

# GÜNEŞ ENERJİSİYLE DAMLA SULAMA SİSTEMLERİ İÇİN TASARIM ÖLÇÜTLERİ

**Prof.Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK**

**Çukurova Üniversitesi  
Ziraat Fakültesi  
Tarım Makinaları Bölümü  
01330 ADANA  
Tel: 0 322 3387434  
[hhozturk@cu.edu.tr](mailto:hhozturk@cu.edu.tr)**



# GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA

Su çıkarma ve pompalama için:

- İnsan gücü
- Hayvan gücü
- Rüzgar gücü
- Fosil yakıtlar



Güneş pili (PV) sistemleri, **özellikle elektriğin ulaştırılmadığı yerlerde** su temini ve tarımsal sulama amacıyla tasarlanmaktadır.

Güneş enerjili sulama (GES) sistemlerinin tasarımında;

- **İklim**
- **Su kaynağı**
- **Pompalama sistemi**
- **Su dağıtma sistemi**
- **Tarımsal üretim**



# TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

## EİE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI (GEPA)

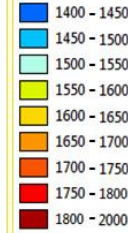


Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü

### Açıklamalar

Toplam Güneş Radyasyonu

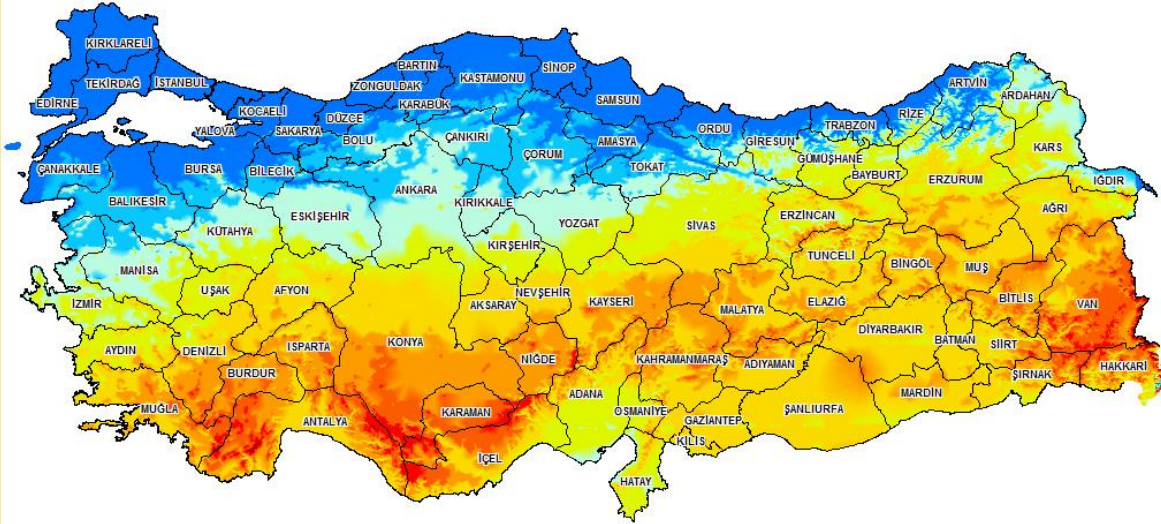
KWh/m<sup>2</sup> - yıl



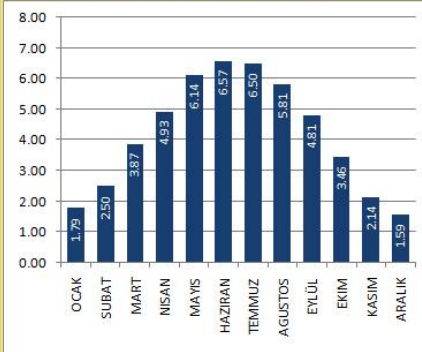
Türkiye genelinde:  
yıllık toplam  
güneşlenme süresi  
**ortalama 2640 saat**

Yıllık güneş enerjisi  
ışınım şiddeti:

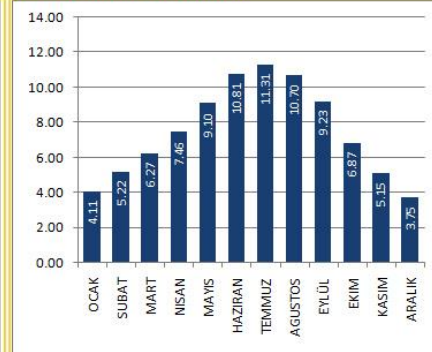
**1311 kWh/m<sup>2</sup>**



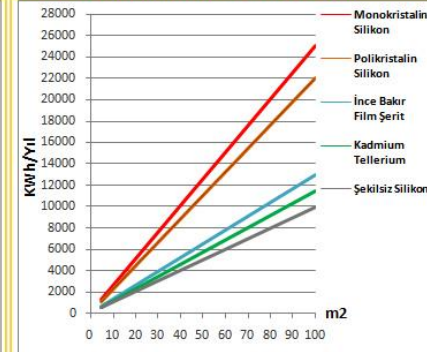
TÜRKİYE Global Radyasyon Değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)




TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)



TÜRKİYE PV Tipi-Alan-Üretililecek Enerji (KWh-Yıl)



# **GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA SİSTEMLERİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE OLUMSUZLUKLARI**

- 
- ✓ **Pratik olarak bakım gereksinimleri yoktur.**
  - ✓ **Kullanım süreleri uzundur.**
  - ✓ **Yakıt gerektirmezler ve çevreyi kirletmezler.**
  - ✓ **Enerji kaynağı olarak güneşten yararlanırlar.**
  - ✓ **Sulama uygulamalarında, suya en fazla gereksinim duyulan zaman, güneş ışınımının en fazla olduğu zamandır.**
  - **İlk yatırım maliyetleri yüksektir.**
  - **PV panel verimlerinin geçerli iklim koşullarına bağlı olarak değişir.**
-

