



KAHRAMANMARAŞ İLİ FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

2017

KAHRAMANMARAŞ İLİ FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

2017

SUNUŞ

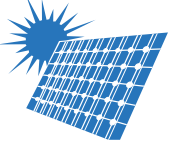
Uzun yıllar enerjisiyle ÷lkemizi besledi. Kömür÷yle, suyuyla, elektriğıyle... Çağı değışti, farkındalıklar değışti, teknoloji değışti, dünya değışti. Artık güneşiuyle de ÷lkemizi beslemeye aday. Konumu uygun, rakımı uygun, arazisi uygun, elektrik altyapısı uygun, yatırımcısı uygun, teknik elemanı uygun! Bu çalışma ile gör÷ld÷ ki güneş enerji potansiyeli de uygun. Artık mevzuatı ve kamusal işleyişi de uygun. Finansmanı, kredisi, desteğı, teşviğı de uygun... Fosil yakıtıyla meşhur Kahramanmaraş'ın ün÷ güneş yönl÷ değışmeye uygun! Halihazırda FV GES kurulumları başladı; elektrik üretiyor ancak kafi değıl. Daha fazla kurup daha fazla üretebiliriz. Elektrik arz güvenliğıimiz için buna ihtiyacımız var. Nüfus artıyor, sanayileşme büyüyor, temiz enerji bilinci geliyor. Her şeyimiz varken, enerji kaynak ithalinden bir an evvel uzaklaşmamız gerek. Bütçemize açık verdiren, cari açığıımızı büyüten, ödemeler dengemizi bozan hep aynı kalem, enerji ithalatı! Potansiyeli ortaya konan güneş enerjisinden FV yöntemle yeter miktarda elektrik ürettiğıimiz an ekonomimiz de, sanayimiz de, çevremiz de, iklimimiz de, insanımız da rahat bir nefes alacak. O güzel günlere kavuşmak dileğıiyle...

Not: Bu yayında olabildiğıince Türkçeleştirilmiş terimler önerilmiş ve ısrarla kullanılmıştır. “FV güneş elektriğı”, “FV GES”, “güneş ışıması” özgün terimlerden bazılarıdır. Bu terimlerin enerji ilgililerince yaşıatılması, yayınınızın en büyük kazançlarından olacaktır.

Dr. Levent YALÇIN

Araştırmacı

Ekim 2017



YÖNETİCİ ÖZETİ

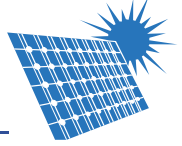
TR63 Bölge Planı (2014-2023)'nda bölgenin tamamının güneş enerjisine elverişli olduğu, bu alanda aktif rol alması gerektiği, yatırımların artırılması amacıyla yatırımcılara yönelik özendirici tedbirlerin alınması planlanmıştır. İşletmelerin kendi elektrik ihtiyaçlarını karşılamalarının desteklenmesi, kaynak çeşitliliği yaratılması, yeni sahaların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretime kazandırılabilmesine yönelik araştırma, analiz ve fizibilite çalışmaları yapılarak sonuçlarının yatırımcılarla paylaşılacağı taahhüt edilmiştir. Böylece başlatılan TR63 Bölgesi FV Güneş Elektrikçi Potansiyelinin Tespitine Yönelik Araştırma Geliştirme ve Fizibilite Çalışması kapsamında "Hatay ve FV Güneş Elektrikçi", "Kahramanmaraş ve FV Güneş Elektrikçi" ve "Osmaniye ve FV Güneş Elektrikçi" isimli 3 ayrı rapor hazırlanmıştır.

