



YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

GÜNEŞ PANELİ SEHPASINI YAPMA VE PANELLERİN MONTAJI MODÜLÜ

2022-2-TR01-KA210-VET-000098216

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİNDE 4.0 STANDARTLARINA GÖRE YENİ UYGULAMALAR



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 eğitimcilerine rehberlik etmesi amaçlanmaktadır. Kullanıcılar için ücretsizdir, satılmaz, çoğaltılamaz. Proje Web Sitesinde (<http://www.renewableenergy40.com>) bir e-kitap olarak yayınlanacaktır.

AÇIKLAMALAR

| | |
|-----------------------|---|
| ALAN | Yenilenebilir Enerji Teknolojileri |
| MESLEK | Güneş Enerji Sistemleri |
| MODÜLÜN ADI | Güneş Paneli Sehpasını Yapma ve Panellerin Montajı |
| MODÜLÜN TANIMI | Bu modül güneş paneli sehpa yapmak ve sehpa üzerine güneş panellerinin kurulması ile ilgili bilgilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir. |
| YETERLİK | Güneş paneli sehpa parçalarını tanıyarak ve güneş sehpa parça birleşimini kurmak, sehpa üzerine güneş panellerinin kurulumunu yapmak |
| MODÜLÜN AMACI | Genel amaç Projede belirtilmiş metal bileşenlerin imalatını yaparak taşıyıcı sistem haline getirebileceksiniz. Projede belirlenmiş olan dizilime göre panelleri yerleştirerek panel kablo geçişlerini yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Projede belirtilen ölçülere göre metal bileşenlerin imalatını yapabilecektir. 2. Metal parçaların taşıyıcı sistem haline gelmesini sağlayabilecektir. 3. Uygun ekipman kullanarak güneş panellerinin sehpalara montajını yapabilecektir. 4. Uygun araç gereç kullanarak panellerin kablo geçişlerini yapabilecektir. |

1. GÜNEŞ SEHPASI MONTAJI

1.1. Güneş Sehpası Yön Ayarı

Güneş panellerinden enerji üretimini en üst seviyeye çıkarmak için güneş panel sehpasını gün doğusundan, gün batımına dek güneş ışığını en doğru açıda görecektir şekilde sistemlere ihtiyaç duyulur. Bu güneş (solar) enerji sistemleri, güneş panelini pek çok farklı yöntemle doğru açıda tutarak güneş enerjisinden elektrik üretimini en üst düzeye çıkarır.

Güneş sehpası montajı yapılmadan önce yön kontrolü yapılmalıdır ve sistem güneye bakacak şekilde monte edilmelidir (Resim 1.1). Ayrıca güneş sehpasının kurulacağı alanın diğer güneş sehpalarından, ağaç ve binadan dolayı gölgelenmeyecek bir alana yerleşmesine dikkat edilmelidir. Sistem sehpası kurulmaya başlamadan önce pusula yardımıyla yön ve gölge hesapları yapılmalıdır. Güneş panellerinin sağlıklı olarak çalışabilmesi için yönünün güneye bakması gerekmektedir.



Resim1.1:Güneş panel sehpası

1.2. Güneş Sehpası Montajı

Güneş sehpası montajı yapılırken çalışma güvenliği sağlanmalıdır. Çalışanlar emniyet kemeri yardımıyla kendisini güneş paneli direğine bağlamalıdır. Ürünleri, kurulum mekânına taşıırken eldiven kullanılmalı ve sehpa rüzgâr vb. etkilerden dolayı aşağı düşmesine neden olacak alanlara konulmamalı, gerekirse sabit bir parçaya bağlanmalıdır. Güneş sehpası taşınması ve montajı esnasında kurulan yerin önünde insanların bulunması veya geçmesi önlenmelidir. Güneş sehpası montajı, güneş enerjisinin verimliliğini doğrudan etkiler. Önceden hazırlanmış olan güneş sehpası direğinin üzerine güneş paneli sehpası, bağlantı aparatları yardımıyla bağlantısı yapılır (Resim 1.2).



Resim1.2:Güneş sehpası montajı



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

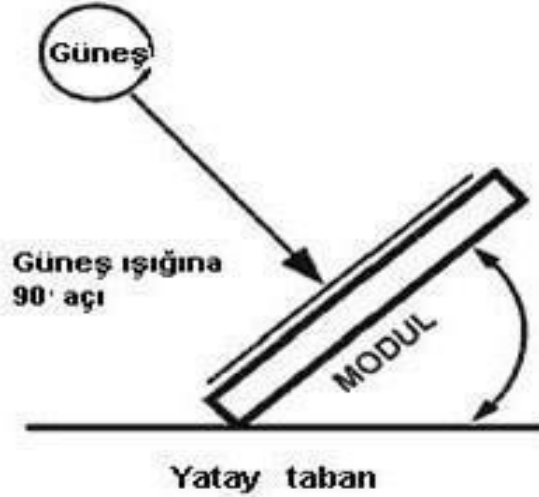
https://www.youtube.com/watch?v=c_--Ub3uK-U

1.3. Güneş Sehpası Açı Ayarı

Güneş sehpası montajı yapılırken, güneş ışınlarını 90° gibi yüksek derecelerde alacak şekilde ayarlanmalıdır(Şekil 1.3).Bu bilgiler doğrultusunda: Kurulacak olan sistemin hem yazın hemde kışın kullanılması planlanıyor ise güneş sehpası eğim açısı o bölgenin enlem açısı ile aynı olmalıdır. Eğer sistemin sadece yazın kullanılması planlanıyor ise güneş sehpası enlem açısı

bölgenin enlem açısından 15° düşük olmalıdır (güneş ışınları yazın dikey geldiğinden). Eğer sistemin sadece kışın kullanılması planlanıyor ise güneş sehпасı enlem açısını bölgenin enlem açısından 15° yüksek olmalıdır (güneş ışınları kışın yatay geldiğinden).

Türkiye $36^\circ - 42^\circ$ Kuzey enlemleri, $26^\circ-45^\circ$ Doğu boylamları arasında yer alır. Güneş sehпасı açısı ayarlanırken ülkemizin kuzey enlemleri ($36^\circ-42^\circ$ kuzey enlemleri) dikkate alınarak montaj yapılmalıdır. Güneş paneli sehпасını, yaz ve kış mevsiminde gündüz öğle saatlerinde güneş ışığına dik vaziyette bakacak şekilde konumlandırmak gerekir. Aksi halde güneş (solar) panelinin verimi düşük olur.



Resim1.3: Güneş panel sehпасı

Karlı yerlerde güneş (solar) panellerini kardan temizlemek ve en az 4 ay da bir solar enerji paneli yüzey temizleme ve güneş sehпасı açısı ayarını yapmak gerekir. Güneş ışığı yazları yaklaşık günde 15 saat iken, kışları yaklaşık 9 saattir. Güneş sehпасı güneşe, dik veya dike en yakın açı ile en yüksek güneş enerjisi üretimini sağlar

Türkiyenin bulunduğu enlemlerde yazın elde edilen güneş enerjisinin, kışın sadece $1/3$ 'i elde edilir. Açıkçası; Yazları kışa nazaran 3 kat daha fazla elektrik gücü üretilebilir. Bu sebeple Güneş (solar) paneli enerjisini, kışın ve yazın şartlarına göre hesaplamak daha doğru olur. Güneş enerji panellerini 3'er veya 4'er aylık zamanlamalarla, dikey açılarını manuel olarak bir kez ayarladığımızda yıl boyu uygun açığı yakalayabilirsiniz. Güneş enerjisi ile en iyi verimi alabilmek için, sabit montajlarda mevsimsel dikey açı ayarını ve ayrıca yüzey temizliği yapmak gerekir. Mevsimlere göre yapılacak olan açı ayarları ve bakım sonucunda solar enerji panellerinden en az %10 luk ekstra verim alınabilir.

2. GÜNEŞ PANELLERİNİN YAPISI VE DİZİLİMİ

2.1. Güneş Panellerinin Yapısı ve Çeşitleri

Güneş panelleri, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır (Resim2.1). Güneş ışığının fotovoltaiik etkisini kullanarak çalışırlar. Güneş panelleri, evlerde, iş yerlerinde ve sanayi tesislerinde elektrik üretmek için kullanılabilir.

Güneş panelleri (PV modüller), fotovoltaiik (PV) hücrelerden oluşur. Fotovoltaiik hücreler, yarı iletken malzemelerden yapılıır. Güneş ışığı fotovoltaiik hücrelere çarptığında, elektronların hareketine neden olur. Bu hareket, elektrik akımının oluşmasına yol açar. Bu hücreler güneş pili ve güneş hücresi olarak da adlandırılırlar.

Fransız fizikçi Alexandre Edmond Becquerel, 1839 yılında ilk olarak fotovoltaiik etkiyi bulmuştur. Sonrasında 1883 yılında CharlessFritts, %1'lik verime sahip olan ilk güneş hücresini keşfetmiştir ve yin teknolojinin ilerlemesiyle birçok bilim adamının yaptığı çalışmalar sonucunda daha verimli ve gelişmiş fotovoltaiik hücreler günümüze ulaşmıştır.

Güneş panellerinin performansını belirlemek için kullanılan en önemli parametre verimliliktir. Güneş panelinden çıkan enerjinin güneşten gelen ışık enerjisine oranıdır.

Güneş panelinin verimini belirlemek için güneşin panele sağladığı güç ile panelden alınan elektrik gücünü karşılaştırmak gerekir. Güneş paneli, üzerine düşen güneş ışığının tamamını elektrik enerjisine dönüştürmesi durumunda verim%100 olurdu. Teknik olarak günümüz teknolojisinde bu mümkün olmamıştır. Günümüzde güneş panellerinde ulaşılabilen verimlilik seviyesi yaklaşık %33 civarındadır.



Resim 2.1:Güneş panelinin yapısı

2.2. Fotovoltaiik Hücre Yapısı

Güneş hücreleri ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaiik araçlardır. Güneş hücreleri yarı iletken bir diyot olarak çalışırlar.

