



YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

FOTOVOLTAİK SİSTEM TASARIMI VE İŞLETME BAKIM KONTROLÜ MODÜLÜ

2022-2-TR01-KA210-VET-000098216

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİNDE 4.0 STANDARTLARINA GÖRE YENİ UYGULAMALAR



Co-funded by the
European Union

Avrupa Birliği Erasmus+ Programı tarafından finanse edilmektedir. Ancak burada yer alan bilgilerin herhangi bir şekilde kullanılmasından Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz.



Bu öğrenme materyali 2022-2-TR01-KA210-VET-000098216 nolu Yenilenebilir Enerji Teknolojilerinde 4.0 Standartlarına Göre Yeni Uygulamalar projesi kapsamında hazırlanmıştır. Mesleki eğitim eğiticilerine rehberlik etmesi amaçlanmaktadır. Kullanıcılar için ücretsizdir, satılamaz, çoğaltılamaz. Proje Web Sitesinde (<http://www.renewableenergy40.com>) bir e-kitap olarak yayınlanacaktır.

AÇIKLAMALAR

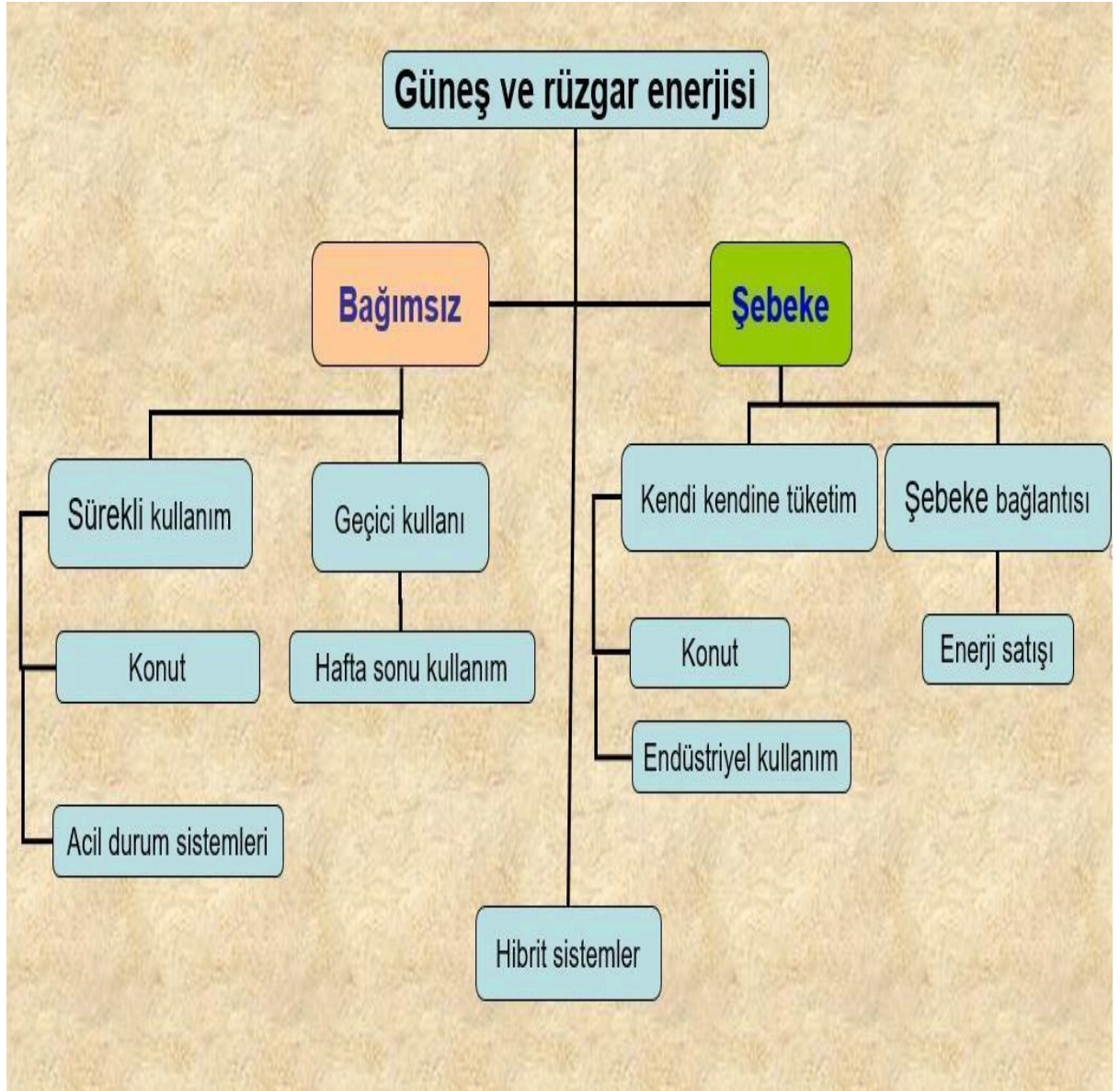
ALAN	Yenilenebilir Enerji Teknolojileri
MESLEK	Güneş Enerji Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Fotovoltaik Sistem Tasarımı ve İşletme Bakım Kontrolü
MODÜLÜN TANIMI	Fotovoltaik sistem tasarımı ve işletme bakım kontrolü ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
YETERLİK	Fotovoltaik sistem tasarımı ve işletme bakım kontrolünü yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel amaç Fotovoltaik sistem tasarımı ve işletme bakım kontrolü işlemlerini uygulamalı olarak gerçekleştirebileceksiniz. Amaçlar 1. On Grid ve Off Grid Fotovoltaik sistem tasarımı yapabileceksiniz. 2. On Grid ve Off Grid Fotovoltaik sistem işletme bakım kontrolü yapabileceksiniz.

1. FOTOVOLTAİK SİSTEM TASARIMI

1.1. Türkiye, İspanya ve Avusturya'nın güneş enerji potansiyelleri

Dünyadaki elektrik enerjisi tüketimindeki artış ve bu ihtiyacın karşılanmasındaki güçlükler sebebiyle elektrik enerjisinin tasarruflu kullanılması çok büyük önem arz etmeye başlamıştır. Yaşanan petrol ve doğalgaz krizleri, artan talep ve fiyatlar ve çevresel kaygılar nedeniyle, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş rüzgar, jeotermal gibi) önemi giderek artmaktadır (Şekil 1.1)

Güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Güneş enerjisinin kullanımı, gündelik yaşam bakımından konutlarda başlamakta; haberleşmeye, tarıma, endüstriye, elektrik santrallerine, askeri hizmetlere ve uzaya kadar uzanmaktadır.



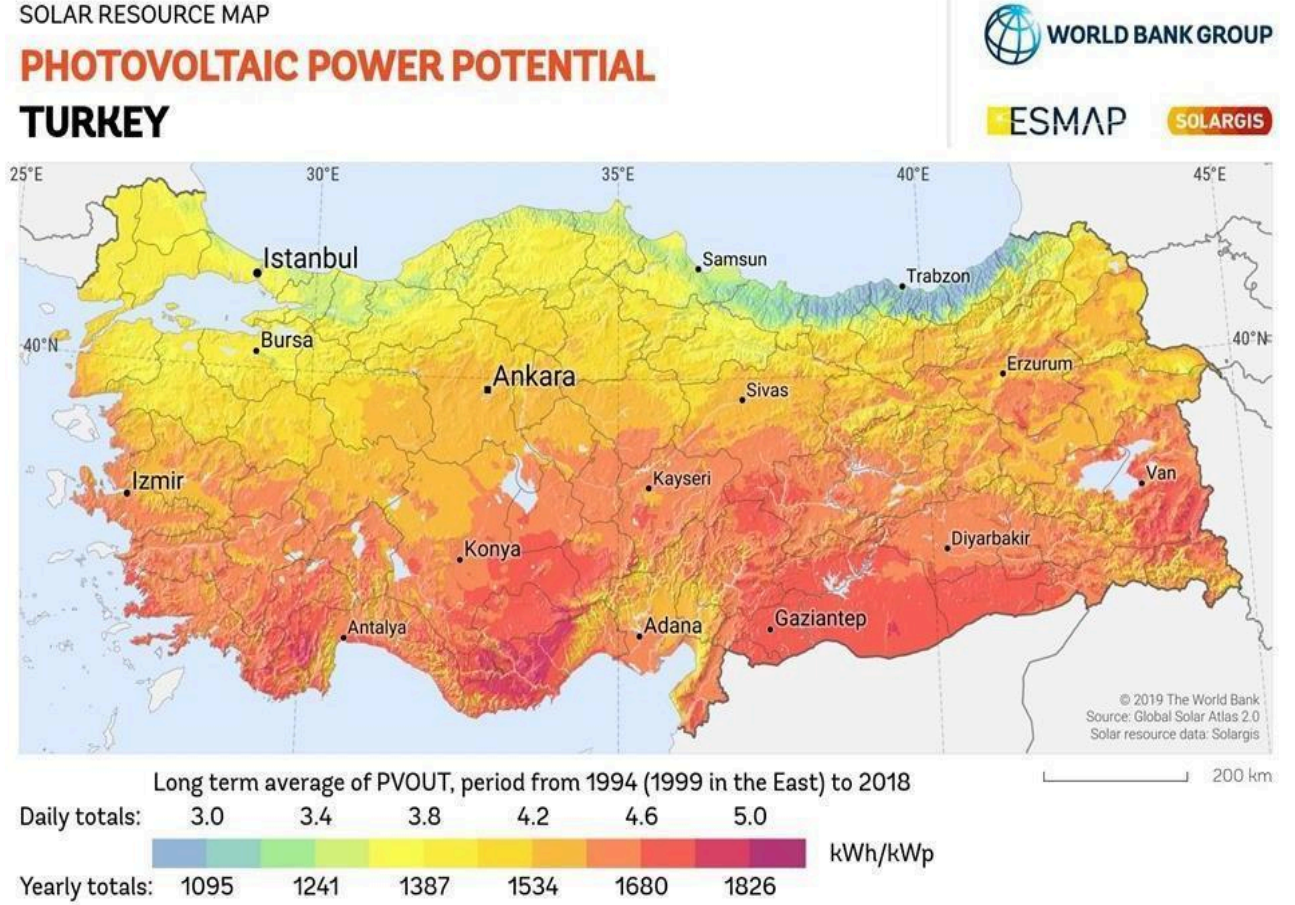
Şekil 1.1 : Güneş ve Rüzgar Enerji Sistemi

Güneş, temiz ve tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş'in

yaydığı güç ile dünyada ihtiyaç duyulan tüm enerjiyi karşılayabilir.