Dünya elektrik talebinin % 5'ini FV güneş elektrikçi ile karşılayan ülke sayısı hızla artmaktadır. Avrupa Birliği'nde de bu oranın 2020 yılında % 10'ların üzerine çıkacağı hedeflenmiştir. Ülkemizde ise 2017 Yaz'ı itibariyle FV GES kurulumu 1 GW'ın üzerine çıkarak, elektrik kurulu gücü pastasında % 1'ler mertebesine yükselmiştir. Mart 2017'de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca yapılan 1 GW kapasiteli YEKA-1 GES ihalesi ise bu konudaki iştahımızı tüm dünyaya göstermiştir. Dünya elektrik tüketimi sıralamasında, yıllık % 6'lık artış hızı ve 273 bin GWh/yıl ile ilk 20'de bulunan ülkemiz, birincil enerji arzını % 75 oranında fosil kaynakların ithalatıyla karşılamaktadır. Oysa Türkiye, enerji kaynaklı karbon salımını kişi başı 3,7 ton'dan, 2050'de 0,6 tona düşürmeyi taahhüt etmektedir. Bu dışa bağımlılık ve yüksek karbon salımı ekonomik, stratejik ve çevresel sorunlara sebep olmaktadır/olacaktır.

Bu bilgiler ışığında 2005 yılında Yenilenebilir Enerji Kanunu çıkarılıp alt mevzuat düzenlemeleri yapılmıştır. 2013 yılında güneşten elektrik üretimi için ilk lisanslama süreci başlatılmıştır. ETKB, hem kamudaki yöneticileri hem de sektördeki ilgilileri bilgilendirmek ve yönlendirmek adına GEPA çalışmasını hazırlamış ve duyurmuştur. Piyasa idareci ve düzenleyicileri bu kaynakları referans alarak Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretimi için yatırım yapılabilecek bölgeleri ve büyüklük sınırlarını ulusal boyutta belirlemiştir. Benzer potansiyel çalışmaları, farklı teknik ve yöntemler ile amaç özelinde hem ülkeler bazında ulusal ve bölgesel, hem de uluslararası örgütler tarafından bölgesel ve küresel olarak yapılmaktadır. Bu tip çalışmaların ortak paydası ve hedef kitlesi ulusal, bölgesel veya küresel karar alma süreçlerini yürüten karar vericileri bilgilendirmek ve yönlendirmektir. Girişimci/yatırımcı için bu tip küçük ölçekli çalışmalar yalnızca sorumlu oldukları sektör ve tüzel kişiliğin politikasını değerlendirirken yararlanılacak bir araç olarak işlev gösterebilmektedir. Yerele ve özele doğru inip, ölçeği büyüttükçe ilgili bölge ve sahaya has veri toplama, analiz ve potansiyel çalışmalarının yapılması gerekecektir.

Uluslararası Güneş Enerjisi Birliği (ISES) ve Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) Haziran 2016'da ortak bir çalışma başlatmışlardır. Bu çalışma ile güneş enerjisi alanında veri kaynaklarına olan güveni artırma ve sağlıklı veri oluşturulmasına yönelik işbirliğinin geliştirilmesi adına IRENA Küresel Yenilenebilir Enerji Atlası'nda güneş enerjisi ile ilgili veri kaynakları ve araçlarını detaylıca tanıtmışlardır. Veri sağlayıcıları da, kamuya açık olarak sağladıkları bu verileri nasıl topladıklarını ve verinin nasıl kullanılabileceğini ilgililere bilgilendirme gereği duymuşlardır. Yine Onuncu Kalkınma Planımızda, akademik ve iş dünyasında FV güneş elektrik üretimine dair yapılmış çalışmaların hassasiyetlerinin artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır! 4. Bileşen, Politika 1'de güneş kaynağının elektrik üretiminde kullanılmasına yönelik potansiyelin tam olarak tespit edilmesi planlanmaktadır.

Bahsi geçen küresel ve ulusal çalışmalar, ölçekleri ve yöntemlerinin doğası gereği fizibilite, proje veya büyük ölçekli coğrafik alan çalışmaları için yeterli detaya sahip olamazlar hatta yanılgılar barındırabilirler. Her çalışmada olduğu gibi, açıklanmış hata payları, ölçek büyüdükçe çok büyük sapma ve yanıltmalara sebebiyet verebilir. Bu nedenle, odaklanılmış bir coğrafik alan için ihtiyaca binaen özel veri toplama, analiz ve potansiyel çalışması yapılması gereği vardır. Küresel ve ulusal boyutta yayınlanmış bu çalışmalar altyapı, fizibilite, proje, girişim, yatırım, finans, destek ve kredilendirme kararlarını veren tüm mercileri doğruluğu oranında etkilemektedir.