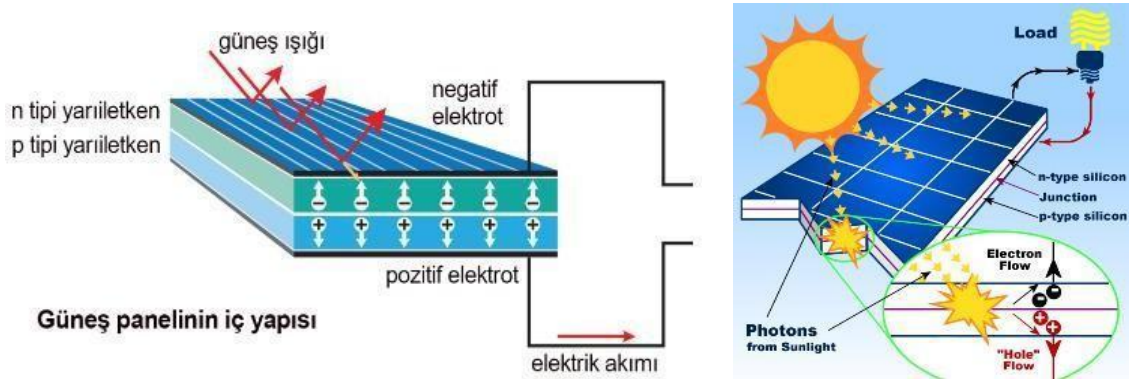
Kalınlıkları mikron metre ile ölçülecek kadar ince olan bu hücrelerin boyutları genelde kare, dikdörtgen veya daireseldir. Tekbir PV hücreden elde edilen enerji oldukça azdır. Bu nedenle hücreler seri veya paralel bağlanarak modülleri, modüllerde birleşerek panelleri oluşturur. Büyük miktarlarda elektrik üretmek için panellerde birbirine bağlanarak solar PV dizisini (string) meydana getirir. Güneş pili hücrelerinde N tipi ve P tipi yarı iletken maddeler bulunur. (Resim 1.1). N ve P tipi maddeler yarı iletken maddelerin eriyik halindeyken katkı maddeleri ile birleştirilerek kontrollü olarak üretilirler.

Güneş pillerinde yarıiletken madde olarak çoğunlukla çok kristalli silisyum kullanılmaktadır.

Güneş hücrelerinin yapısı şematik olarak (Resim 2.2) gösterilmiştir.

Güneş pilinin çalışma prensibi aşağıdaki gibidir:

- Güneş ışığı güneş hücresi üzerine düşünce hücreler tarafından içine alınır. Hücrede çok elektrona sahip P tipi yarı iletken madde ve az elektrona sahip N tipi yarı iletken madde bulunur.
- Güneş ışığı P tipi yarı iletken maddeden elektron koparır.
- Enerji kazanan elektronlar N tipi yarı iletken maddeye doğru akarlar.
- Bu sabit tek yönlü elektron akışı doğru akımı (DC) oluşumuna sebep olur. Elektronlar kurulan devreler boyunca akarak elektrik akımı gereken yerlerde kullanılır veya depo edilebilir.
- Bu hücrelerin elektriksel olarak birleşimi ile fotovoltajik güneş panelleri imal edilir.



Resim 2.2: Güneş pilinin yapısı ve çalışma prensibi

2.3. Güneş Pillerinin Birleştirilmesi

Güneş pillerinin voltajı 0,5V-0,6V arasında üzerine düşen güneş ışını miktarına göre değişir. Güneş pilinin boyutu ne olursa olsun gerilim değişmez, ancak akım (amper) yüzey alanına göre değişir.

Güneş pilleri güneş paneli içerisinde genellikle seri bağlanırlar. Panel içerisinde 36 adet güneş pili mevcuttur ve buda 18-21V arasında bir gerilim (volt) oluşur.

Güneş pillerini seri bağlamak taki amaç uygun çıkış voltajını ayarlamak tır. Bu durumda akım sabit kalacaktır.

Güç, akım ve voltaj arasındaki ilişki;

$$P = I * V$$

$$I = P / V$$

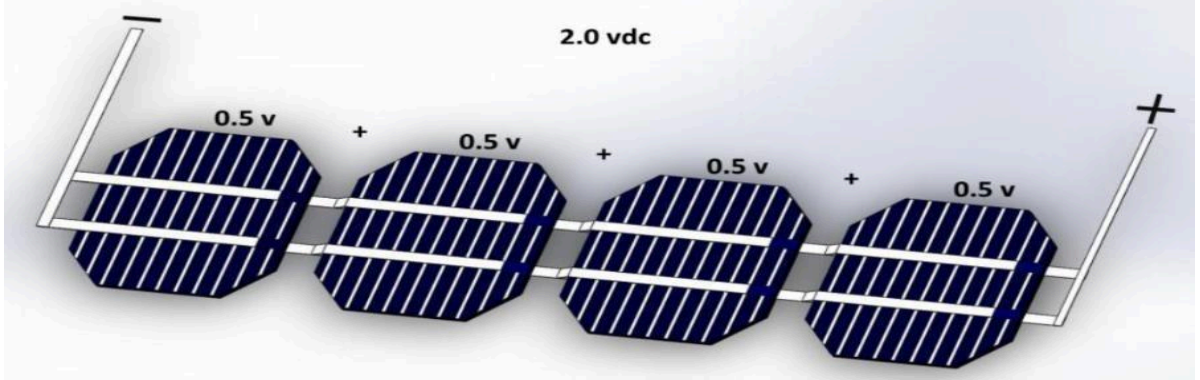
$$V = P / I$$

$$P = \text{Güç (Watt)}$$

I = Akım (Amper)

V = Gerilim (Volt)

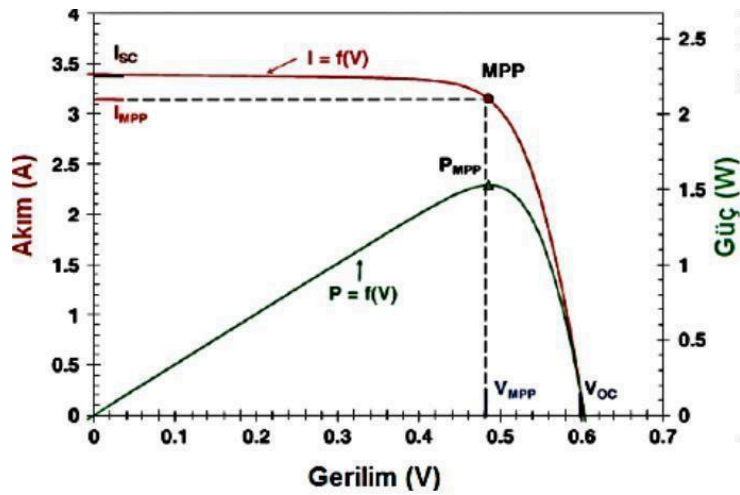
Resim (2.3) de birbirine seri bağlanan 4 adet güneş pili mevcuttur. Her bir pil 2 amper ve 0,5 V olduğu varsayıldığında Güneş panelinin akımı 2 amper ve 2 V gerilim olacak ve panel 4W gücünde olacaktır.



Resim 2.3: Seri bağlı güneş pili hücreleri

Güç Akım ilişkisi

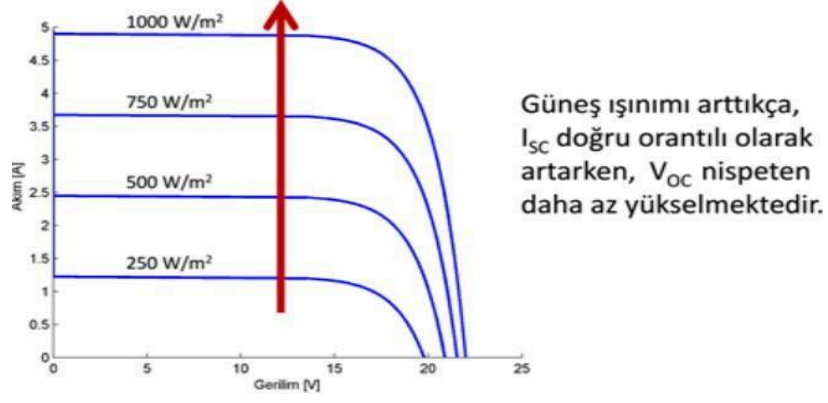
(Şekil 2.1)'de gösterildiği gibi fotovoltaik hücrenin maksimum gücü akım gerilim eğrisinin altında maksimum alanı oluşturan uç noktasındaki akım ve gerilim değerlerinin çarpımına eşittir



Şekil 2.1: Fotovoltaik hücrenin akım, gerilim ve güç eğrisi

Güneş Işınım Şiddeti Etkisi

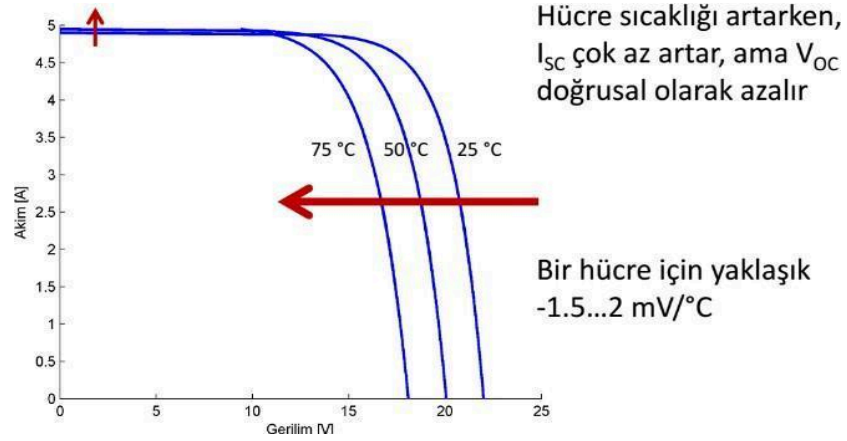
Fotovoltaik hücrenin maksimum gücü, güneş ışınım şiddetine göre değişmektedir. Güneş ışınım şiddeti azaldıkça fotovoltaik hücrenin ürettiği gerilim ve hücreden çekilen akım azalması neticesinde elektrik üretimi azalmaktadır. (Şekil 2.2)'de güneş ışınım şiddetinin azalmasının maksimum güç noktasına etkisi gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Güneş ışınımına bağlı olarak akım ve voltajın değişimi

Sıcaklık Etkisi

Hücre sıcaklığının akım üzerinde etkisinin olmadığı her bir derece sıcaklık artışına bağlı olarak 1,5-2 mV 'luk bir kayba uğradığı (Şekil 2.3) görülmektedir.



