

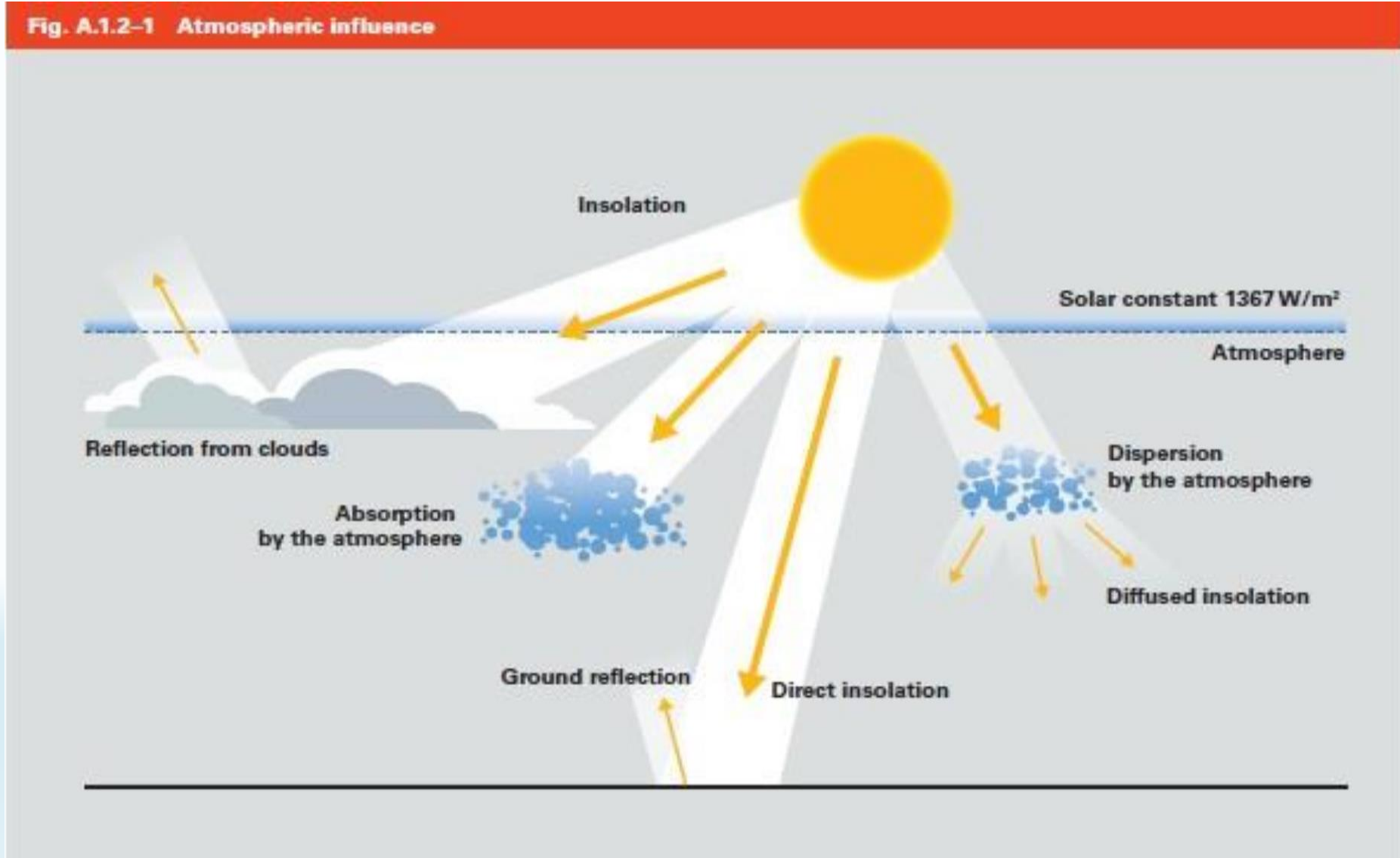


# GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ



Mayıs-2020

Fig. A.1.2-1 Atmospheric influence





## *Avantajları*



- Güneş enerjisi çevre dostudur, enerji kaynaklarını korur ve zararlı madde emisyonu yoktur.
- Bir güneş enerjisi sistemi ile güneş enerjisinden etkili ve basit bir şekilde faydalanılabilir. Daha ilk güneş ışınları ile yakıt ve elektrik tasarrufu elde edilebilir.
- Güneş enerjisinden yararlanmak için devlet teşvik programları uygulamaktadır. Modern bir güneş enerjisi sistemi evin değerini artırır.
- Güneşten alınan enerji sayesinde diğer enerji kaynaklarına yapılan fiyat artışları kullanıcıyı etkilemez.
- Çatıya monte edilen modern bir güneş enerjisi sistemi çevreye ve teknolojiye verilen önemin bir simgesidir.

## Yoğunlaştırılmış güneş termik santralleri-CSP



Oluklu sistem ışın toplacı



Çanak sistem ışın toplacı



Heliostat sistemler toplacı - Güneş kulesi



# Fotovoltaik Çatı Üstü ve Açık Alanlar



© www.solarpraxis.de / Dürschner

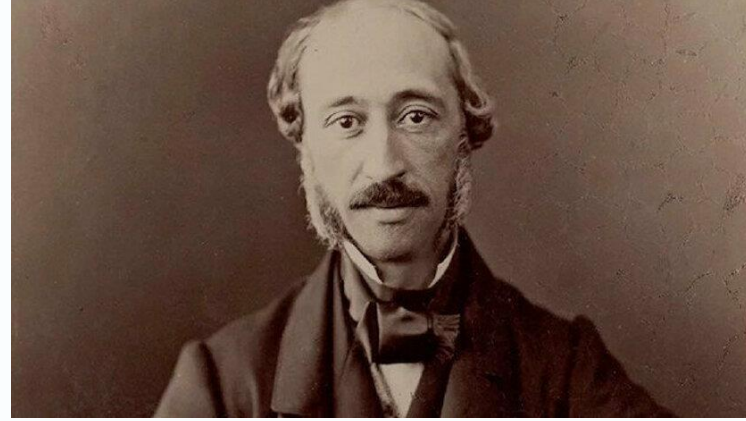


© Solarintegration, www.solarintegration.de





## PV PANELLERİN KEŞFİ



- Fotovoltaik enerjiyi ilk kez **Edmond Becquerel** keşfetti(1839). Edmond Becquerel'in güneş ışığının, elektrik enerjisine dönüşümünü sağlayacak fotovoltaik etkiyi keşfetti.
- Becquerel'in fotovoltaik enerjiyi keşfetmesinden bir süre sonra, 1893 yılında, ilk kez **Charles Fritts** selenyum plakalarını, ince bir altın tabakası ile kapladı. Böylece ilk güneş paneli Charles Fritts tarafından yapılmış oldu.
- Bell Laboratuvarlarında çalışan Amerikalı mucit **Russel Ohl**, 1941'de dünyanın ilk silikon kaynaklı güneş pilini bularak, patentini aldı. Ohl'un icadı aynı şirket tarafından 1954'de silikon kullanımı ile yeni bir güneş panelinin üretimine yol açtı.



## Ülkemizde Güneş Enerjisinin Gelişim Süreci



Çoğu insan yaşamlarında güneş paneli ile ilk kez ile muhtemelen 1970 yıllarında hesap makinelerinde karşılaştılar.