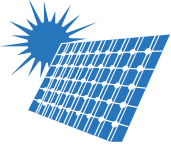
GEPA ulusal ölçekte bir çalışmadır ve tamamen doğrudan ölçüme değil bir güneşlenme şiddeti tahmin algoritmasına dayanmaktadır. Bu nedenle, açıklamasında da belirtildiği üzere, bazı noktalar için % 10'un üzerine çıkan oranlarda sapmalar gösterebilmektedir. Özellikle mikro klima bölgeleri ile kendisine has coğrafik, topoğrafik ve meteorolojik özellikleri olan dar bölgeler için tek başına projelere altlık olarak kullanılamamaktadır. Bu küçük ölçekli hassasiyet, Hatay ve Osmaniye için GEPA'da Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimleri ile İç Anadolu'nun kuzey bölgelerine tekabül eden bir yıllık güneş ışıması değeri işaret etmektedir. Bunun bir sonucu olarak, bazı FV GES teklif ve girişimleri GEPA haritasının bu "yeşil" (düşük güneş enerji şiddetine sahip bölge) gösterimine takılabilmişlerdir. Bu şehirlerimizdeki toplam FV GES kurulu gücü de bu kaygıyı desteklemektedir.

Bir FV GES'in performans öngörüsünde bulunabilmek için güneş ışıması (solar radyasyon) verisine ihtiyaç vardır. Dünyada farklı güneş ışıması veri kaynakları bulunur. Hiç biri kusursuz değildir. Her birini incelerken güçlü ve zayıf yönlerini iyi ayırt etmek gerekir. Bu araştırma geliştirme projesi kapsamında MGM doğrudan ölçüm verileri de dahil olmak üzere yaklaşık 12 ayrı yöntem ve kaynaktan Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye için FV güneş elektrik üretimine yönelik bir enerji potansiyeli çalışılmıştır. Genel olarak TR63 Bölgesi'nin, özel olarak da Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye'nin FV GES'ler için Türkiye'deki uygun bölgelerden olduğu ortaya çıkmıştır. Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye güneş enerjisi kapasitesi sırasıyla, Avrupa meteorolojik uydu verilerinden hesaplamayla çalışan PVGIS'e göre 1871, 1856, 1799 kWh/m²-yıl; Avrupa Güneş Atlası HelioClim'e göre 1804, 1792, 1717 kWh/m²-yıl; NASA SSE'ye göre 1727, 1702, 1702 kWh/m²-yıl; SolarGIS'e göre 1700, 1750, 1650 kWh/m²-yıl; EİE 1983'e göre 1402, 1387, 1380 kWh/m²-yıl; DMİ CAR projesiyonuna göre 1600, 1650, 1600 kWh/m²-yıl; DMİ GWR modeline göre 1625, 1625, 1600 kWh/m²-yıl; bizzat bu araştırma dahilinde MGM verilerine dayandırılarak yapılan hesaplamalarda 1320, 1611, 1546 kWh/m²-yıl olduğu hesaplanmıştır. 12 ayrı kaynak, bölgede kurulmuş ve ilk performans bilgileri alınmış FV GES üretimleri ile ülkemiz koşullarına dayandırılan tecrübelerin sonucunda ise bölgesel projelere esas teşkil edebilecek güneş ışıması değerleri Hatay'da 1827 kWh/m²-yıl, Kahramanmaraş'ta 1873 kWh/m²-yıl ve Osmaniye'de 1800 kWh/m²-yıl olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında referans kabul edilen bu potansiyel esas alınarak her bir il için 10 kW, 50 kW ve 1 GW'lık üç ayrı simülasyon geliştirilmiştir. Böylece ev kullanıcıları (10 kW), KOBİ ve tarımsal işletmeler (50 kW) ile üniversite, OSB veya büyük ölçekli işletmeler (1 GW) için örnek kurulum tasarımları ve ekonomik analizleri ortaya konabilmektedir. Bu koşullarda üretilen elektrik öz tüketim amaçlı kullanılabileceği gibi ihtiyaç fazlası da, FV GES işletmeye geçtiği tarihten itibaren 10 yıl süre ile görevli tedarik şirketleri vasıtasıyla 0,133 \$c/kWh (ABD Doları kuruşu) fiyattan alınır. Ayrıca FV GES'te belgelendirilmiş yerli aksam kullanılmış ise YEK Kanunu Ek-II sayılı cetvelinde yer alan fiyatlar beş yıl süreyle ilave edilir.