Türkiye’de güneşlenme süresi ve güneş enerjisi potansiyeli haritası (Resim 1.2) de verilmiştir.

Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir.



Resim 1.2: Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel haritası

İspanya’da güneşlenme süresi ve güneş enerjisi potansiyeli haritası (Resim 1.3) de verilmiştir.

İspanya'nın ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi saat (günlük toplam saat), ortalama ışınım şiddeti kWh/m²-yıl (günlük toplam kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir.



Resim 1.3: İspanya'nın güneş enerjisi potansiyel haritası

Avusturya'da güneşlenme süresi ve güneş enerjisi potansiyeli haritası (Resim 1.4) de verilmiştir.

Avusturya'nın ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi saat (günlük toplam saat), ortalama ışınım şiddeti kWh/m²-yıl (günlük toplam kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir.

SOLAR RESOURCE MAP

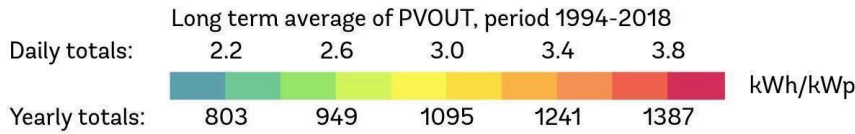
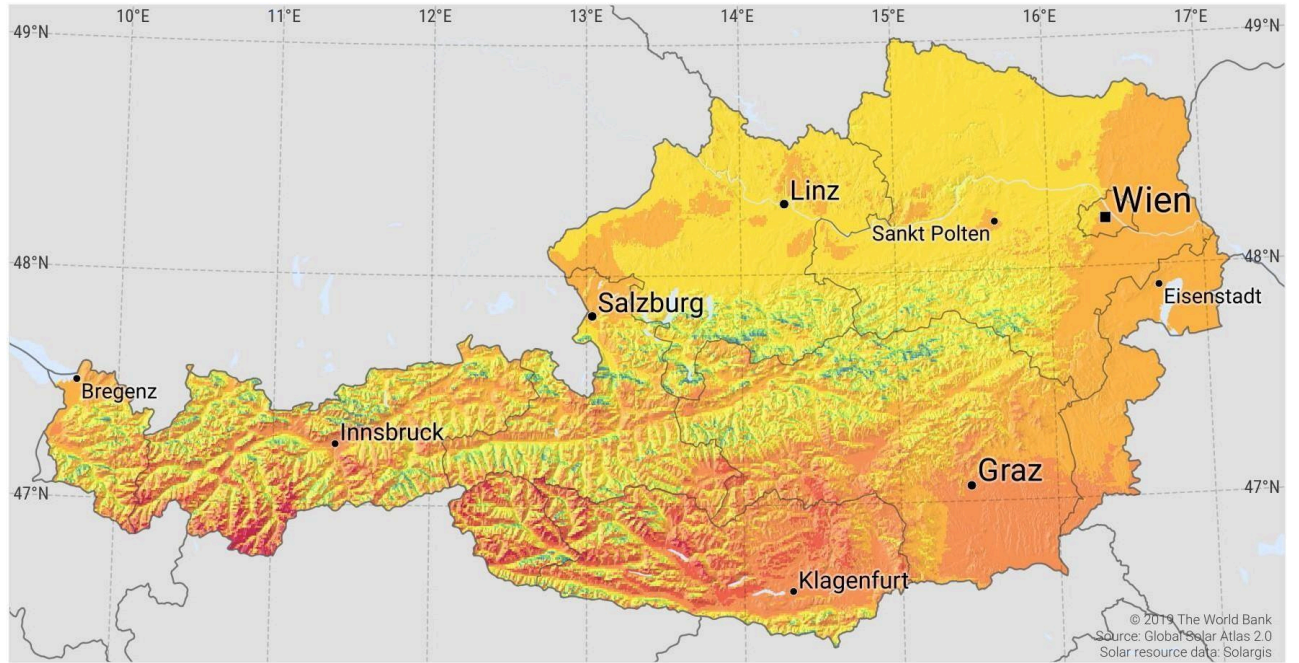
PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL

AUSTRIA



ESMAP

SOLARGIS



Resim 1.4: Avusturya'nın güneş enerjisi potansiyel haritası

1.2. Fotovoltaik (PV) güneş sistemi

Fotovoltaik güneş sistemi güneşten gelen fotonları DC elektrik enerjisine dönüştüren panellerin seri/paralel bağlanarak elde edilen dc elektriği 220v AC veya 380 v AC gerilime dönüştüren invertörler kullanılarak günlük yaşantımızda kullanabileceğimiz gerilim düzeyine getiren bir sistemdir (Resim 1.5). Fotovoltaik sistemler güneş enerjisi ile elektrik üretim sistemleri arasında en yaygın olanıdır.



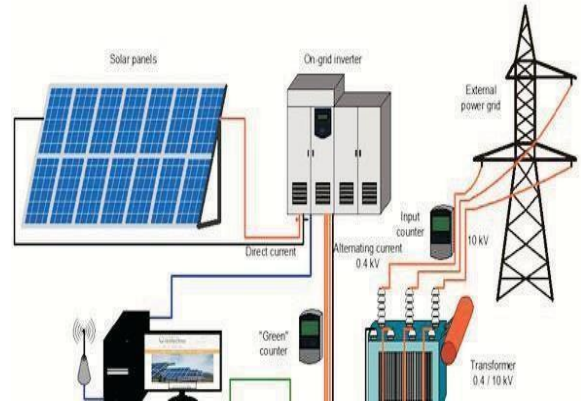
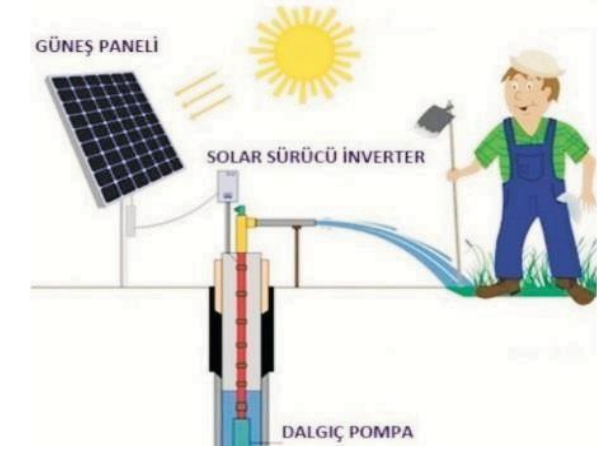
Resim: 1.5: Fotovoltaik güneş sistemi

1.3. Fotovoltaik (PV) Güneş Sisteminin Kullanım Alanları

Fotovoltaik güneş sistemleri modüler yapıda olmasından dolayı kurulumu kolaydır ve tüm arazi koşullarında kurulum yapılabilirler (Resim 1.6). Elektriğe ihtiyaç duyulan tüm alanlarda kullanım imkanı vardır fakat bunların başlıcaları aşağıdaki gibidir;

- Bağ/ dağ evleri
- Baz istasyonları
- Tarımsal sulamalar
- Park, bahçe, tabela aydınlatma
- Erken uyarı, alarm ve güvenlik sistemleri
- Gözetleme kuleleri sinyalizasyon sistemleri
- İnşaat, şantiye vb. saha uygulamaları
- Mobil ve marin uygulamalar
- Şehir içindeki evler, köy, kasaba gibi bölgeler
- Otel vb. yapılar
- Fabrika, atölye, endüstri vb. işletmeler
- Kapalı alan aydınlatmaları
- Lojistik ve soğuk hava depoları
- Alışveriş merkezleri
- Market ve mağazalar

□ Hastaneler, belediyeler vb.



Resim 1.6: Fotovoltaik güneş sistemi kullanım alanları

2. FOTOVOLTAİK SİSTEM ANALİZİ

FS'in verimli olarak çalışabilmesi için sistemi etkileyen birçok parametre vardır. Bu parametreler güneşten gelen ışınım şiddetinden başlayarak sistemin sonundaki alıcıları çalıştırmak için gereken AC gerilimin verildiği noktaya kadar değişik noktalarda karşımıza çıkmaktadır [3].

FS'nin kurulması için öncelikli olarak günlük tüketilecek enerji miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu değer belirlenmesi evlerde kullandığımız elektrikli aletlerin harcamış oldukları güç miktarı ve kullanım süreleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu değer kullanıcı isteklerine göre belirlendikten sonra, sistemin enerji ihtiyacını elde edecek panel türü seçilmelidir. Her bir panel için enerji çevrim verimlilikleri göz önüne alınarak sistemdeki panel sayısı bulunmaktadır.