## Ülkemizde Güneş Enerjisinin Gelişim Süreci



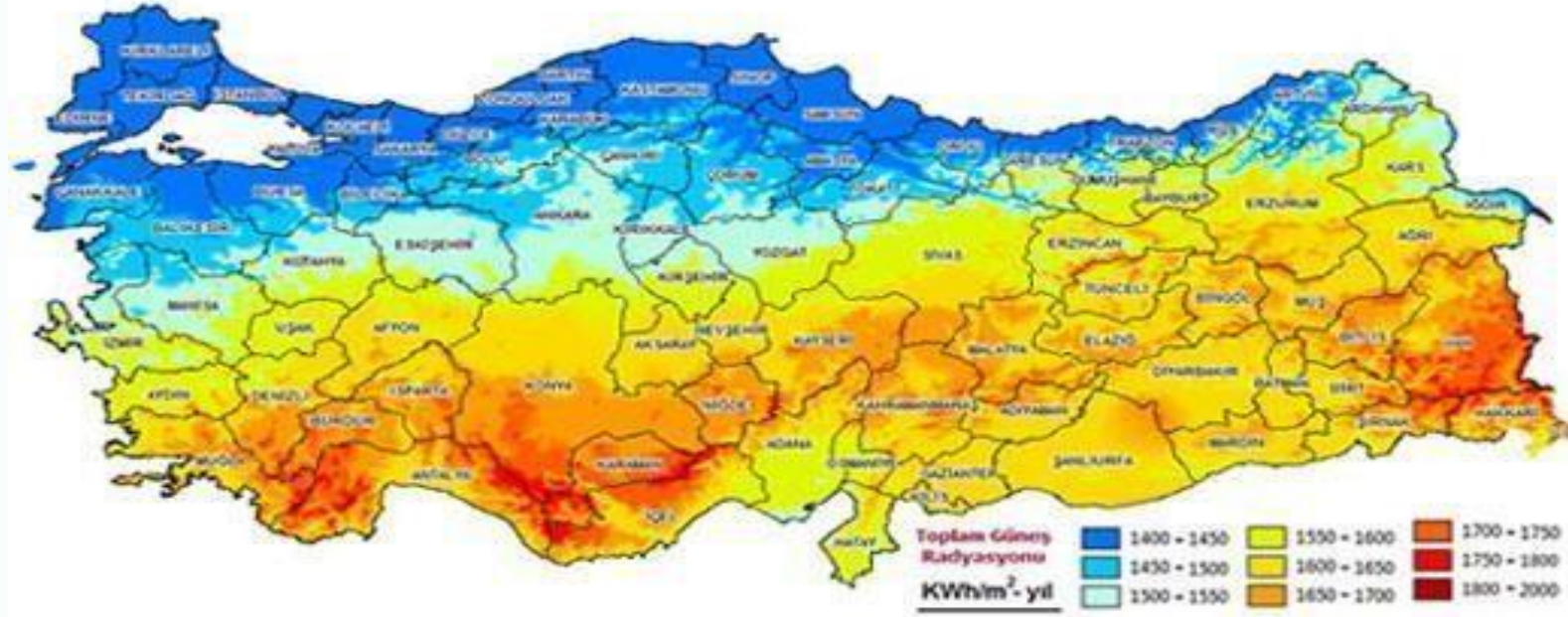
- Türkiye’de güneş enerjisine yönelik **ilk ulusal kongre 1975** yılında gerçekleşmiştir.
- Ege Üniversitesi’nde **1978** yılında Güneş Enerjisi Enstitüsü kurulmuştur.
- 1985 yılında ise **TÜBİTAK** bünyesinde **Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü** kurulmuştur



Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü



## Türkiye'de Yıllık Toplam Işınım



Türkiye coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır.

**Türkiye'nin en düşük yıllık toplam ışınımına sahip bölgesi Almanya'nın en yüksek ışınım alan bölgesinden daha fazla enerji potansiyeline sahiptir.**

Elde edilen faydalı enerji miktarı kolektörün kurulduğu yere de bağlıdır. Örneğin Adana'da yıllık toplam ışınım yaklaşık 1750 kWh/m<sup>2</sup>.yıl iken Rize'de yaklaşık 1400 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olmaktadır.



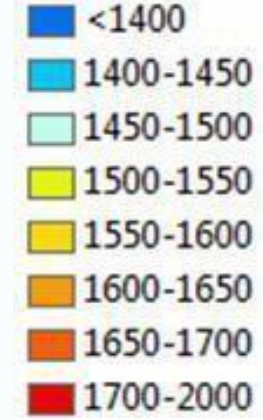
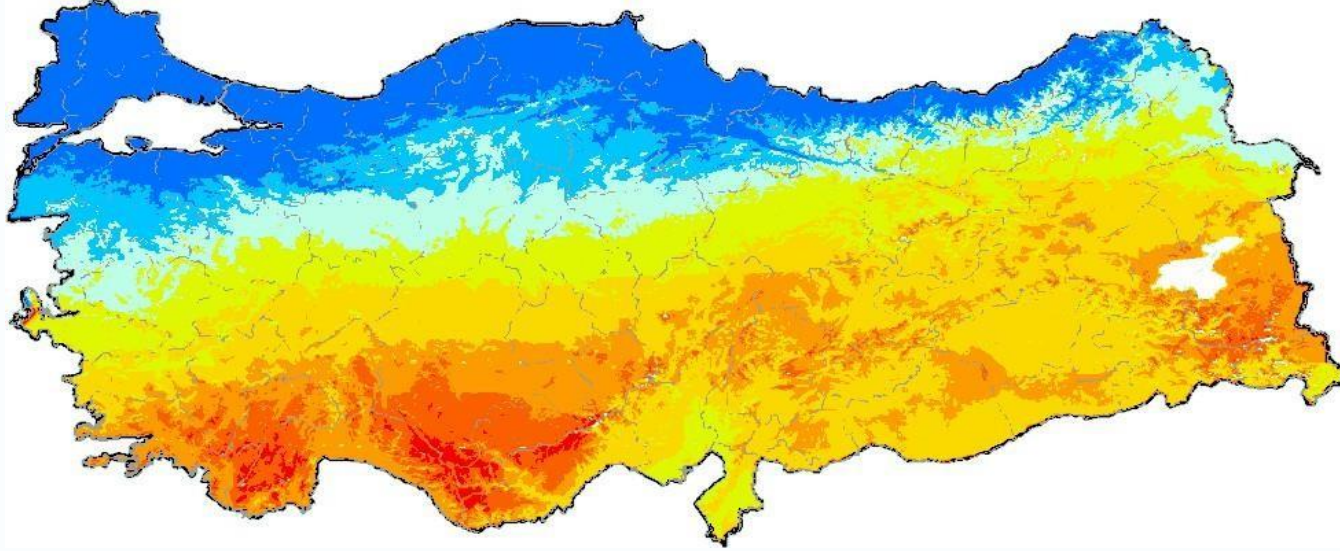
## Ülke Mücadele Güçün Yeşil Enerji Üretimi Potansiyeli



Ülke	Güneş Fotovoltaik Sis. Kurulu Güç (2015) (MW)	Güneş Fotovoltaik Sis. Kurulu Güç (2017) (MW)	Toplam Elektrik Üretimi (2015) (GWh)	Toplam Elektrik Üretimi (2017) (GWh)
Çin	43.050	131.000	25.007	108.200
ABD	25.540	51.000	24.603	77.965
Almanya	39.634	42.394	36.056	39.996
Japonya	33.300	49.000	26.534	62.343
İtalya	18.910	18.910	22.319	25.215
Fransa	6.549	6.549	5.909	9.245
Türkiye	249	3.400	17	2.720
Dünya	222.360	399.613	223.948	442.600



## Türkiye' de Fotovoltaik Potansiyeli:



Fotovoltaik sistemler için en elverişli alan (Solar ışınım oranı 1650 kWh/m<sup>2</sup>): **4600km<sup>2</sup>**

Bu alana kurulabilecek toplam PV gücü: **450-500 GWp**

Bu alandan yıllık elde edilebilecek enerji miktarı: **650-700 Twh**

### Türkiye' de toplam kurulu güç (2012):

Kurulu güç: **57 GW**

Tüketilen enerji miktarı: **242 TWh**



## Türkiye'de Yıllık Toplam Işınım Süreleri



BÖLGELER	Yıllık Toplam Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	2993
Akdeniz	2856
Ege	2738
İç Anadolu	2628
Doğu Anadolu	2664
Marmara	2409
Karadeniz	1971
Türkiye Ortalaması	2640

Ülkemizde en fazla güneş enerjisi potansiyeline sahip bölge 2993 saat/yıl güneşlenme süresi ile Güneydoğu Anadolu Bölgemizdir.



