



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 16.08.2022
Kabul Tarihi : 30.09.2022

Received Date : 16.08.2022
Accepted Date : 30.09.2022

4 KİŞİLİK BİR AİLENİN ELEKTRİK ENERJİSİ İHTİYACI İÇİN ŞEBEKE BAĞLANTILI GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ TASARIMI VE SİMÜLASYONU

DESIGN AND SIMULATION OF GRID CONNECTED SOLAR POWER PLANT FOR THE ELECTRICAL ENERGY NEEDS OF A FAMILY OF FOUR PEOPLE

Zafer Ramazan ŞAHİN^{1*} (ORCID: 0000-0002-8256-7531)

Furkan DİNÇER² (ORCID: 0000-0001-6787-0850)

Ahmet Serdar YILMAZ³ (ORCID: 0000-0002-5735-3857)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Zafer Ramazan ŞAHİN, zaferr@hotmail.com

ÖZET

Enerji sektöründe meydana gelen teknolojik gelişmeler, dünyanın içinde bulunduğu iklim değişikliği sorunu ve enerji maliyetlerinin artması insanları daha ucuz ve temiz olan alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde daha fazla tercih edilir olmuştur. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi gerek yenilenebilir olması gerek ülkemizdeki yüksek güneş enerji potansiyeli sayesinde giderek yaygınlaşmıştır. Bu çalışma Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde ikamet eden dört kişiden oluşan bir ailenin evde tüketeceği günlük elektrik enerjisi ihtiyacını, ev çatısına kurulumu gerçekleştirilen şebeke bağlantılı sistem tarafından karşılamayı amaçlamaktadır. Dört kişiden oluşan ailenin evde kullandığı ev gereçlerinin tüketeceği elektrik enerjisi ortalaması hesaplanarak evin ihtiyacı olan günlük enerji miktarı belirlenmiştir. Hesaplamalara göre evin elektrik enerjisi gereksinimini karşılayacak lokasyonun yıllık ortalama güneşlenme süresi ve ışınım değerleri temel alınarak şebeke bağlantılı fotovoltaik santral tasarlanmış ve bu tasarımın Pvsyst programıyla simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pvsyst, fotovoltaik, güneş enerjisi, modelleme

ABSTRACT

Technological developments within the energy sector, the climate change problem in the world and the increasing of energy costs have led people to seek cheaper and cleaner alternative energy sources. Renewable energy sources such as wind energy, solar energy, biomass energy, geothermal energy have become more preferred today. However, solar energy, which is one of the renewable energy sources have become increasingly widespread due to both their renewable nature and the high solar energy potential in our country. This study aims to meet the daily electrical energy need of a family consisting of four people residing in the Göksun district of Kahramanmaraş province, by the grid-connected system installed on the roof of the house. The daily amount of energy needed by the house was determined by calculating the average of electrical energy consumed by the household appliances used by the family of four people. According to the calculations, a grid-connected photovoltaic power plant was designed based on the annual average sunshine duration and radiation values of proposed location, which will meet the electrical energy requirement of the house, and this design was simulated with the Pvsyst program.

ToCite: ŞAHİN, Z. R, DİNÇER, F., & YILMAZ, A.S, (2022). 4 KİŞİLİK BİR AİLENİN ELEKTRİK ENERJİSİ İHTİYACI İÇİN ŞEBEKE BAĞLANTILI GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ TASARIMI VE SİMÜLASYONU. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 46-56.

Keywords: Pvsyst, photovoltaic, solar energy, modelling

GİRİŞ

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişimi ve dünyada giderek artan nüfus artışı elektrik enerjisi ihtiyacını günden güne arttırmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde gerekli olan doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtlar hem giderek azalmakta hem de sera gazı salınımını artırıp çevreyi olumsuz olarak etkilemektedir. Bu sebeple, azalan ve çevreye zararlı olan fosil yakıtlar yerine daha çevreci yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yeni ve yenilenebilir enerji; gelecek nesillerin enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için mevcut enerji kaynakları tüketmeden, çevreye zarar vermeden, bugünün enerji ihtiyaçlarını karşılayabilen enerji biçimini tanımlar. Yani kendi kendini yenileyebilen, doğaya zarar vermeyen ve çevre dostu kaynakları tanımlamaktadır (Türkmen, 2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretiminde ilk zamanlar daha çok hidroelektrik santraller kullanılmaktayken teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde ise hidroelektrik santrallerin yanı sıra rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi santralleri de popüleritesi artan elektrik enerjisi üretim kaynakları haline gelmiştir. Bu durumun en önemli etkenleri; küresel ısınma, fosil yakıtların azalması, rüzgar ve güneş enerjisi teknolojilerinin üretim maliyetlerinin azalması şeklinde sıralanabilir (Rüstemli ve Tekev, 2021; Dinçer, 2021).

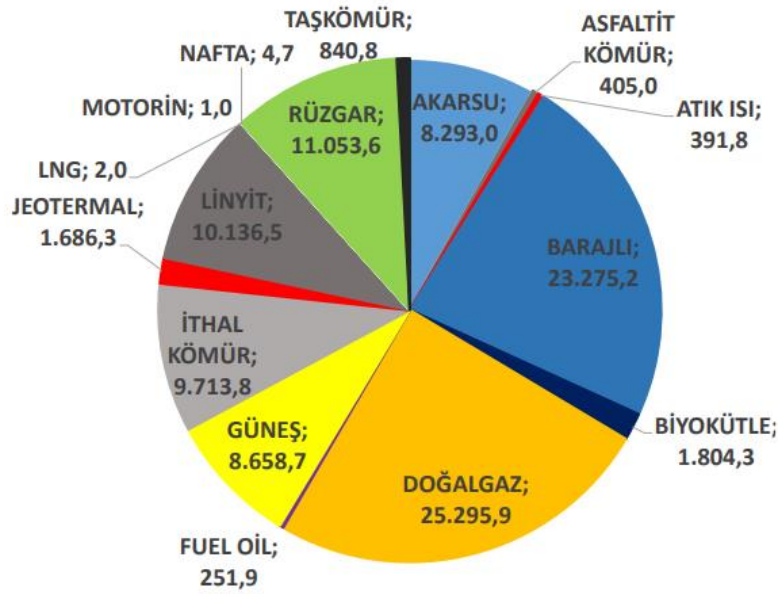
Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en çok hesaplanabilir, tutarlı, sınırsız ve çevre dostu olan kaynak ise güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmenin günümüzde en iyi yolu fotovoltaik panellerdir. Fotovoltaik paneller ile veya farklı bir deyiş ile güneş panelleri ile güneşten gelen ışık direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Son yıllarda elektrik enerjisindeki fiyat artışları ve bürokratik olarak mevzuat açısından kurulum izinlerinin verilmesiyle birlikte güneş enerji santrali kurulumları hızlı bir ivme kazanmıştır. Bir fotovoltaik enerji santrali tasarlanırken ve planlama yapılırken; santralin kurulacağı yerin coğrafik yapısı, rakımı, çevresel faktörleri, iklim koşulları, kurulum yapılacak arazi şartları, arazi zemin etüdü, çatı kurulumu ise çatının statik yapısı ve lokasyonun iklim koşulları, güneşlenme potansiyeli, gölgelenme durumları, kullanılacak fotovoltaik panel ve invertör seçimi, konstrüksiyon seçimi, panel-invertör uyum hesapları gibi pek çok dikkat edilmesi ve araştırılması gereken önemli parametreler vardır (Adak, Cangi ve Yılmaz, 2019).