Şekil 2.3: Sıcaklığa bağlı olarak akım ve voltajın değişimi



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

https://www.youtube.com/watch?v=0aaYLS_pc3I

2.4. Güneş Panellerinin Çeşitleri

Güneş panelleri, üretim teknolojilerine göre aşağıdaki gibi çeşitlendirilebilir

Monokristal güneş panelleri: Tek bir silikon kristalinden yapılmış güneş hücrelerinden oluşan siyaha yakın renkli güneş panelidir. Diğer panel çeşitleri arasında %15-20 verimle en yüksek verime sahip panel çeşididir (Resim 2.4). Ortalama ömürleri 25 yıl kadardır. Siyah aykırı renkleri ve eşit yüzeyleri ile diğer panellerden kolaylıkla ayırt edilebilir. Monokristal güneş panellerinin ölçüleri, güç ve hücre sayısına göre değişiklik gösterir. 10-420 watt güç aralığında ve farklı hücre sayılarında olabilir. Üretiminin daha zor ve maliyetli olması, verimliliğinin yüksekliği ve kullanım ömrünün uzun olması bu panelleri oldukça pahalı yapan sebeplerdir. Bu paneller genellikle yüksek enerji ihtiyacı olan ve yüzey alanının sınırlı olduğu uzay istasyonları, uydular, ileri teknoloji ürünler, nispeten daha bulutlu ve güneşlenme süresinin az olduğu bölgeler gibi projelerde tercih edilir.



Resim 2.4: Monokristal güneş paneli

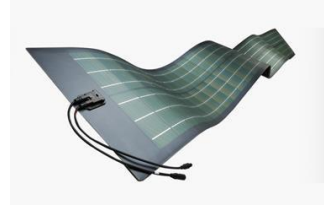
Polikristal güneş panelleri: Çoklu silikon kristallerinden oluşan maviye yakın renkli bir güneş panelidir. Diğer panel çeşitleri arasında %13-16 verimli monokristal panellere göre daha düşük bir verime sahiptir (Resim 2.5). Ortalama ömürleri 20-25 yıl arasındadır. Maviye yakın renkleri ve farklı yüzeyleri ile monokristal panellerden kolaylıkla ayırt edilebilir. Polikristal güneş panellerinin ölçüleri, güç ve hücre sayısına göre değişiklik gösterir. 10-300 watt güç aralığında ve farklı hücre sayılarında olabilir. Üretiminin daha kolay ve maliyetli olmaması, verimliliğinin daha düşük olması ve kullanım ömrünün biraz daha kısa olması bu panelleri daha uygun fiyatlı yapan sebeplerdir. Bu paneller genellikle evler, küçük işletmeler ve büyük enerji ihtiyacı olmayan alanlarda tercih edilir.



Resim 2.5: Poli kristal güneş paneli

İnce film (amorf silikon) güneş panelleri: Farklı malzemelerden (örneğin, amorf silikon, CIGS, CdTe) oluşan esnek yapıya sahip bir güneş panelidir. Diğer panel çeşitleri arasında %10-12 verimle en düşük verime sahiptir. Ortalama ömürleri 10-15 yıl arasındadır. Esnek yapıları ve

genellikle gri veya kahverengi renkleri ile diğer panellerden kolaylıkla ayırt edilebilir. İnce film güneş panellerinin ölçüleri, güç ve hücre sayısına göre değişiklik gösterir. 5-150 watt güç aralığında ve farklı hücre sayılarında olabilir (Resim 2.6). Üretiminin daha kolay ve maliyetli olmaması, verimliliğin düşük olması ve kullanım ömrünün kısa olması bu panelleri daha uygun fiyatlı yapan sebeplerdir. Ancak, düşük verimlilikleri nedeniyle, aynı enerjiyi üretmek için daha fazla alana ihtiyaç duyarlar. Bu paneller genellikle büyük alanlara sahip çatılar, tarım alanları ve ticari binalar gibi geniş alanlarda tercih edilir.



Resim 2.6:İnce film (amorf silikon) hücre ve panel

Nano dokulu güneş panelleri: Nano fotovoltaik teknolojisi geleceğin güneş pili teknolojisidir. Nano-mikro kristalli yüksek verimli güneş hücrelerini kapsamaktadır. Nano PV piller, yapılarındaki hidrojen amorf silikon ve geçirgen iletken (TCLO) teknolojisi ile diğer güneş pillerine göre % 8-10 daha fazla verim sağlar. Bu teknoloji ile üretilen güneş panellerinin ilk yatırım maliyeti diğer güneş panellerine göre oldukça fazladır. Nano fotovoltaik teknolojisinde Kristal yarı iletken materyaller, Polimerik materyaller ve Karbon esaslı nano yapılar olmak üzere üç tip malzeme kullanılır.

Esnek güneş panelleri: Genellikle amorf silikon, polimer veya organik malzemelerden oluşan, esnek ve hafif bir yapıya sahip güneş panelidir (Resim2.7). Diğer panel çeşitleri arasında %7-12 verimle düşük bir verime sahiptir. Ortalama ömürleri 5-10 yıl arasındadır. Esnek yapıları sayesinde karmaşık yüzeylere ve hatta kıyafetlere bile monte edilebilirler. Esnek güneş panellerinin ölçüleri, güç ve hücre sayısına göre değişiklik gösterir. 1-100 watt güç aralığında ve farklı hücre sayılarında olabilir. Üretiminin kolay ve maliyetli olmaması, verimliliğin düşük olması ve kullanım ömrünün kısa olması bu panelleri uygun fiyatlı bir seçenek yapar. Ancak, düşük verimlilikleri nedeniyle, aynı enerjiyi üretmek için daha fazla alana ihtiyaç duyarlar. Bu paneller genellikle taşınabilir enerji ihtiyacı olan alanlar, çadırlar, yatlar ve hatta giyilebilir teknoloji ürünlerinde tercih edilir.



Resim 2.7: Esnek güneş paneli

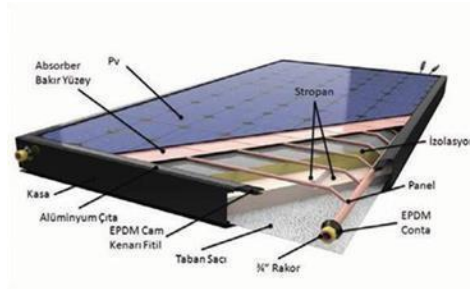
Saydam (Şeffaf) Güneş Panelleri: Özel malzemelerden (örneğin, organik fotovoltaik hücreler, perovskit hücreler) oluşan ve şeffaf bir yapıya sahip güneş panelidir (Resim 2.8). Diğer panel çeşitleri arasında %5-10 verimle en düşük verime sahiptir. Ortalama ömürleri 10-15 yıl arasındadır. Şeffaf yapıları sayesinde cam cepheler, pencereler ve diğer şeffaf yüzeyler üzerine monte edilebilirler. Saydam güneş panellerinin ölçüleri, güç ve hücre sayısına göre değişiklik gösterir. 5-100 watt güç aralığında ve farklı hücre sayılarında olabilir. Üretiminin karmaşık ve

maliyetli olması, verimliliğin düşük olması ve kullanım ömrünün kısalması bu panelleri pahalı bir seçenek yapar. Ancak, estetik ve fonksiyonelliği bir araya getirmek isteyen projeler için idealdir. Bu paneller genellikle ticari binalar, alışveriş merkezleri ve estetik bir görünüm istenen yerlerde tercih edilir.



Resim 2.8: Şeffaf güneş paneli

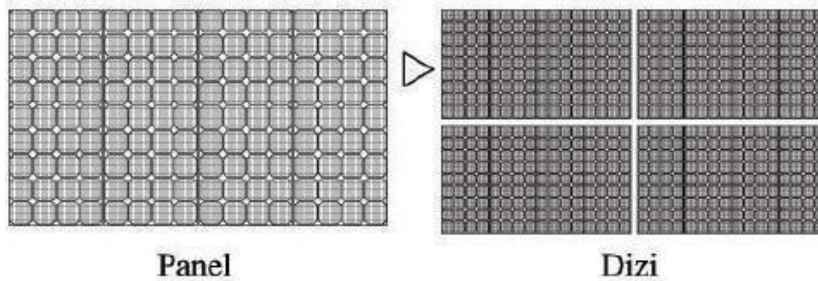
Hibrit Güneş Panelleri: Solimpeks Power Volt Hibrit güneş paneli aynı anda hem elektrik enerjisi üreten hem de kullanma suyu sağlayan sistemdir (Resim 2.9). Bu güneş panelleri üst yüzeyindeki hücreler ile elektrik enerjisi üretirken, güneş panelinin arka yüzünde bulunan yüksek verimli bakır plakalar ile kullanım suyunu depolar. Güneş panelinin içerisinden geçen serin sıvının sirkülasyonu sayesinde hücrelerde oluşan sıcaklık uzaklaştırarak elektrik enerjisi üretimindeki verim artırılır. Böylece güneş ışığından maksimum değerde geri dönüşüm elde edilmiş olur.



Resim2.9: Hibrit Güneş Paneli

2.5. Panel Gruplandırma Hesabı

Büyük miktarlarda elektrik üretmek için paneller birbirine bağlanarak solar PV dizilerini meydana getirir (Resim 2.10). Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir.