## Türkiye'nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Aylara Göre Dağılımı

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(kWh/m <sup>2</sup> -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308 cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6 kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir.

Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2.640 saat = 7,2 saat/gün





## Edirne'nin Işınım Miktarı

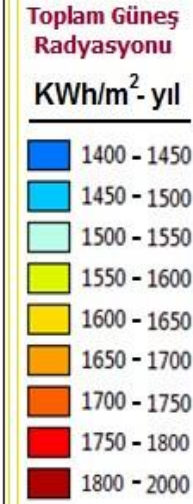
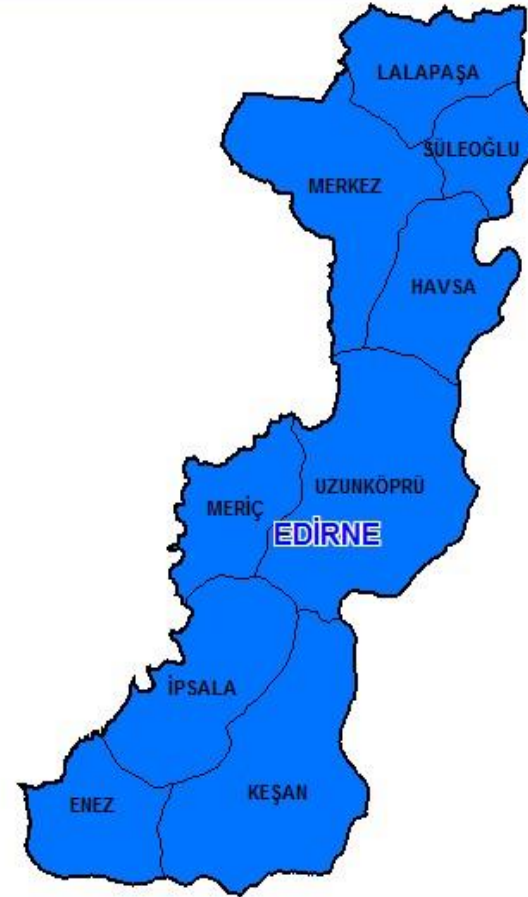


### GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI (GEPA)



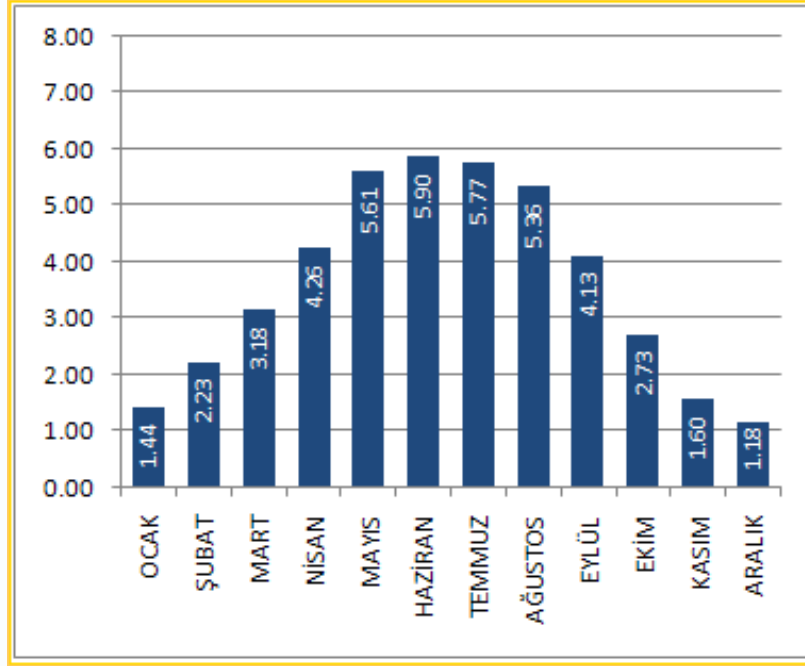
Enerji İşleri Genel Müdürlüğü

[Ana Sayfaya Dön](#)

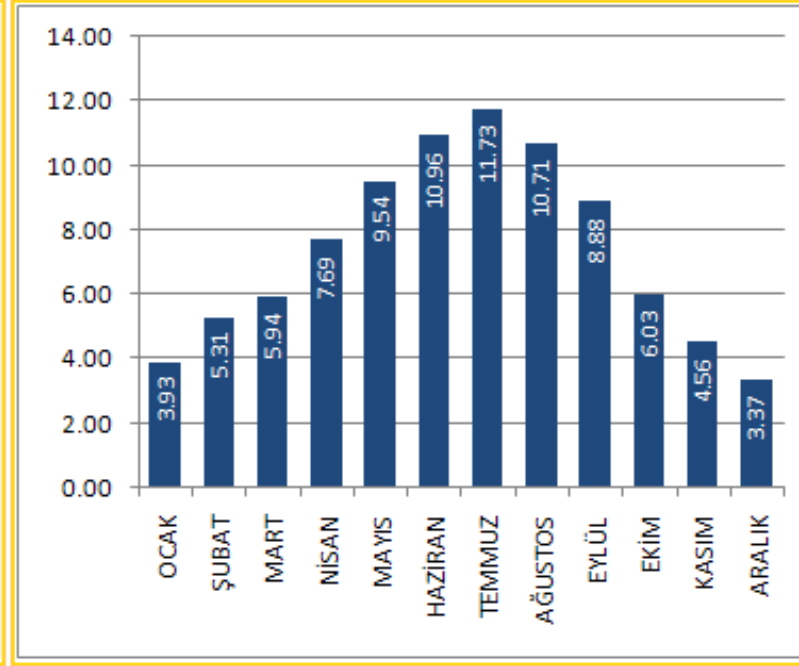


## Edirne'nin Işınım Miktarı

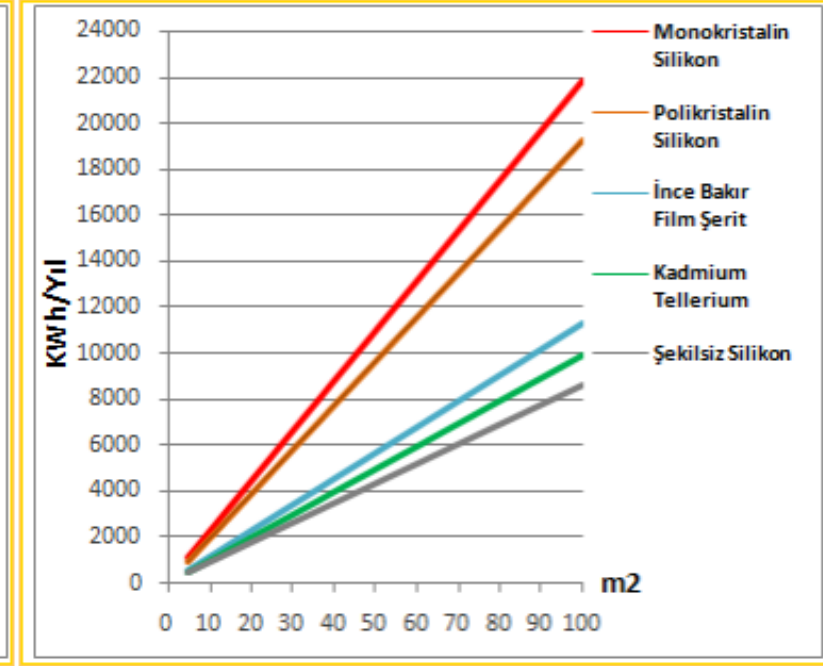
EDİRNE Global Radyasyon Değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)



EDİRNE Güneşlenme Süreleri (Saat)



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



Edirne ili için Maksimum Radyasyon ve Güneşlenme sürelerinin olduğu aylar Haziran ve Temmuz aylarıdır.

