 | 359 | 0 | 441 | 244 |
| 325 | İSTEMİHAN SK. NO:8/8 Y.C. APT. A KADİR CAF APT. İNALI MH. | 158 | 84 | 122 | 119 | 126 | 79 | 117 | 130 | 165 | 0 | 168 | 174 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 341 | AKÇAY SK. NO:11/14 İNALI MH. | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 |
| 342 | AKÇAY SK. NO:11 HUZUR APT. İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93 | 0 | 0 | 264 | 62 | 0 | 0 |
| 343 | BEŞİK SK. NO:16/1 İNALI MH. | 168 | 138 | 190 | 167 | 233 | 117 | 178 | 212 | 174 | 178 | 203 | 184 |
| 344 | BEŞİK SK. NO:16/2 İNALI MH. | 0 | 350 | 334 | 192 | 297 | 331 | 280 | 117 | 287 | 238 | 143 | 0 |
| 345 | BEŞİK SK. NO:16 İNALI MH. | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 346 | BEŞİK SK. NO:12 İNALI MH. | 40 | 110 | 131 | 119 | 177 | 104 | 171 | 212 | 167 | 210 | 48 | 159 |
| 347 | BEŞİK SK. NO:10/1 İNALI MH. | 56 | 50 | 76 | 56 | 85 | 50 | 78 | 96 | 71 | 68 | 80 | 62 |
| 348 | BEŞİK SK. NO:10/2 İNALI MH. | 0 | 26 | 0 | 37 | 0 | 0 | 79 | 0 | 148 | 0 | 33 | 0 |
| 349 | DESEN SOK NO:7/4 İNALI MH. | 720 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 350 | KARBELAZ SK. NO:13/7 AYMET İNŞ. A BLOK İNALI MH. | 290 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 351 | DESEN SOK NO:7/7 İNALI MH. | 337 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 352 | DESEN SOK NO:7/8 İNALI MH. | 154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 364 |
| 353 | DESEN SOK.NO:7/9 İNALI MH. | 137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 357 |
| 354 | DESEN SOK NO:7/1 İNALI MH. | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 281 |
| 355 | DESEN SOK. NO:7/2 İNALI MH. | 76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 248 |
| 356 | DESEN SOK. NO:7/3 İNALI MH. | 416 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 357 | DESEN SK. NO:7 KADER APT. İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 358 | AKÇAY SK. NO:6/1 İNALI MH. | 208 | 199 | 257 | 229 | 203 | 152 | 214 | 275 | 178 | 190 | 238 | 203 |

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 359 | AKÇAY SK. NO:6/2 İNALI MH. | 117 | 109 | 134 | 120 | 170 | 104 | 161 | 177 | 121 | 110 | 138 | 100 |
| 360 | AKÇAY SK. NO:6/3 İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 361 | AKÇAY SK. NO:5/2 İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 362 | AKÇAY SK. NO:5/1 İNALI MH. | 128 | 61 | 91 | 97 | 152 | 125 | 204 | 233 | 188 | 156 | 174 | 133 |
| 363 | AKÇAY SK. NO:14 İNALI MH. | 94 | 72 | 122 | 80 | 121 | 80 | 142 | 210 | 133 | 165 | 137 | 92 |
| 364 | AKÇAY SK. NO:11/1 İNALI MH. | 81 | 71 | 94 | 77 | 103 | 75 | 126 | 154 | 128 | 0 | 221 | 124 |
| 365 | AKÇAY SK. NO:18 İNALI MH. | 95 | 66 | 112 | 124 | 126 | 92 | 164 | 177 | 119 | 0 | 243 | 107 |
| 366 | AKÇAY SK. NO:12 İNALI MH. | 55 | 195 | 67 | 62 | 76 | 54 | 88 | 97 | 81 | 0 | 147 | 61 |
| 367 | AKÇAY SK. NO:12/2 İNALI MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 918 | 167 |
| 368 | AKÇAY SK. GOSİMA APT. NO:16/1 İNALI MH. | 168 | 69 | 211 | 140 | 130 | 120 | 175 | 181 | 193 | 153 | 177 | 169 |
| 369 | AKÇAY SK. NO:16/2 GOSİMAN APT. İNALI MH. | 149 | 261 | 308 | 331 | 364 | 225 | 302 | 324 | 247 | 95 | 165 | 147 |
| 370 | AKÇAY SK. NO:16/3 GOSİMAN APT. İNALI MH. | 0 | 77 | 104 | 100 | 107 | 74 | 110 | 123 | 165 | 0 | 0 | 0 |
| 371 | AKÇAY SK. GOSİMAN APT. NO:16/4 İNALI MH. | 76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| 372 | AKÇAY SK. NO:16 GOSİMAN APT. NO:5 İNALI MH. | 166 | 128 | 189 | 166 | 185 | 117 | 197 | 227 | 163 | 203 | 265 | 176 |
| 373 | AKÇAY SK. NO:16 ZAFER BALON İNALI MH. | 141 | 100 | 138 | 113 | 55 | 49 | 44 | 80 | 56 | 43 | 94 | 125 |
| 374 | ŞELİN MEVKİİ BAĞ EVİ KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 375 | SAHRA SK. NO:3 İNALI MH. | 780 | 0 | 0 | 142 | 0 | 105 | 657 | 0 | 0 | 0 | 0 | 195 |

Bingöl İli Yenişehir Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 60.698 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 61.575 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 52.714 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 63.835 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 60.468 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 55.240 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 55.068 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 68.631 kWh Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 53.226 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 64.261 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 55.785 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 65.143 kWh'tir. Bingöl İli Yenişehir Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 59.719 kWh'tir. Bingöl İli Yenişehir Mahallesi toplam mesken sayısı 390'dır. Bingöl İli Yenişehir Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 716.624 kWh'tir.

Bingöl İli İnönü Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 18.941 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 18.914 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 17.254 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 18.552 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 16.960 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 13.139 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 14.247 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 19.057 kWh, Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 14.271 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 17.139 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 16.257 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 18.854 kWh'tir.. Bingöl İli İnönü Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 203.434 kWh'tir

Bingöl İli Mustafa Gündoğdu Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 4.095 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 7.097 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 7.617 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 7.938 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 7.122 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 6.709 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 6.803 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 9.258 kWh Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 3.439 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 3.812 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 3.095 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 1.809 kWh'tir. Bingöl İli Mustafa Gündoğdu Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 5.733 kWh'tir. Bingöl İli Mustafa Gündoğdu Mahallesi toplam mesken sayısı 177'dir. Bingöl İli Mustafa Gündoğdu Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 68.794 kWh'tir.

Bingöl İli İçmeler Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 63.723 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 75.339 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 62.411 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 71.295 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 72.831 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 77.899 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 75.248 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 84.424 kWh Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 76.756 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 63.793 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 68.159 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 63.175 kWh'tir. Bingöl İli İçmeler Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 71.254 kWh'tir. Bingöl İli İçmeler Mahallesi toplam mesken sayısı 443'tür. Bingöl İli İçmeler Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 855.053 kWh'tir.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Batman da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Konya da tamamladı. 2008 yılında Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2012 yılında Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2013 yılında Bingöl Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığında Makine Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2014 yılında Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.