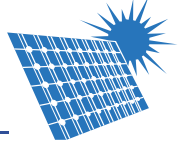
Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi yatırım sürecinin ilk aşaması yatırım yeri seçimidir. Dünyadaki güneşten elektrik üretim yatırımlarının çoğunluğunun yüksek güneşlenme potansiyeline sahip, alternatif maliyetleri düşük, geniş ve düz araziler üzerine kurulu ve ağırlıklı olarak FV tarlalarından oluştuğu görülmektedir. Bu şartlar göz önüne alındığında, TR63 Bölgesi başta güneşlenme potansiyeli ve elverişli arazilerin varlığı olmak üzere birçok bakımdan, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulması için ülkemizin uygun bölgelerinin başında gelmektedir. Özellikle Hatay ve Osmaniye'de yeterince güneşten elektrik üretim yatırımı bulunmadığı düşünüldüğünde, TR63 Bölgesi'nde güneşlenme potansiyelinin bu şekilde akademik, teknik ve ekonomik olarak sayısal ifadelerle ortaya çıkarılmış olması karar vericiler açısından önem arz etmektedir.

Çalışmadaki amaç, TR63 Bölgesi'nde FV yöntemle güneşten elektrik üretiminin teknik ve ekonomik olarak uygunluğunun varsa ortaya çıkarılmasıdır. Çalışmanın çıktılarının tüm ilgilileri daha doğru kararlar almaya iteceği kaçınılmazdır. Sonuç ve önerilerin etkisi olarak, Kamu karar vericilerinin Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye'yi FV güneş elektrikli yatırım yapılabilir iller olarak tanımları; Girişimciler ve yerli-yabancı yatırımcıların bölgeyi tercih etmeleri ve yatırım kararı almaları; Bölgedeki sanayi, ticari ve evsel faaliyet gösteren elektrik tüketicilerinin öz tüketimlerini bu yöntemle karşılamaları; Finans ve destek kuruluşlarının bu konudaki teklifleri olumlu değerlendirmeleri beklenmektedir.