Güneş panellerinin verimlilik değerleri yaklaşık olarak %15 civarındadır [7]. Panel sayısı belirlendikten sonra sistemin şebekeden bağımsız olarak kurulacağı göz önüne alınarak sistemde kullanılacak akü kapasitesi ve sayısı belirlenecektir. Akü kapasitesi günlük harcanan elektrik miktarının, aküden alınacak gerilim değerine oranı ile hesaplanabilir. Elde edilen ve depolanan gerilim doğru akım olduğu için evlerde kullanmaya uygun hale getirmek için çevirici kapasitesi bulunmalıdır. Çeviriciler girişine gelen doğru akımı %85'e yakın bir oranla alternatif akıma dönüştürmektedirler [3]. FS nin verimini etkileyen parametreler; sıcaklık, gölgelenme, eşleştirme kayıpları, çevirici kayıpları, depolama kayıpları ve panelin yerleştirilme açısı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu belirtilen değişkenlerin her biri fotovoltaik sistem tasarımında dikkat edilmesi gereken önemli değişkenlerdir [3].

FS nin kurulmasında önemli rol oynayan değerlerden biri yatay düzleme gelen bölgesel güneş ışınımı değerleridir. Güneş ışınımı değerleri sistemin kurulmasında kullanılacak panel sayısını belirlemede kullanılmaktadır.

$$PS = (GEİ * SV) / (BMÜG * GOGS)$$

PS = Panel Sayısı

GEİ = Günlük Enerji İhtiyacı

SV = Sistem Verimliliği

BMÜG = Bir Modülün Üreteceği Güç

GOGS = Günlük Ortalama Güneşlenme Süresi

Burada yukarıdaki eşitlikten panel sayısı bulunur, ancak sistemden istenen gerilim değerini elde etmek için belirli sayıda modülü seri bağlamak gerekir. İstenen güç çıkışı sağlamak için ise belirli sayıda seri diziyi paralel bağlamak gerekir. Bu değerleri belirlerken dikkate alınacak unsur invertörün DC giriş gerilim aralığıdır. Bu bilgi invertörün teknik kataloğunda yer almaktadır [3].

2.1. Şarj Denetim Birimi

Şarj denetim birimleri, aküler ile fotovoltaiik dizileri arasındaki gerilimi düzenleyen birimlerdir. fotovoltaiik modüllerden gelen gücün direkt olarak akülere iletilmesi istenmemektedir. Şarj kontrol cihazlarının amacı, akülerin fazla şarjdan korunmasını sağlamaktır. İyi bir şarj kontrol cihazından, güneş panellerine ışık düştükten sonra aşırı üretilen elektrikten aküleri koruması ve elektrik üretiminin düşük olduğu noktalarda akülerin boşalmasını engellemesi beklenmektedir [4].

Şarj denetim birimlerinin kapasitesi belirlenirken aşağıdaki eşitlikten yararlanırız [5].

$$\text{ŞC} = \text{GEİ} / \text{GGS}$$

ŞC = Akü Şarj Cihazı

GEİ = Günlük Enerji İhtiyacı

GGS = Günlük Güneşlenme Süresi

2.2. Çevirici Kapasitesinin Belirlenmesi

FS'de alıcı (yük) olarak kullanılan cihazlar genelde 220 V ve 50 Hz alternatif akımla çalışırlar. Panellerden üretilen doğru akımın alternatif akıma çevrilmesi için çeviriciye ihtiyaç vardır. Çevirici kapasitesi belirlenirken, kullanılacak cihazın üretilen güç değerinden daha fazla olması istenmektedir. Çevirici çıkışından alınacak güç miktarı çeviricinin girişine gelen güç ile çevirici veriminin çarpılması ile bulunmaktadır [6].

$$\text{ÇKAP} = (\text{GEİ} * \text{ÇK}) / \text{GGS}$$

ÇKAP = Çevirici Kapasitesi

GEİ = Günlük Enerji İhtiyacı

ÇK = Çevirici Kaybı

GGS = Günlük Güneşlenme Süresi

2.3. Akü Kapasitesi ve Sayısının Belirlenmesi

Akü kapasitesi belirlenirken maksimum çıkış güç değerlerine karşın sistemin DC voltajının ne olması gerektiğini gösterir tablo aşağıda verilmiştir [6].

Maksimum AC Güç	Sistemin DC Voltajı
<1200 W	12 V
1200–2400 W	24 V
2400–4800 W	48 V

Tablo 1: Güç Değerine Göre Akü Voltajı

FS'in oluşturulmasında panellerde olduğu gibi akülerde kullanıcının seçimine göre sistemde tanımlanmıştır. Kullanıcı sisteminde bulunması istediği aküleri seçerek ya da dolaylı olarak her biri için sistem verimini ve sistemin aküden kaynaklanacak maliyetini görebilecektir. Sistemde kullanıcı tarafından seçilen akü sayısı eşitlikte verilmiştir [6].

$$AS=(GEİ*AK)/(AV*AKAP)$$

AS = Akü Sayısı

GEİ = Günlük Enerji İhtiyacı

AK = Akü Kayıpları

AV = Akü Voltajı

AKAP = Akü Kapasitesi

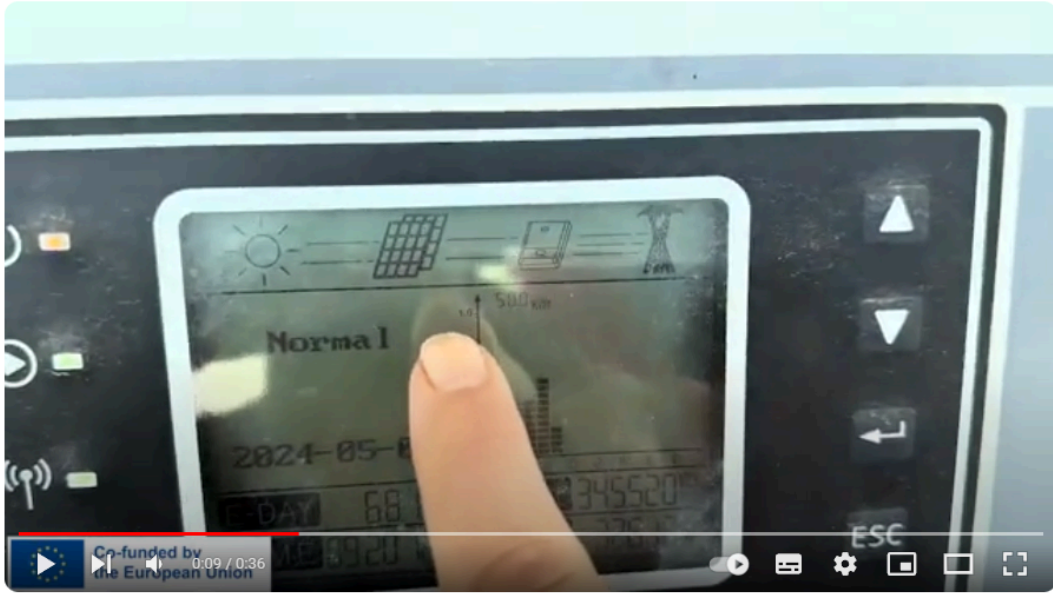


Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://www.youtube.com/watch?v=7Eg9IIRMqSU>

2.4. İnverterler

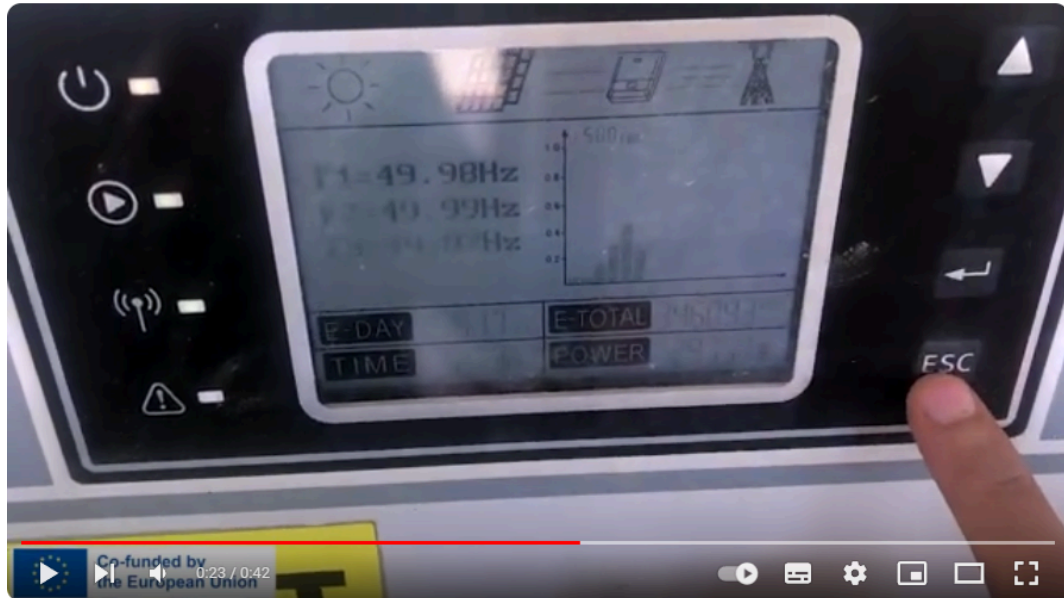
Fotovoltaik paneller doğru akım üretmelerine karşılık evlerde kullandığımız elektrikli cihazlar alternatif akımda çalışmaktadır. Günümüzde doğru akımı alternatif akıma dönüştürmeye yarayan güç elektroniği cihazları çeviricilerdir [1]. Fotovoltaik paneller çoğunlukla 12 voltluk bir doğru akım üretmek için tasarlanmaktadır. 220V'luk bir dalgalı akımın gerekli olduğu durumda, bu elektronik bir çevirici (inverter) ile sağlanabilir. Çevirici kullanılması ile %15'e kadar varan önemli bir güç kaybı meydana gelir. Ancak alternatif akım standart ev aletlerinin kullanılmasına imkân vermektedir [5].