# AMAÇ VE KAPSAM

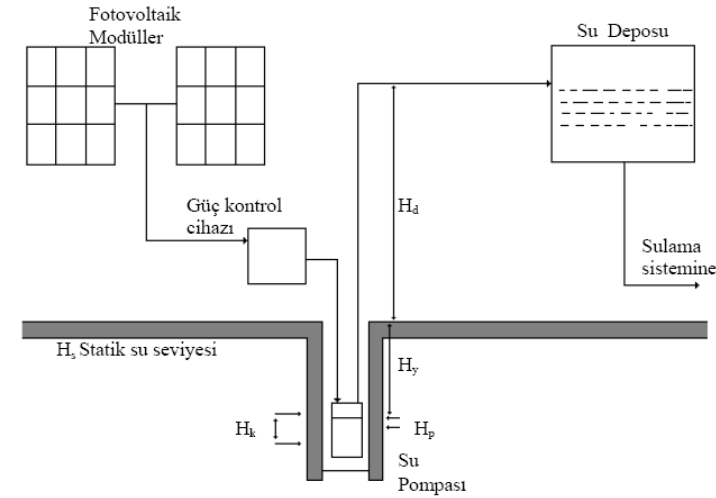
**Amaç:** Güneş enerjili damla sulama sistemlerinde tasarım ölçütlerinin belirlenmesi için izlenecek yöntemler

## PV Sistem Değişkenleri:

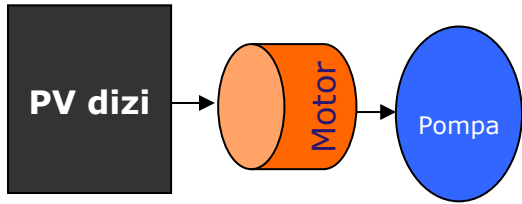
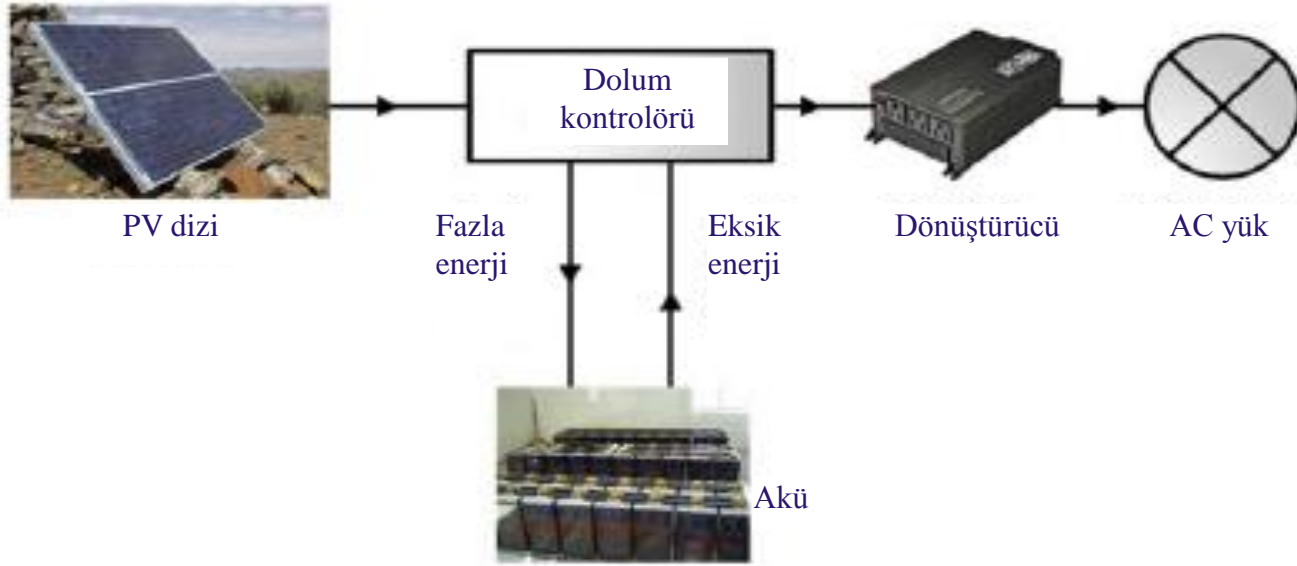
- PV sistemde üretilen enerji miktarı
- PV sistemin gücü
- PV panel alanı

## Damla Sulama Sistemi Değişkenleri:

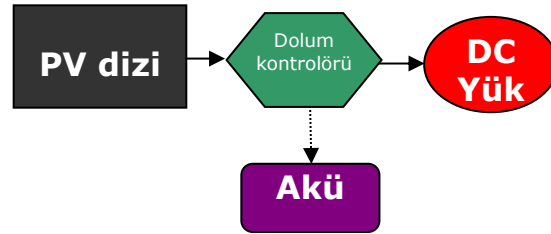
- Su gereksinimi
- Hidrolik enerji
- Damlatıcı sayısı
- Sulama aralığı
- Sulama süresi
- Su pompasının gücü
- Elektrik motorunun gücü