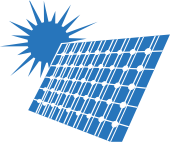


İçindekiler

Önsöz	iii
YEGM Sunuş	v
Sunuş	vii
Yönetici Özeti	ix
İçindekiler	xi
Şekiller Dizini	xiii
Çizelgeler Dizini	xv
Simgeler ve Kısaltmalar	xvi
A. KAHRAMANMARAŞ'TA FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ ARAŞTIRMASI	1
1. GİRİŞ VE GENEL BİLGİ	2
1.1. Dünyada FV Güneş Elektrik	4
1.2. Türkiye'de Elektrik ve FV Güneş Elektrik	8
1.3. Kahramanmaraş'ta FV Güneş Elektrik	14
1.4. FV Güneş Elektrik Mevzuatı	15
1.4.1. Uluslararası belgeler	15
1.4.2. Ulusal belgeler	16
1.4.3. Bölgesel belgeler	19
1.4.4. Kanun, yönetmelik, tebliğ	20
2. KAHRAMANMARAŞ'IN GENEL YAPISI	25
2.1. Fiziki ve Coğrafi Yapı	25
2.1.1. Coğrafya	25
2.1.2. TR63 Bölgesi alt bölgeleri	26
2.1.3. Topoğrafya ve jeomorfoloji	28
2.1.4. Toprak yapısı ve arazi kullanımı	29
2.1.5. Korunan alanlar	29
2.2. Sosyo-ekonomik yapı	31
2.2.1. Nüfus ve idari yapı	31
2.2.2. Ekonomi	32
2.2.3. Ulaşım	32
3. KAHRAMANMARAŞ'IN METEOROLOJİK ANALİZİ	35
3.1. İklim	35
3.2. Sıcaklık	36
3.3. Nispi nem	37
3.4. Rüzgar	38
3.5. Bulut kapallılığı	39
3.6. Güneşlenme süresi	40
3.7. Küresel güneş ışıması	41
4. FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ TEKNOLOJİSİ	43
4.1. FV İskeleti	43
4.2. FV Türleri	48
4.3. FV Sistem Bileşenleri	51
4.4. FV Standartları	53
4.5. FV GES istihdamı	55
4.6. FV GES saha seçimi	57
4.7. FV GES proje hazırlama	59
4.8. FV GES entegrasyon	60
5. KAHRAMANMARAŞ'IN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ	62
5.1. GEPA ile Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	67
5.2. GEPA ile Osmaniye'nin FV Güneş Elektrik Potansiyeli	70
5.3. PVGIS ile Osmaniye'nin FV Güneş Elektrik Potansiyeli	72

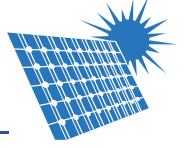


5.4.	HELIOCLIM ile Osmaniye'nin FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli	75
5.5.	NASA SSE ile Osmaniye'nin FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli	76
5.6.	SOLARGIS ile Osmaniye'nin FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli	77
5.7.	Global Solar Atlas ile Osmaniye'nin FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli	78
5.8.	MGM Verileri ile Osmaniye'nin FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli	79
5.8.1.	MGM güneş ölçümleri ve güneş enerjisi potansiyeli çalışmaları	79
5.8.2.	TR63 Bölgesi meteoroloji istasyonları güneş ışıması ölçümleri	85
5.8.3.	Kahramanmaraş'ın teorik güneş enerjisi potansiyeli	89
5.8.4.	Kahramanmaraş'ın saha güneş enerjisi potansiyeli	92
5.9.	Kahramanmaraş'ın Uygulama Güneş Enerjisi Potansiyeli	98
B.	KAHRAMANMARAŞ'IN FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ FİZİBİLİTESİ.....	101
6.	KAHRAMANMARAŞ'IN FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİNE YAPISAL UYGUNLUĞU	102
6.1.	Elektriksel Alt Yapı ve Trafo Merkezleri	102
6.2.	Arazi uygunluğu ve yatırım kapasitesi	105
6.3.	Potansiyel Enerji Bölgeleri ile Karşılaştırma	106
6.4.	TR63 Bölgesi FV Güneş Elektrikçi Potansiyel Haritası	108
7.	KAMUSAL İZİNLER, KARARLAR, UYGULAMALAR	112
7.1.	TEİAŞ Uygulamaları	114
7.2.	TEDAŞ Uygulamaları	114
7.3.	Toroslar EDAŞ - AKEDAŞ Uygulamaları	116
7.4.	YEGM Uygulamaları	117
7.5.	İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü	117
7.6.	İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü	118
7.7.	Orman Bölge Müdürlüğü uygulamaları	119
7.8.	Belediye Uygulamaları	119
7.9.	Diğer Kamusal Uygulamalar	119
8.	KAHRAMANMARAŞ'TA FV GES YATIRIM DEĞERLENDİRMELERİ İLE SENARYO VE SİMÜLASYONLAR.....	122
8.1.	Senaryo ve Simülasyonlar	122
8.1.1.	10 kWp FV GES örnek projelendirme	124
8.1.2.	50 kWp FV GES örnek projelendirme	125
8.1.3.	1 MW FV GES örnek projelendirme	127
8.2.	Finansal Değerlendirme	128
8.2.1.	10 kWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi	129
8.2.2.	50 kWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi	130
8.2.3.	1 MWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi	132
8.3.	Ekonomik Değerlendirme	133
8.3.1.	Proje finansmanı	136
8.3.2.	Teşvik ve destekler	138
9.	TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	140
	Ekler	145
	Kaynaklar	160
	Hakkımızda	166
	Yasal Uyarı	167
	Teşekkür	167
	Notlar	168

