

GÜNEŞ PİLLERİ (PHOTOVOLTAİK SİSTEMLER) KULLANILARAK KURULACAK ELEKTRİK ÜRETİM GÜÇ SANTRALLERİ

F.Birsen TURGU ALAÇAKIR
EİE GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Balacakir@eie.gov.tr

ÖZET

Temeli yarıiletken teknolojisine dayalı Güneş Pilleri veya Fotovoltaik (PV) Güç Sistemleri, yüzeyine düşen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirir. Güneş pilleri ile oluşturulan PV güç sistemleri; akım ve gerilim ihtiyacına göre seri ve paralel bağlanan modül grupları, kontrol birimi ve DC/AC dönüşümünü sağlayan inverterden oluşur. Sistemde depolamaya ihtiyaç varsa, uygun enerji depolama kapasitesine sahip aküler de sisteme dahil edilmektedir. Güneş pillerinin, elektrik şebekesinin olmadığı veya ulaşmasının pahalı olduğu yerlerde şebekeden bağımsız sistemler olarak kullanılması ekonomiktir. Şebeke elektriğinin var olduğu gelişmiş ülkelerde ise, PV sistemler şebekeye bağlı enerji santralleri olarak çalıştırılmaktadır.

Burada, ülkemizde gündemde olan Yenilenebilir Enerji Kanunundaki iyileştirmeler ve yönetmeliklerin hazırlanması konusuna paralel bir çalışma olarak ülkemizde kurulabilecek MW lar mertebesindeki , güneş enerjisinden elektrik üreterek ulusal şebekeye enerji sağlayan PV güç santrallerinin atmosferik koşullara ve arazinin

konumuna bağlı olarak ürettikleri elektrik enerji değerleri hesaplanmakta ve Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre yapılan hesaplamalar, Amerika'nın Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi NASA' nın uzun yıllar boyunca alınan güneş enerjisi dataları kullanılarak hesaplanan enerji değerleri ile karşılaştırılmakta ve maliyet analizi yapılmaktadır.

GİRİŞ

İlk güneş PV santrali, 1982'de California'da kurulan 1 MW'lık Edison Lugo santralidir. Daha sonra San Francisco civarında 6.5 MW'lık Carissa Plains Santrali kurulmuştur. Günümüzde (2008 itibarıyla) en son kurulan belli başlı en büyük PV santraller : 60 MW - İspanya, Olmedilla; 50 MW- İspanya, Puertollano; 46 MW – Portekiz, Moura; 40 MW- Almanya, Brandis; 34 MW- İspanya, Arnedo; 30 MW – İspanya, Osa de la Vega; 24 MW'lık Almanya, 23.1MW' lık İspanya, 18 MW 'lık Kore, 11 MW'lık Portekiz, 8.22 MW 'lık ABD, 5.21 MW 'lık Japonya gibi ülkelerde kurulmuş santrallerdir. Aşağıdaki resimlerde dünyadaki en büyük PV santrallerden örnekler görülmektedir. (Ref. Annual Review_ free Edition 2008)



Şekil 1-ALMANYA , Solarpark Lieberose , 53 MW



Şekil 2- İSPANYA, Andalusia, 23.2 MW

Dünya genelinde toplam PV santral kurulu gücü: 5000 MW'ı aşmıştır. Bunun yanı sıra şebekeden bağımsız sistemlerin kurulu gücü ile birlikte 2008 yılı sonunda toplam PV kurulu gücü 10 GW civarındadır.

Bu çalışmada, Antalya' da kurulacak olası bir 1 MW lık PV Enerji santralının üreteceği yıllık elektrik enerjisi, bu bölgenin GEPA enerji değerleri (uzun yıllar güneş ışınımı ortalama değerleri, güneşlenme süreleri, bölgenin sıcaklık ve rüzgar enerjisi değerleri) kullanılarak, seçilen örnek sahaya hangi güçte PV santrali yerleştirilebilir hesaplanmış ve maliyet analizi yapılmıştır.