Fotovoltaik sistemlerin ilk yaygınlaştığı zamanlarda çatı tipi kurulumlara göre arazi tipi kurulumlar daha fazlaydı ve kurulumların yapılması için teşvikler verilmekteydi. Günümüzde teşvikler ağırlıklı olarak çatı tipi santral kurulumuna yönelik olmaktadır. Yerinde üretim ve yerinde tüketim olup şebeke enerji nakil hatlarının kullanılmaması şebeke işletmecisi açısından bir avantajdır. Fotovoltaik santrallerde; tozlanma, güneş ışınlarının geliş açısı, sıcaklık derecesi, gölgelenme gibi faktörler sistemin verimini önemli derecede etki etmektedir. Bu noktada santralin simülasyonu yapılarak enerji üretim değerlerinin gerçeğe yakın şekilde tespit edilmesi santrallerin elektrik enerjisi üretim performansı açısından büyük önem arz etmektedir. Güneş enerjisi santralleri için kullanılan Homer Pro, Solar Pro, PVPlanner, Pvcase, PVSol, PVsyst gibi farklı türde simülasyon programları vardır. Bu programlar; güneş santrallerinin verimlilikleri hakkında gerçeğe yakın bilgi edinmeyi, deneysel ile nümerik sonuçları karşılaştırmayı sağlamaktadırlar. Bu çalışmada literatürde çokça kullanılan, hızlı üretim tahmini yapabilen, üretim miktarını gerçeğe yakın hesaplayabilen, 3 boyutlu çizim imkânı da verebilen PVsyst programı kullanılmıştır (Rüstemli and Dincer, 2011; Ozdemir and Sahin, 2018).

Fotovoltaik santraller; elektrik şebeke bağlantısı durumuna göre şebeke bağlantılı (on-grid), şebeke bağlantısız (off-grid) ve hibrit olmak üzere üç çeşittir. On-Grid sistemler; gündüz üretilen enerjinin hem tüketilmesini hem de fazla üretilen miktarın şebekeye basılmasını sağlayan, enerji üretiminin olmadığı zamanlarda ise tüketicinin enerji gereksinimini şebekeden karşılayan sistemlerdir. Off-Grid sistemler daha çok şebekenin olmadığı gündüz üretilen elektrik enerjisinin anlık tüketilmesi ve fazla üretilen elektrik enerjisinin aküler yardımıyla depo edilerek elektrik enerjisi üretilmeyen saatlerde kullanımına yönelik olan sistemlerdir. Hibrit sistemler ise On-Grid ve Off-Grid sistemlerinin kombinasyonu olarak meydana gelmektedir. Hem şebeke bağlantısı olup hem de depolama amaçlı akülerin bulunduğu sistemlerdir. Bu çalışmada model olarak alınan sistem; şebeke bağlantılı (on-grid) olarak

tasarlanmış, fotovoltaik panellerin elektrik enerjisi üretmediği akşam ve gece saatlerinde oluşan dezavantajlı durum şebeke bağlantılı sistem ile elimine edilmiştir.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ)'ın ilan etmiş olduğu kurulu güç bilgilerine göre; Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretim santrali kurulu gücü 2022 yılı Temmuz ayı sonu itibariyle 101.814,5 MW olarak belirtilmiştir. Elektrik enerjisi üretim santrallerinin toplamı 10.953 adet olup bu santrallerin %92'si lisanslı, %8'lik kısmı ise lisanssız santrallerden oluşmaktadır. Toplam santrallerin %32'si kamuya ait olup geri kalan %68'lik kısmı özel sektör yatırımlarından oluşmaktadır. Bu dönemde, fotovoltaik santrallerin toplam kurulu gücü ise 8.658,7 MW olarak gösterilmiştir. Toplam fotovoltaik santrallerin sayısı 8.882 adete ulaşmıştır. Fotovoltaik santrallerin sayısı ve kurulu güç değeri her yıl hızlı bir şekilde artmaktadır (TEİAŞ 2022).



Şekil 1. Kaynaklara Göre Kurulu Güç Dağılımı, Temmuz 2022 (TEİAŞ, 2022)

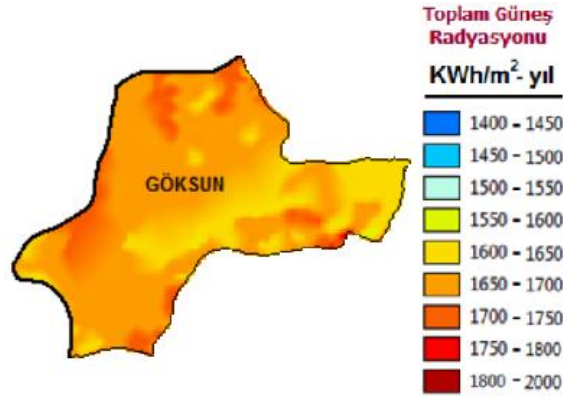
Günümüzde dört kişilik bir ailenin evinde kullandığı yıllık ortalama elektrik enerjisi yaklaşık olarak $8 \text{ kWh} * 365 = 2.920 \text{ kWh}$ olduğu hesaplanabilir. Kabaca bir hesap ile ülkemizde yaşayan herkes yılda en az 5 ton CO_2 üreterek çevreye ve ekosisteme ciddi zararlar verebilmektedir. Konutlarda, elektrikli cihazlarda yapılacak değişimlerle elektrik enerjisi verimli kullanılabilir ve tüketim azaltılabilir. Ancak konutlarda kullanılan enerjiden dolayı oluşan CO_2 emisyonunu ciddi oranda azaltabilmek için ihtiyaç olan elektrik enerjisi, fosil yakıt kaynaklarından değil yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmalıdır. Bunun için konutlarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin kullanılması teşvik edilmeli ve desteklenmelidir (Doğan, 2017).