Resim 1.10: Güneş panellerinden güneş dizisi oluşumu

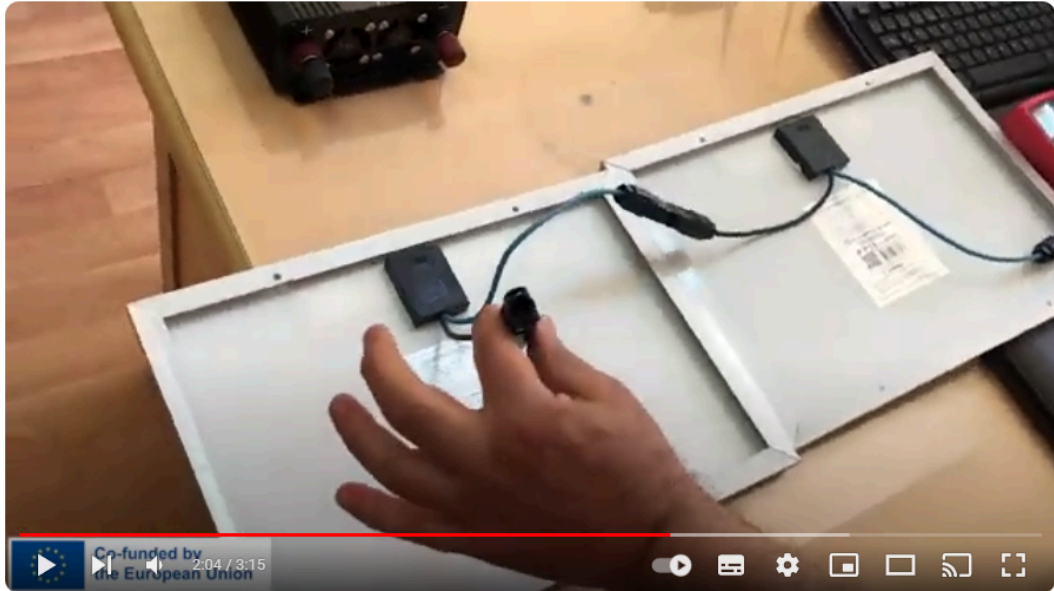
Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş paneli birbirine paralel yada seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya güneş modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri yada paralel bağlanarak bir kaç Watt'

tan Mega Watt' lara kadar sistem oluşturulur.

Güneş paneli bağlantı türünü seçerken dikkate alınması gereken birkaç kritik faktör vardır. Enerji ihtiyacı, projenin ölçeği ve bütçe, bu seçimi doğrudan etkiler. Örneğin, yüksek enerji ihtiyacı olan bir proje için seri bağlantı daha uygun olabilir. Ayrıca, mekansal kısıtlamalar ve gölgelenme gibi fiziksel faktörler de bağlantı türünü belirlemede rol oynar. Son olarak, kullanılacak inverterin özellikleri ve yerel yönetmelikler, bu kararı etkileyen diğer önemli faktörlerdendir.

Seri Bağlantılı Güneş Panelleri

Seri bağlantı, bir panelin pozitif ucunun bir sonraki panelin negatif ucuna bağlandığı bir sistemdir. Bu bağlantı türü, toplam voltajı artırırken akımı sabit tutar. Seri bağlantı, genellikle yüksek voltaj ihtiyacı olan ve uzun mesafeli enerji iletimi gerektiren projelerde tercih edilir. Ancak, bu tür bir bağlantıda bir panelin arızalanması veya gölgelenmesi tüm sistemi olumsuz etkileyebilir. Ortalama olarak, seri bağlantılar daha yüksek enerji verimliliği sağlar fakat aynı zamanda daha fazla dikkat ve bakım gerektirir.

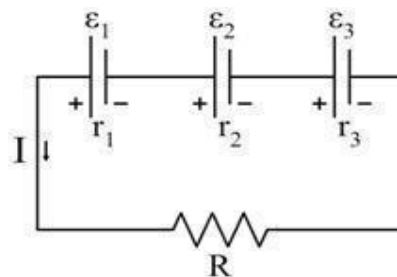


Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://www.youtube.com/watch?v=kyQfsY-FLV4>

Panellerin seri bağlanması

Şekildeki devrede görüldüğü gibi EMK ları ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 ve iç dirençleri r_1 , r_2 , r_3 olan panellerin birinin (+) ucu, diğerinin (-) ucuna birleştirilerek yapılan bağlamaya seri bağlama denir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Seri bağlama

Seri bağı güneş panellerinde formüller:

Potansiyel farkı, panellerin potansiyel farkları toplamına eşittir.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

Bütün panellerden geçen akımın değeri aynıdır.

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{R + r_1 + r_2 + r_3} \quad I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R}$$

Devredeki panellerin t kadar zamanda verdiği enerjiler toplamı, bu panellerin yerine geçen eş değer modülün aynı zamanda verdiği enerjiye eşittir.

Örnek1.1:Herbiri 10 voltluk 4 tane güneş paneli seri olarak bağlanmıştır. Güneş dizisinin verebileceği toplam gerilimi bulunuz.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 10 + 10 + 10 = 30 \text{ Volt}$$

Örnek1.2:Birbirine seri bağı dört tane güneş panelin iç direnci $0,1\Omega$ dur. Toplam iç direnci bulunuz.

$$r_{iT} = r_1 + r_2 + r_3 = 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 = 0,4\Omega \text{ dur.}$$

Örnek 1.3: Birbirine seri bağı 8 voltluk üç tane panelin iç direnci toplamı $0,9 \Omega$ dur. Seri bağı üç panelin uçlarına bağı lamba 3 Amper akım çekerse lamba uçlarına düşen gerilim kaç volttur?

Üç panel üzerinde iç dirençlerden kaynaklanan kayıp gerilim (U_r):

$$U_r = R_r \cdot I$$

$$U_r = 0,9 \cdot 3 = 2,7 \text{ volt}$$

$$U_L = U_P - U_r = (3 \cdot 8) - 2,7 = 24 - 2,7 = 21,3 \text{ volt olarak bulunur.}$$

Eşdeğer Olmayan Güneş Panellerinin Seri Bağlanması

Eşdeğer olmayan paneller, farklı voltaj, akım veya güç değerlerine sahip panellerdir. Bu tür panelleri seri bağlantı yaparken, en düşük akım değerine sahip panelin akımı, tüm serinin akımını belirler. Yani, eşdeğer olmayan panelleri seri bağlantı yaparken, toplam akım değeri en düşük akım değerine sahip panelin akımı olacaktır.

$$\text{Toplam Voltaj:} \quad \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

$$\text{Toplam Akım:} \quad I_{\text{toplam}} = \min(I_1, I_2, I_3, \dots, I_n)$$

Örnek1.4: Seri bağı güneş panellerinden birinci panel 12 Volt ve 5 Amper, ikinci panel 18 Volt ve 3 Amper dir. Devrenin akım gerilim değerlerini hesaplayınız.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

$$\varepsilon = 12 \text{ volt} + 18 \text{ volt}$$

$\epsilon = 30$ volt

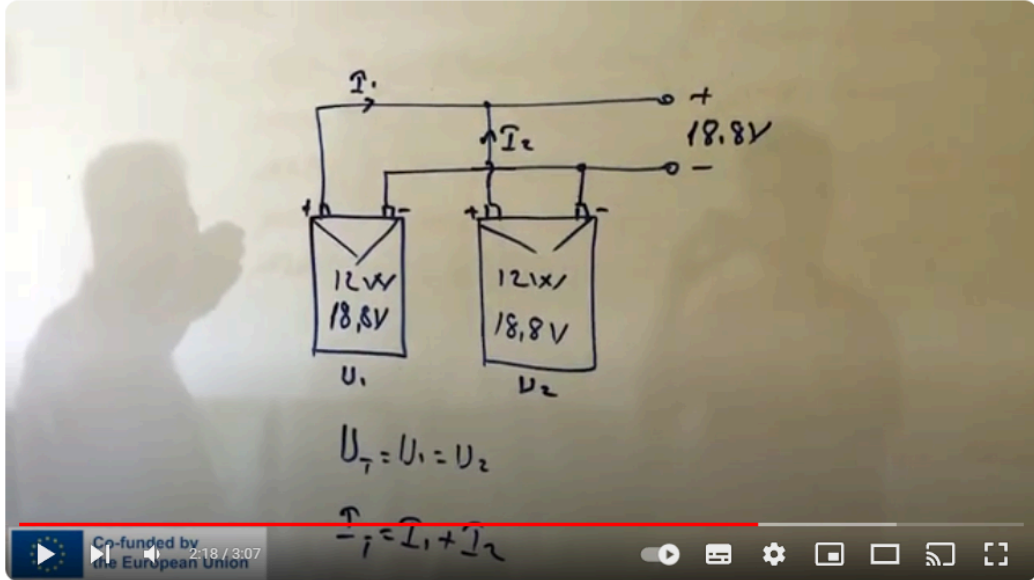
$$I_{toplam} = \min (I_1, I_2, I_3, \dots, I_n)$$

$$I_{toplam} = \min (5A, 3A) = 3 \text{ Amper}$$

Sonuç: 30 Voltluk 3 Amper bir kaynak olacaktır.

Paralel Bağlantılı Güneş Panelleri

Bir panelin gölgelenmesi diğer panelleri etkilemez. Bu bağlantı türü, toplam akımı artırırken voltajı sabit tutar. Paralel bağlantı, genellikle düşük voltaj ihtiyacı olan ve kısa mesafeli enerji iletimi gerektiren projelerde tercih edilir. Bir panelin arızalanmasının diğer panelleri etkilemeyeceği durumlar için daha uygundur, fakat düşük voltaj seviyeleri enerji kaybına yol açabilir.