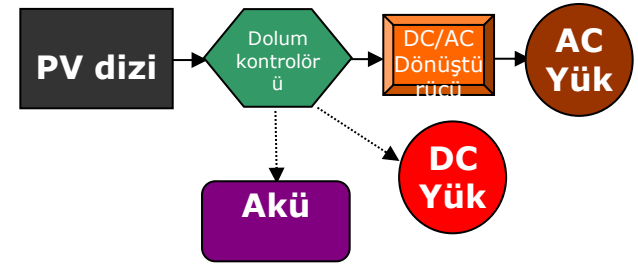
# GÜNEŞ ENERJİLİ SULAMA SİSTEMLERİ



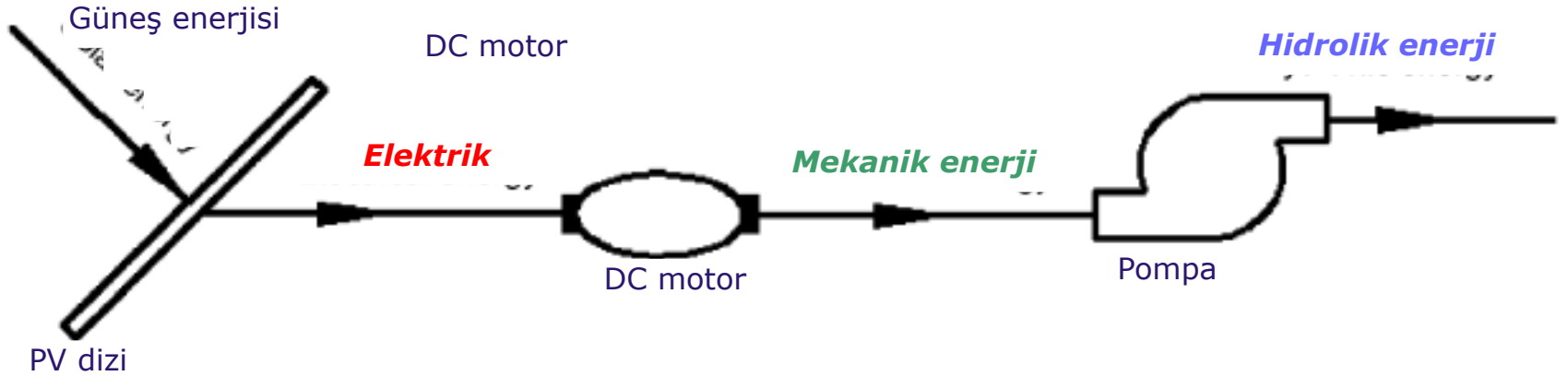
a) Akü kullanılmayan düzenleme



b) Akü kullanılan düzenleme



c) Akü ve dönüştürücü kullanılan düzenleme



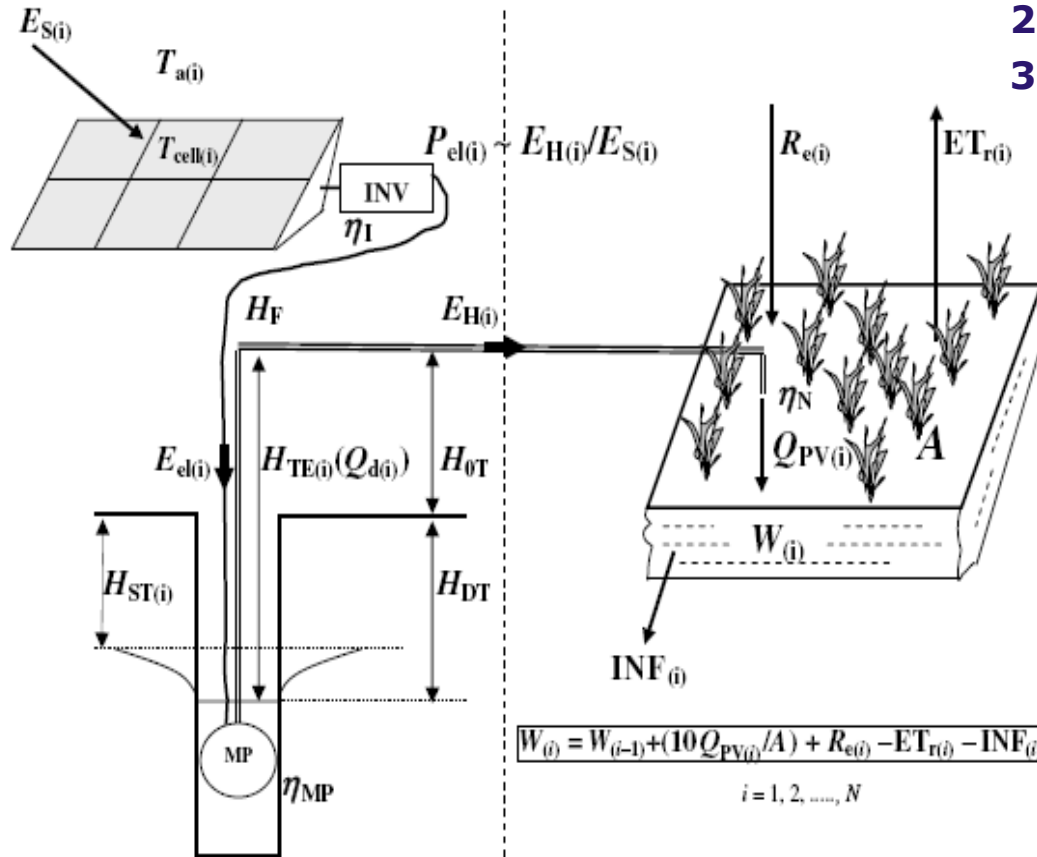
## Doğrudan bağlantılı GES sistemlerinde pompalanan su miktarı:

- **Meteorolojik etmenler:** Işınım şiddeti, hava sıcaklığı
  - **PV dizinin özellikleri:** Akım-gerilim (I-V) çıktıları, dönüşüm etkinliği, eğim
  - **DC motor-pompa-hidrolik sistem özellikleri:** Boru hattının yüksekliği
-