Bu çalışmada dört kişilik bir ailenin evde tüketeceği ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan bu günlük elektrik enerjisi miktarı kullanılarak PVsyst programında bu evin elektrik enerjisi ihtiyacının çatı tipi fotovoltaik sistemlerle karşılanması için fotovoltaik santral simülasyonunun yapılarak ortaya çıkan verilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. PVsyst programının içerisinde sunulan çalışmalardan biri olan Meteororm 8.0 adlı veri tabanı setinden çalışmanın yapılacağı bölgenin meteorolojik verileri sistem üzerinden üretilmiştir (Akcan, Kuncan ve Minaz, 2020).

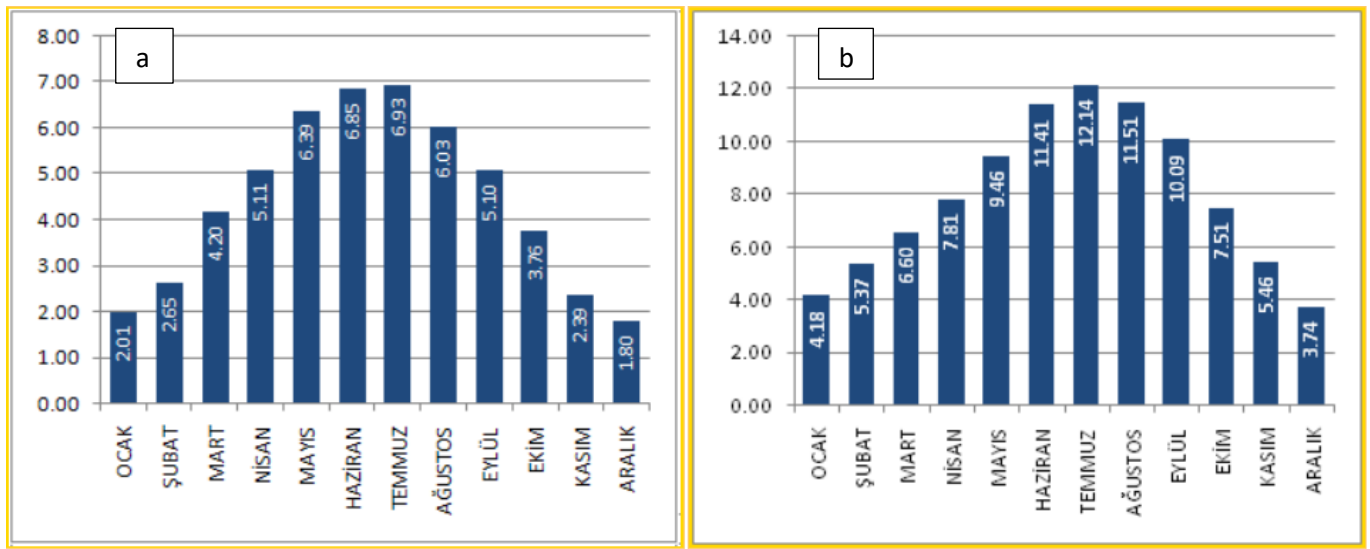
Göksun Güneş Enerjisi Potansiyeli

Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Kahramanmaraş ilinin Göksun ilçesi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Simülasyon çalışması Göksun ilçesindeki 38.0263 enleminde ve 36.4860 boylamındaki 1331 metre rakıma sahip 12 m eninde 16 m boyunda, 20° çatı yönelim özellikli bir müstakil ev çatısı için gerçekleştirilmiştir.

Göksun ilçesinin günlük ortalama güneşlenme süresi güney-kuzey yerleşimli, %120 yüklü güneş paneli gücüne sahip bir çatı tipi güneş enerjisi santrali için 4,2 saat/gün'dür. Güneş paneli yüklemesi arttıkça bu değer daha da artmaktadır. Çatı tipi değil de 25° eğime sahip arazi tipi bir güneş enerjisi santrali için güneşlenme süresi 5,4 saat/gün şeklindedir. Bu değerler; santralin güneş paneli yüklenme oranı ve lokasyona göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 2. Göksun Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA, 2022)



Şekil 3. a Göksun İlçesi'ne Ait Global Radyasyon Değeri b. Göksun İlçesi'ne Ait Güneşlenme Süresi (GEPA, 2022)

Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 h (günlük toplam 7.2 h), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m² yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğu belirlenmiştir (Kumbur vd., 2005). Kahramanmaraş'ın ilçelerinden olan Göksun'un Güneşlenme süresi günlük ortalama 7.94 h ve ışınım süresi ise 4.43 kWh/m²-gün olarak ölçülmüştür (Taşkın and Korucu, 2015). Verilen değerler dikkate alındığında Göksun'un Türkiye ortalamasının üstünde bir güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Özellikle ışınım değerlerinin yüksek olması, havanın temiz olması, sıcaklık değerlerinin ortalamalara göre düşük olması vb. etkenler güneş enerjisi santrali üretim performansının yüksek olmasını sağlamaktadır.