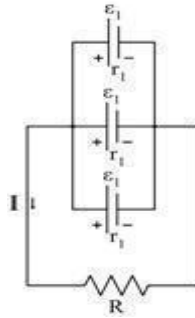


Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://www.youtube.com/watch?v=VgLz6FvFbF8>

Panellerin paralel bağlantısı

EMK ları ϵ_1 ve iç dirençleri r_1 olan n tane panelin bir panelin pozitif ucunun diğer panelin pozitif ucuna, negatif ucunun da diğer panelin negatif ucuna bağlandığı bir sistemdir. (Şekil:2.5)



Şekil 2.5: Paralel bağlantı

Paralel bağlamada panellerin EMK ları eşit olmalıdır. Aksi takdirde R direncinden geçmesi gereken akım EMK leri küçük olan ara devrelerden geçerek istenmeyen durumlara neden olabilir.

Devredeki panellerin t kadar zamanda verdiği enerjiler toplamı, bu panellerin yerine geçen eş değer modülün aynı zamanda verdiği enerjiye eşittir. Paralel bağlı panel devresinde eşdeğer EMK, panellerin birinin EMK ine eşittir.

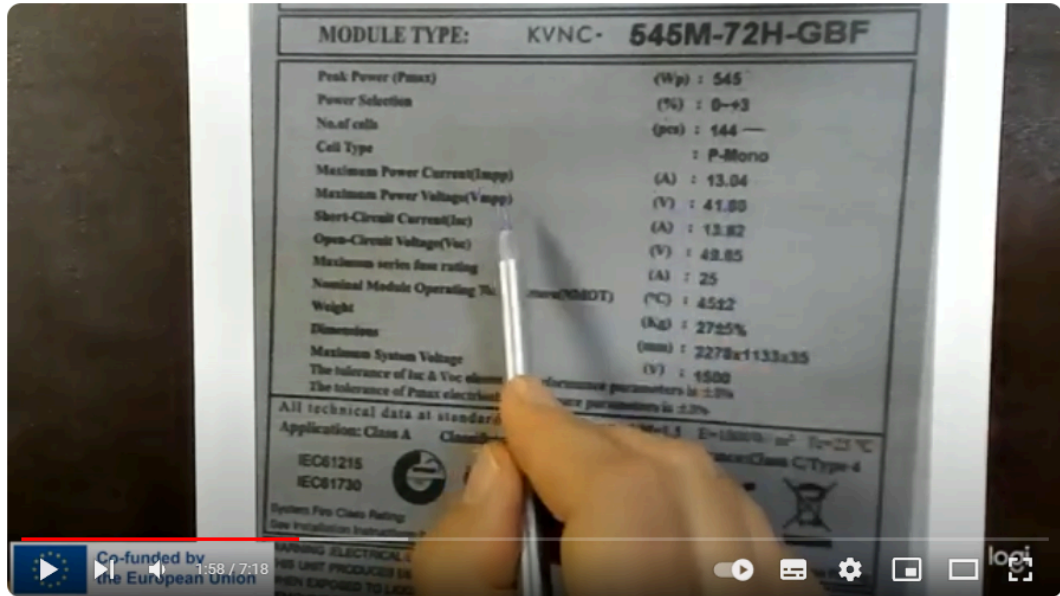
$$\varepsilon = \varepsilon_1$$

EMK leri ε_1 ve iç dirençleri r_1 olan özdeş n tane panel paralel bağlanırsa eşdeğer direnç, $r_{eş} = r_1 / n$ olur.

Devreden geçen akım şiddeti,

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R} = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r_1}{n}}$$

olur.



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

<https://www.youtube.com/watch?v=Lq8QuMSkLLQ>

Eşdeğer olmayan güneş panellerinin paralel bağlantısı

Eşdeğer olmayan paneller, farklı voltaj, akım veya güç değerlerine sahip panellerdir. Bu tür panelleri paralel bağlantı yaparken, en düşük voltaj değerine sahip panelin voltajı, tümserinin voltajını belirler.

$$\text{Toplam Akım} : I_{toplam} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$\text{Toplam Voltaj} : \varepsilon_{toplam} = \min(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n)$$

Örnek 1.5: Diyelim ki 2 adet farklı güneş paneliniz var. Birinci panel 12 Volt ve 5 Amper, ikinci panel 18 Volt ve 3 Amper. Buna göre:

$$I_{toplam} = I_1 + I_2$$

$$I_{toplam}=5+3=8Amper$$

$$V_{toplam}=\min(12Volt,18Volt)=12Volt$$

Sonuç:12 Voltluk 8 Amper bir kaynak olacaktır.

Karışık bağlantı, seri ve paralel bağlantıların bir arada kullanıldığı bir sistemdir. Bu bağlantı türü, toplam voltajı ve akımı dengeli bir şekilde artırabilir. Karışık bağlantı, genellikle hem yüksek voltaj hem de yüksek akım ihtiyacı olan projelerde tercih edilir. Ancak, bu tür bir bağlantıda bir panelin arızalanması veya gölgelenmesi tüm sistemi olumsuz etkilemeyecektir. Ortalama olarak, karışık bağlantılar dengeli enerji verimliliği sağlar fakat aynı zamanda daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Böyle devrelerde paralel ve seri bağlı kısımlardaki eşdeğer panellerin EMK ve iç direnci hesaplanır. Sonra devreden geçen akım şiddeti bulunur.

$$\text{Toplam Voltaj : } \varepsilon_{toplam} = \varepsilon_{seri}$$

$$\text{Toplam Akım : } I_{toplam} = I_{seri} + I_{paralel}$$

NOT: Karışık devre bağlantıları çözerken önce seri bağlantı hesaplamaları yapılır daha sonra paralel bağlantı hesapları yapılır.

Örnek 1.6: Dört adet 12 Volt 5 Amper güneş panelleri önce ikili olarak seri bağlanıyor ve bu iki seri bağlı panel grupları birbirine paralel bağlanıyor. Buna göre devrenin akım ve gerilim değerlerini bulunuz.

Adım 1: Seri Bağlantı:

Öncelikle ikişerli seri bağlanmış panel gruplarına bakalım. Paneller eşdeğer olduğundan birinci grup ve ikinci grup için aynı formüller ve işlemler geçerlidir.

$$\varepsilon_{toplam} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

$$\varepsilon_{toplam} = 12 + 12 = 24Volt$$

$$I_{toplam} = I_1 = I_2$$

$$I_{toplam} = 5Amper$$

Bu durumda, her bir seri grup 24 Volt ve 5 Amper olacaktır.

Adım 2: Paralel Bağlantı:

Şimdi elimizde iki adet 24 Volt 5 Amper güneş paneli oldu ve bu ikisi birbirine paralel bağlı ise

$$\varepsilon_{toplam} = \varepsilon_1 = \varepsilon_2$$

$$V_{toplam} = 24 = 24Volt$$

$$I_{toplam} = I_1 + I_2$$

$$I_{toplam} = 5 + 5 = 10A$$

Sonuç

Bu karışık bağlantı ile 24 Volt ve 10 Amperlik bir enerji kaynağı elde etmiş oluruz.

2.6. Güneş Panellerinde Verim

Güneş panellerinin performansını belirleyen bir parametre olan verimlilik, güneş panelinden alınan enerjinin güneşten gelen enerjiye oranıdır. Ulaşılan günümüz teknolojisinde teorik olarak verimlilik %33 seviyesindedir.

Güneşten çıkan enerjiyi %100 olarak kabul ettiğimizde Dünya atmosferine giren ortalama güneş ışığı miktarı, atmosfere giren toplam enerjinin yaklaşık %51'i kadardır. Bu gelen enerjinin diğer kısımları %30'u uzayda yansır ve %19'u atmosfer ve bulutlar tarafından emilir. Yüzeğe ulaşan enerjinin, en fazla %33'ü silisyum güneş hücresi tarafından elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bu üst limite, Shockley ve Quiser (SQ) sınırı denmektedir.

Güneş panelinin verimini belirlemek için güneşin panele sağladığı güç ile üretilen elektriği karşılaştırmak gerekir. Güneş panelleri, üzerlerine düşen güneş ışığının tamamını elektrik enerjisine dönüştürülebilseydi verimi %100 olurdu. Ancak, günümüz teknolojisinde ve fizik kuralları gereği böyle bir verimlilik seviyesine ulaşmak mümkün değildir. Güneş hücrelerinden oluşturulan güneş panelinin verimliliği, hücrelerarası boşluklar, çerçeve ve yansıtıcı iletkenler sebebi ile daha düşük olacaktır. Çok katmanlı güneş hücreleri bu sınırı aşabilir ancak üretimi çok daha meşakkatli ve maliyetlidir.

Ekvator yakınlarında ve öğlen saatlerinde yer yüzeyinin her metrekaresine 1kW'ın (1.000W) üzerinde güneş ışınım gücü ulaşır. Ekvatordan daha uzakta, farklı mevsimlerde ve farklı hava koşullarında bu daha düşük bir seviyede olacaktır. Ancak, güneş panelleri test edilirken standart olarak kabul edilen metrekaşe başına 1 kW değeri kullanılır.

Yüzey alanı 1 m² olan bir güneş paneli, 1 kW güneş ışığı alıp 1 kW lık elektrik enerjisine dönüştürülebilseydi panelin verimi %100 olurdu. Yüzey alanı 1m² olan bir güneş paneli 230W güç üretiyorsa verimliliği 230 W/1.000 W x 100 = %23 olur.