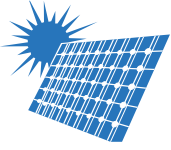


Şekiller Dizini

Şekil 1: FV güneş elektrikçi küresel kapasitesi ve yıllık artışlar, 2000-2016 (Kaynak: IEA) [8]	4
Şekil 2: 2020'ye kadar küresel toplam FV güneş elektrikçi yıllık kurulum artış senaryoları (Kaynak: Solar Power Europe) [9] ..	5
Şekil 3: Avrupa FV kurulu gücünün 2015 yılı elektrik talebine katkısı (Kaynak: Solar Power Europe) [9]	6
Şekil 4: Avrupa Birliği'nde yenilenebilir enerjinin payı (Kaynak: EU Stat) [13]	6
Şekil 5: Elektrik üretiminden kaynaklanan karbon salımının yıllara göre dağılımı (Kaynak: EİGM) [23]	11
Şekil 6: 2017 yılı Ocak ayı ve öncesi 24 aylık dönemde güneş enerjisi ile gerçekleştirilen elektrik üretimi (Kaynak: TEİAŞ) ..	12
Şekil 7: FV GES başvurularının iller bazında dağılımı, Mayıs 2016 (Kaynak: TEİAŞ) [25]	13
Şekil 8: Türkiye'de Kahramanmaraş	25
Şekil 9: TR63 Bölgesi Gelişim Şeması (Kaynak: DOĞAKA)	27
Şekil 10: İl Çevre Düzeni Planları doğrultusunda DOĞAKA tarafından hazırlan TR63 Bölgesi Deprem Haritası [41]	28
Şekil 11: Kahramanmaraş korunan alanlar	30
Şekil 12: TR63 Bölgesi İllerinin İdari Bölünüşü (Kaynak: DOĞAKA) [62]	31
Şekil 13: TR63 Bölgesi Ulaşım Ağı (Kaynak: DOĞAKA) [63]	33
Şekil 14: TR63 Bölgesi limanları ve limanların yakın çevresine ulaşım sistemi (Kaynak: DOĞAKA) [63]	34
Şekil 15: Kahramanmaraş ortalama sıcaklık 1980'ler ve 2010'lar	36
Şekil 16: Kahramanmaraş maksimum sıcaklık 4 on yıl	36
Şekil 17: Kahramanmaraş nispi nem 4 on yıl	37
Şekil 18: Kahramanmaraş minimum nispi nem 1980'ler ve 2010'lar	37
Şekil 19: Kahramanmaraş ortalama rüzgar hızı 4 on yıl	38
Şekil 20: Kahramanmaraş maksimum rüzgar hızı 4 on yıl	38
Şekil 21: Kahramanmaraş ortalama kapalılık 4 on yıl	39
Şekil 22: Kahramanmaraş maksimum kapalılık 4 on yıl	39
Şekil 23: Kahramanmaraş ortalama güneşlenme süresi 3 on yıl	40
Şekil 24: Kahramanmaraş maksimum güneşlenme süresi 3 on yıl	40
Şekil 25: Kahramanmaraş ortalama güneş ışıması 3 on yıl	41
Şekil 26: Kahramanmaraş maksimum güneş ışıması 3 on yıl	42
Şekil 27: Elektromanyetik spektrum	43
Şekil 28: Fotovoltaik etki [65]	44
Şekil 29: Hücreler modülü, modüller dizeyi oluşturur [65]	45
Şekil 30: FV hücrelerin seri bağlantısı	45
Şekil 31: FV modül hücrelerinin seri ve paralel bağlantı ile akım gerilim ayarlaması [67]	46
Şekil 32: Bir hücrenin örnek akım-gerilim grafiği	47
Şekil 33: Tipik bir FV modül etiketi	48
Şekil 34: FV yapıların birim alanda yıllık elektrik üretebilme kapasiteleri, GEPA [3]	49
Şekil 35: Tek kristalli FV yapı	49
Şekil 36: Çoklu kristal FV yapı	50
Şekil 37: Meteorolojik güneş ölçüm cihazları [79]	63
Şekil 38: Yön (A), yükseklik (h) ve geliş (z) açılarının gösterimi	64
Şekil 39: Işınlardan atmosferde izlediği Yol	65
Şekil 40: YEGM Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	68
Şekil 41: GEPA ay içerisindeki bir günlük toplam güneş radyasyonu	69
Şekil 42: Ay içerisindeki bir günlük toplam güneşlenme süresi	69
Şekil 43: Türkiye haritasında denizden yükseklik artışı ile güneş enerjisi potansiyel artışı ilişkisi	70
Şekil 44: GEPA Kahramanmaraş güneş enerjisi potansiyeli	71
Şekil 45: GEPA Kahramanmaraş ay bazlı günlük ortalama güneşlenme süreleri, saat	71
Şekil 46: GEPA Kahramanmaraş ay bazlı günlük küresel radyasyon (güneş ışıması), 4 kWh/m ²	71
Şekil 47: GEPA Kahramanmaraş PV Tipi-Alan-Üretebilecek Enerji (KWh-Yıl)	71
Şekil 48: PVGIS-3 ve PVGIS-CMSAF arasındaki radyasyon değişimi, Avrupa	73
Şekil 49: PVGIS-3 ve PVGIS-CMSAF arasındaki radyasyon değişimi, Türkiye	73