MATERYAL VE METOD

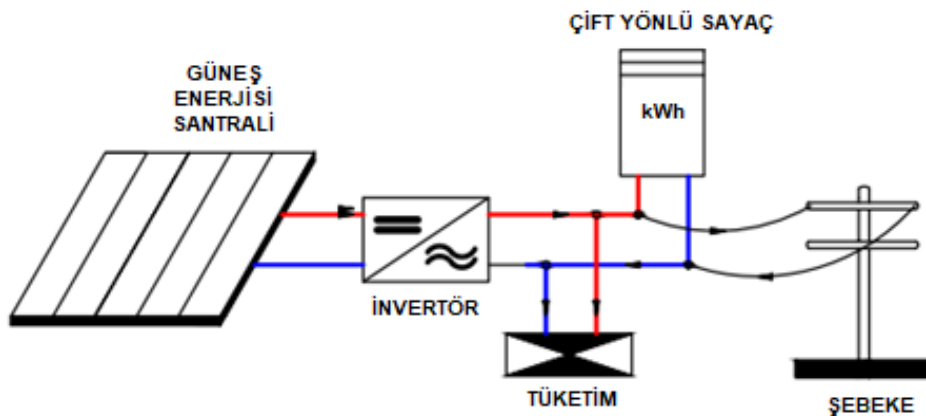
Bir evde ihtiyaç duyulan günlük elektrik enerjisi tüketim miktarı her gün farklılık gösterebilir. Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacı için öz tüketim değerleri gösterilen Şekil 4'te aydınlatma, televizyon, bilgisayar, ev aletleri gibi ürünlerin saatlik güç tüketim değerleri baz alınarak hesaplama yapılmıştır. Ancak; çamaşır makinesi, bulaşık

makinesi, buzdolabı gibi ürünlerin etiketlerinde yıllık enerji tüketim değerleri yazıldığı için etikette yazılı olan yıllık enerji tüketim değeri 365'e bölünerek günlük enerji tüketim değeri bulunmuştur. Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacı için öz tüketim değerleri Şekil 4'te gösterildiği üzere 4 kişilik bir evde günlük ortalama 8 kWh enerji harcanmaktadır. Bu değerler ailenin elektrikli ev aletlerini günlük kullanım değerlerine göre değişiklik gösterebilir.

Consumption		Hourly distribution				
Daily consumptions						
Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy	
8	Lamps (LED or fluo)	12 W/lamp	6.0 h/day	OK	576 Wh	
2	TV / PC / Mobile	160 W/app	6.0 h/day	OK	1920 Wh	
4	Domestic appliances	120 W/app	1.0 h/day	OK	480 Wh	
2	Fridge / Deep-freeze	0.60 kWh/day	24.0	OK	1200 Wh	
2	Dish- and Cloth-washer	500.0 W aver.	2.0 h/day	OK	2000 Wh	
4	Other uses	250 W/app	1.0 h/day	OK	1000 Wh	
4	Other uses	100 W/app	2.0 h/day	OK	800 Wh	
Stand-by consumers		1 W tot	24 h/day		24 Wh	
Total daily energy					8000 Wh/day	
Monthly energy					240.0 kWh/mth	

Şekil 4. Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacı için Öz Tüketim Değerleri

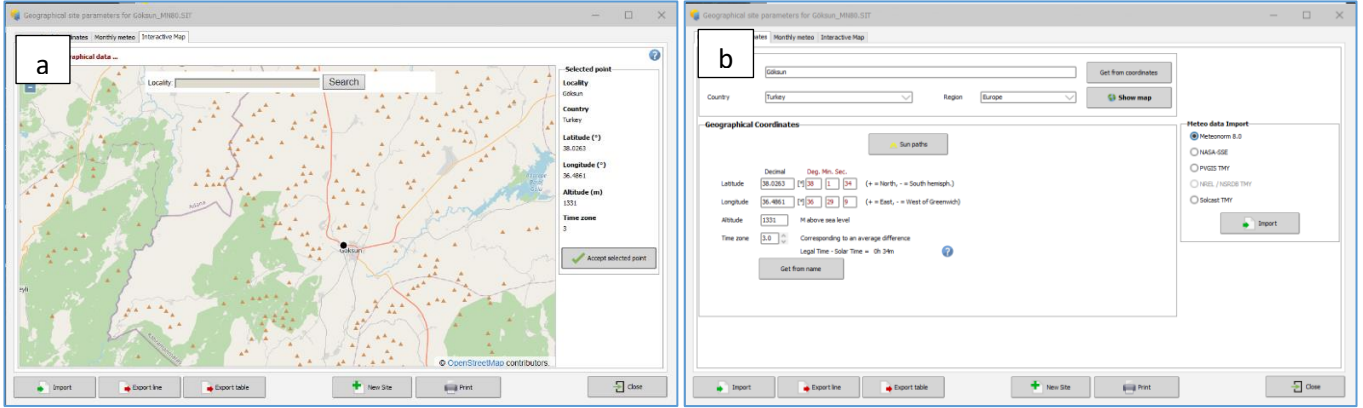
PVsyst programıyla şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin teknik analizi yapılmış, bu analizde fotovoltaik paneller, invertörler, şebeke ağı, sistem kayıpları ve sistem performansı değerlendirilmiştir. Fotovoltaik panellerden üretilen doğru akım elektrik enerjisi öncelikle invertörler yardımıyla alternatif akım elektrik enerjisine dönüştürülür. İntertörler, bu dönüşümü yaparken öncelikle bağlı bulunduğu şebekenin gerilim ve frekans değerlerini ölçer. Doğru akımdan alternatif akıma çevrim yaparken şebeke gerilim ve frekansına göre senkronizasyonu yapar. İntertörler ile şebekeye entegre senkronize olmuş elektrik enerjisi öncelikle iç tüketim var ise iç tüketimde kullanılır. Tüketim fazlası üretilen elektrik enerjisi çift yönlü sayaç üzerinden şebekeye aktarılır. Tüketilen elektrik enerjisi miktarı, üretilen elektrik enerjisi miktarından fazla olduğunda ise gene çift yönlü sayaç üzerinden şebekeden ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi çekilir. Yani bir anlamda burada şebeke enerji nakil hatları depo gibi kullanılmış olmaktadır. Enerjinin invertör yardımıyla AC ye çevrildiği ve kullanıcının ihtiyacı olan enerjiyi panellerden ve şebekeden çektiği, güneş panellerinden üretilen ihtiyaç fazlası enerjinin de şebekeye basıldığı şebeke bağlantılı sistemin blok diyagramı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Şebeke Bağlantılı Sistemin Blok Diyagramı