Bir güneş panelinin yaklaşık verimi aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$Verimlilik(\%)\eta = 100 \times \text{Maksimum panel gücü (kW)} / \text{Panel alanı (m}^2\text{)}$$

Güneş panelinin sağlayacağı en yüksek elektrik güç miktarı, panelin maksimum gücüdür.

$$\eta = \text{Maksimum Panel gücü} / \text{Panelin alanı} \times 100 \Rightarrow \text{panel verim hesabı}$$

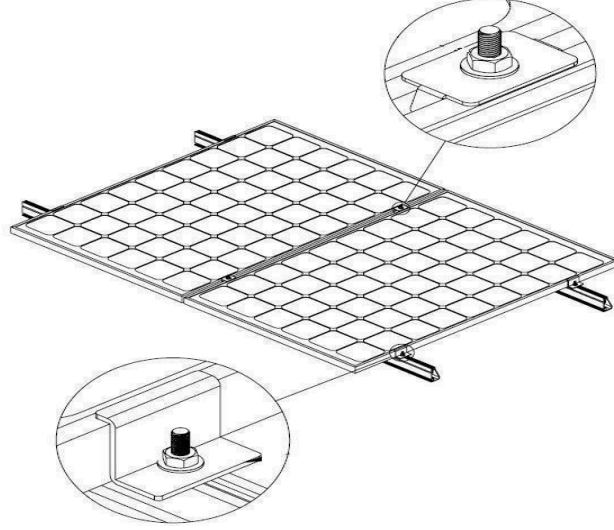
Örnek: Gücü 550 W ve ölçüleri 197x130 cm olan bir güneş panelinin verimi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Çözüm:

$$\eta = 100 \times 0,55 / 1,97 \times 1,3 = \%36,2 \text{ olarak verimini hesaplayabiliriz.}$$

2.7. Panel Yerleşimi

Yapılarda ve açık alanlarda güneş panel sisteminin hazırlanması modüllerinde panelin yerleştirileceği sehpa, yön ve açı ayarına göre konumlandırılmıştır. Tüm bunlardan sonra projeye uygun seçilmiş olan güneş panelleri dikkatli bir şekilde montajı yapılacak sehpaye taşınmalı ve sehpanın üzerine yerleştirilmelidir. Güneş panellerinin olumsuz hava koşullarından etkilenip zarar görmemesi için sehpa üzerine uygun ekipmanlar kullanılarak montajı yapılmalıdır (Resim 2.11).



Resim 2.11: Uygun ekipmanla montajı yapılmış güneş panelleri

Güneş panellerini kurmak belirli seviyede yetenek ve bilgi gerektirir. Bu işler sadece kalifiye ve özel olarak eğitilmiş personel tarafından yapılmalıdır. Güneş ışığına maruz kalmış panelleri tutarken veya kabloları dikkat edilmelidir. Paneller tek noktadan sabitlenmemelidir. Rüzgarlı havalarda paneller bağlantı noktalarından kurtulabilir.

Güneş panellerinin yerleşimi (kurulumu) için aşağıdaki yönergelere uymak gerekir:

- Panelleri ekipmanın yanına yada yanıcı gazların çıkacağı yada toplanacağı alanlara kurmayınız.
- Ayna yada güneş ışığını suni olarak toplayan teçhizatları kullanmayınız.
- Mekanik ve elektriksel bileşenleri kurarken ve taşırken çocukları sistemden uzak tutunuz.
- Fotovoltaik sistemleri kurarken ve sistemlerdeki sorunları giderirken metal yüzükler, saat kayışı, kulak, dudak veya burun küpeleri ya da başka metal cihazlar taşımayınız.
- Panelin cam yüzeyinde delikler açmayınız. Bunu yapmak paneli yok eder ve garanti kapsamının dışına çıkarır.
- Panel çerçevesinde ek montajlama delikleri açmayın. Bunu yapmak paneli garanti kapsamının dışına çıkarır.
- Panelin junction box ını yada elektriksel levhalarını tutarak paneli taşımayınız.

- Panele boya yada yapıştırıcı sürmeyiniz.
- Panelin üzerine çıkmayınız ve panele basmayınız. Camı kırma, ciddi yaralanma yada ölüm tehlikesi vardır.
- Paneli düşürmeyiniz yada nesnelerin panelin üzerine düşmesine izin vermeyiniz.
- Panellerin üzerine herhangi ağır nesnelere yerleştirmeyiniz.
- Uygun olmayan taşıma ve kurulum panel camına yada panelin içindeki güneş hücrelerine zarar verebilir.

3. PANEL KABLOLAMASI

3.1. Panel Kablo Seçimi

Güneş enerjisi ile güneşten elektrik üretimi uygulamalarında, güneş pili, güneş paneli, solar panel sistemlerinde verimlilik çok önemlidir. Enerji kaybını asgari (minium) seviyede tutmak için kullanılan elektrik kablosunun iletken kesit boyutuna azami dikkat edilmelidir. Aksi hâlde ciddi verim kaybı oluşacaktır. Uygun olmayan tasarımlarda ısınma ve yangın tehlikesi bile oluşabilir. Fotovoltaik sistem kurulumunda sistemin hesaplanması ve gereken ürünlerin seçimi kolay değildir. Genelde ihmal edilen ve ihmal edilmemesi gereken bağlantı ürünlerinin önemi fazlasıyla yüksektir. Bir sistemin maliyetini incelediğiniz zaman, bağlantı parçalarının değeri ortalama ~%5 ile sınırlıdır. Fakat bağlantı ürünlerinde yanlış seçim yaptığınızda, yangın tehlikesi ile karşı karşıya kalabilir, yüksek zarara uğrayabilirsiniz ve daha önemlisi insan hayatı söz konusu olabilir.

Fotovoltaik uygulamalar için özel olarak üretilen solar tip kablolar üstün kaliteli ham maddeler ile özel olarak üretilmektedir (Resim 3.1). Enerji iletiminin özel bir önem arz ettiği fotovoltaik uygulamalarda normal kabloların kullanımı hem sistem verimini düşürmekte hem de gereken uzun ömüre sahip olmamaktadır. Özellikle uzak mesafelerde enerji taşıma söz konusu ise (20 m ve üzeri) mutlaka fotovoltaik kabloların kullanılması gerekmektedir. Bu kablolar fotovoltaik sistemlerin önemli bir parçasıdır. Fotovoltaik sistemlerin bina ve aygıt içinde veya dışında bağlantısı, yüksek mekanik yıpranma oluşan ve ağır hava şartları olan bölgeler için özel tasarlanmıştır. Solar enerji sistemlerinde kullanılan kabloların uzunluğu arttıkça, mesafeler uzadıkça ve/veya kablodan geçen akım arttıkça, iletken olması gereken kablonun üzerinde gerilim düşümü olur yani bir şekilde direnç oluşur. Bu noktada uygun kablo kesiti hesaplama ve uygun / yeterli özellikteki kablo seçiminin önemi ortaya çıkar.



Resim 3.1:Solar kablo

Yukarıda açıklanan üstün özellikleri nedeniyle fotovoltaik sistemlerde bu sistemler için üstün kaliteli hammaddeler ile özel olarak hazırlanmış solar (fotovoltaik) kabloların kullanılması kaçınılmazdır.

Fotovoltaik kablolar VDE 0295 / IEC60228 sınıf 5'e uygun kalaylanmış bakır iletken tel içerir. Kablonun iç kısmı ise elektronik ortamda ışınlar ile birleştirilmiş özel bir copolymerden ve etrafını saran ikinci bir polyolefine kopolimer tabakadan oluşmaktadır. Solar kabloların nominal kablo kesiti TÜV tarafından onaylanmış olmalıdır. Yoğun kablo çapı olmalı, fazla yer kaplamamalıdır. Kesinlikle uzun ömürlü ve mukavim (dayanıklı) olmalıdır.

Genel olarak fotovoltaiik kablolarda olması gereken özellikler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Özel elektron ışın dokulu izolasyon ve kılıf olmalıdır.
- Aşırı ısıcağa ve soğuğa dayanıklıdır.
- Yağa dayanıklıdır.
- Sürtünmelere karşı dayanıklıdır.
- Ozona karşı dayanıklıdır.
- Ultraviyole ışınlarına karşı dayanıklıdır.
- Kötü hava şartlarına karşı dayanıklıdır.
- Yangına karşı daha iyi korumalı, fazla duman üretmez ve yanmaz.
- Halojen içermez.
- Çok esnektir.
- İzolasyonu kolay açılır.
- Az yer kaplar.
- Mekanik dayanımı yüksektir.
- Sızıntı kayıplar minimum seviyededir.
- Uzun ömürlüdür.

Solar sistem iki bölüme ayrılabilir: Güneş Panel Sistemi-Akü ve Akü-Tüketici bölümlerinden oluşur. Güneş panel sistemi - Akü bölümü DC (doğru akım) bölümüdür ve genelde 12, 24 veya 48 V DC olarak kurulur. Güneş panel sistemi-Akü bölümünde güneş panelleri sayesinde üretilen elektrik akımı, şarj regülatörü üzerinden akülere depolanır. Sistemin gücü 1000 W olarak alındığında ve sistem 12 V DC olarak kurulmuş ise;

$$P = I * V$$

$$I = P / V = 1000W / 17V = \sim 58 A$$

Burada akım; panel gücünün, panelde oluşan ve şarj regülatöründe düzeltilmemiş gerilime (17V) bölünmesiyle hesaplanmıştır. Sistem deşarj regülatörü bulundurulmasının temel sebebi de bu çıkış geriliminin regüle edilerek akünün nominal değerinde(12 V) şarj olmasını sağlamaktır. Bu sistem için seçilmesi gereken bağlantı kablosunu en az 58 A akım taşıma gücüne sahip olması gerekmektedir. Eğer 5 m uzunluğundaki yere kablo çekilmesi gerekiyorsa aşağıdaki

gibi hesap yapılarak kablo kesiti bulunmalıdır.

Kablo kesitini hesaplamak için kullanılması gereken formül:

$$S = ((0,0175) \cdot 2 \cdot L \cdot P) / (fkU^2) = ((0,0175) \cdot 2 \cdot 5 \cdot 1000) / (0,03 \cdot 17^2) = 175 / 8,67 = 20,18 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Ancak kablo tablosunda bu değere en yakın üst kablo kesiti olan 35mm² lik kablo kesiti kullanılır (Tablo 2.1).