Edirne ili için Kristal Yapılarına göre Pv panellerin 100 metrekare alan için üretebileceği enerji KW/yıl bazında gösterilmiştir.





## Ülkemizin İl Bazında GES Sıralaması



### İLLERE GÖRE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ VERİLERİ

S.	İL	PROJELENDİRİLEN GES GÜCÜ	YILLIK ÜRETİMİN İL TÜKETİMİNE ORANI	ÖĞLE SAATLERİ ÜRETİM TÜKETİM ORANI
1	KARAMAN	93,45	29 %	94 %
2	NİĞDE	121,84	18 %	56 %
3	KİLİS	21,59	17 %	54 %
4	AKSARAY	56,83	13 %	42 %
5	BURDUR	84,57	12 %	38 %
6	AFYON	113,81	11 %	36 %
7	KONYA	460,75	11 %	35 %
8	KAYSERİ	251,66	11 %	35 %
9	ADİYAMAN	94,66	11 %	34 %
10	UŞAK	70,12	7,9 %	25 %
56	KIRKLARELİ	1,34	0,07 %	0,21 %
57	EDİRNE	0,51	0,05 %	0,17 %
58	HATAY	2,84	0,05 %	0,16 %
59	BURSA	3,93	0,05 %	0,15 %
60	TUNCELİ	0,02	0,02 %	0,07 %
61	KOCAELİ	2,08	0,02 %	0,07 %

Edirne İl Bazında  
GES sıralamasında  
57.sırada yer  
almaktadır.



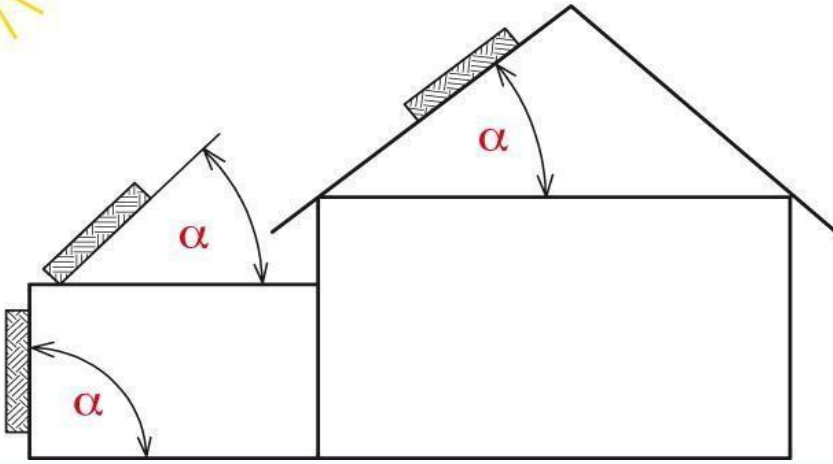
## *İlimizde Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi*



**Emel Elektrik Güneş Enerjisi Santrali** Edirne'nin **Süloğlu ilçesi Geçkinli Köyü** bölgesindedir. Emel Elektrik firmasına ait santral **493,40 kWe** kurulu gücü ile Türkiye'nin **1624.** Edirne'nin ise **6.** büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin **359.** büyük Güneş Enerji Santrali'dir. Emel Elektrik GES ortalama **720.364** kilovatsaat elektrik üretimi ile **218** kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Emel Elektrik GES sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise **229 konutun** elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır.



## Panel Eğimleri ve Yönleri



Bir güneş enerjisi sisteminin güneş enerjisi kazancı eğime ve kolektör yüzeyinin yönüne göre değişir.

Eğimli yüzeylerde ışınım açısı ile ışınım şiddeti değiştiğinden elde edilen enerji miktarı da değişir.

Işınım kolektör yüzeyine dik açıda düştüğünde, enerji miktarı maksimum olur.

### Eğim açısı $\alpha$

Eğim açısı  $\alpha$  kolektör ile yatay düzlem arasındaki açıdır.

**30° ile 45° arası** eğim açılarının ideal oldukları pratikte denenmiştir.

Türkiye için, yararlanma zaman aralığına bağlı olarak, **20° ile 60°** arası bir eğim açısı uygundur.

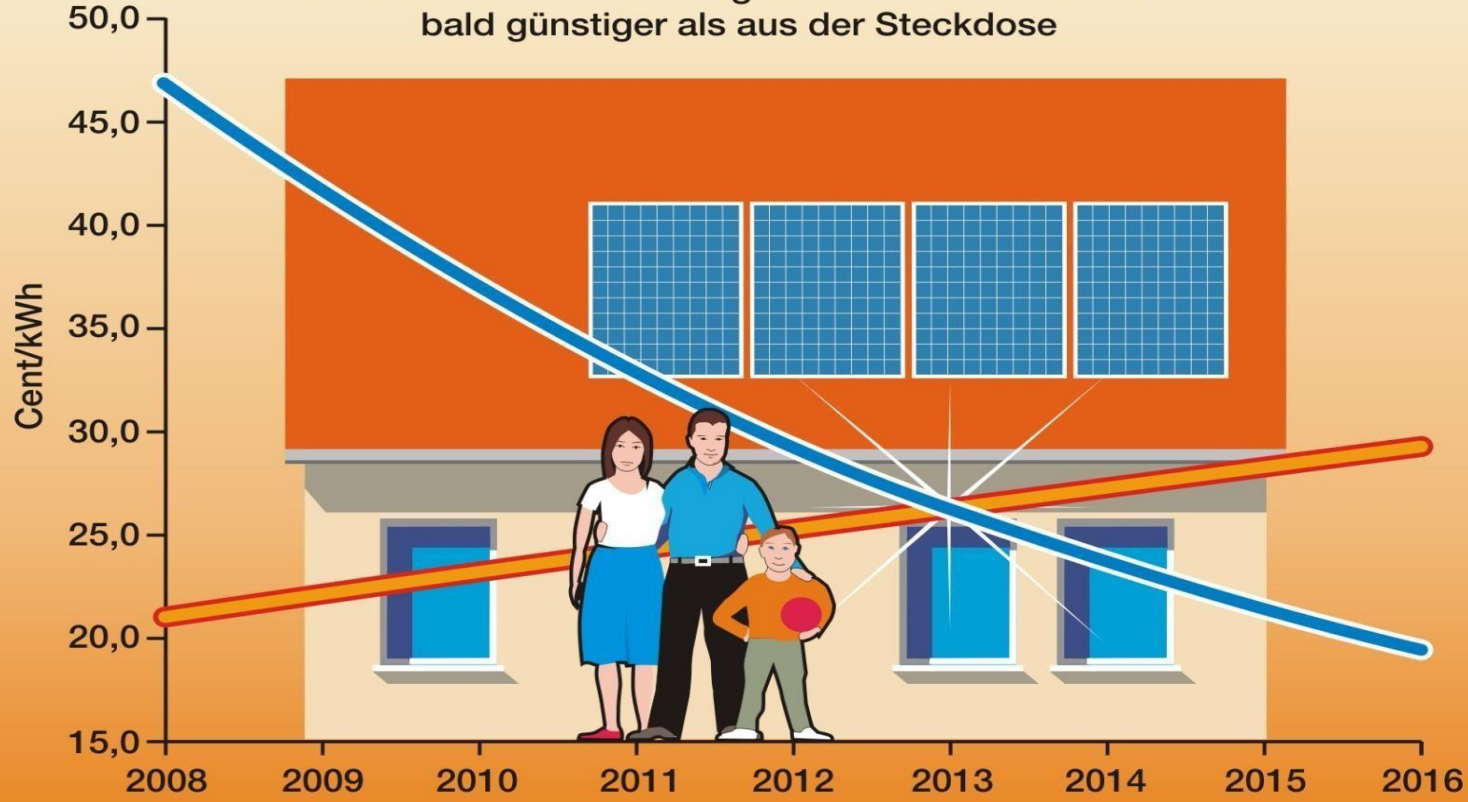


## Elektrik Fiyatının Değişimi



### Solarstrom wird wettbewerbsfähig

Photovoltaik-Strom vom eigenen Dach in Deutschland bald günstiger als aus der Steckdose