## Sistem Tasarımı

GES sistemi başlıca üç alt sistemden oluşur

- 1) **PV pompalama sistemi**
- 2) **Su kaynağı**
- 3) **Sulama sistemi**

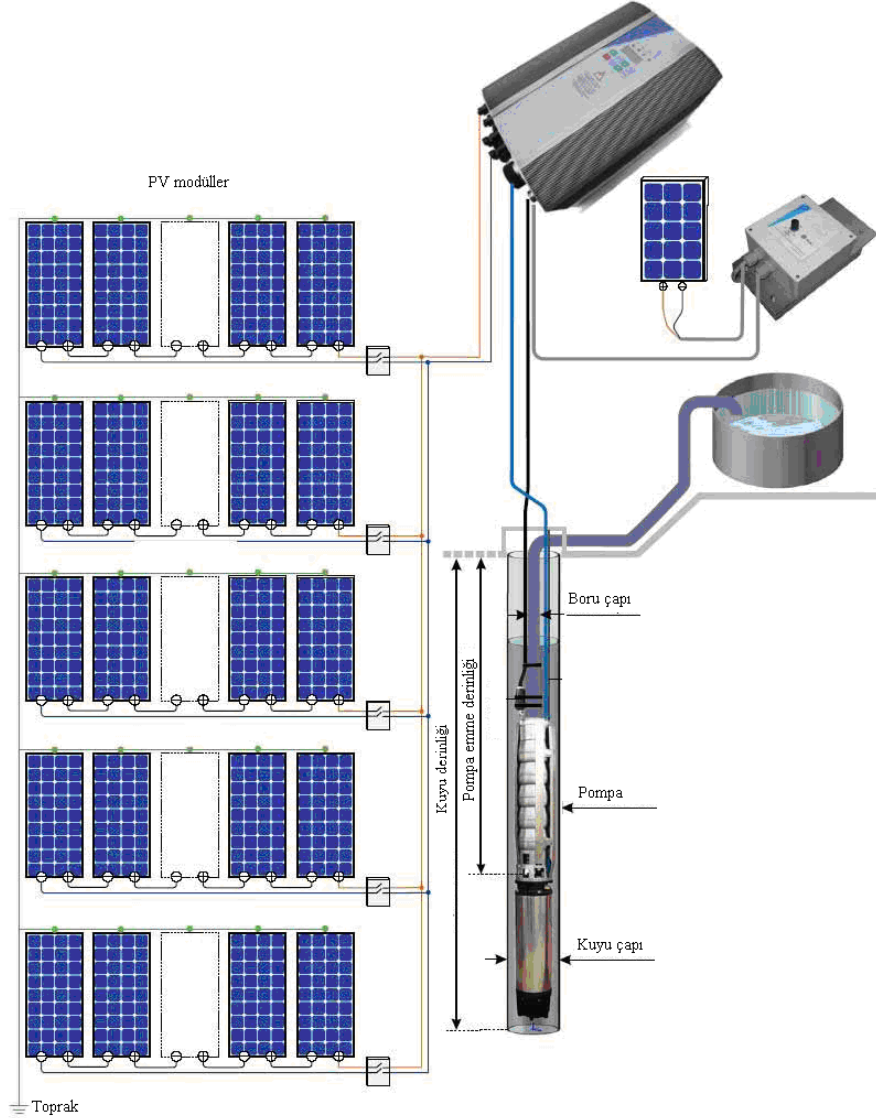


**PV pompalama sistemi**

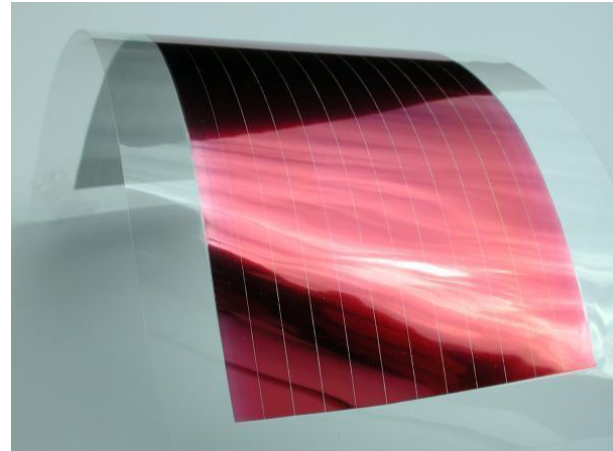
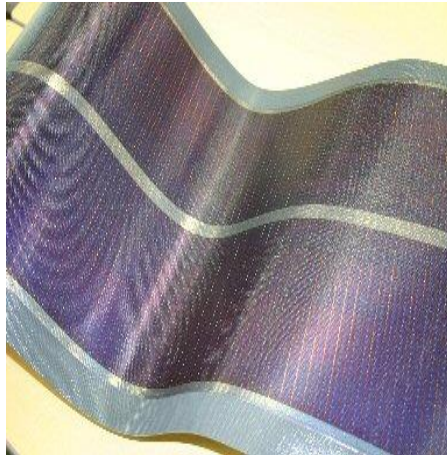
**Sulanan alan**



# Güneş Enerjili Su Pompalama Sistemi



# FOTOVOLTAİK ELEKTRİK ÜRETECİ



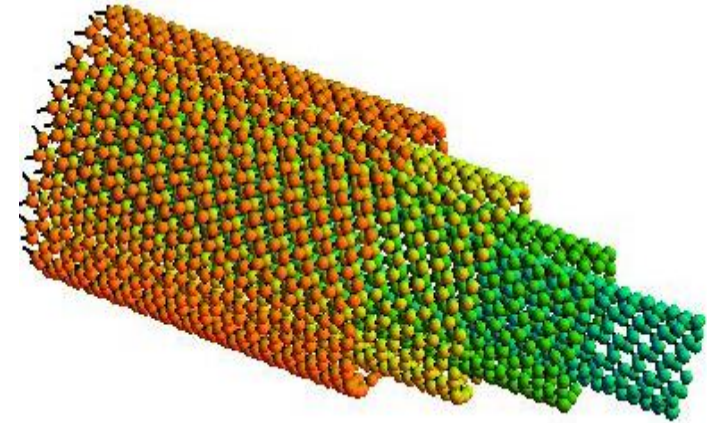
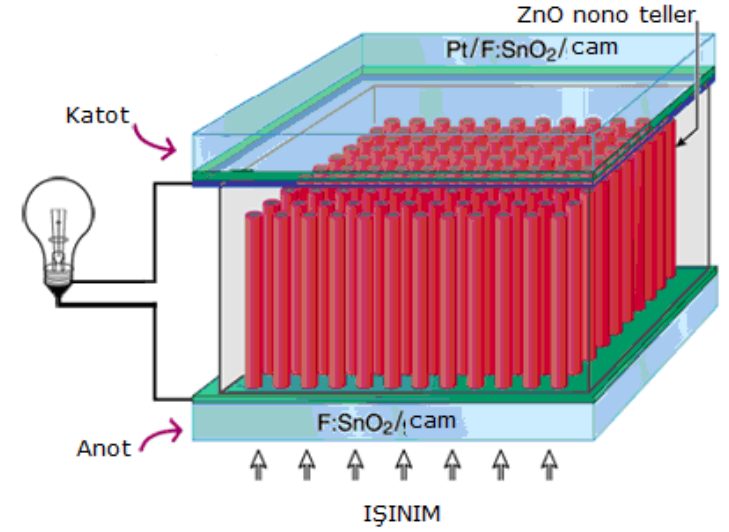
# Nanofotovoltaik Hücreler

**Nanofotovoltaik**, ileri bir teknoloji ve 21. yüzyılın fotovoltaik teknolojisidir.

Nano-mikro kristalli enerji etkin güneş hücrelerinin üretimini kapsar.

Diğer güneş hücrelerine göre, % 8–10'un üstünde verim artar.

Kristal yarı iletken materyaller  
Polimerik materyaller  
Karbon esaslı nano yapılar