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://www.youtube.com/watch?v=gAHkCjqN4Js>

FS'de kullanılan çeviriciler diğer uygulamalarda kullanılan çeviricilerden farklılık göstermektedir. Bunun nedeni, normalde sistemin çalışması için gereken maksimum işleme noktasındaki (MİN) gerilimi sabit tutmak zorunda olmasıdır. Bu yüzden çoğunlukla MİN noktasını izlemek için şebeke bağlantılı çeviriciler kullanılır. Örneğin şebeke voltajından gelebilecek değişimleri kontrol ederek voltajı ayarlamak için DC/DC konvertörler kullanılmaktadır. Şarj kontrol cihazı bu yüzden birçok sistemde kullanılmalıdır.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://www.youtube.com/watch?v=qYEIKC5hMx4>

2.5. Güneş Pilleri ve Güneş Pili Sistemleri

Güneş pilleri; üzerine güneş ışığı düştüğünde, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren elektronik düzeneklerdir. Bu enerji çevriminde herhangi bir hareketli parça bulunmaz. 1914 yılında güneş enerjisinin yalnızca %1'i

çevirilebilirken, 1954 yılında Chapin ve Fuller, silisyum kristali üzerinde güneş enerjisini elektrik enerjisine %6 verimlilikle dönüştüren fotovoltaiik diyotlar yapmayı başarmışlardır. FS için dönüm noktası olarak kabul edilebilecek bu tarihi izleyen yıllarda araştırmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için yapılmıştır [9].

Güneş pilleri dayanıklı, güvenilir ve uzun ömürlüdür. Çalışmaları sırasında hiçbir elektriksel sorun çıkarmazlar. Güneş pili modüllerinin karşılaşılabilecekleri en büyük tehditler, yıldırım düşmesi ve uzun dönemde (yaklaşık 20 yıl) hava koşullarından dolayı aşınmadır. Güneş pili sistemlerinin en büyük dezavantajı, ilk yatırım maliyetinin fazla olması ve güneş pillerinin düşük verimle çalışmasıdır. Bu sistemlerin en iyi yanlarından biri ise, diğer bütün yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr, biyogaz, biyokütle, hidrolik, jeotermal) gibi, çevre açısından olumsuz etkilere sahip olmamasıdır [9]. Güneş pili sistemleri şebekeye bağlı sistemler ve şebekeden bağımsız sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.6. On Grid Fotovoltaiik Sistemler (Şebeke Bağlantılı)

Şebeke bağlantılı sistemlerde, kullanıcının enerji tüketimi, FV sistemin ürettiği enerjiden karşılanır. Tüketimin üretimden fazla olduğu durumlarda kullanıcı tüketim fazlası enerjiyi şebekeden alır; buna karşılık, kullanıcının tüketimi üretiminden az olduğu durumlarda ise üretim fazlası enerji ile şebeke beslenebilir (Resim: 2.1).



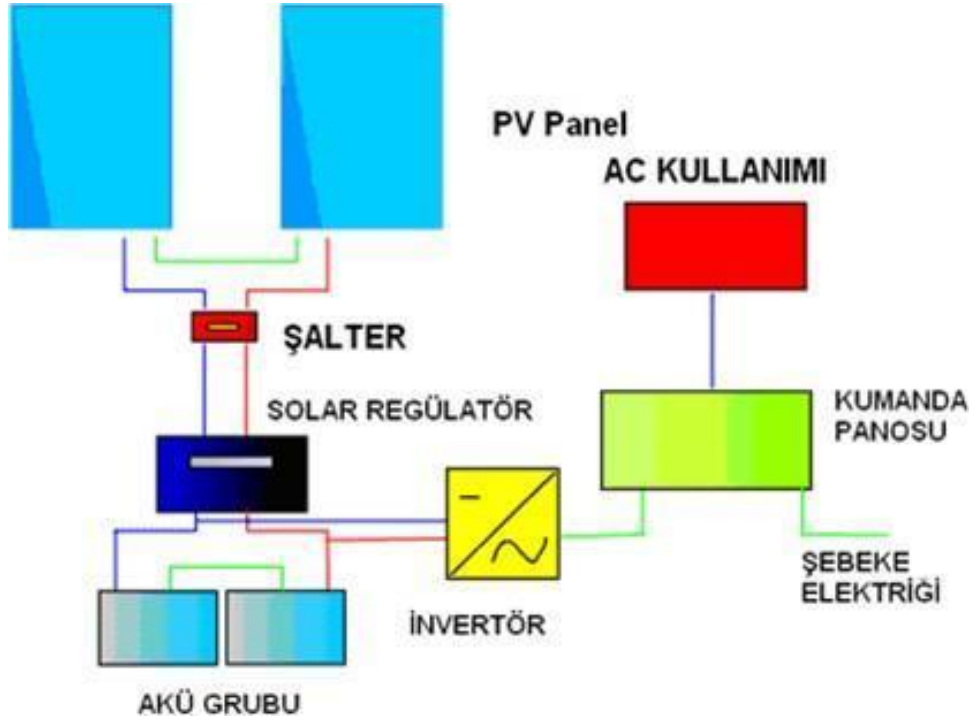
Resim: 2.1: Fotovoltaiik güneş sistemi (on grid)

Başlıca kullanım alanları;

- Şehir içindeki evler, köy, kasaba gibi bölgeler
- Fabrika, atölye, endüstri vb. işletmeler
- Lojistik ve soğuk hava depoları

- Market ve mağazalar
- Otel vb. yapılar
- Kapalı alan aydınlatmaları
- Alışveriş merkezleri
- Hastaneler, belediyeler vb.

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemlerinin gücü, birkaç kW dan birkaç MW a kadar değişebilmektedir (Şekil 2.1). Bu tür sistemler, iki ana gruba ayrılır. Birinci tür sistem, temelde bir yerleşim biriminin elektrik ihtiyacını karşılar. Bu sistemlerde, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur. Yalnızca üretilen doğru akımın alternatif akıma çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir. İkinci tür şebekeye bağlı güneş pili sistemleri, kendi başına elektrik üreterek şebekeye satan büyük güç üretim merkezleri şeklindedir [9].



Şekil 2.1.: AC Kullanıcı Şebekeye Bağlı Sistem

2.7. Off Grid Fotovoltaik Sistemler (Şebeke Bağlısız)

Bu sistemlerde fotovoltaik paneller ile üretilen elektrik enerjisi akülerde depolanır ve kullanıcı enerji ihtiyacını (gece-gündüz) bu akülerden sağlar. Sistemin kapasitesi, güneşten elektrik üretilmediği süreç boyunca kullanıcının ihtiyacını karşılayacak şekilde boyutlandırılabilir.



Resim: 2.2: Fotovoltaik güneş sistemi (on grid)

Başlıca kullanım alanları;

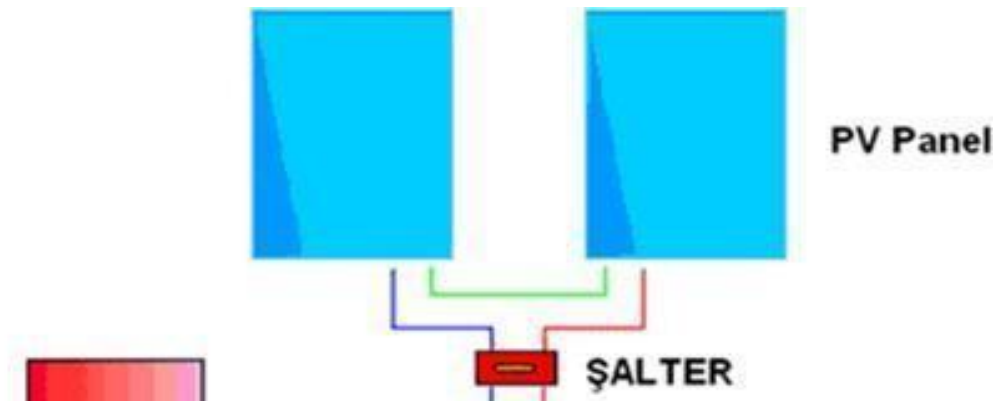
- Bağ / dağ evleri
- Baz istasyonları
- Tarımsal sulamalar
- Park, bahçe, tabela aydınlatma
- Erken uyarı, alarm ve güvenlik sistemleri
- Gözetleme kuleleri sinyalizasyon sistemleri İnşaat, şantiye vb. saha uygulamaları
- Mobil ve marin uygulamalar



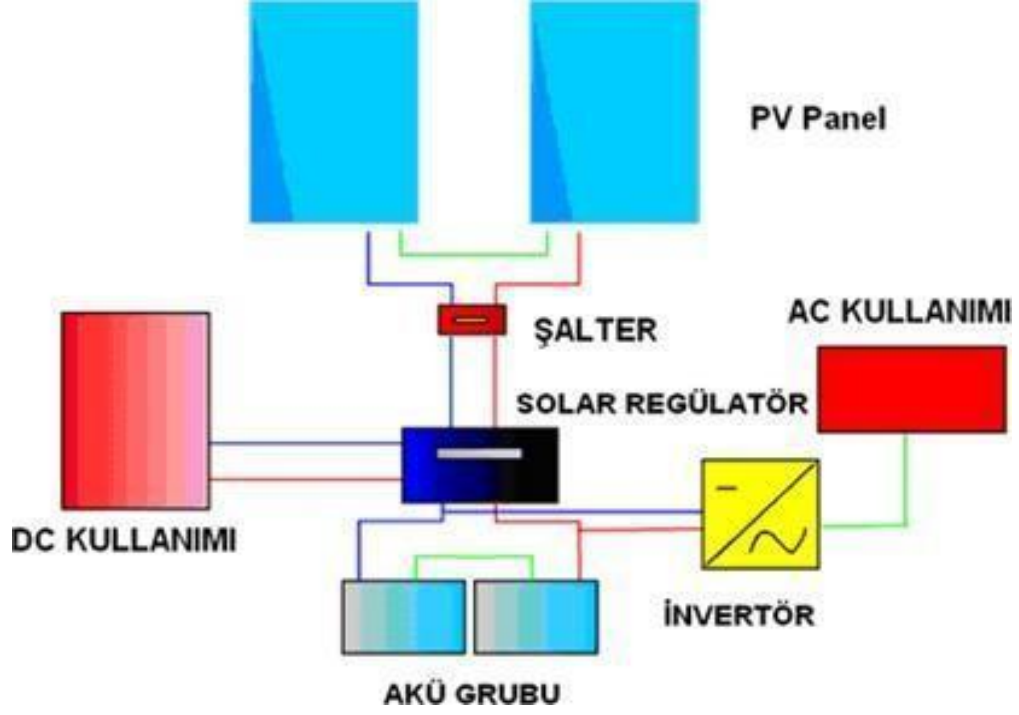
Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://www.youtube.com/watch?v=TVrHC3vEAek>

FS'in en tipik ve en yaygın kullanım şekli, yerleşim yerlerinden uzak yörelerde enerji gereksinimini karşılayan bağımsız sistemlerdir. [1]. Bu sistemler birkaç W'dan birkaç yüz KW'a kadar değişebilen güçlerde ve çok çeşitli türlerde yüklerin enerji talebini karşılayabilirler (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3).