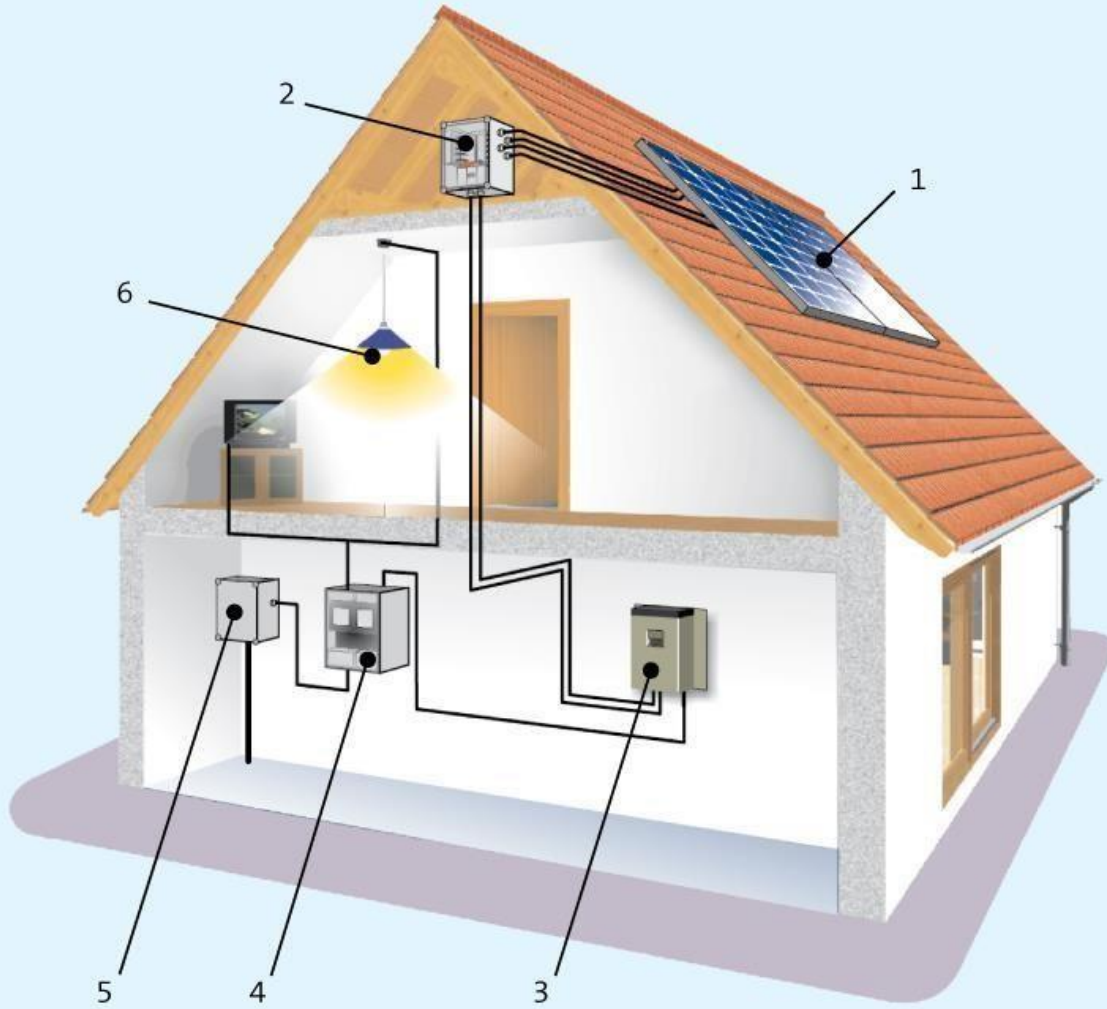


SOLARGRAFIK.de

Quelle: BSW-Solar, www.solarwirtschaft.de

Rekabet Koşulları artmakta olduğundan photovoltaik panel fiyatları her geçen gün düşmektedir.

## Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistem Prensibi



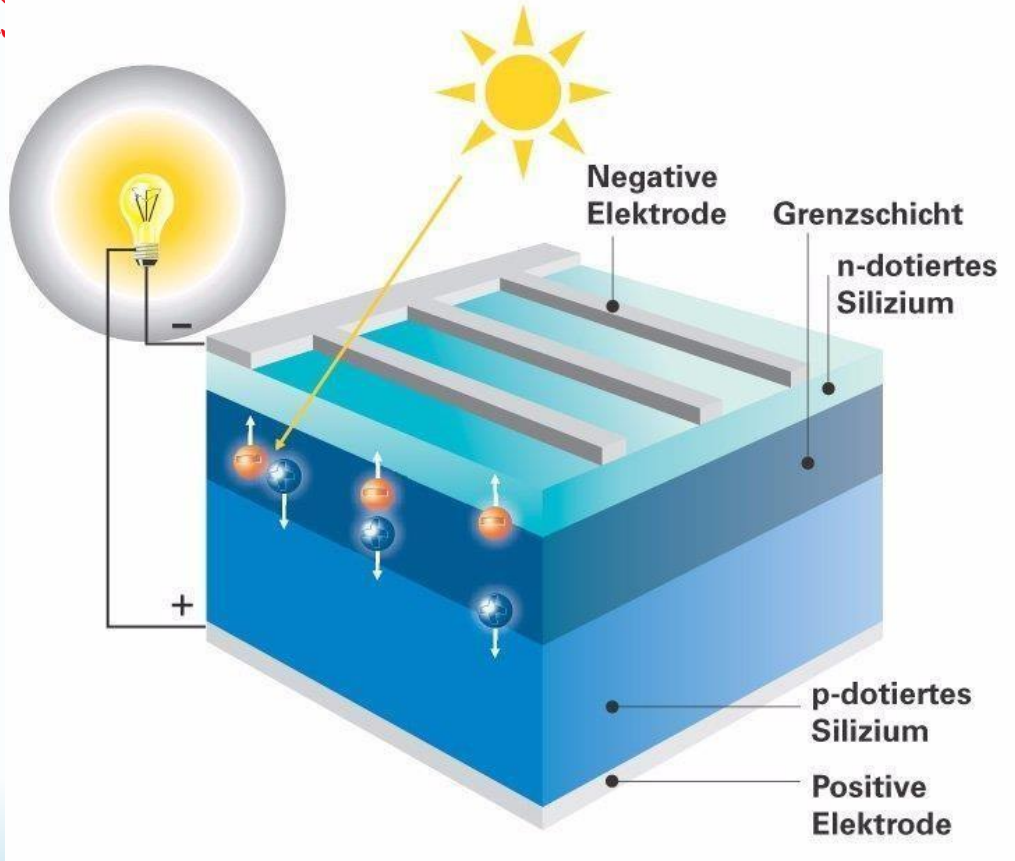
- 1 Solar jeneratörü
- 2 Jeneratör bağlantı kutusu
- 3 İnverter
- 4 Çift yönlü sayaç
- 5 Sigorta
- 6 Tüketim
- 7 DC-Ayırıcı



## *Silisyum Üretim Süreci*



## Güneş Pili



Yarı-iletken maddelerin güneş pili olarak kullanılabilmeleri için **n** ya da **p** tipi katkılanmaları gereklidir.

Katkılama, saf yarı iletken eriyik içerisinde istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarı iletkenin **n** ya da **p** tipi olması katkı maddesine bağlıdır.

**n-tipi silisyum** elde etmek için silisyum eriyiğine genelde **fosfor** eklenir.

**p-tipi silisyum** elde etmek için silisyum eriyiğine genelde **bor** eklenir.

Sınır tabakada (pn-geçişi) bir **elektriksel alan** oluşur, bu alanın **eksi kutbu p-katkılanmış, artı kutbu n-katkılanmış** alanda bulunur. Elektronlar **silisyum atomlarından koptuktan sonra, p-katkılanma yönüne doğru çekilir**. Burada pn-geçiş güneş tarafındaki elektron fazlalığı ve arka yüzdeki elektron azlığı sayesinde bir **elektrik gerilimi** oluşmasını sağlar.