S = İletken kesiti (mm²)

fk[%] = Bakır için iletken kaybı (%3) (0,03)

0,0175=Bakır için spesifik direnç (Ohm×mm²/m) L

= Kablo uzunluğu(m)

P=Kablo tarafından alınması gereken güç(W)

U = Güneş panel sistemi voltajı(V)

Verilen formüle göre yapılacak hesaplamalarla kullanılacak kablo kesiti bulunabilir. Formülde kullanılan veriler bilgisayar ortamında hesaplanarak pratik bir tablo oluşturulmuştur. Tablo 3.1’de 12 volt için çeşitli amper ve kablo uzunluklarında gereken ve standart olan kablo kesitleri sunulmuştur. Saatte 58 A akım taşıma gücüne sahip olması gereken saatte 1 kW güç üretecek şekilde tasarlanan güneş paneli sistemi için 4 metreden uzun mesafeler için 35 mm² kesitinde kablo kullanılması uygun görülmektedir.

| 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 |

Tablo 3.1:Solar panel sistemlerinde kablo seçimi (12 volt için)

3.2. Panel Kol Bağlantıları

Büyük güçlerde elektrik üretmek için güneş panelleri birbirine bağlanarak solar PV dizilerinin meydana getirdiği. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş paneli birbirine paralel ya da seri bağlanır. Güneş panellerini birbirlerine bağlarken bir önceki konu olan güneş paneli kablo seçim kriterlerine uyan solar kablolar tercih edilmelidir.

Güneş panellerinin bağlantıları yapılırken solar kablo ve konnektörleri kullanılmalıdır (Resim 3.2).

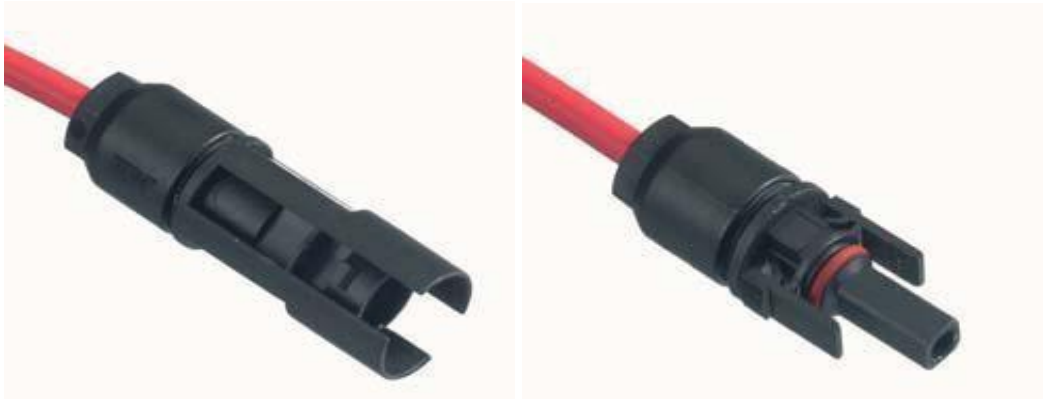


| TYCO ELECTRONICS | | |
|------------------------|--|---------------------------|
| Ürün | Solar kablo | Konnektör |
| Kesit | 2.5; 4; 6 mm ² | 2.5; 4; 6 mm ² |
| Minimum sıcaklık | -400C | -400C |
| Maksimum sıcaklık | 1250C | 1100C |
| Mevcut renkler | Siyah, mavi, kırmızı | Standard |
| Bağlantı şekilleri | - | Dişi, Erkek, T branch |
| Akım taşıma kapasitesi | 2.5 mm ² - 41 A 4 mm ² - 55 A 6 mm ² - 70 A | 25 Ampere kadar |
| Onay | IEC 60228 Class5 TÜV ve UL | TÜV ve UL |

Resim 3.2: Solar kablo ve konnektör özellikleri

Güneş panellerinin birbirlerine bağlantısı yapılırken panellerin üzerindeki birleşme kutularına (junction box), dişi veya erkek konnektörler bağlanır (Resim 3.3, Şekil 3.1). Güneş panelleri birbirleriyle paralel bağlanması gerektiğinde paralel bağlantı konnektörleri kullanılır.

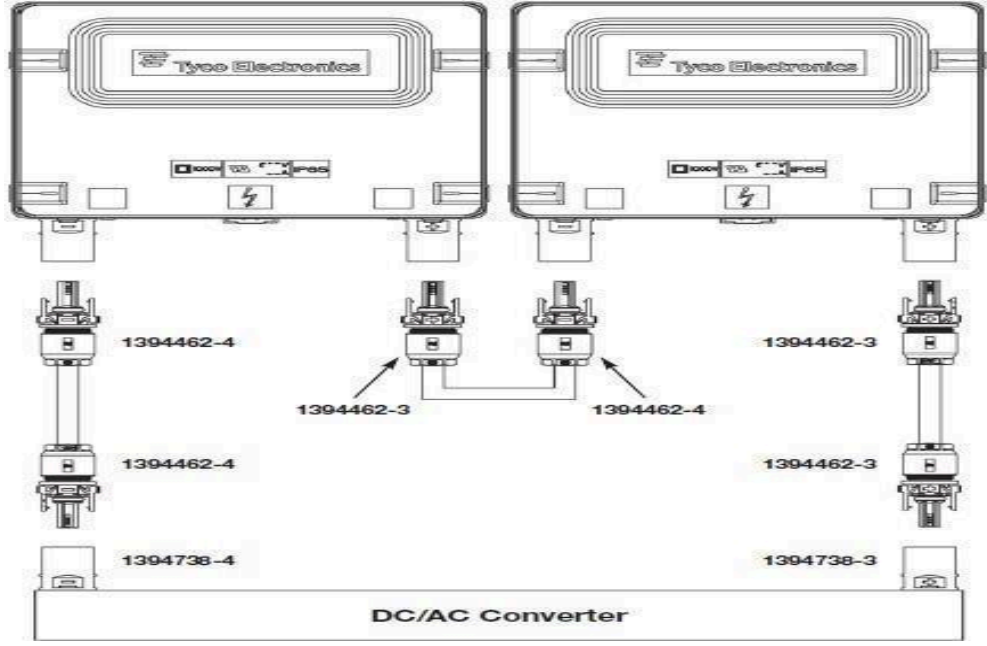
(Resim 3.4)



Resim 3.3:Dişi ve erkek solar kablo konnektörü

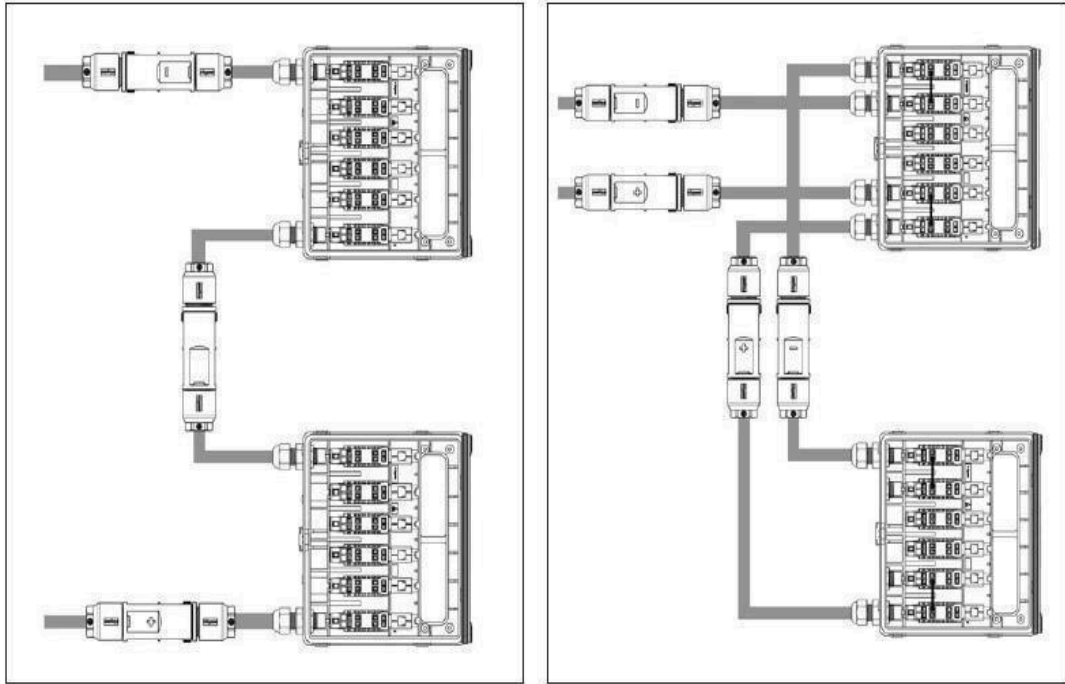


Resim 3.4:Panellere paralel bağlantı yapma konnektörü



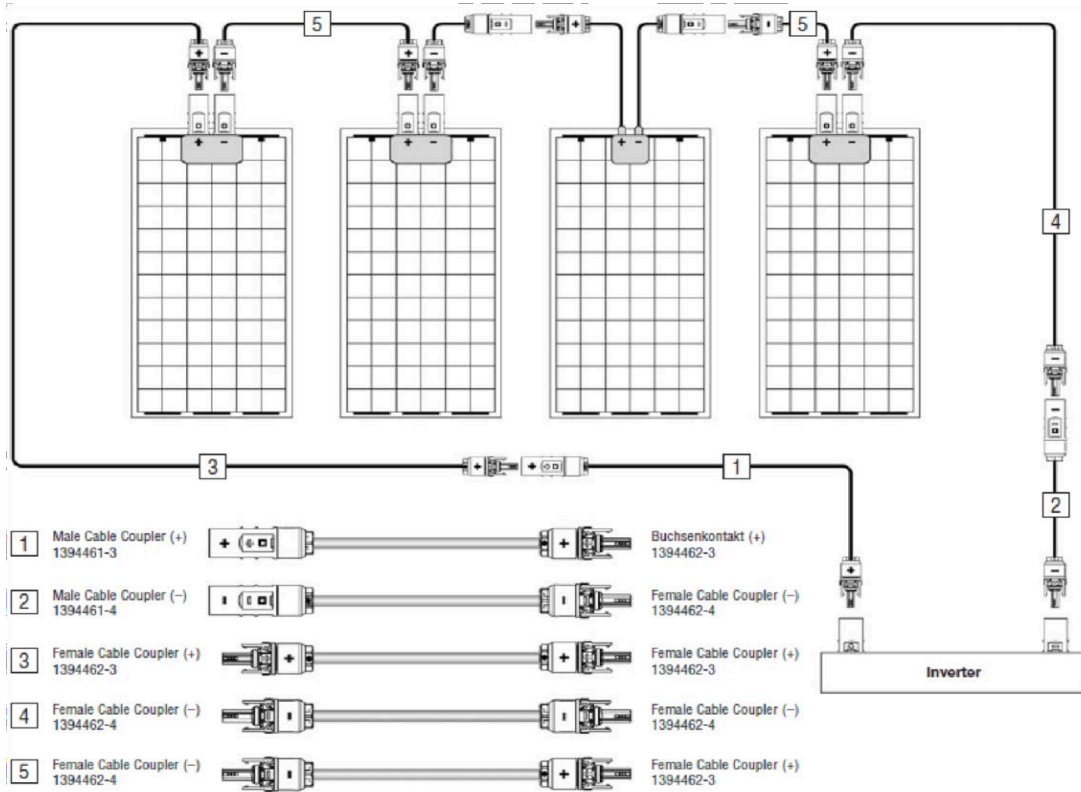
Şekil 3.1: Panellerde bulunan bağlantı kutusu (junction box) ve konnektörler