# HÜCRE TASARIMI İÇİN ISIL TEKNOLOJİLER

## Kuantum Noktalı Hücreler

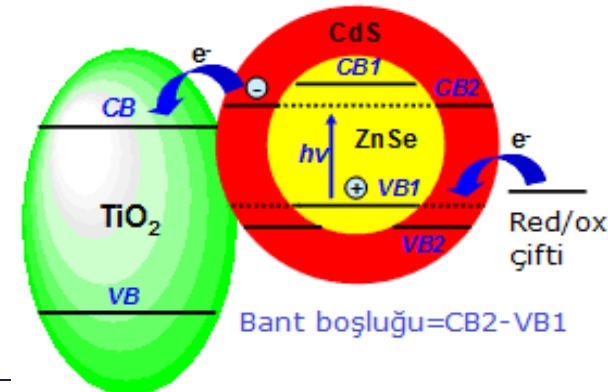
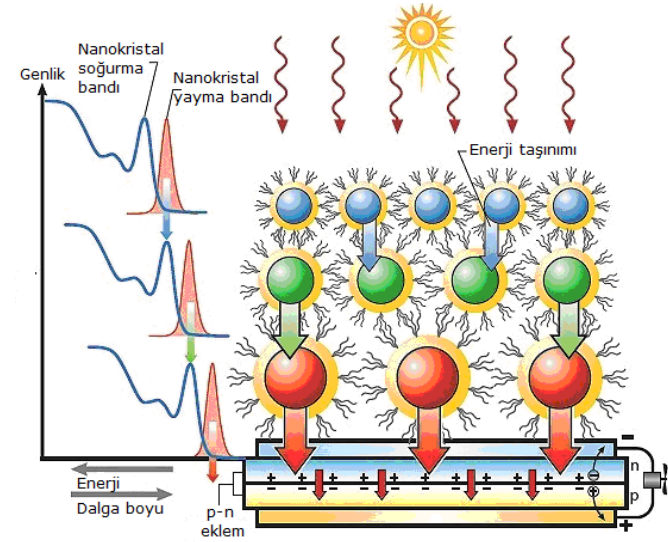
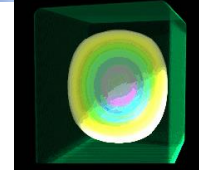
Kuantum noktaları (QDs), değişik yöntemlerle üretilen, nanometre büyüklüğünde kristal yarı iletkenlerdir.

Kuantum noktalarının üstünlüğü, nokta çapı basit bir şekilde seçilerek, **soğurma eşiğinin ayarlanmasına olanak sağlamalarıdır.**

Kuantum noktaları, güneş ışınımındaki aşırı foton enerjisinin bir kısmını soğurmak için kullanılır.

Kuantum noktalarının (QD) boyutları, 1–8 nm arasında değişmektedir.

Küçük noktalar, kısa dalga boylarını, büyük noktalar ise büyük dalga boylarını yakalar.



# Boya Duyarlı Hücreler

Genellikle silikon gibi, bir yarı iletken ve su gibi bir çözücü sıvı içerisinde eriyen tuzla oluşturulmuş bir iletim çözeltisi olan elektrolit sıvı içerir.

Güneş toplaçlarının mekanik etkiler olmayan üst kısımlarında kullanılabilirler

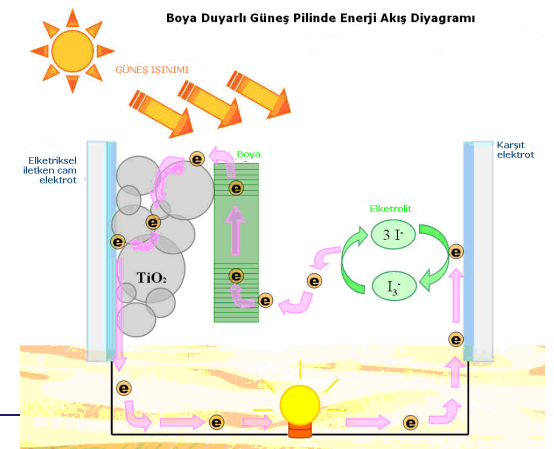
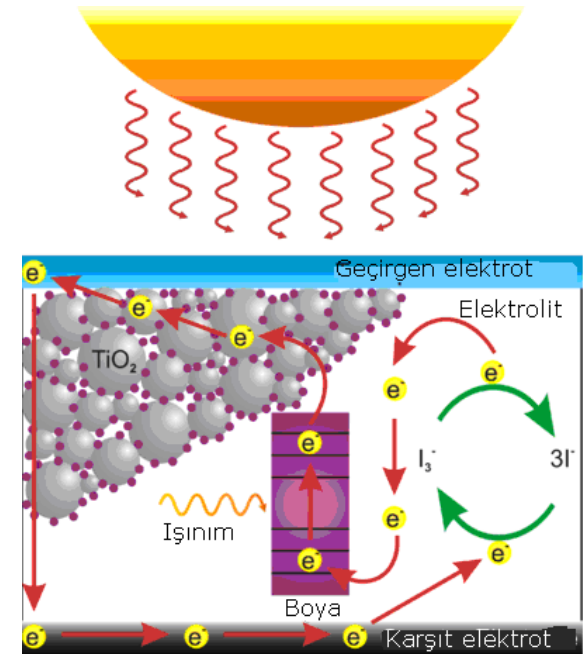
Nanoyapıları nedeniyle, **fotonun soğrulma şansı çok yüksektir.**

Kullanılan boyalar, **fotonları elektronlara dönüştürmek için çok verimlidirler.**

Fotoelektrik dönüşüm verimi kabul edilebilir düzeydedir.

Tasarım teknolojisi basittir.

Maliyetleri düşüktür.

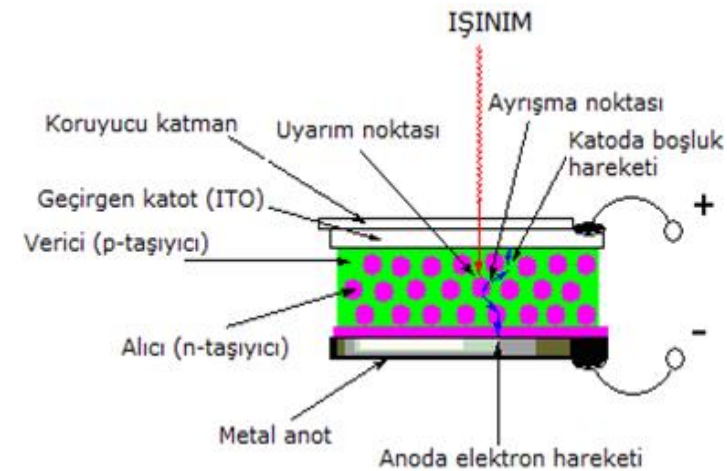
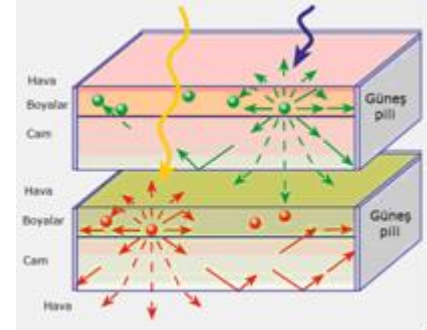


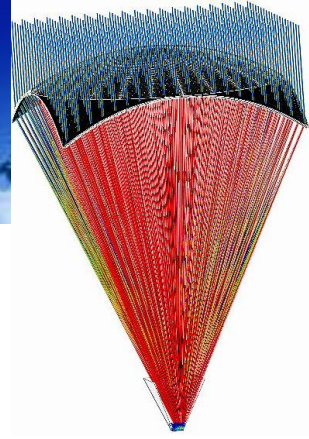
# Organik Hücreler

Büyük ölçekli tesislerde, ekonomik olarak güç üretiminde PV teknolojiden yararlanılması konusunda önemli bir potansiyele sahiptirler.