## Güneş Pili

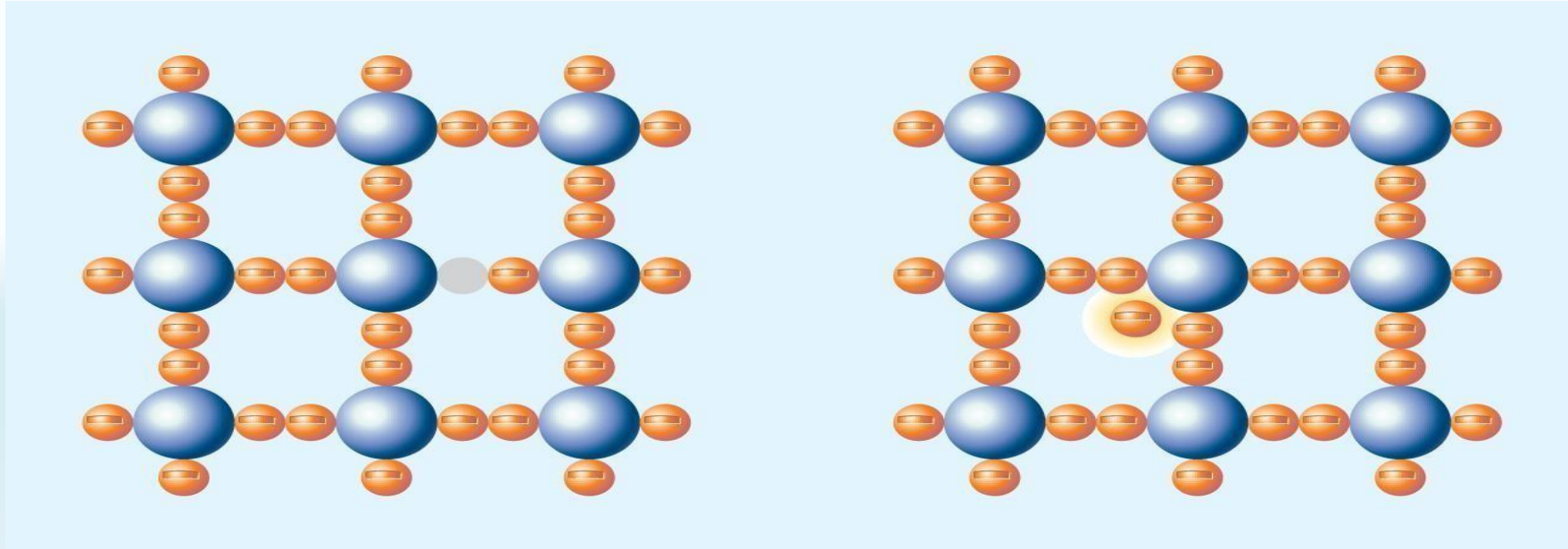


Bu kutuplara bir tüketici bağlandığında elektrik akımı oluşur. Fotonlar tarafından serbest bırakılan elektronlar eksi kutbundan artı kutbuna geçerler, burada artı kutbundan eksi kutbuna bir akım akışından bahsedilir.