Güneş panellerinin konnektörler ile seri ve paralel kablolama nın uygulama örnekleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Seri ve paralel kablolama örnekleri

Aşağıdaki örnekte 4 adet güneş paneli birbirine dişi ve erkek konnektörler yardımı ile seri bağlanmıştır (Şekil 3.3).

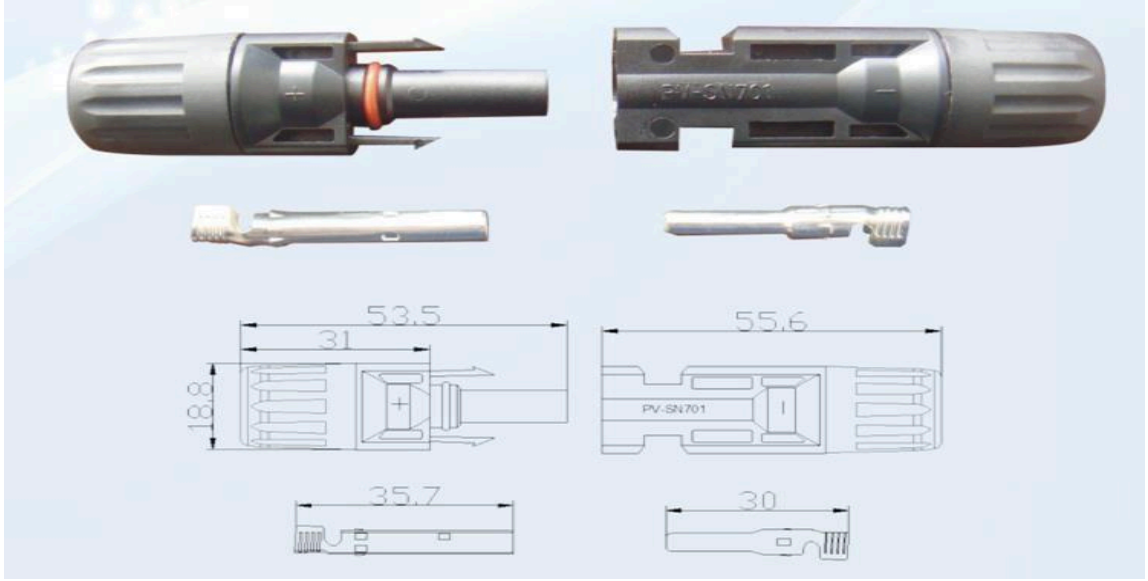


Şekil 3.3: Seri bağlı 4 adet güneş panelinin kablo konnektörü ile kablolama örneği

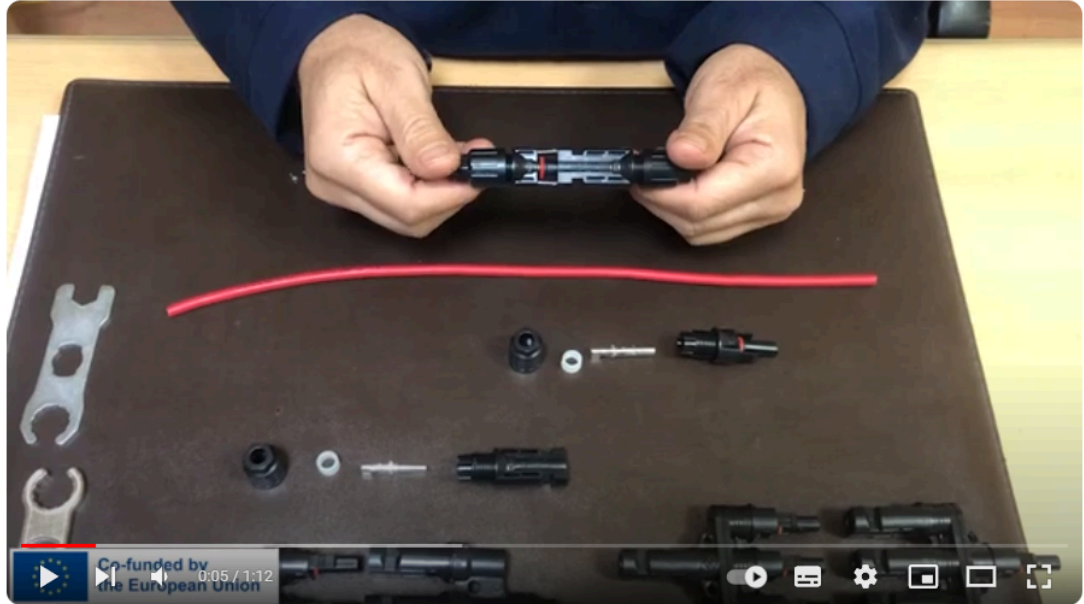
3.3.Kablo Konnektör Bağlantısı

Güneş enerjisi sistemleri günümüzün en verimli enerji kaynaklarından birini oluşturur. Elektrik enerjisinden tasarruf, elektrik ulaşmayan bölgelerde elektrik ihtiyacını karşılamak ya da elektrikenerjisinealternatifbirenerjikaynağıkullanmakisteyenlertarafındansıktercihedilenbir sistemdir. Gün geçtikçe talep artmakta ve gerçekten profesyonel kişiler tarafından yapıldığında amacına uygun olarak çalışmaktadır. Bu sistem birkaç ana parçadan oluşur. Her Bir parça sistemin düzgün çalışması açısından büyük önem taşır. Solar konnektör de bu parçalardan biridir.

Solar konnektör yani Türkçe tabiriyle bağlayıcı parça, solar kabloların birbirine düzgün bir şekilde bağlanmasını sağlayan ve sistemin düzgün çalışmasında önemli rol oynayan bir mekanizmadır. Gerekli olan akım bu mekanizma ile kablodan kabloya aktarılır. Erkek ve dişi olarak iki parçadan oluşur (Resim 3.4).



Resim3.4:Erkek ve dişi olarak kablo konnektörü



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

<https://www.youtube.com/watch?v=Tvt-Ch-bpe8>

Solar konnektörler kullanıcı için güvenliğin yanı sıra sistemin birbirine bağlanmasında ciddi kolaylık sağlar. Ayrıca eksikliğinden kaynaklı sistem arızalarının maliyetini düşünecek olursak çok daha ucuz diyebiliriz. Kısaca solar konnektör sistemin kurulum aşamasında zaman kaybını önlediği gibi kullanıcı açısından güvenlik sağlar. (Resim 3.5) Ayrıca maliyeti düşürür. Bu şekilde sistem isteğe göre paralel ya da seri olarak bağlanabilir (Resim 3.7).

Konnektör bir sistem için hayati rol oynayan parçalardan biridir. Bu yüzden standartlar ve sertifikalar belirlenmiştir. Solar konnektör alacağınız zaman bu standart ve sertifikalara uygun olmasına önem verilmelidir. Kullanacağınız zaman aynı tip ve marka olmasına özen gösterilmelidir.



Resim 3.5: Solar konnektör bağlantı bileşenleri

Konnektörü sisteme dâhil etmek için kullanılan ekipmanlar amacına uygun olmalıdır. Maket bıçağı yada pense gibi aletler yerine üretici firmanın tavsiye ettiği şekilde, sıkma ve sıyırma için kullanılan özel ekipmanları tercih edilmelidir (Resim 3.6).



Resim 3.6: Solar kablo sıyırma ve sıkma pensi seti









Resim 3.7:Solar konnektör bağlantısı



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.
<https://www.youtube.com/watch?v=rJTt1zszYOI>

3.4.Solar Konnektör Çeşitleri

| | |
|---|--|
|  | MC4 PV Konnektör - Erkek / Dişi |
|  | MC3 Paralel Bağlantı - Dişi |
|  | MC3 Paralel Bağlantı - Erkek |
|  | MC4 Paralel Bağlantı - Dişi |
|  | MC4 Paralel Bağlantı - Erkek |
|  | MC3 PV Uzatma Kablolu Konnektör Erkek / Dişi |
|  | MC4 PV Uzatma Kablolu Konnektör Erkek / Dişi |

KAYNAKÇA

- Eshia Enerji SL. (2024). *Eğitim notları*. Eshia Enerji SL. <https://www.eshia.es/>
- N2 Anima GmbH. (2024). *Eğitim notları*. N2 Anima GmbH. <https://n2anima.com/>
- Avrupa Komisyonu. (2024). *Fotovoltaik Cođrafi 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*.
- Körođlu, T., Teke, A., Bayındır, K. Ç., & Tümay, M. (2010). *Güneş paneli sistemlerinin tasarımı*. Çukurova Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliđi 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 checklist*.