Küçük organik moleküller ve polimer materyaller oldukça ucuzdur. Optik soğurma katsayıları çok yüksektir. Plastik alt katmanlarla rekabet edebilir durumdadırlar. Tasarım için birkaç yüz nanometre kalınlıkta filmler kullanılabilir. Fabrikalarda yüksek ürün hacminde üretilebilirler. Rulodan ruloya geniş formatta baskı tekniği uygulanabilir.

Kütleleri azdır. Çevreye olumsuz etkileri yoktur. Az bulunan metal ve mineraller gerekli değildir. Üretim için yüksek sıcaklık ve saflaştırma gereksinimi yoktur. Maliyetleri düşüktür. Kullanılan malzemeler bol miktarda bulunur ve iyileştirilebilir.





# Odaklamalı Fotovoltaik Sistemler

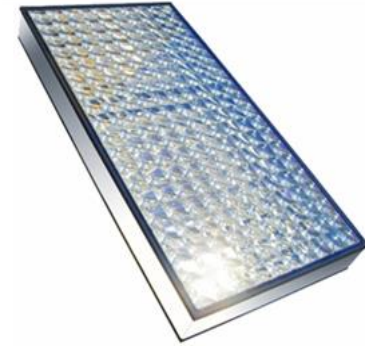
Kısmen basit ve ucuz optik odaklayıcılar kullanılarak, büyük ölçekte elektrik üretimi için uygundur.

## Yüksek Odaklamalı Fotovoltaik Teknoloji

Cam optiklerin etkinlikleri yüksektir.

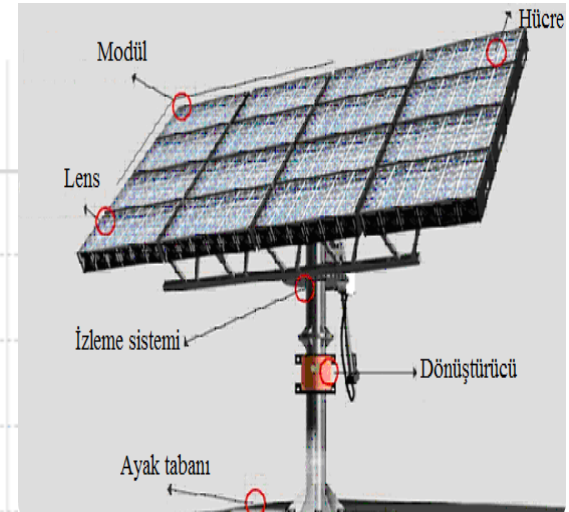
**Çok eklemlili hücrelerin verimi % 40 düzeyindedir.**

Güneşi izleme sisteminin duyarlılığı yüksektir.



### Pazar ve Uygulamalar

	Yardımcı kullanım 20MW+	Dağınk üretim 1 - 20MW	Endüstriyel ve ticari 15kW - 2MW	Şebekeden bağısız Tarımsal uygulama
Elektrik	✓	✓	✓	✓
Elektrik+Sıcak su		✓	✓	✓
Elektrik+Soğutma/Isıtma		✓	✓	
Elektrik+Su damıtma		✓	✓	✓



# Güneş Pili (PV) Sistemlerinde Kullanılan Ekipmanlar

Temel Ekipmanlar	Yardımcı Ekipmanlar
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Güneş paneli</li><li>➤ Akü</li><li>➤ Şarj kontrol cihazı</li><li>➤ Çevirici</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Akü dolabı</li><li>• Sayaç</li><li>• Güç izleyici</li><li>• Sigorta</li><li>• Diyot</li><li>• Kablolar</li><li>• Montaj malzemeleri</li></ul>



PV sistem akümülatörü



PV sistem şarj regülatörü



# ELEKTRİK MOTORU

Uygulamanın özelliğine göre, bir DC motorun kullanılması gereken durumda, PV dizi motora doğrudan bağlanabilir.

Bir AC motorun kullanılması gereken durumda ise, PV dizi ve motor arasında genellikle kontrol birimi olarak adlandırılan bir *dönüştürücü* yerleştirilir.

*Dalgıç pompa sistemleri için, motor ve pompa ünitesi birlikte tasarlanmaktadır.*

Bu tür uygulamalar için, kullanıcının motor ve pompa ünitelerini ayrı ayrı seçme olanağı yoktur.

*Yüzey pompalarının kullanılması durumunda, motor ve pompa ünitelerini birbirinden bağımsız olarak seçmek olanaklıdır.*



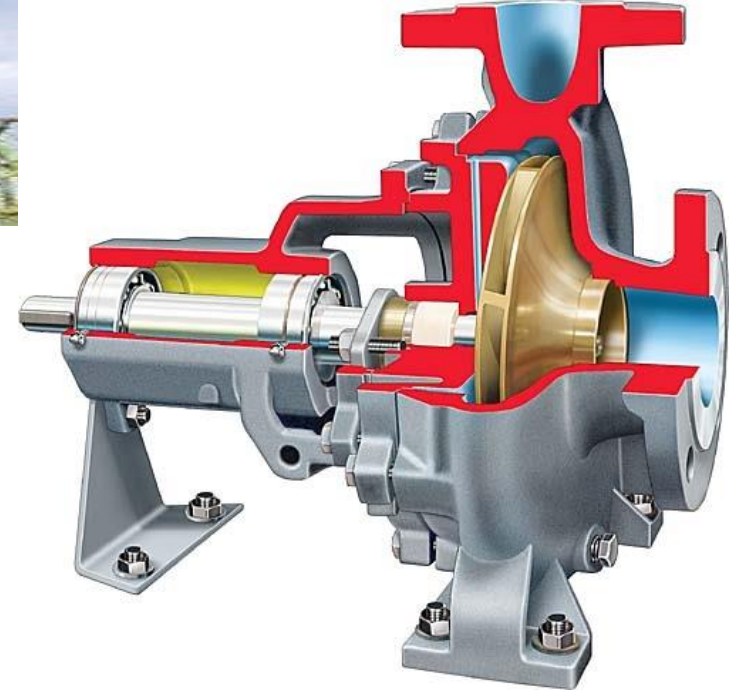


# Pompa

GES sistemlerinde kullanılan pompalar, uygulama özelliklerine göre 3 gruba ayrılırlar:

➤ **Dalgıç pompa:** Derin kuyulardan su çıkarmak için kullanılır.