**Güneş pili** bir fotovoltaik sistemin **en küçük yapı** parçasıdır.

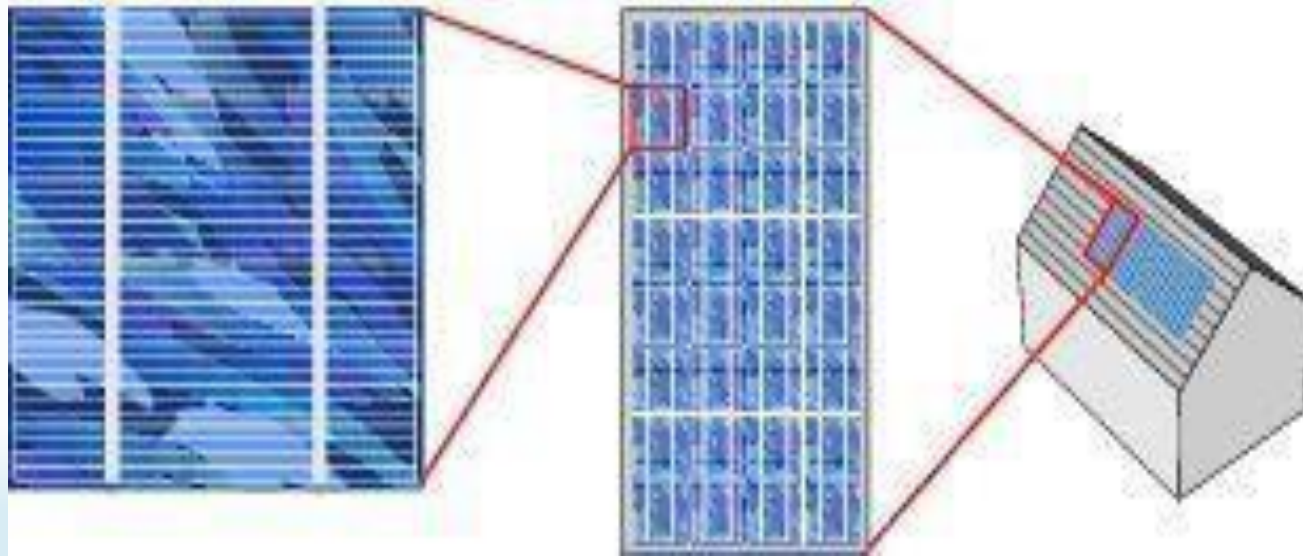
P-Yarı iletken

N-Yarı iletken

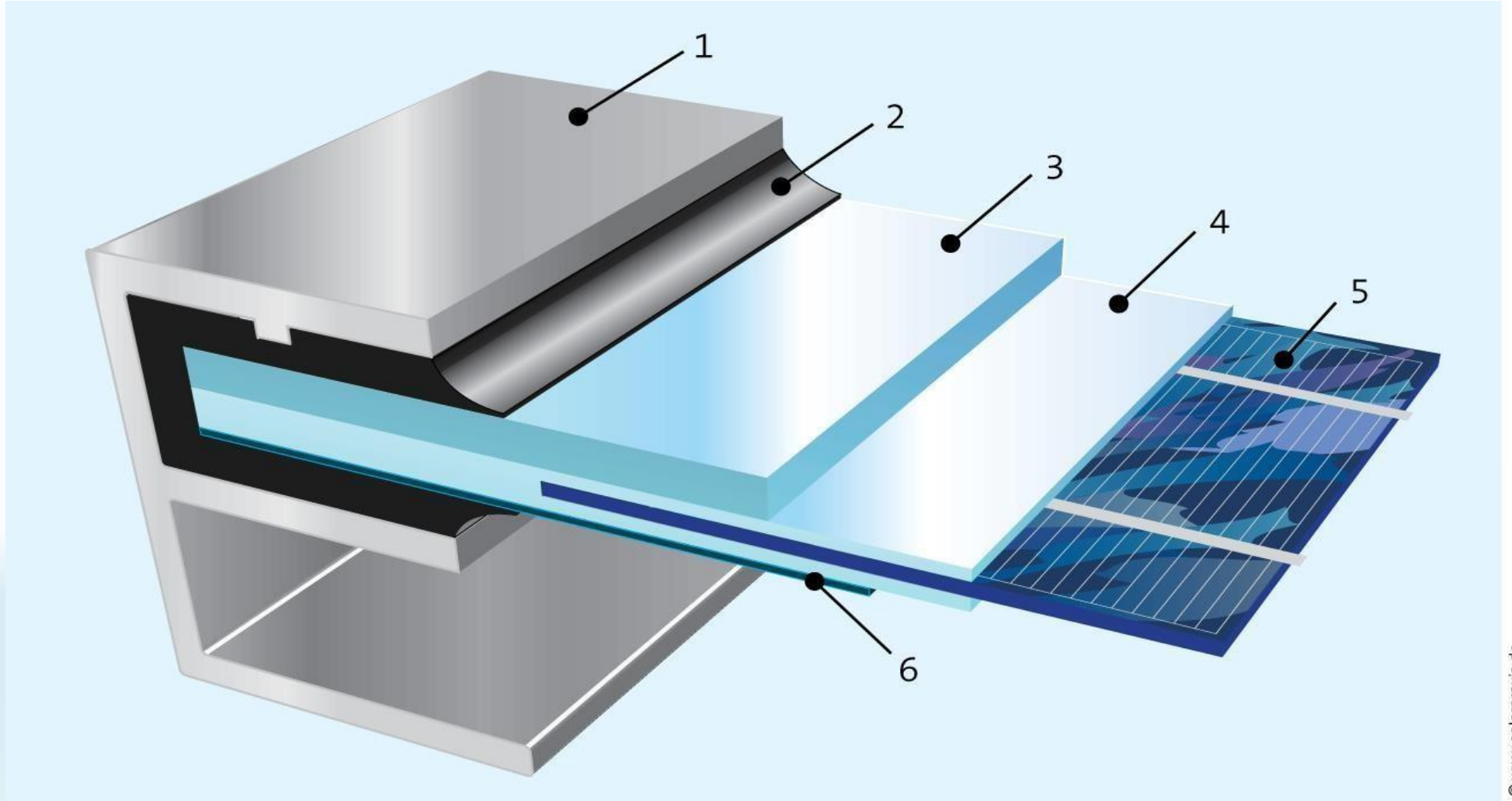




Birden fazla güneş pili hücresi birleştirilerek bir **güneş modülü** devresi oluşturulmaktadır.



- a. Güneş pili
- b. Güneş paneli
- c. Güneş jeneratörü

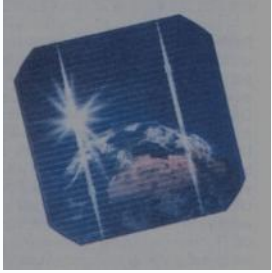




## Farklı Modül Tiplerinin Özellikleri



### Monokristal silisyum modülü

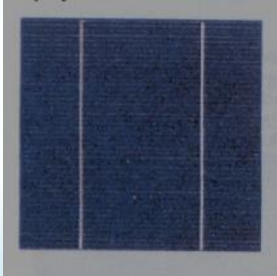


■ Verimi %15' e kadar

- hafif
- daha az yer ihtiyacı
- uzun üretim süreci
- yüksek kaliteli (uzunömür)

- Üretimi polikristal ve amorf modüllere göre daha masraflı

### Polikristal silisyum modülü



■ Verimi %14' e kadar

- yüksek kaliteli (uzunömür))
- Hammadde kaynaklarını korur.

- Daha fazla alan ihtiyacı

### Amorf silisyum modülü



■ Verimi %9' a kadar






- Üretim süreci daha az masraflı
- uygun fiyat
- Difüz ışınım ve kısmi gölgelenme için oldukça elverişli

- Çok fazla yer ihtiyacı



## Farklı Modül Tiplerinin Alan İhtiyacı



Panel Malzemesi	Modül Verimliliği	1 kW <sub>p</sub> İçin Gerekli Modül Alanı
Monokristalin	11–16%	7–9 m <sup>2</sup> 
Polykristalin (EFG)	10–14%	8–9 m <sup>2</sup> 
Polykristalin	8–10%	9–11 m <sup>2</sup> 
İnce Film: Bakır İndium	6–8%	11–13 m <sup>2</sup> 
İncefilm: Sekilsiz	4–7%	16–20 m <sup>2</sup> 



## Bozunum

Bir yarı iletkenin elektriksel parametrelerinin (verim, yaşlılık) nedeniyle azalması bozunum olarak tanımlanır. Fotovoltaik sistemlerde izleme süresi **25** yıldır. Modern bir standart fotovoltaik modülünün bu süre içindeki güç kaybı yaklaşık **% 10 d- 15 ( $\leq\%0,5/yıl$ )** arasındadır.

Bu düşüşe özellikle foto reaksiyon sonucu oluşan yeniden birleşme etkileri sebep olur. Bu etkilerde bor artı yüklü boşluğunu kaybeder ve eksi yüklü bir iyonla dönüşür. Bunun sonucu olarak bor ve silisyumla reaksiyona giren oksijen çekilir.



Bozunum genelde güç kaybına eşit demek değildir. Bunun sebepleri çoğu zaman daha basittir: **kirlenmiş kapak camı, tortulaşma** ve özellikle çerçeve alanında **yosun oluşumu** sonucu hücrelerin **gölgelenmesi, büyüyen bitkiler** veya Browning (polimer yataklama malzemesinde sararma) tarafından oluşturulan kısmi gölgelerdir.



## Gölgeleme



Güneş jeneratörü, ağaç, komşu bina, elektrik kabloları, vb. nesnelerin gölgelerinin etkisinin düşük olduğu bir yere yerleştirilmeli ve buna göre boyutlandırılmalıdır. Montajda, komşu arazilere bina inşaat yapılabileceği veya bu alanların ağaçlandırılabilceği dikkate alınmalıdır.

Jeneratör yüzeyi ile bacalar veya çatıdaki diğer gölgeye sebep olan nesnelere arasında geniş bir mesafe bırakılmalı ve fotovoltaik modüllerin gölgede kalması önlenmelidir. Anten vb. hareketli engeller mümkün olduğu kadar çatının diğer tarafına monte edilmelidir.





# Gölgeleme





# *Inverter*

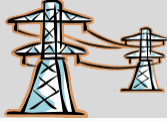


Fotovoltaik modüller doğru akım üretmektedir. Şebeke beslemesi için alternatif akım gerekir. Bir inverterin en önemli görevlerinden biri de doğru akımı mümkün oldukça yüksek bir verimde şebekeye uyumlu **alternatif akıma** çevirmektir .





# Bağlantı şeması Öz tüketim - Yeni yapı



Şebeke

Ev bağlantısı

Öz tüketim (Çift yönlü sayaç)

Sayaç

1234

1234



Mahsuplaşma  
+  
Besleme

1234



Tüketim

PV-Sistem





## *Elektriğin Kamu Şebekesine Verilmesi*



Fotovoltaik metotla üretilen elektrik akımına ücret ödenmesi Yenilenebilir Enerjiler Kanunu (YEK), tarafından şart koşulduğu için bugün genelde şebekeye bağlanabilen fotovoltaik sistemler monte edilmektedir. Fotovoltaik sistemi tarafından üretilen elektrik öztüketim için kullanılabilir veya kamuya ait elektrik şebekesine verilebilir.



# Öz tüketim ve Elde Edilen Enerji Fazlasının Şebekeye Beslenmesi



## 1. Tamamen şebekeye verme



Üretilen elektriğin ilgili elektrik dağıtım şirketine verilmesi



Teşvik ödemesi (13,3 Dolarcent/kWh)



## 2. Öz tüketim ve fazla enerjinin şebekeye beslenmesi



Üretilen elektriğin ilgili elektrik dağıtım şirketine verilmesi



Teşvik ödemesi (13,3 Dolarcent/kWh)



Satın alınan elektrik (ca. 16,5 DolarCent/kWh)