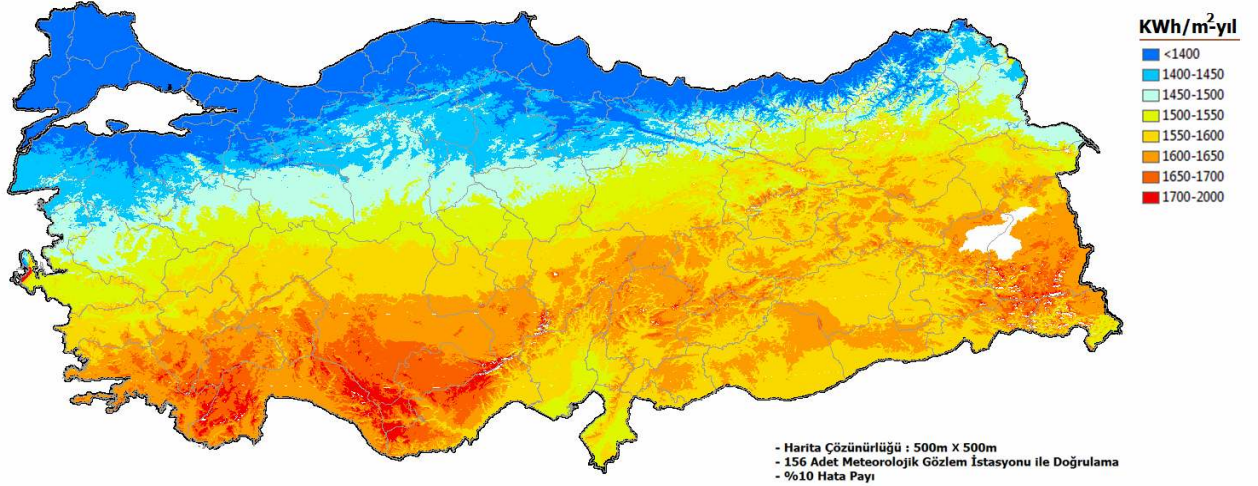
TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Bilindiği gibi, ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde (DMİ) mevcut bulunan ve en az 20 yıl boyunca alınan güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre; GEPA : Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası oluşturulmuştur. GEPA dan da görüldüğü gibi ülkemizin en az enerji alan kuzey bölgeleri 1400 kWh/m².yıl iken güney bölgelerimiz en fazla 2000 kWh/m².yıl enerji değerine ulaşmaktadır. Aşağıda Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) görülmektedir.

TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ ATLASI (GEPA)

(Türkiye Üzerine Gelen Toplam Güneş Radyasyonu)



Şekil 3- Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)

GÜNEŞ SANTRALINA UYGUN SAHA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Güneş enerjisinden elektrik üretimi için, PV tarlaların kurulması amacıyla yönelik olarak, uygun alanların tespit edilmesi için uyulması gereken saha özellikleri şunlardır:

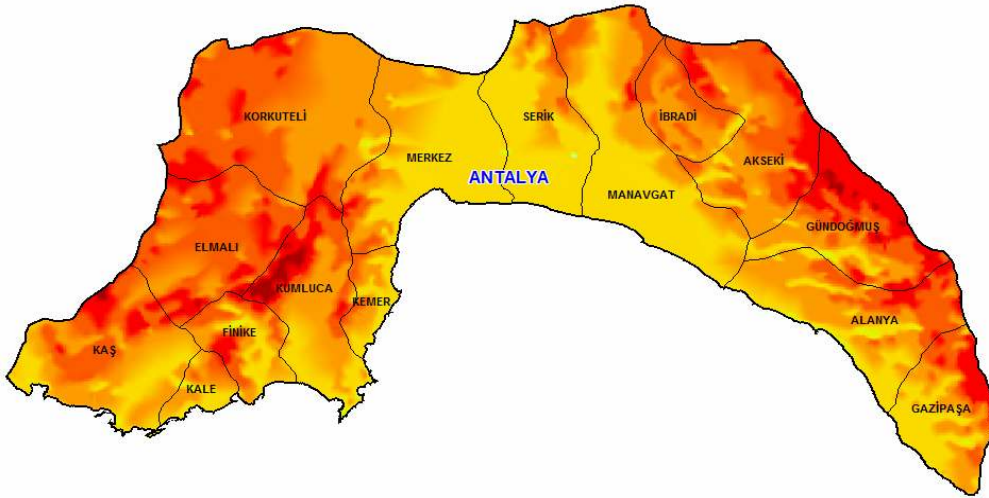
- arazinin, orman ve ekili olmaması, önemsiz tarım arazisi olması,
- trafo iletim hatlarına yakın olması,
- ulaşımı kolay olması , yerleşim birimlerine uzak olmaması ,
- güneye bakmalı ve doğusundan, batısından dağ veya ağaç engeli bulunmamalı,
- sulak alanlar (Göller, Akarsular) olmamalı,
- arazi eğimi 10 ° den büyük olmamalı,
- Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritasının (GEPA) rehberliğinde bulunabilecek, güneş enerjisinin yoğun geldiği bölgeler seçilmeli,

- Bölgenin, bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması, hava kirliliğinin olmaması, rüzgar hızının yüksek olması, atmosfer sıcaklığının yüksek olmaması gibi özellikler aranmaktadır.

GÜNEŞ ENERJİSİ TARLASININ KONUMLANDIRILMASI

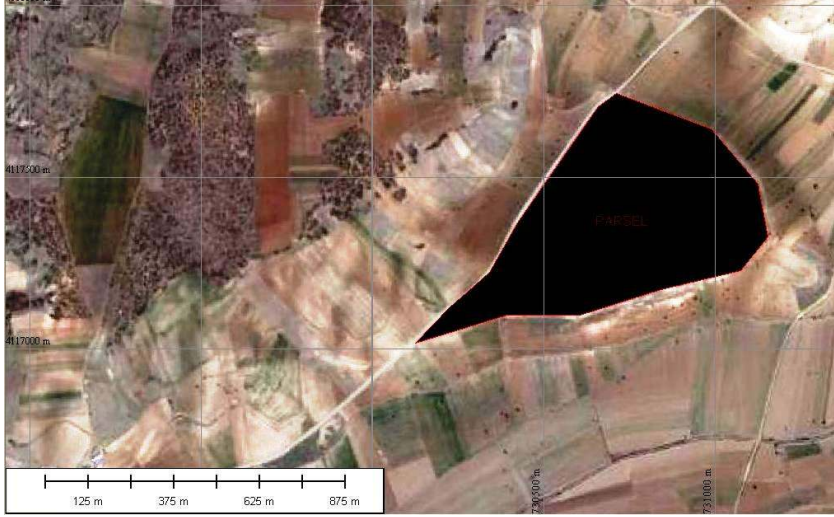
GEPA daki verilerden yola çıkılarak belirlenen arazilerin uyulması gerekli tüm koşulları sağladığında, santral kurulması için gerekli tüm hesaplamalar yapılarak PV Güneş Enerjisi Tarlasının konumlandırılması gerekecektir.

Seçilen saha üzerinde bulunan arazinin koordinatların belirlenmesi için GPS (Global Positioning System) kullanılmakta, alınan ölçümler ile 1/250000, 1/100000 ve 1/25000 ölçekli sayısal haritalar üzerinde çizilen rotaların ve koordinatların çeşitli görünümüleri oluşturulabilmektedir. Burada örnek arazi Antalya'da Korkuteli bölgesinde seçilmiştir.



Şekil 4- Seçilen Antalya Bölgesinin GEPA 'daki görüntüsü

Aşağıdaki şekilde, seçilen bölgenin uydu görüntüsü ile topografik haritasının, GIS (coğrafik bilgi sistemi) programı kullanılarak karşılaştırıldığı 3 boyutlu bir saha örneği görülmektedir



Şekil 5- Aday Saha, Çevresi: 2.76 km , Alanı : 356 dönüm

Tablo 1 – de Antalya-Korkuteli bölgesinde seçilen aday saha için GEPA data kullanılarak, 1 MW 'lık bir olası santralın üreteceği yıllık enerji miktarı hesaplanmıştır. Tablo 2- de ise Antalya-Korkuteli için 1 MW' lık PV sistem tasarımı yapılmıştır. Bu tabloda, tasarlanan santralde kullanılacak güneş pili teknolojisi, sahip olduğu teknik özellikler, santralde kullanılan inverter ve teknik özellikleri, sahanın boyutu hesaplanmıştır. Sahanın boyutlandırılması yapılırken, bölgedeki güneşlenme durumuna göre, güneş pili panellerinin oluşturduğu yıllık gölge uzunluklarının ortalaması alınarak aralarındaki mesafe ayarlanmıştır.

Bu modelde, 1 MW lık optimum açıda güneye yönlendirilmiş sabit sistemin enerji üretimi: 1253,49 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Burada görüldüğü gibi 1 MW lık bir PV sistem 9,920 dönüme trafo binası ile birlikte yaklaşık 10 dönüme yerleşecektir. Seçilen aday sahaya, yerleştirilecek olan fotovoltaik paneller ise 35,6 MW güce sahip olacaktır. Eğer güneş panelleri çift eksenli izleyiciler üzerine yerleştirilirse enerji kazanımı % 35 olacak ve 1692,22 MWh/yıl enerji üretilerek şebekeye verilecektir. Bu durumda sisteme %20 ek maliyet gelecek ve arazi iki katına çıkacaktır.

Bu modele GEPA yerine NASA verileri uygulandığında, yıllık üretilen enerji 1353,74 MWh olarak hesaplanır. Bunun nedeni, GEPA verilerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

SONUÇ

Fotovoltaik Enerji Sistemleri teknolojisindeki gelişmelerin getirdiği maliyet düşüşleri yanında, YEK kanunu ile getirilen teşvik ve Kyoto protokolu ile karbon salınımı sınırlamasının getireceği maddi avantajlar, Güneş Santrallerinin çok yakın gelecekte Ülkemizde yaygın olarak kullanılmasını ve enerji gereksinimini büyük ölçüde çözeceğini göstermektedir. Güneş enerji santrallerinin kuruluş maliyetlerinin bu gün itibarı ile yüksekliği, başlangıç için dezavantaj gibi görülse de bu teknolojiye hızlı ilerlemenin yanı sıra, teşvik yasasında getirilen yerli üretim katkısı da maliyetlerin kısa sürede düşmesini sağlayacaktır. Ayrıca, çevre yatırımlarının neredeyse sıfır olması, İşletme-bakım maliyetlerinin düşüklüğü de bir avantaj olarak düşünülmelidir.

TABLO 1- ANTALYA-KORKUTELİ GEPÄ DATA İLE ENERJİ HESABI		1000 W/m2 de		Vm:		Voc:		Im:		Tq(gün. Süre)		100 kW İlık inv.e bağlanan		1000 kW İlık PV ye bağlı		1000kW İlık PV ye bağ inv. lerin top. Ener. üretimi	
ENLEM:37,0536 BOYLAM:30,1871		ΔT		k1 of temp.		Kpv		P(Wh/g)		(kWh/g)		kWh/g		kWh/g		MWh/g	
eğim=30	Wh/m2.d	3,4	10,5	0,96	0,71	418,7	6,24	299,08	2392,60	2,39							
Ocak	3368	3,5	7,6	0,97	0,72	436,1	6,50	311,57	2492,53	2,49							
Şubat	3469	5,1	14,8	0,94	0,70	624,5	9,31	446,10	3568,81	3,57							
Mart	5111	5,6	17,4	0,93	0,69	681,2	10,16	486,64	3893,15	3,89							
Nisan	5634	6,1	20,0	0,92	0,68	728,4	10,86	520,33	4162,62	4,16							
Mayıs	6087	6,3	22,7	0,91	0,68	747,3	11,14	533,84	4270,76	4,27							
Haziran	6315	6,3	25,2	0,90	0,67	738,5	11,01	527,56	4220,50	4,22							
Temmuz	6308	6,1	25,4	0,90	0,67	712,4	10,62	508,95	4071,58	4,07							
Ağustos	6090	5,8	24,2	0,91	0,67	684,2	10,20	488,74	3909,90	3,91							
Eylül	5819	5,1	22,4	0,91	0,68	605,5	9,03	432,57	3460,53	3,46							
Ekim	5111	3,8	15,3	0,94	0,70	457,8	6,83	327,06	2616,48	2,62							
Kasım	3754	3,0	12,2	0,95	0,71	376,4	5,61	268,91	2151,27	2,15							
Aralık	3048							5151,34	41210,72	41,21							
								Günlük ort. üretilen enerji (kWh/g)	429,28	3,43							
								Yıllık (MWh/yıl)	156686,59	1253492,75							
SİSTEMİN PİK GÜCÜ : 1,00 MW																	

TABLO 2- ANTALYA-KORKUTELİ İÇİN 1 MW LİK PV SİSTEM TASARIMI		ANTALYA-KORKUTELİ 1 MW LİK SİSTEMİN ÜRETTİĞİ ENERJİ (GEPA)	SABİT-OPTİMUM AÇIDA GÜNEYE YÖNELİK	ÇİFT EKSENLİ İZLEYİCİLİ % 35 ENERJİ KAZANIMI
SEÇİLEN BÖLGE	ANTALYA, KORKUTELİ			
SEÇİLEN BÖLGE ENLEM	E: 37,0536			
MODUL ADI	ZYTECH-ZT-175 S			
MODUL TİPİ	MONO-C	OPTİMUM EĞİM AÇISI (DERECE)	30	
BOY(m)	1,582	YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ (MWh)	1253,49	1692,22
EN(m)	0,81			
Vmax(V)	35,71			
Imax(A)	4,90			
Pmax (Wp)	175,0			
Voc (V)	43,60			
Isc (A)	5,50			
Modul Verimi	13,66			
Bir İnvertere bağlanacak seri modül sayısı (BİR PANEL)	14,91			
Bir Panelin Boyu (yerden yüksekliği) (m)	1,582			
Bir Panelin Eni (m)	12,08			
Bir Panelin Gücü (kW)	2,61			
Bir Panelin Çıkış Voltajı(Vdc)	532,4			
Bir Panelin Alanı (m2)	19,10			
Bir İnvertere Bağlanacak reel PV Güç (kW)	125,00			
Bir invertere bağlanacak paralel panel sayısı (bir kasa)	47,92			
YERLEŞİM				
Bir Kasa Boyu (m) (İki panel üst üste)	3,164			
Bir Kasa Eni (m)	578,64			
Bir Kasanın Yıllık Ort.Gölge Uzunluğu (m)	4,29			
8 Kasanın yerleşimi (sıra)	4,00			
Toplam Alan(m2)	9919,792			
Toplam Alan (DÖNÜM)	9,920			

TABLO 3- 1 MW LİK KRİSTAL VE AMORF YAPIDAKİ SABİT VE İZLEYİCİLİ PV SİSTEMLERİN MALİYET ANALİZİ

GÜNEŞ PİLİ TÜRÜ	KRİSTAL(SABİT)	AMORF(SABİT)	KRİSTAL (İZLEYİCİLİ)
GÜNEŞ PİLİ MODUL FİYATI (\$/W)	3,50	2,60	3,50
İNVERTER FİYATI (\$/W)	0,721	0,721	0,721
SANTRALDAKİ GÜNEŞ PİLLERİ TOPLAM FİYATI (\$)	3500000	2600000	3500000
SANTRALDAKİ İNVERTERLER TOPLAM FİYATI (\$)	576800	576800	576800
TOPLAM (\$)	4076800	3176800	4076800
MEKANİK KISIM , BAĞLANTILAR, İNŞAAT(% 15) (\$)	611520	476520	611520
ARAZİ HARİÇ TÜR SANTRALIN FİYATI (EUR)	3563123,2	2776523,2	3656074,24
ARAZİ FİYAT (\$/m2)	0,7	0,7	0,7
ARAZİ FİYAT TOPLAM (\$)	6943,9	13887,7	13887,7
SANTRAL TOPLAM İLK YATIRIM (\$)	4695263,9	3667207,7	4702207,7
SİSTEM TÜR YATIRIM MALİYETİ(EUR)	3568400,5	2787077,9	3573677,9
GARANTİLİ SATIŞ TARİFESİ (EURCENT/kWh)	25,0	25,0	25,0
KARBON SATIŞI (EURCENT/kWh)	3,0	3,0	3,0
TEŞVİK TUTARI (EUR/YIL)	350978,0	350978,0	473820,3
KAÇ YILDA GERİ ÖDER	10	8	8

TABLO 4-ANTALYA-KORKUTELİ –NASA DATA ENERJİ HESABI

ANTALYA- KORKUTELİ NASA DATA ENLEM:37,0536 BOYLAM:30,1871	1000 W/m2 de Tq(gün. Süre)	Im: 4,9	Voc: 43,6	Vm: 35,71	P(W/h/g)	Bir panelin enerji üretimi (kWh/g)	100 kW lık inv.e bağlanan panellerin üretimi	1000 kW lık PV ye bağlı inv. lerin top. Ener. üretimi	1000 kW lık PV En. Üret.
eğim=30	Wh/m2.d								
ocak	3,6	-11,9	1,05	0,77	485,8	7,24	347,01	2776,06	2,78
şubat	4,2	-11,0	1,04	0,77	561,5	8,37	401,10	3208,78	3,21
mart	5,0	-6,5	1,02	0,76	664,2	9,90	474,47	3795,76	3,80
nisan	5,2	-2,1	1,01	0,75	676,4	10,08	483,19	3865,50	3,87
mayıs	5,7	4,1	0,98	0,73	729,2	10,87	520,92	4167,35	4,17
haziran	6,4	9,9	0,96	0,71	801,2	11,94	572,38	4579,03	4,58
temmuz	6,5	13,7	0,95	0,70	797,6	11,89	569,77	4558,18	4,56
ağustos	6,3	13,7	0,95	0,70	771,1	11,50	550,85	4406,81	4,41
eyül	6,0	10,3	0,96	0,71	746,4	11,13	533,24	4265,91	4,27
ekim	4,9	2,7	0,99	0,73	630,3	9,40	450,29	3602,34	3,60
kasım	3,8	-5,8	1,02	0,76	503,8	7,51	359,89	2879,13	2,88
aralık	3,1	-11,8	1,04	0,77	420,2	6,26	300,20	2401,63	2,40
							5563,31	44506,48	44,51
						Günlük ort üretilen enerji: (kWh/g)	463,61	3708,87	3,71
						Yıllık üretilen En. (MWh/yıl)	169217,33	1353738,67	1353,74

SİSTEMİN PİK GÜCÜ: 1,00 MW