➤ **Yüzey pompası:** Sığ kuyular, göller ve nehirlerden su çıkarmak için kullanılır.



# Dönüştürücü

GES sisteminde bir AC motoru kullanılması durumunda, bir dönüştürücüye gereksinim vardır.

Dönüştürücü aynı zamanda su deposu dolduğunda sistemi kapatarak su tasarrufu sağlar.

Dönüştürücü, yapısında çok incelikli elektronik devreler yer aldığından ve çok değişik ortam koşullarında çalıştığından, GES sistemindeki en duyarlı bileşenlerden birisidir.

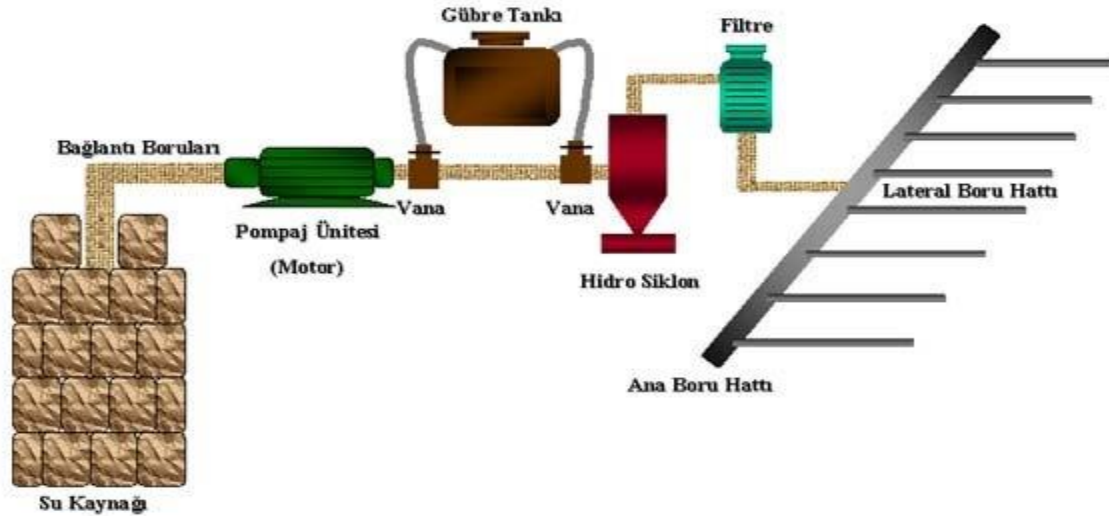


# Sulama Sistemi

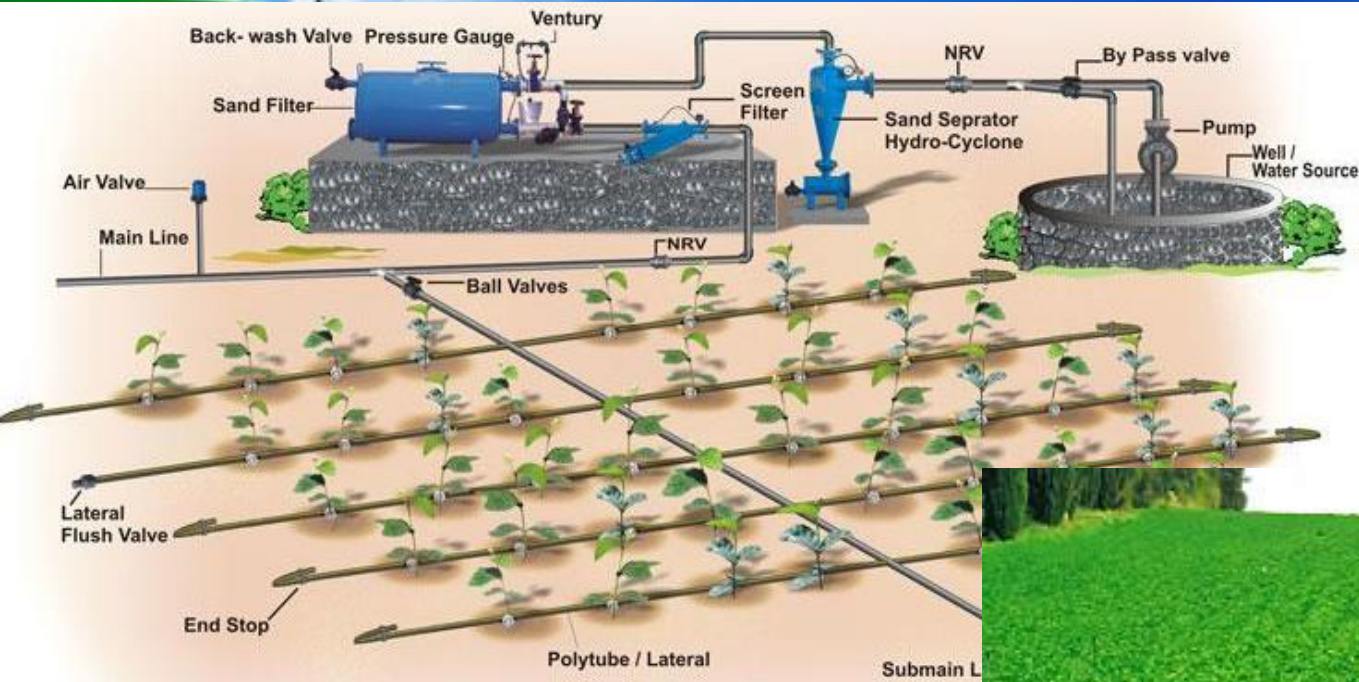
Sulama Yöntemlerinin GES Sistemleri İçin Uygunluğu

Sulama Yöntemi	Tipik Uygulama Etkinliği (%)	Tipik Yükseklik (m)	Güneş Pompalarının Kullanımı için Uygunluk
Açık kanallar	50-60	0.5-1	Uygun
Yağmurlama sulama	70	10-20	Uygun değil
<b>Damla sulama</b>	<b>85</b>	<b>1-2</b>	<b>Uygun</b>
Karık sulama	40-50	0.5	Uygun değil

Tarımsal uygulamalar için, birçok sulama sistemi mevcut olmakla birlikte, maliyet açısından daha uygun olduğundan **damlama sulama yöntemi** dikkate alınır.