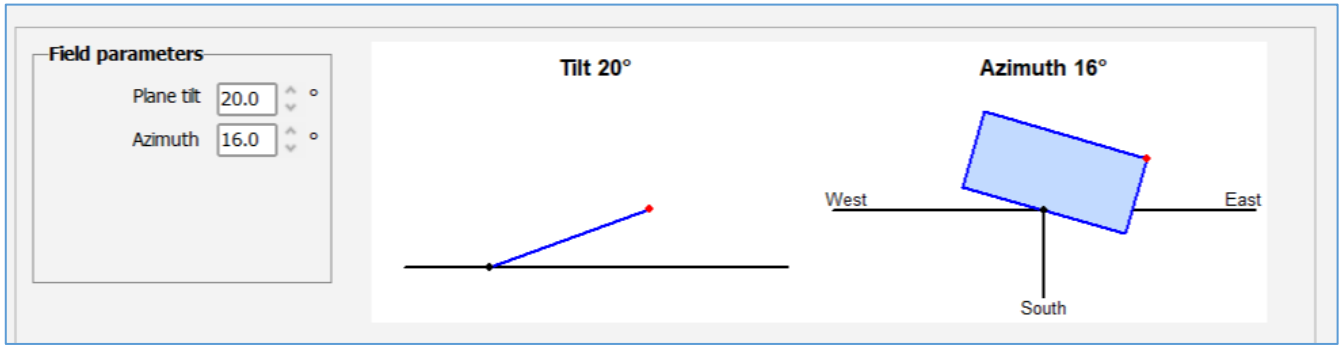
Kurulması planlanan fotovoltaik santralin bulunduğu konuma ait meteorolojik veriler PVsyst programının veri tabanında direkt olarak bulunmamaktadır. Programda ilk adım olarak yapılması gereken çalışma, fotovoltaik santralin kurulacak konumunun meteorolojik verilerinin sisteme tanımlanmasıdır. Bu işlem, yazılım içerisinde databases adlı bölümden geographical sites sekmesi içerisinde yer alan lokasyon bilgisi girilerek yapılır (Demiryürek,

Arifoğlu ve Bolat, 2020). Programın bu ara yüzünde ayrıca meteorolojik verilerin alınabileceği meteonorm 8.0, nasa-sse, pvgis tmy gibi meteoroloji veri tabanları sunulmaktadır.



Şekil 6.a Lokasyon Seçimi b. Lokasyon Verileri Gösterim

Coğrafi konum seçiminden sonra panellerin azimutunu ve eğimi belirlenmelidir. Güneş panelleri çatının eğimine paralel yerleştirilmesi gerektiğinden ve çatının eğimi 20° olduğundan güneş panelleri de 20° eğimle yerleştirilmelidir. Ev ve binaların çatıları tam olarak güney cephesine bakmıyor olabilir. Bu durumda panellerin güney yönünden sapma dereceleri yani azimuth dereceleri bulunur. Kurulumu yapılan binanın çatısının güneyden sapma derecesi 16° 'dir. PVSyst programında "Orientation" butonu ara yüzü panel düzlemi seçimi yapmamıza, panelin zeminle açısının ve azimuth değerlerinin girilmesine olanak sağlar. Ayrıca bu bölümde sabit eksenli, çift eksenli ve güneş takip sistemli konstrüksiyon ayarları da yapılabilir.



Şekil 7. Panel Yönelimi Giriş Ekranı

Sistem bölümü, tasarlanacak santral için belirlenen güç değerinin girildiği, seri-paralel dizilerin belirlendiği ve bu belirlenen panel gücü ve ebatına göre panellerin kurulumu için gerekli ortalama alanının gösterildiği, invertör ve panel uyumunu da gösteren bölümdür. Bu bölümde sistem tasarımı için kullanılacak panel modelini, tipini, gücünü seçilebilen ve kullanılacak invertörün de seçilebildiği program ara yüzüdür. Panel ve invertör seçimi yapılırken panel-invertör uyumluluk hesaplamaları yapılmalıdır. İntertörün maksimum güç izleme noktasında çalışabilmesi için bu çalışma gerilim aralığında çalışacak şekilde paneller için seri bağlantı sayısı düzenlenmelidir.

Programda; 400 Wp güce sahip Eco Green Energy markalı, monokristal yapıda olan bir panel tercih edilmiştir. Program içerisinde birçok marka ve model fotovoltaik panel yer almaktadır. İstenilen marka ve model panel seçilebilir. Sistemde hemen hemen tüm üreticilerin panel ve invertörleri mevcuttur. Program sistemde kayıtlı olmayan panel ve invertörlerin sisteme yüklenebilme imkânını da sunmaktadır. Şekil 8'de panel seçimi, program içerisinde gösterilmektedir. Ayrıca seçilen panel için maksimum güç noktası gerilim değeri ve açık devre gerilim değeri belirtilmektedir. İnterter seçiminde ise panel kurulu gücünü dikkate almak gerekmektedir. Şekil 9'da invertör seçimi detaylı olarak gösterilmektedir. 2 kW kurulu güce sahip bir fotovoltaik santral için 2 kW güce sahip invertör seçimi gerçekleştirmek uygun olmaz. Çünkü 2 kW seçilen bir invertör sadece ışınımın en yüksek olduğu sınırlı

saatlerde tam kapasiteyle çalışacak ve geri kalan saatlerde ise düşük performans gösterecektir. Bunun nedeni fotovoltaik panellerin çevresel koşullar altında %20 gibi daha düşük performans göstermesidir. İntertör seçiminde kurulu gücün %10-20 altında bir güç değerindeki intertörün tam kapasite çalışacağı süre artar ve daha verimli hale gelmiş olur. Bu sebepten dolayı sistemde 1.7 kW'lık, 100-350 V DC giriş gerilimli, 230 V çıkış gerilimli 50 Hz frekansa sahip intertör tercih edilmiştir.

Ek olarak; Tablo 1 ve 2'de seçilen fotovoltaik panel ve intertöre ait elektriksel özellikler detaylı olarak verilmiştir. Kullanılan marka ve modellere göre elektriksel özellikler değişiklik göstermektedir. Özellikle intertörlerde maksimum güç gerilim aralığının geniş olması, çalışma gerilim aralığının geniş olması, maksimum güç izleme ve takibi sayısının fazla olması vb. özellikler aranmalıdır. Böylece intertör daha verimli bir aralıkta çalışabilir.