Şekil 2.2.: DC Kullanıcı Şebekeden Bağımsız Sistem



Şekil 2.3.: DC ve AC Kullanıcı Şebekeden Bağımsız Sistem

3. FOTOVOLTAİK TESİS TASARIMI

1. Günlük ihtiyacın hesaplanması
2. Kurulacak bölgenin yıllık (özellikle kış ayları için) güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi(ışırma değeri ve güneşli gün sayısı)
3. PV panel, akü, şarj regülatörü, inverter ve kablo seçimi (Her bir ürün için gerçek bir marka model seçmeniz ve katalog verilerini de kullanmanız gerekmektedir.)
4. Kurulum maliyeti hesabı

Aşağıdaki sayısal değerler her durum için değışen örnek değerlerdir. Formülleri kendi ihtiyacınıza göre kullanmanız gerekmektedir

3.1. 2 KVA Gücünde Bir Sistem

A- Sistem Şebekeden Bağımsız

$$S=2 \text{ KVA}$$

$$\text{Cos}\phi = 0.95$$

$$\text{Günlük ortalama güneşlenme süresi} = 5.2 \text{ saat}$$

Sistemde solen PM 110 modeli PV panel kullanılacaktır

Panel gücü 110 W

$$V_m = 16.5 \text{ V}$$

Sistem kurulu gücü:

$$P_{pv} = S * \cos \varphi = 2000 * 0,95 = 1900 \text{ W}$$

Literatürde genel kural olarak invertör gücünün PV Kurulu gücünü %80 i olacak şekilde seçilmesi önerilmektedir

$$P_{inv} = 0,80 * P_{pv}$$

$$P_{inv} = 0,80 * 1900 = 1520 \text{ W}$$

$$P_{inv} = 1520 / 0,95 = 1600 \text{ VA}$$

Sistemde stecca XPC 2200–48 model 1600 VA invertör

kullanılacaktır. $\dot{I}KAP = (GE\dot{I} * \dot{I}K) / GGS$

$\dot{I}KAP$ = İnverter Kapasitesi

$GE\dot{I}$ = Günlük Enerji İhtiyacı

$\dot{I}K$ = İnverter Kaybı

GGS = Günlük Güneşlenme Süresi

$$1520 = (GE\dot{I} * 1,05) / 5,2 = 7,5 \text{ kWh}$$

(İnverör kaybı %5 tir)

Sistemde Sonnenschein 24V 240 Ah akü kullanılacaktır.

$$AS = (GE\dot{I} * AK) / (AV * AKAP)$$

AS = Akü Sayısı

$AKAP$ = Akü Kapasitesi

AV = Akü Voltajı

$GE\dot{I}$ = Günlük Enerji İhtiyacı

AK = Akü Kayıpları

$$(7527,6 * 1,10) / (24 * 240) = 1,437 \text{ yani 2 tane akü. (Akü kayıpları \%10 dur)}$$

Seri bağlı modül sayısı:

$$n = V_{nom} / V_m = 290 / 16,5 = 2,90 \text{ yani 3 tane modül seri bağlanacak.}$$

Paralel kol sayısı:

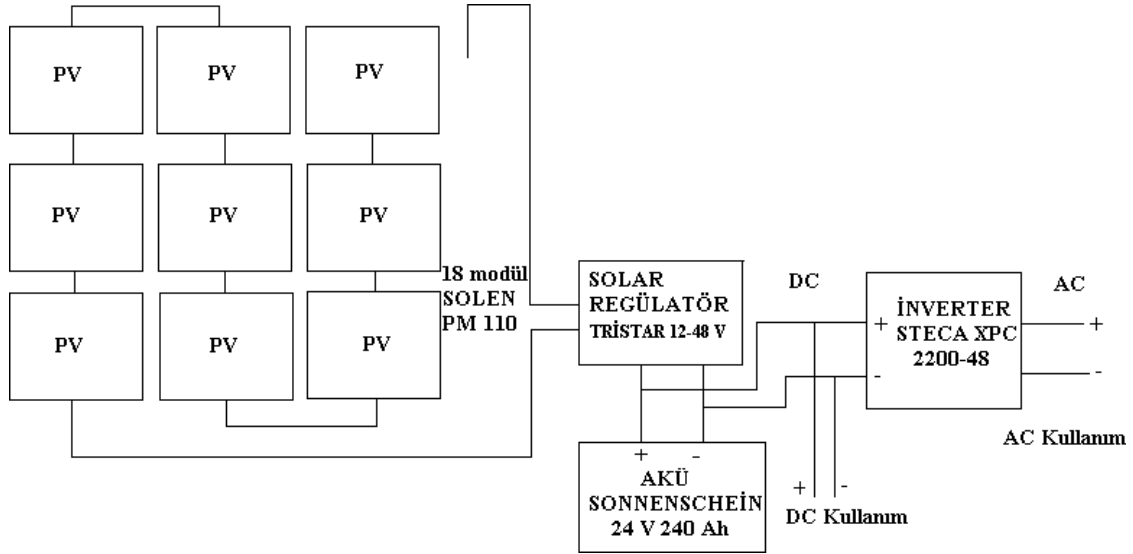
$$n_p = P_{pv} / P_{dizi} = 1900 / (3 * 110) = 5,76$$

6 tane $6 * 3 = 18$ yani 18 tane modül gerekli

$$\text{ŞRK} = \text{GEİ} / \text{GGS} = 7527,6 / 5,2 = 1500\text{W}$$

ŞRK = Şarj Regülatörü
 Kapasitesi GEİ = Günlük
 Enerji İhtiyacı GGS=
 Günlük Güneşlenme
 Süresi

2 KVA Sistem Blok Diyagramı (Sistem Şebekeden bağımsız)



2 KVA Şebekeden Bağımsız Sistemin Keşif Özeti

Malzeme Adı	Miktarı	Alan (m2)	Tutar
Solen PM 110 Fotovoltaik modül 110 W 16.5 V	18 Adet	16	17193 TL
Stecca XPC 2200-48 İvertör 1600 VA	1 Adet		2605 TL
Tristar 12-48 v Şarj regülatörü	1 Adet		403 TL
Sonnenschein 24 Volt 240Ah Solar Battery - 12 x A602/240 Akü	1 Adet		209 TL
Toplam			20410 TL

B-Sistem Şebekeye Bağlı

S=2 KVA
 $\text{Cos}\phi = 0.95$
 Günlük ortalama güneşlenme süresi = 5.2 saat
 Panel gücü 110 W

$$V_m = 16.5 \text{ v}$$

Sistem kurulu gücü:

$$P_{pv} = S * \cos \varphi = 2000 * 0,95 = 1900W$$

Literatürde genel kural olarak invertör gücünün PV Kurulu gücünü %80 i olacak şekilde seçilmesi önerilmektedir.

$$P_{inv} = 0,80 * P_{pv}$$

$$P_{inv} = 0,80 * 1900 = 1520W$$

$$P_{inv} = 1520 / 0,95 = 1600VA$$

Sistemde stecca XPC 2200–48 model 1600 VA invertör

kullanılacaktır. İKAP=(GEİ*İK)/GGS ifadesinden,

İKAP = İnverter Kapasitesi

GEİ= Günlük Enerji İhtiyacı

İK= İnverter Kaybı

GGS= Günlük Güneşlenme

Süresi

$$1520 = (GEİ * 1,05) / 5,2 = 7527,6$$

$$wh = 7,5kWh$$

(İnverter kaybı %5 tir)

Seri bağlı modül sayısı:

$$n = \frac{V_{nom}}{V_m} \frac{48}{16,5} = 2,90$$

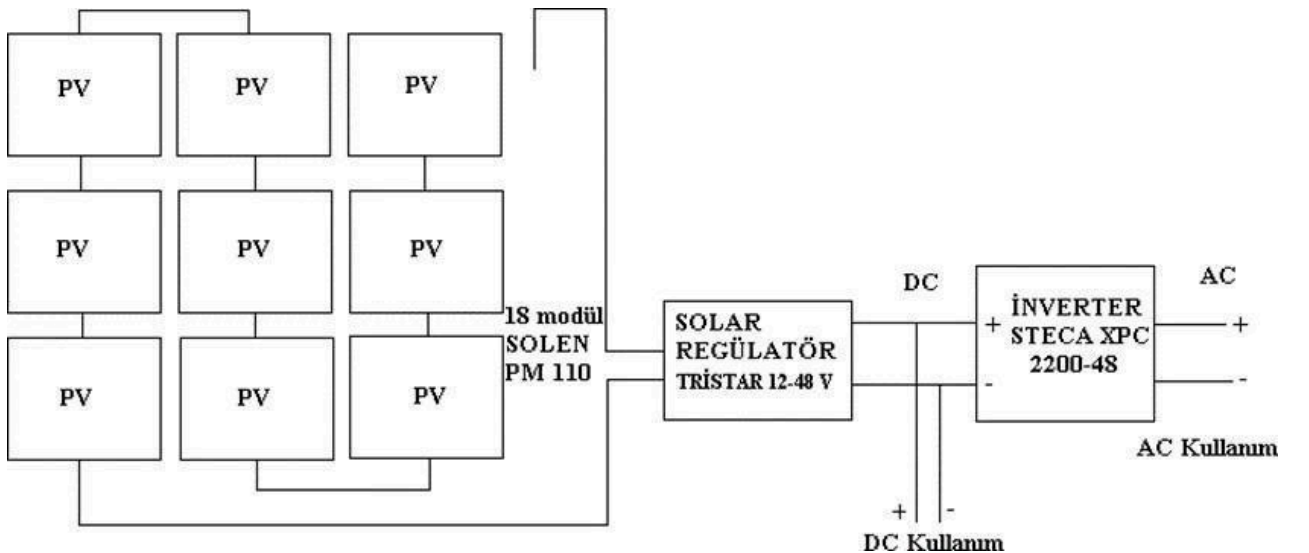
yani 3 tane modül seri bağlanacak.