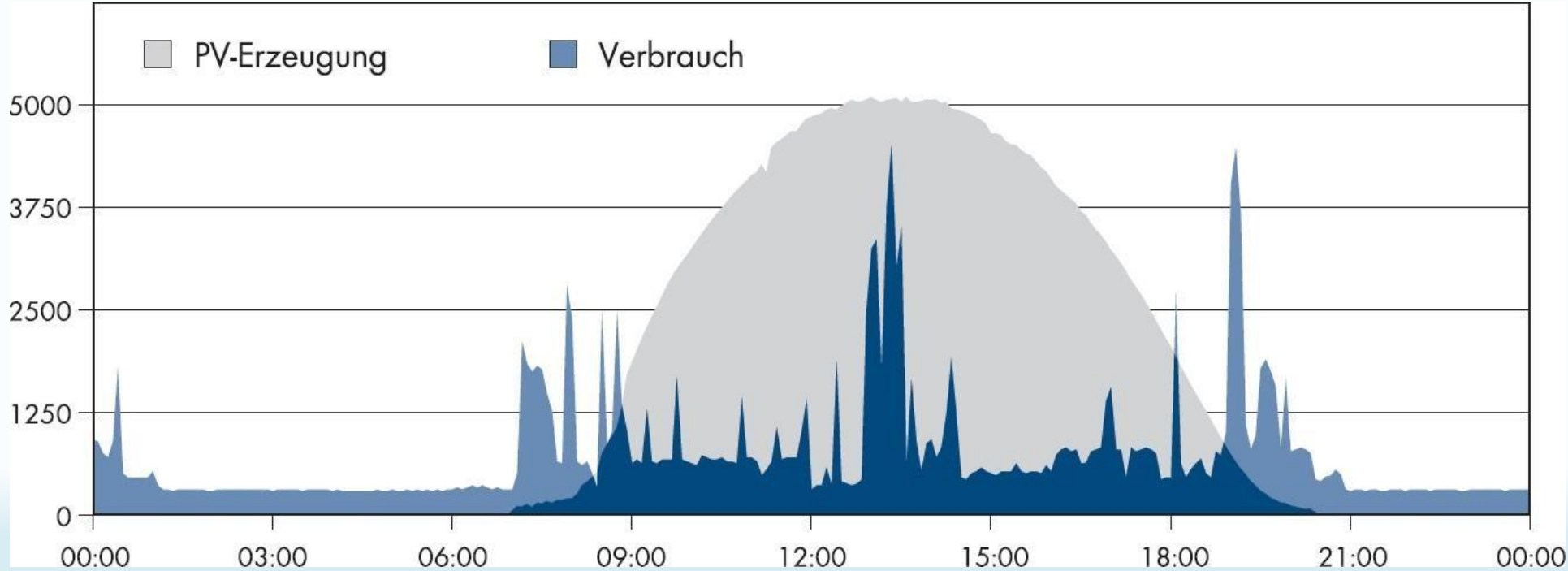


# Açık Bir Yaz Gününde Elektrik Üretimi ve Tüketimi



Elektrik ihtiyacının %40 kadarı PV sistemler sayesinde karşılanabilir.

Örnek: 5 kWp gücünde bir sisteme sahip 4 kişilik bir aile



Öz tüketim karşılama oranı: 20 – 40 %



## *Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik*



### Yönetmeliğin amaçladıkları:

- Arz güvenliği sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması
  - Elektrik ihtiyacının tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılanması
    - Elektrik şebekesindeki **kayıp miktarlarının** düşürülmesi

### Yönetmelikteki yenilikler:

- **1 MW** gücün altındaki fotovoltaik tesisleri için lisans alınmasına gerek yoktur (Böylece daha büyük üretim tesislerinin kurulması sağlanabilecek).
- Yatırımcının kendi elektriğini üretmesi ve üretim fazlasının da sisteme satılmasına imkan verilmektedir.
- Tüketimi fazla olan işletmeler **1 MW** sınırına takılmadan üretim tesisleri kurabilecek. Ancak oluşan tüketim fazlası sonucunda şebekeye enerji verse bile herhangi bir ücretten yararlanamayacak (Öncesinde satış için lisans alınması şartı vardı).



## *Lisanssız Elektrik Üretimine Uygun Olduğu Yerler*



- Toplu Konutlar
- Ticarethaneler
- Spor Tesisleri
- Limanlar
- Havaalanları
- Turizm Tesisleri
- Hastaneler
- OSB
- Üniversiteler
- Benzin İstasyonları
- Büyük çatıya sahip fabrikalar
- Tarım Alanları
- AVM



## Teşvikler



### I Sayılı Cetvel

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3



## *Lisanslı Elektrik Üretimi İle İlgili Gerekli Şartlar*

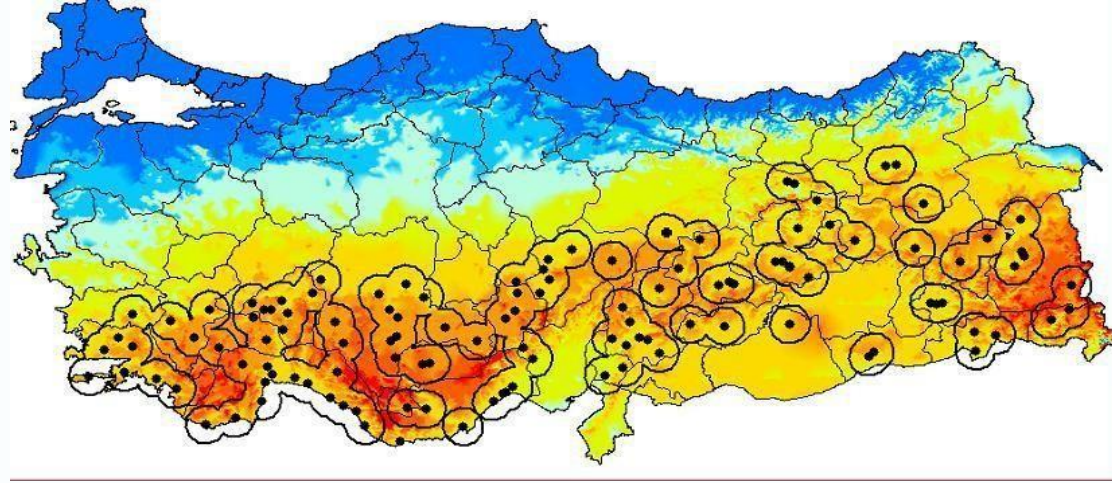


- Elektrik üretim lisansına sahip bir enerji şirketi olması gerekmektedir.
- Lisans başvurusu için minimum bir yıllık güneş ölçümü yapılması gerekmektedir Solar ışınım miktarı minimum  $1620 \text{ kWh/m}^2$  olması gerekmektedir.
- EPDK' nın belirlediği bölgeler haricinde lisans başvurusu yapılamamaktadır.





## Lisanslı Fovoltaik Üretimi İçin Epdk Tarafından Tavsiye Edilen Bölgeler



Lisanslı elektrik üretimi için başvuran firmalar:

Fiba, Enerjisa, Zorlu, Aksa, Çalık, Bereket Enerji, Sanko Tekstil, ODAŞ Enerji, Nurol, IC İçtaş, Güral Porselen, Fernas, Eczacıbaşı, Egegaz, Batıçim gibi Türk şirketleri ile İspanyol, İtalyan, İngiliz ve Alman şirketleri de lisans başvurusu yaptı.



## *Pratik Bilgiler*



- 1 kWp sistem gücü için yaklaşık 4 m<sup>2</sup> çatı (eğimli) alanına ihtiyaç vardır.
- 1 kWp sistem gücü için yaklaşık 6 m<sup>2</sup> çatı (düz)alanına ihtiyaç vardır.
- 1 kWp gücündeki bir sistem için 3 modüle ihtiyaç vardır.
- 4 kişilik bir ailenin asgari senelik elektrik ihtiyacı 3.000 kWh' dir.
- 4 kişilik bir hanenin evinin tüm ihtiyacını karşılayabilecek sistemin kurulum maliyeti yaklaşık 30.000 TL'dir
- Şu an devlet tarafından verilen teşvik 13,3 \$cent/kWh' dir.
- Sistem kurulum maliyeti yaklaşık. 10.000 TL/kWp'tir
- Amortisman süresi yaklaşık 9-10 sene civarındadır





## *Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi*



Enerji,  
tarih boyunca ülkelerin dünya lideri konumunda olmalarında  
en büyük etken oldu; bundan sonra da öyle olacak...





# EDİRNE ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜĞÜ