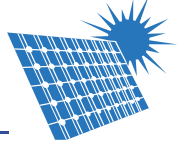


Şekil 50: PVGIS Avrupa güneş enerjisi potansiyel haritası [86]	74
Şekil 51: PVGIS 5 beta ile Türkiye ve TR63 Bölgesi'nin FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli	75
Şekil 52: SolarGIS Avrupa ve Türkiye güneş ışıma potansiyeli [89]	77
Şekil 53: SolarGIS Türkiye küresel yatay radyasyon (güneş ışıması) haritası [89]	78
Şekil 54: Global Solar Atlas Türkiye güneş enerjisi potansiyeli	78
Şekil 55: Türkiye güneş enerjisi alansal ve zamansal dağılımı, 107 TET (Kaynak: DMİ) [80]	81
Şekil 56: Türkiye yıllık ışıma şiddeti haritası, cal/cm2-gün (Kaynak: DMİ) [80]	82
Şekil 57: MGM Türkiye yıllık toplam güneşlenme süreleri [95]	83
Şekil 58: MGM Türkiye yıllık toplam güneş radyasyonu (CAR modeline göre) [95]	84
Şekil 59: Gözlenen güneşlenme şiddeti ile GWR model çıktısı arasındaki kalıntı haritası [95]	84
Şekil 60: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması ortalama ölçümleri	86
Şekil 61: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması minimum ölçümleri	87
Şekil 62: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması maksimum ölçümleri	88
Şekil 63: Kahramanmaraş açık gökyüzü teorik güneşlenme süresi, saat/gün [96]	90
Şekil 64: Kahramanmaraş açık gökyüzü teorik güneş ışıması potansiyeli, kWh/gün [97]	92
Şekil 65: Kahramanmaraş güneşlenme süresi ölçümleri, Saat/gün (1985-2015)	94
Şekil 66: Kahramanmaraş Küresel güneş ışıması ölçümlerinin maksimum, ortalama ve minimum serileri	97
Şekil 67: TEİAŞ Türkiye elektrik (enterkonekte) iletim sistemi, 2004	102
Şekil 68: Kahramanmaraş TEİAŞ trafo merkezleri	103
Şekil 69: TR63 Bölgesi Enerji Sektörü Gelişim Haritası (Kaynak: DOĞAKA) [43]	105
Şekil 70: Kahramanmaraş'ta FV GES kurulumuna uygun saha önerileri (Beyaz taralı)	106
Şekil 71: TR63 Bölgesi aylık güneş ışıması değerleri haritalaması	109
Şekil 72: TR63 Bölgesi yıllık güneş ışıması değerleri haritalaması	112