Paralel kol sayısı:

$$n_p = \frac{P_{pv}}{P_{dizi}} = \frac{1900}{(3 * 110)} = 5,76$$

6 tane 6*3 = 18 yani 18 tane modül gerekli

2 KVA Sistem Blok Diyagramı (Sistem Şebekeye bağlı)



2 KVA Şebekeye Bağlı Sistemin Keşif Özeti

Malzeme Adı	Miktarı	Alan (m2)	Tutar
Solen PM 110 Fotovoltaik modül 110 W 16.5 V	18 Adet	16	17193 TL
Steca XPC 2200-48 İnvörtör 1600 VA	1 Adet		2605 TL
Toplam			19798 TL

3.2. 10 KVA Gücünde Bir Sistem

Bir Evin Cihazlara Göre Günlük Enerji Tüketimi

Cihazlar	Anlık Veya 24 Saatlik Güç Değeri	Günlük Çalışma Süresi	Günlük Toplam Enerji Tüketimi
LED TV+Uydu Alıcısı	150W	12h/gün	1800Wh/gün
A+ Standart Buzdolabı	1200W	24h/gün	1200Wh/gün
A+ Çamaşır Makinesi	1200W	2h/gün	2400Wh/gün
A+ Bulaşık Makinesi	1200W	1h/gün	1200Wh/gün
2hp Dalgıç Motor	1500W	2h/gün	3000Wh/gün
Su ısıtıcısı	1000W	3h/gün	3000Wh/gün
Aydınlatma (10Adet 12W LED Lamba)	120W	12h/gün	1440Wh/gün

Toplam: 14040 Wh/gün

A- Sistem Şebekeden Bağımsız

S=10 KVA

$\cos\phi = 0.95$

Günlük ortalama güneşlenme süresi = 5.2 saat

Sistemde solen Coenergy SC180MA modeli

PV panel kullanılacaktır

Panel gücü 180 W

$$V_m = 36 \text{ V}$$

Sistem kurulu gücü:

$$P_{pv} = S * \cos \phi = 10000 * 0,95 = 9500 \text{ W}$$

Literatürde genel kural olarak invertör gücünün PV Kurulu gücünü %80 i olacak şekilde seçilmesi önerilmektedir

$$P_{inv} = 0,80 * P_{pv}$$

$$P_{inv} = 0,80 * 9500 = 7600 \text{ W} \quad P_{inv} = 7600 / 0,95 = 8000 \text{ VA}$$

Sistemde Conergy ISA 30K 30 KVA hybrid invertör

kullanılacaktır. $İKAP = (GEİ * İK) / GGS$

İKAP = İnverter Kapasitesi

GEİ= Günlük Enerji İhtiyacı

İK= İnverter Kaybı

$$GGS = \text{Günlük Güneşlenme Süresi} \quad 7600 = (GEİ * 1,10) / 5,2 = 35927 \text{ wh} = 40 \text{ kWh}$$

(İnvertör kaybı %10 tir)

Sistemde Trojan 48Volt 250Ah Model: 8 x T-105 akü kullanılacaktır.

$$AS = (GEİ * AK) / (AV * AKAP)$$

GEİ = Günlük

Enerji İhtiyacı AS

= Akü Sayısı

AKAP = Akü

Kapasitesi AV

= Akü Voltajı

AK = Akü Kayıpları

$$AS = (40000 * 1,10) / (48 * 250) = 3,6 \text{ yani } 4 \text{ tane akü. (Akü kayıpları \%10 dur)}$$

İnvertör kataloğuna göre akü grubu çıkış voltajı 240 V olmalıdır. $240 / 48 = 5$ yani 5 tane akü seri bağlanacak, 4 tane paralel kol gerekli toplam 20 akü.

Seri bağlı modül sayısı:

$$n = V_{nom} / V_m = 290 / 36 = 8,05$$

yani 8 tane modül seri bağlanacak. İnvertör

nominal gerilimi = 290 V'tur

Paralel kol sayısı:

$$n_p = P_{pv} / P_{dizi} = 9500 / (4 * 180) = 13,19$$

yani 13 tane. $13 * 8 = 104$ tane modül gerekli

$$\$RK = GEİ / GGS = 40000 / 5,2 = 7692,3 \text{ W}$$

ŞRK = Şarj Regülatörü
Kapasitesi GEİ = Günlük
Enerji İhtiyacı GGS=
Günlük Güneşlenme
Süresi Kablo seçimi

Kablo kesitini hesaplamak için kullanılması gereken formül:

$$A[\text{mm}^2]=0.0175*2*L*P/(fk*U^2) \quad (1)$$

A = İletken Kesiti $fk[\%]$ = İletken Kaybı

0,0175 = Bakır için spesifik direnç $[\text{Ohm} \times \text{mm}^2 / \text{m}]$ L[m] = Kablo uzunluğu

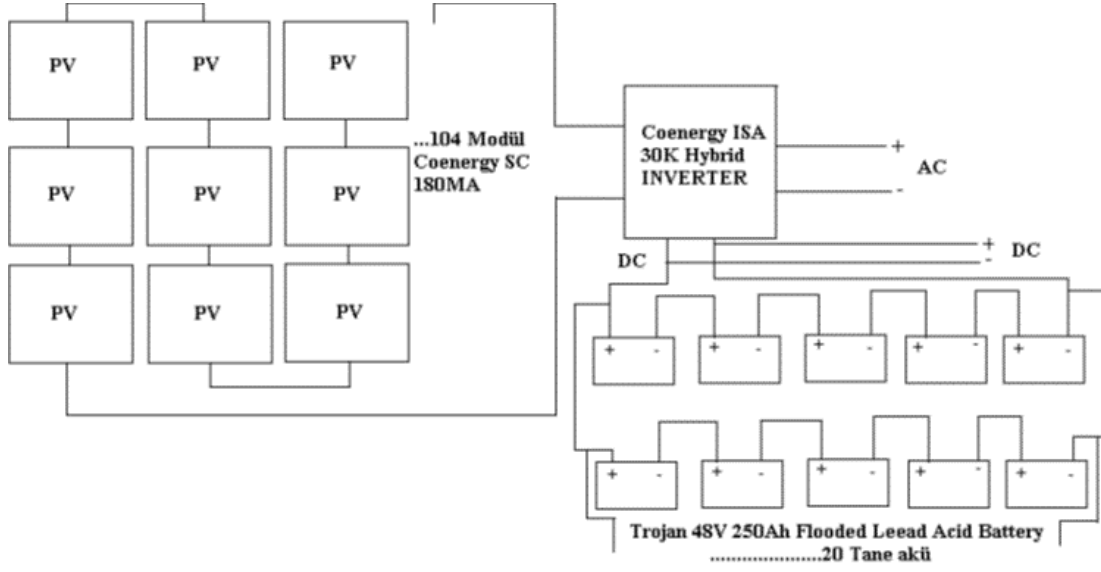
P[W] = Kablo tarafından alınması

gereken güç U[V] = Sistem Voltajı

Solar panel sistemlerinin kablo seçimi tablosu

Kablo Uzunluğu [m]	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-9
Amper [A]	Kablo Kesiti [mm ²]							
0-20	2,5	6	6	6	10	10	10	10
21-36	6	6	10	10	20	20	20	35
37-50	6	6	10	10	20	20	20	35
51-65	10	10	20	35	35	35	35	35
66-85	20	20	35	35	35	35	35	35
86-105	20	20	35	35	35	35	35	35
106-125	35	35	35	35	35	35	35	35
125-150	35	35	35	35	35	35	35	35
151-200	35	35	50	50	50	50	50	50

10 KVA Sistem Blok Diyagramı (Sistem şebekeden bağımsız)



10 KVA Şebekeden Bağımsız Sistemin Keşif Özeti

Malzeme Adı	Miktarı	Alan (m2)	Tutar
Coenergy SC 180MA Fotovoltaik modül 180 W 36 V	104 Adet	138	178211 TL
Coenergy ISA 30K hybrid İntertör 30KVA	1 Adet		69237 TL
Trojan 48Volt 250Ah Flooded Lead Acid Battery Bank, 8 x 6V T-105 Akü	20 Adet		7875 TL
Toplam			255323 TL

B-Sistem Şebekeye Bağlı

S=10 KVA

$\cos\phi = 0.95$

Günlük ortalama güneşlenme süresi = 5.2 saat

Sistemde solen Coenergy SC180MA modeli PV panel kullanılacaktır. Panel gücü 180 W

$V_m = 36 \text{ v}$

Sistem kurulu gücü:

$P_{pv} = S * \cos\phi = 1000 * 0.95 = 9500 \text{ W}$

Literatürde genel kural olarak invertör gücünün PV Kurulu gücünü %80 i

olacak şekilde seçilmesi önerilmektedir.

$$P_{inv} = 0,80 *$$

P_{pv}

$$P_{inv} = 0,80 * 950$$

$$0 = 7600W$$

$$P_{inv} = 7600 / 0,95 = 8000VA \text{ olmalı}$$

Sistemde Conergy ISA 30K 30 KVA hybrid invertör kullanılacaktır..

$$\dot{I}KAP = (GE\dot{I} * \dot{I}K) / GGS$$

ifadesinden, $\dot{I}KAP =$

$\dot{I}nverter Kapasitesi$

$GE\dot{I} =$ Günlük

Enerji İhtiyacı $\dot{I}K =$

$\dot{I}nverter Kaybı$

$GGS =$ Günlük Güneşlenme Süresi

$$7600 = (GE\dot{I} * 1,10) / 5,2 = 35927,2 \text{ wh} = 40kWh$$

($\dot{I}nvertör kaybı \%10$ dur)

Seri bağlı modül sayısı:

$$n = \frac{V_{nom}}{V_m} = \frac{290}{36} = 8,05$$

yani 8 tane modül seri bağlanacak.