Select the PV module

Available Now Filter All PV modules

Eco Green Energy 400 Wp 34V Si-mono EGE 158-M-72-HC 400 Since 2020 Manufacturer 2020 Open

Use optimizer

Sizing voltages : Vmpp (60°C) 35.4 V
Voc (-10°C) 53.7 V

Şekil 8. Panel Seçimi

Select the inverter

Available Now Output voltage 230 V Mono 50Hz 50 Hz 60 Hz

SolarWorld 1.7 kW 100 - 350 HF Tr 50 Hz SPI 1500 MV outdoor Since 2005 Open

Nb. of inverters 1 Operating voltage: 100-350 V Global Inverter's power 1.7 kWac
Input maximum voltage: 450 V

Şekil 9. İntertör Seçimi

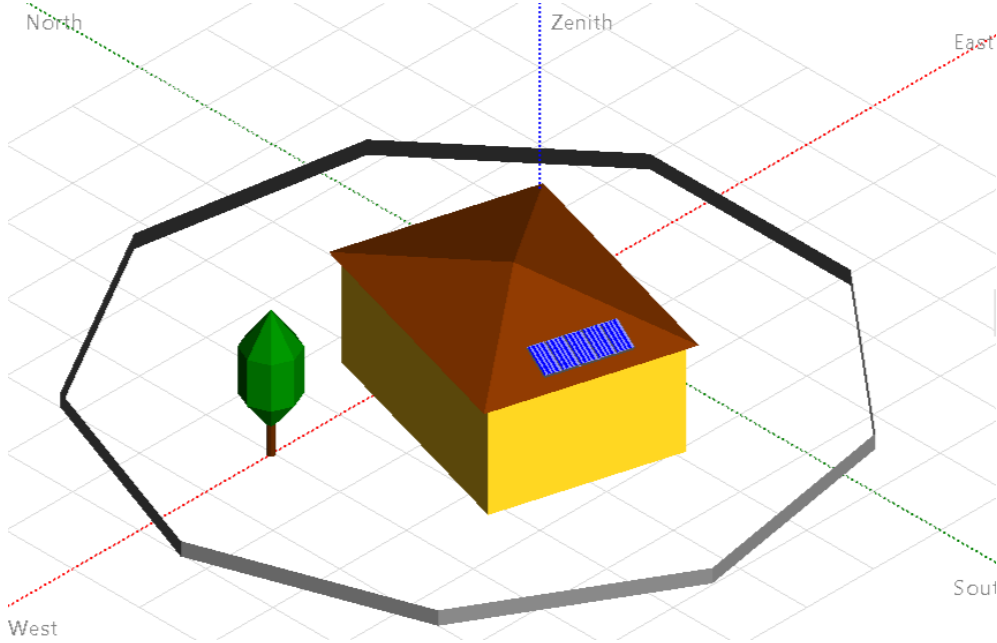
Tablo 1. Fotovoltaik Panel Özellikleri

Fotovoltaik panel Markası	Eco Green Energy
Panel Modeli	EGE 158-M-72-HC 400 Wp
Nominal Güç	400 Wp
Açık Devre Gerilimi (V _{OC})	48.9 V
Kısa Devre Akımı (I _{SC})	10.41 A
Nominal Gerilim (V _{mp})	40.5 V
Nominal Akım (I _{mp})	9.88 A
Modül Verimi (%)	22.05 %

Tablo 2. İntertör Özellikleri

İntertör Markası	SolarWorld
İntertör Modeli	SPI 1500 MV
Min-Max Giriş Voltajı	100V-350V DC
Max. Giriş Akımı	10.3 A
Nominal AC Gücü	1.65 kW

Santralde; 400 Wp gücünde 5 adet monokristal güneş paneli kullanılmaktadır. Panel seçimi sonucunda panelin boyutlarını göz önüne alan programda santral montajı için 10.1 m²'lik alanın kullanılacağı belirtilmiştir. Güneş enerji santrallerinde dizi halinde kurulan paneller veya panellere yakın nesnelere (ağaç, kulübe, ev) paneller üzerinde gölge oluşturabilir. Paneller üzerine düşecek gölge, üretim performansını olumsuz etkileyeceği için PVsyst programında kurulumu yapılacak panelleri ve ev, ağaç, kablo gibi nesnelere 3D olarak simülasyonu yapıp gölgelenme durumlarına bakılır. 3D gölgelenme için santral yerleşimi yapılan Şekil 10'da Fotovoltaik santralin kurulumu yapılan binanın gerçek boyut bilgileri girilmiş ve panellerin çatıya yerleşimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. 3D Gölgeleme için Santral Yerleşimi

BULGULAR

Şebekeye bağlı güneş enerji santrallerinde esas olarak panel dizilerinin çıkış gerilimi, akımı, elektrik enerjisi üretimi, kullanılan elektrik enerjisi, sistemin performans oranı, şebekeye verilen enerji, şebekeden çekilen enerji, gölgelenme kayıpları, invertör ve kablo kayıplarının olduğu veriler hakkında detaylı bilgi verilir. Tablo 3'te simülasyon sonuçlarına ait veriler yer almaktadır. Sistemden 3.167 kWh/yıl elektrik enerjisi üretilmiş ve bu üretilen elektrik enerjisinin 2.920 kWh'lik kısmı öz tüketimde kullanılmıştır. Kullanım dışındaki fazla üretilen elektrik enerjisinin 247 kWh kısmının enerji dağıtımını yapan şirkete satışı gerçekleştirilir. Sistemin performans oranı yüzde 79,49 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. Simülasyon Sonuçları

Üretilen Enerji	3.167 kWh/yıl
Kullanılan Enerji	2.920 kWh/yıl
Spesifik Üretim	1.584 kWh/kWp/yıl
Performans Oranı	% 79.49
Yakın Gölgeleme kaybı	% 0.00
Şebekeye Verilen Enerji	1.792,3 kWh
Şebekeden Çekilen Enerji	1.545,0 kWh

Simüle edilerek kurulumu gerçekleştirilen santralin aylık bazdaki elektrik enerjisi üretimi, öz tüketim elektrik enerjisi, şebekeye verilen ve şebekeden çekilen elektrik enerjisi, aylık ortalama sıcaklık ve ışınlam değerleri Şekil 11’de detaylı olarak verilmiştir. Tabloya göre aylık bazda en fazla elektrik enerjisi üretimi 378,8 kWh ile temmuz ayında gerçekleşmiştir. Şebekeden en çok elektrik enerjisi çekilen ay ise gecelerin gündüzlerden uzun olduğu aralık ayında 169,6 kWh olarak gerçekleşmiştir.