# DAMLA SULAMA SİSTEMLERİ



# DAMLA SULAMA UYGULAMA DEĞİŞKENLERİ

## Damlaticı Seçimi

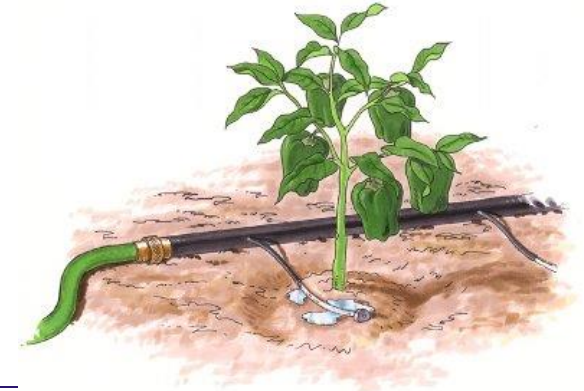
$$S_e = 0.9 \times \sqrt{q/I}$$

- $S_e$  = Damlaticılar arasındaki mesafe (m),  
 $q$  = Damlaticı debisi (L/h) ve  
 $I$  = Toprağın infiltrasyon hızıdır (mm/h).

## Damlaticı Sayısı

$$n = \frac{S_r}{S_e} \times LA$$

- $S_p$  = Sıra arası mesafe (m),  
 $S_r$  = Sıra üzeri mesafe (m) ve  
 $LA$  = Lateral adedidir.





## Uygulanacak Su Miktarı

$$dn = AW \times Drz \times MAD \times Pw$$

$$P_w = \frac{n \times S_e \times S_w}{S_p \times S_r} \times 100$$

## Sulama Aralığı

$$SA = \frac{d_n}{ET_d}$$

## Sulama Süresi

$$T_a = \left[ \frac{(1000 \times d_t)}{(q \times N)} \right]$$

$A_w$  = Toprak su tutma kapasitesi (mm/m),

$D_{rz}$  = Bitkinin etkili kök derinliği (m) ve

$MAD$  = İzin verilen nem eksikliği oranıdır (%)

$ET_d$  = günlük su tüketimi (mm/gün)

$q$  = damlatıcıların ortalama debisi (L/h)

$N$  = birim alandaki damlatıcı sayısına (adet/da)

## Su Pompasının Gücü

$$P_h = \frac{Q \times H_m \times \gamma}{102}$$

$H_m$  = toplam manometrik yükseklik (m),

## Elektrik Motorunun Gücü

$$P_f = \frac{Q \times H_m \times \gamma}{102 \times \eta_p} = \frac{P_h}{\eta_p}$$

$Q$  = sulama suyu debisi (L/s),

$P_f$  = pompanın fren gücü (kW),

$P_h$  = pompanın hidrolik gücü (kW),

$\gamma$  = sulama suyunun özgül kütlesi (kg/L),

$\eta_p$  = sulama pompasının verimidir (%).

---



# GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA SİSTEMİ İÇİN ENERJİ GEREKSİNİMİ

## Gerekli Hidrolik Enerji

Belirli bir hacimdeki suyu iletmek için gerekli hidrolik enerji

$$E_H = \rho_w \times g \times Q \times H_m$$

$E_H$  = gerekli hidrolik enerji (kWh/gün),

$\rho_w$  = suyun yoğunluğu (1000 kg/m<sup>3</sup>),

$g$  = yerçekimi ivmesi (9.81 m/s<sup>2</sup>),

$Q$  = gerekli su miktarı (m<sup>3</sup>/gün) ve

$H_m$  = toplam manometrik yüksekliktir (m).

Belirli bir i zamanında GES sistemi çıkışında hidrolik enerji aşağıdaki gibi belirlenir

$$E_{H(i)} = \frac{2.72 Q_{d(i)} \times H_{TE(i)}}{1000}$$

$E_{H(i)}$  = hidrolik enerji (kWh/gün),

$Q_{d(i)}$  = günlük ortalama pompalanan su miktarı (m<sup>3</sup>/gün) ve

$H_{TE(i)}$  = toplam manometrik yüksekliktir (m).

---

## PV Üretcin Elektrik Gücü

$$P_{PV} = \frac{E_H}{E_{sr} \times \eta \times F}$$

$P_{PV}$  = PV dizinin gücü (kW),

$E_{sr}$  = ortalama günlük güneş ışınım enerjisi (kWh/m<sup>2</sup>gün),

$F$  = PV dizi uyumsuzluk faktörü ve

$\eta$  = sistemin günlük verimidir.

## PV Dizi Yüzey Alanı

$$A_{PV} = \frac{E_{el}}{E_{sr} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{\zeta}}$$

$E_{el}$  = günlük gerekli elektrik miktarı (kWh/gün)

$E_{sr}$  = ortalama günlük güneş ışınım enerjisi (kWh/m<sup>2</sup>gün),

$\eta_{PV}$  = PV modül verimi (tek kristalli silikon için % 15),

$TCF$  = sıcaklık düzeltme faktörü (0.8) ve

$\eta_{\zeta}$  = Çıkış verimidir (akü verimi × dönüştürücü verimi = 0.80)

# SONUÇ ve ÖNERİLER

Sulama suyu için **gereksinim duyulan su miktarının değişimi** dikkate alınır. **Su dağıtma sistemi** ve **sulanacak ürününün özelliklerine** özel önem verilmesi gerekir.

Su dağıtım sistemi, pompalama sistemi için **ek bir yükseklik oluşturmadan su kayıplarını en aza indirmeli ve maliyeti düşük olmalıdır.**

GES sistemlerinin tasarımında; bölgenin **iklim verileri**, bitki su tüketimine ilişkin özellikler, **sulama sisteminin özellikleri** ve su kaynağına ilişkin özellikler dikkate alınmalıdır.

GES sisteminde kullanılacak olan **elektrik motoru**, güç gereksinimi ve akım tipine bağlı olarak seğilmelidir.

Sadece ürün için gereksinim duyulan su miktarı dikkate alınmalıdır. Bu miktar, **yağış döneminde toprağın yağmursuyu tutma kapasitesine** bağlı olarak belirlenir.

Belirli bir ürün için en etkin sulama yöntemi uygulanmalıdır. Meyve ağağları için en etkin sulama yöntemi, gömülü damlatıcılardan oluşan **damla sulama yöntemidir.**

---



Teşekkür  
Ederim