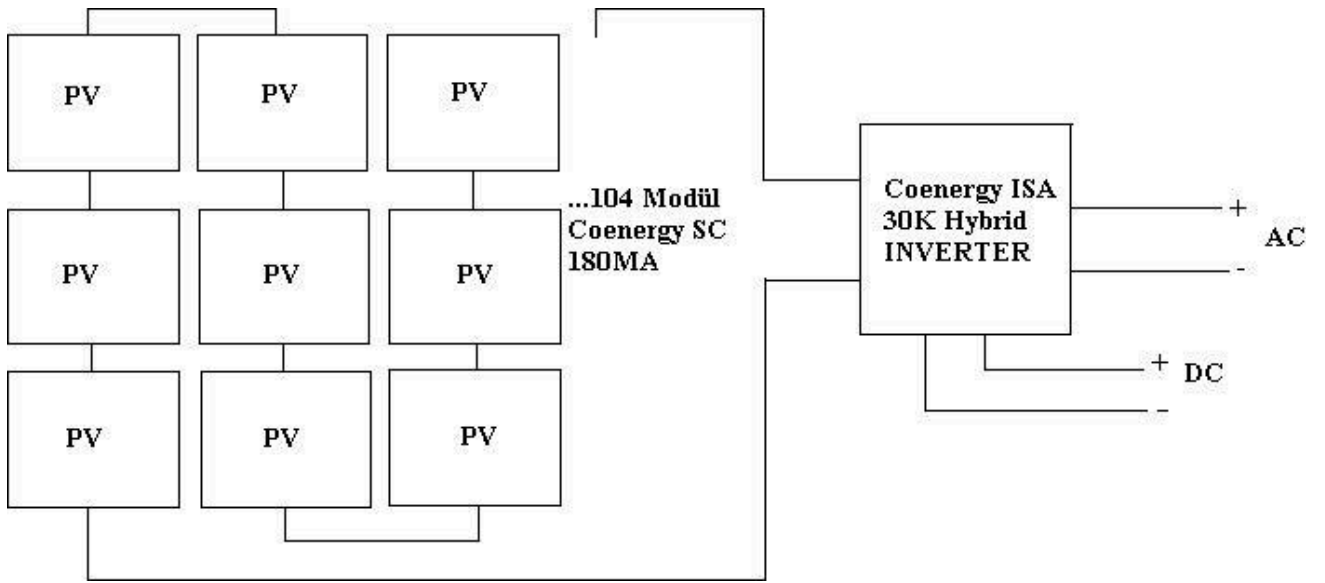
$\dot{I}nvertör nominal gerilimi = 290 V$ 'tur.

Paralel kol sayısı:

$$n_p = \frac{P_{pv}}{P_{dizi}} = \frac{9500}{(4 * 180)} = 13,19$$

13 tane $13 * 8 = 104$ tane modül gereklidir.

10 KVA Sistem Blok Diyagramı (Sistem şebekeye bağlı)



10 KVA Şebekeye Bağlı Sistemin Keşif Özeti

Malzeme Adı	Miktarı	Alan (m2)	Tutar
Coenergy SC 180MA Fotovoltaik modül 180 W 36 V	104 Adet	138	178211TL
Coenergy ISA 30K hybrid İntertör 30KVA	1 Adet		69237 TL
Toplam			247448 TL

3.3. 20 KVA Gücünde Bir Sistem

A- Sistem Şebekeden Bağımsız

S=20 KVA

$\cos\phi = 0.95$

Günlük ortalama güneşlenme süresi = 5.2 saat

Sistemde solen Coenergy SC180MA modeli

PV panel kullanılacaktır.

Panel gücü 180 W

$V_m = 36 V$

Sistem kurulu gücü:

$P_{pv} = S * \cos\phi = 210000 * 0.95 = 190000W$

Literatürde genel kural olarak invertör gücünün PV Kurulu gücünü %80 i olacak şekilde seçilmesi önerilmektedir

$P_{inv} = 0.80 * P_{pv}$

$P_{inv} = 0.80 * 190000 = 152000 W$

$\cos\phi = 0.95$ olduğundan

$P_{inv} = 152000 / 0.95 = 160000 VA$ olmalı.

Sistemde Conergy ISA 30K 30 KVA hybrid invertör

kullanılacaktır. $\dot{I}KAP = (GEI * \dot{I}K) / GGS$

İKAP = İnverter Kapasitesi

GEİ= Günlük Enerji İhtiyacı

İK= İnverter Kaybı

GGS= Günlük Güneşlenme Süresi

$$15200=(GEİ*1,10) / 5,2=71854,54wh$$

$$= 72 kwh$$

(İnverör kaybı %10)

Sistemde Trojan 48 Volt 250 Ah Model: 8 x T-105 akü kullanılacaktır.

$$AS=(GEİ*AK)/(AV*AKAP)$$

GEİ = Günlük

Enerji İhtiyacı AS

= Akü Sayısı

AKAP = Akü Kapasitesi

AV = Akü Voltajı AK = Akü Kayıpları

$$AS=(72000*1,10)/(48*250)=6,06 \text{ yani } 6$$

tane akü. (Akü kayıpları %10 dur)

İnvertör kataloğuna göre akü grubu çıkış voltajı 240 V olmalıdır. $240/48= 5$ yani 5 tane akü seri bağlanacak, 6 tane paralel kol gerekli toplam 30 akü.

Seri bağlı modül sayısı:

$$n= V_{nom} / V_m=290 / 36=8,05$$

yani 8 tane modül seri bağlanacak.

İnvertör nominal gerilimi = 290 V'tur

Paralel kol sayısı:

$$n_p = P_{pv} / P_{dizi}=9500 / (4*180)=13,19$$

yani 13 tane. $13*8 = 104$ tane modül gerekli

$$\text{ŞRK}=GEİ / GGS=72000 / 5,2=13846,15W$$

ŞRK = Şarj Regülatörü

Kapasitesi GEİ = Günlük

Enerji İhtiyacı GGS=

Günlük Güneşlenme

Süresi

Sistemin blok diyagramı 10 KVA şebekeden bağımsız sistemle aynı olmaktadır.

Ancak tek fark bu sistemde 30 akü kullanılmaktadır.

20 KVA Şebekeden Bağımsız Sistemin Keşif Özeti

Malzeme Adı	Miktarı	Alan (m2)	Tutar
Coenergy SC 180MA Fotovoltaik modül 180 W 36 V	104 Adet	138	178211TL
Coenergy ISA 30K hybrid İntertör 30KVA	1 Adet		69237 TL
Trojan 48Volt 250Ah Flooded Lead Acid Battery Bank, 8 x 6V T-105 Akü	30 Adet		11813 TL
Toplam			259261 TL

B-Sistem Şebekeye Bağlı

S=20 KVA

Cosφ = 0.95

Günlük ortalama güneşlenme süresi = 5.2 saat

Sistemde solen Coenergy SC180MA modeli PV panel kullanılacaktır. Panel gücü 180 W

$V_m = 36 \text{ V}$

Sistem kurulu gücü:

$P_{pv} = S * \text{Cos } \varphi = 20000 * 0,95 = 19000 \text{ W}$

Literatürde genel kural olarak invertör gücünün PV Kurulu gücünü %80 i olacak şekilde seçilmesi önerilmektedir.

$P_{inv} = 0,80 * P_{pv}$

$P_{inv} = 0,80 * 19000$

$= 15200 \text{ W}$

Cos φ =0,95 olduğundan

$P_{inv} = 15200 / 0,95 = 16000 \text{ VA}$ olmalı.

Sistemde Conergy ISA 30K 30 KVA hybrid invertör kullanılacaktır.

$\dot{I}KAP = (GE\dot{I} * \dot{I}K) / GGS$ ifadesinden,

$\dot{I}KAP = \dot{I}nverter Kapasitesi$

$GE\dot{I} = \text{Günlük Enerji İhtiyacı}$

$\dot{I}K = \dot{I}nverter Kaybı$

GGS= Günlük Güneşlenme Süresi

$$15200=(GEİ*1,10)/5,2=71857,54$$

$$wh=72kWh$$

(İnvertör kaybı %10 dur) Seri bağlı modül sayısı:

$$n = \frac{V_{nom}}{V_m} = \frac{290}{36} = 8,05$$

yani 8 tane modül seri bağlanacak.