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	69.2	28.93	-0.08	97.7	92.7	181.7	248.0	87.6	78.0	160.4
February	87.0	36.39	2.20	111.6	106.4	205.8	224.0	91.3	96.7	132.7
March	132.0	55.35	7.14	153.2	147.5	277.7	248.0	116.5	137.7	131.5
April	164.0	61.93	11.62	174.1	167.2	306.0	240.0	120.7	158.9	119.3
May	201.1	73.78	16.55	201.7	194.0	348.2	248.0	134.9	183.7	113.1
June	222.7	63.96	21.13	217.1	209.5	366.8	240.0	139.2	196.5	100.8
July	231.8	63.24	25.03	228.1	220.4	378.8	248.0	144.6	202.2	103.4
August	217.4	54.94	25.37	228.4	220.2	378.1	248.0	141.9	204.7	106.1
September	176.8	44.36	19.87	204.2	197.1	346.0	240.0	125.5	192.1	114.5
October	125.0	39.41	13.98	158.4	152.5	278.5	248.0	106.3	149.1	141.7
November	84.3	30.65	6.85	118.4	112.3	212.6	240.0	88.1	106.9	151.9
December	66.4	24.88	1.85	99.3	92.7	180.2	248.0	78.4	85.9	169.6
Year	1777.9	577.81	12.69	1992.2	1912.4	3460.3	2920.0	1375.0	1792.3	1545.0

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array

E_User Energy supplied to the user

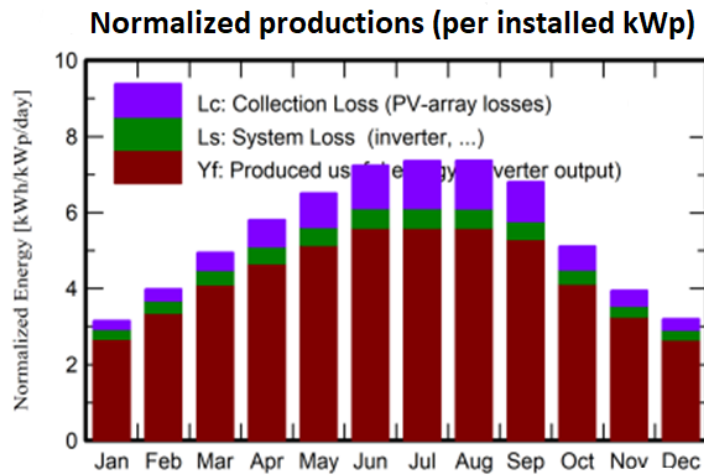
E_Solar Energy from the sun

E_Grid Energy injected into grid

EFrGrid Energy from the grid

Şekil 11. Aylara Göre Detaylı Simülasyon Sonuçları

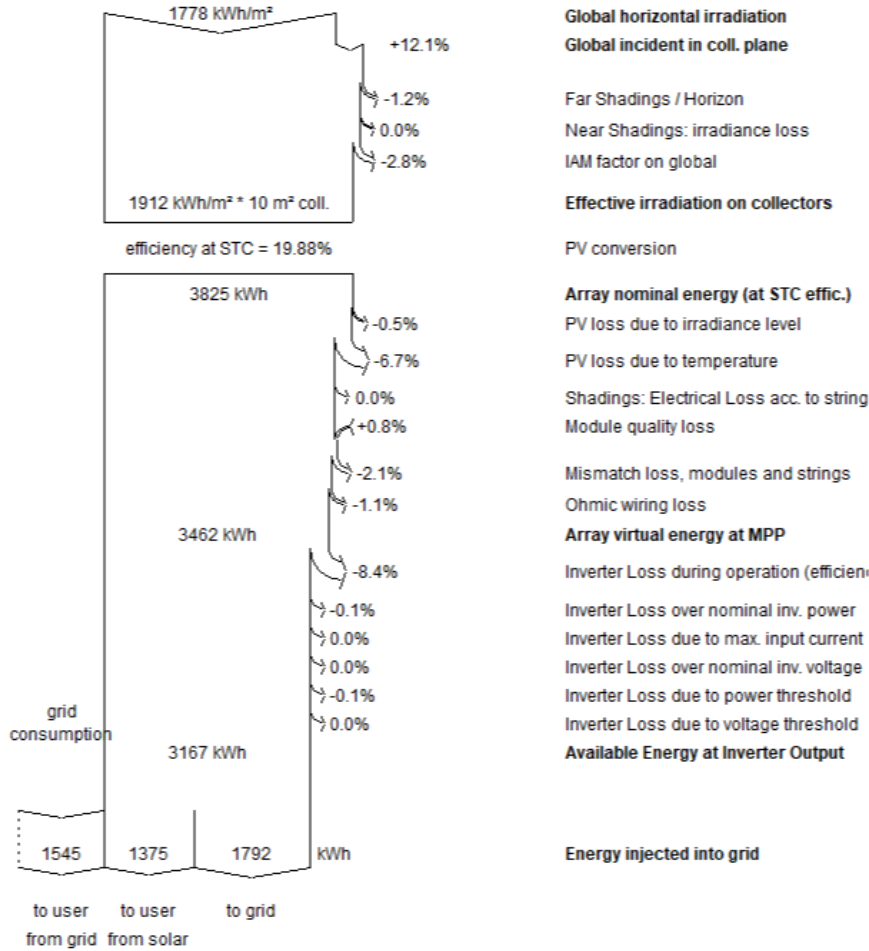
Normalize edilmiş elektrik enerjisi üretim ve kayıp faktörleri gösterilen Şekil 12’de grafikteki kırmızı sütun yıl süresince 4,34 (kWh/gün) toplam elektrik enerjisi çıkışını, mor sütun 0,72 (kWh/gün) panel dizi kaybını ve yeşil sütun ise 0,4 (kWh/gün) olan santrale ait invertör kayıplarını ayrı ayrı ifade etmektedir.