İnvertör nominal gerilimi = 290 V'tur

Paralel kol sayısı:

$$n_p = \frac{P_{pv}}{P_{dizi}} = \frac{9500}{(4*180)} = 13,1913 \text{ tane } 13*8 = 104 \text{ tane modül gereklidir.}$$

Dolayısıyla sistemin blok diyagramı ve maliyet analizi 10 KVA şebekeye bağlı sistemdeki kadar olmaktadır.

3.4. Sonuçlar

Bu çalışmada 2, 10 ve 20 KVA lık bir FS tasarımı yapılmış ve bunlar kendi aralarında kıyaslanmıştır. Ayrıca bu çalışmada böyle bir tesis için nelerin önemli olduğu ve hangi tip malzeme kullanmak gerektiğine değinilmiştir. Bu hususlarla birlikte bu çalışmadaki malzemeler ve bağlantı şekilleri gibi teknik bilgilere ulaşmak mümkün olduğundan pahalı da olsa tercih edilmiştir. Aynı özellikte ve daha uygun fiyatlı başka malzemelerin bu tür bilgilere ulaşılabilirse onların kullanılması da kurulum maliyetini düşürecek önemli bir noktadır. Yapılan araştırmada da görüldüğü gibi FS'in ilk kurulum maliyetleri çok fazladır. Ancak sistemin kullanımı sırasında hiçbir ücret ödenmemektedir bu da sistemin belirli bir süre sonra ilk kurulum maliyetini karşılayacağı anlamına gelmektedir.

Sistemde günlük enerji ihtiyacı 7.5 kWh den 72 kWh'e çıktığında yani yaklaşık 10 kat arttığında sistemin kurulması için gerekli alan, kullanılacak malzeme ve sistem maliyeti de yaklaşık olarak 10 kat artmıştır. Ancak yapılan araştırmada görüldüğü gibi 10 KVA şebekeden bağımsız ve 20 KVA şebekeye bağlı sistemler arasında çokta fazla bir maliyet artışı olmamaktadır. Ayrıca 10 KVA ve 20 KVA şebekeye bağlı sistem kurulum maliyetleri aynıdır. FS' de bu veriler dikkate alındığında **düşük güçlü FS kurmanın üreticiye pekte faydasının olmadığı** açıktır.

Aşağıdaki tabloda bu sistemlerdeki bazı sayısal veriler görülmektedir.

Sistemle ilgili sayısal veriler

Sistem Türü	Sistem Kurulu Gücü (W)	Günlük Enerji İhtiyacı	Maliyet
2 KVA şebekeden bağımsız	1900	7,5 kWh	20410
2 KVA şebekeye bağlı	1900	7,5 kWh	19798

10 KVA şebekeden bağımsız	9500	40 kWh	255323
10 KVA şebekeye bağlı	9500	40 kWh	247448
20 KVA şebekeden bağımsız	19000	72 kWh	259261
20 KVA şebekeye bağlı	19000	72 kWh	247448

4. FOTOVOLTAİK SİSTEM İŞLETME VE BAKIM KONTROLÜ

4.1. İnvörtör Kontrolü

Maddeler	Uygunluk
İnvörtör mekanik montajı user manuale göre uygun yapılması.	

İnvertör DC kablo bağlantıları user manuale göre uygun yapılması.	
İnvertör AC kablo bağlantıları user manuale göre uygun yapılması.	
AC kablo pabuçları kablo cinsine göre uygun olması.	
İnvertör haberleşme kabloları user manuale göre uygun yapılması.	
DC kablo kesitleri onaylı projeye göre uygun olması.	
İnvertör koruma ve gövde topraklamaları user manuale göre yapılması. İstenen değerin altında olması. (2ohm)	
İnvertör uyarı etiketlemeleri uygun yapılması.	
İnvertör kasasında herhangi bir hasar olmaması.	
İnvertör güç sınırlaması projeye göre uygun yapılması.	

4.2. ACTP Kontrolü

Maddeler	Uygunluk
Kullanılan motorlu TMS özellikleri onaylı projeye göre uygun olması.	
Kullanılan İnvertör TMS özellikleri onaylı projeye göre uygun olması.	

KAK rölenin uygun ayarlanması ve aktif olması.	
İnvertör- ACTP ve ACTP-TRAFO arası AC kabloları çekme ve reglaj işleri onaylı projeye göre uygun yapılması.	
Koruma topraklaması uygun bir şekilde yapılması. İstenen değerin altında olması. (2 ohm)	
Toroid bağlantısı uygun olması.	
AC kablolarının kesitleri onaylı projeye göre uygun olması.	
AC kabloların pabuçları uygun olması.	
Acil stop butonu aktif olması.	
Koruma rölesi aktif olması/Tekrar kapama.	
Fan aktif olması.	
Enerji analizörü aktif olması, akım ve gerilim trafo oranları uygun bir şekilde girilmesi.	
UPS bağlantıları uygun olması.	
Uyarı etiketlemeleri eksiksiz ve uygun bir şekilde yapılması.	
Pano temizliği uygun olması ve pano kasasında hasar olmaması.	

4.3. AC, DC Taşıyıcı Sistem Kontrolü

Maddeler	Uygunluk
T. sistem onaylı projeye göre uygun yapılması, onaylı projede bulunan detaylara uyulması.	

Tavalar uygun bir şekilde sabitlenmesi.	
Tavalar uygun bir şekilde kapatılması.	
Tava dönüş veya keskin kısımlarına izole malzeme kullanılması.	
Tava AC ve DC uyarı etiketlemeleri uygun olması.	
Tavada paslanma olmaması.	
Tava kesme işlemi sonrası galvaniz tamir yapılması.	

4.4. Optimizer Kontrolü

Maddeler	Uygunluk
Optimizer mekaniksel montajı user manuale göre uygun olması.	
Optimizer elektriksel bağlantıları user manuale göre uygun olması.	
Optimizer seri numaraları bakım onarım ekibine tesis ve projeye göre yeri doğru olarak teslim edilmesi.	
Optimizer sorunsuz devrede olması. (İzleme birimi ile görüşülerek teyit edilmesi).	

4.5. Panel ve Konstrüksiyon Kontrolü

Maddeler	Uygunluk
----------	----------

Kullanılan panellerinin (Model,güç,gerilim ve akım) değerleri onaylı projeye göre uygun olması.	
Panellerin arasında 20mm mesafe bırakılması.	
Panellerin Junction box ve konnektörleri verilen datasheete göre uygun olması. IP68 özelliğe sahip olması.	
Panellerin bağlantıları uygun bir şekilde yapılması.	
Panel ve string başı DC kablolarının reglajı uygun olması ve konnektörlerin izolasyona karşı muhafaza edilmesi.	
Panellerin taşıma ve montajı yapılırken zarar görmemesi.	
Aşıkların verilen sipariş detaylarına göre uygun olması.	
Aşıkların sabitleme işlemi uygun bir şekilde yapılması.	
Panel tutturma aparatları panel user manuale göre uygun adet ve mesafe bırakılarak montaj yapılması.	
Panel tutturma aparatları uygun tork ile sıkılması.	
Paneller arası kot farkı olmaması.	
Sehpaların hizalaması uygun olması.	
Konstrüksiyon işleri bittikten sonra çatıda açılan deliklerin uygun bir şekilde kapatılması.	
String topraklaması onaylı projeye göre uygun bir şekilde yapılması.	
String etiketlemeleri uygun yapılması.	
Proje sahası kurulum bittikten sonra artan malzeme mevcut mudur?	

KAYNAKÇA

- N2 Anima GmbH. (2024). *Eğitim notları*. N2 Anima GmbH. <https://n2anima.com/>
- Avrupa Komisyonu. (2024). *Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi*. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- Kıvanç Solar Panel Üretim Tesisi. (2024).
- Keçel, S. (2007). *Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Evsel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleri ile Karşılanmasına Yönelik Model Geliştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ewing, R. A. (2003). *Power with Nature: Solar and Wind Energy Demystified* (1st ed.). Pixyjack Press.
- Foley, G. (2005). Fotovoltaik enerji: Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında uygulamaları. In A. Kandemir (Ed.), *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş.* (pp. 10-42). Ankara.
- Gilbert, M. M. (2004). *Renewable and Efficient Electric Power Systems*. John Wiley & Sons.
- Güven, S. Y. (2006). Güneş pil destekli çevre aydınlatma ve sulama sisteminin örnek bir uygulaması. *Mühendis ve Makine*, 548, 46-48.
- Quaschnig, V. (2005). *Understanding Renewable Energy Systems*.
- Köroğlu, T., Teke, A., Bayındır, K. Ç., & Tümay, M. (2010). *Güneş paneli sistemlerinin tasarımı*. Çukurova Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü.
- Solargis sro. (2024). *Solargis sro*. <https://solargis.com/>
- Elektrik Mühendisleri Odası Mersin Şubesi. (2019). *GES Kitapçığı*.
- Ceylan, İ., & Gürel, A. E. (2022). *Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı*.
- Entegro Enerji Sistemleri. (2024). *Entegro Enerji Sistemleri*. <https://entegro.com.tr/>
- Eşme, U. (2023). *Ders notları*. Tarsus Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- MEB. (2022). *Yenilenebilir Enerji Sistemleri MEGEP modülleri*.
- Solarvizyon. (2023). *Solarvizyon*. <https://solarvizyon.org/>
- 123RF. (2024). *123RF*. <https://www.123rf.com>
- Durak, M., & Özer, S. (2012). *Güneş Enerjisi: Teori ve Uygulama*.
- Phonosolar. (2024). *Phonosolar*. <http://www.phonosolar.com/>
- Smart Güneş Teknolojileri. (2024). *Smart Güneş Teknolojileri*. <https://www.smartsolar.com.tr/>
- Öztürk, A., & Dursun, M. (2011). *2, 10 ve 20 KVA'lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı*. Düzce Üniversitesi.
- Göktekin Enerji. (2023). *İşletme ve bakım checkli*.