Şekil 12. Normalize Edilmiş Elektrik Enerjisi Üretim ve Kayıp Faktörleri

Fotovoltaik santralin tüm yıl boyunca oluşturacağı kayıp diyagramı verilen Şekil 13’te gerçekleştirilmiş ve kurulması planlanan fotovoltaik santrale ait simülasyon sonucunda elde edilen elektrik enerjisi akış diyagramı analizi

bulunmaktadır. Horizontandan kaynaklanan kayıp oranı %1.2, yansımadan dolayı kaynaklanan kayıp oranı %2.8 olarak ölçülmüştür. Panel zayıf ışık kaybı oranı %0.53, panel sıcaklık kaybı oranı %6.74, panel uyumsuzluk kaybı %2.1 ve doğru akım kablolama kaybı %1.1 ve inverter kaybı olarak %8.41 değerler gözlemlenmiştir.



Şekil 13. Fotovoltaik Santralin Tüm Yıl Boyunca Oluşturacağı Kayıp Diyagramı

SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneş enerjisi kaynağının, hızla tükenmekte olan geleneksel enerji kaynaklarının alternatifi olacağı üzerine çok sayıda literatür çalışması bulunmaktadır. Her geçen yıl gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bu durumu daha iyi kavramaktadır. Aynı zamanda artan elektrik enerjisi maliyetleri, teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha ucuz bir kaynak haline gelen güneş enerjisi kaynağı, elektrik enerjisi üretiminde ülkeleri güneş enerjisi kaynağına yönlendirmektedir. Bu çalışma, Akdeniz Bölgesi'nde yer alan güneşlenme potansiyeli yüksek Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde güneş enerjisi potansiyelinin kullanımını artırmak, yaygınlaştırmak, çatı tipi güneş paneli sistemlerinin tasarımları ve simülasyonlarının nasıl yapılacağı konusunda yol gösterici olmayı amaçlamıştır.

Dört kişilik bir ailenin elektrik enerjisi tüketimi baz alınarak oluşturulan bu çalışmada 8 kWh'lık günlük elektrik enerjisi ihtiyacı PVsyst programında simülasyon yapılarak şebeke bağlantılı güneş enerji sisteminden karşılanmıştır. Sistemden 3.167 kWh/yıl elektrik enerjisi üretilmiş ve bu üretilen elektrik enerjisinin 2.920 kWh'lık kısmı öz tüketimde kullanılmıştır. Kullanım dışındaki fazla üretilen elektrik enerjisinin 247 kWh kısmın enerji dağıtımını yapan şirkete satışı gerçekleştirilir. Sistemde 5 adet 400 Wp panel kullanılmış ve bu panellerin montajı için 10.1 m² alan gerekliliği Program tarafından belirlenmiştir. PVsyst Programında çatıya montajı yapılacak panellerin yüzey açısı ve azimuth açısına göre panellerin verimliliklerini gözleme imkanı sunulmaktadır. Ayrıca PVsyst programının üç

boyutlu çizim özelliği sunması sayesinde kurulan sistem santralının yakın gölgelenme durumu da gözlenebilmektedir.

Çalışma dört kişilik bir ailenin yaşadığı bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için tasarlanmıştır. Çalışmayı ayrıca daha büyük konutlara, apartmanlara, kamu kurumlarına uygulayıp deneysel değerlere yakın sonuçlar elde edilebilir. Tasarlanan fotovoltaik santral için PVSyst programı maliyet hesabı da yapmaktadır. Böylece kurulması planlanan fotovoltaik santrallerde üretim ve maliyet analizi de yapılabilir.

KAYNAKÇA

Adak, S., Cangi, H. & Yılmaz, A. S. (2019). Fotovoltaik Sistemin Çıkış Gücünün Sıcaklık ve Işımaya Bağlı Matematiksel Modellemesi ve Simülasyonu. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11 (1), 316-327. <https://doi.org/10.29137/umagd.456988>

Akcan, E., Kuncan, M. & Minaz, M. R. (2020). PVSyst Yazılımı ile 30 kW Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 248-261. <https://doi.org/10.31590/ejosat.685909>

Demiryürek, H.K. (2018). 200kwp kurulu güçteki lebit enerji güneş santralının pvsyst ile tasarımı ve üretim değerleri ile simülasyon değerlerinin karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Demiryürek, H.K., Arifoğlu, U., & Bolat, M. (2020). Lebit enerji güneş santralının Pvsyst Programı ile analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(3), 1351-1363. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.650786>

Dinçer, F. (2021). "Lifetime and performance alteration of photovoltaic panels, the case of AERZEN, Germany", *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(4), 591-594. <https://doi.org/10.24012/dumf.1001925>

Doğan M.F. (2017). Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Tasarımı ve Maliyet Analizi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Makine Mühendisliği Bölümü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

GEPA (2022) Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Güneş Enerji Potansiyel Atlası <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx> (ET: 29.04.2022)

Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D. & Avcı, E.D. (2005 Kasım). Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Mersin

Ozdemir, S., & Sahin, G. (2018). Multi-criteria decision-making in the location selection for a solar PV power plant using AHP. *Measurement*, 129, 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.020>.

Rüstemli, S. & Tekev, S. (2021). "Güç Sistemindeki Harmoniklerin Bilgisayar Destekli Modellenmesi", *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(5), 711-718, <https://doi.org/10.24012/dumf.1051328>.

Rustemli S., & Dincer F. (2011). "Modeling of Photovoltaic Panel and Examining Effects of Temperature in Matlab/Simulink", *Elektronika Ir Elektrotehnika (Journal of Electronics and Electrical Engineering)*, 3(109), 35-40. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.109.3.166>

Taşkın, O. & Korucu, T. (2015). Determination of Solar Energy Potential in Kahramanmaraş Province, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 17 (4), 12-16. <https://doi.org/10.18016/ksujns.36250>

Türkmen, S. (2020). Enerji Trilemması: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(6), 299-309.

TEİAŞ (2022) Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı-Kurulu Güç Raporları-Temmuz 2022, <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari> (ET: 16.08.2022).