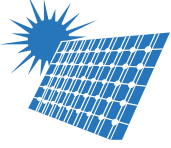
Çizelgeler Dizini

Çizelge 1: Dünyada 2016 yılında yapılmış bazı FV GES ihalelerinde kazananların teklifleri.....	7
Çizelge 2: 2005 – 2014 Yılları Türkiye elektrik sistemi puant güç ve enerji tüketimi	9
Çizelge 3: Lisanslı elektrik kurulu gücünün kaynak bazında dağılımı, 2017 Ocak [20] ve 2016 elektrik üretimleri.....	9
Çizelge 4: Elektrik lisansları	10
Çizelge 5: Elektrik Üretim Tesisi İstatistikleri (Kaynak: EPDK)	10
Çizelge 6: Yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli, 2015 (Kaynak: ETKB) [24]	11
Çizelge 7: 2017 Şubat ayı sonu itibariyle lisanssız elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı, MWe.....	11
Çizelge 8: Şubat 2017 döneminde lisanssız elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı, MWh (Kaynak: ETKB) [20].....	12
Çizelge 9: FV GES başvurularında son durum (Kaynak: TEİAŞ) [25].....	13
Çizelge 10: Kahramanmaraş FV GES tesisleri (Kaynak: TEİAŞ).....	14
Çizelge 11: TEİAŞ Kahramanmaraş FV GES kapasite tahsisi.....	15
Çizelge 12: Kahramanmaraş'ta tarım [58] ve ormanlık alanların dağılımı, Ha [59] (Kaynak: TÜİK ve OGM)	29
Çizelge 13: Kahramanmaraş'ta yer alan OSB'ler (Kaynak: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı) [63].....	32
Çizelge 14: Fotovoltaik kabloların karakteristik özellikleri ve gereksinimleri EN 50618 standardı.....	52
Çizelge 15: FV güneş elektrik sistemleri için standartlar	53
Çizelge 16: 15 °C sıcaklıkta bazı yükseklik değerlerine ait hava basıncı ve yoğunluğu	65
Çizelge 17: Kahramanmaraş PVGIS küresel güneş ışıması değerleri, kWh/m ²	75
Çizelge 18: Kahramanmaraş için HelioClim uydu izlemeli FV güneş elektrik potansiyeli, kWh/m ² -yıl.....	76
Çizelge 19: SSE Kahramanmaraş güneş enerjisi potansiyeli.....	76
Çizelge 20: Global Solar Atlas Kahramanmaraş/ güneş enerjisi potansiyeli.....	79
Çizelge 21: Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (Kaynak: DMI) [80].....	80
Çizelge 22: Türkiye coğrafi bölgeler güneşlenme süresi ve güneş ışıması (Kaynak: DMI) [80].....	80
Çizelge 23: Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (Kaynak: DMI).....	83
Çizelge 24: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması ortalama ölçümleri, W/m ² (1985-2015).....	85
Çizelge 25: Kahramanmaraş açık gökyüzü teorik günlük güneşlenme süresi, saat/gün [96]	89
Çizelge 26: Kahramanmaraş Bird Clear Sky Modeline göre teorik günlük güneş ışıması, kWh/gün [97]	91
Çizelge 27: Kahramanmaraş güneşlenme süresi ölçümleri, Saat/gün (1985-2015)	93
Çizelge 28: Kahramanmaraş MGM ortalama küresel güneş ışıması, kWh/m ² , 1985-2015.....	95
Çizelge 29: Kahramanmaraş MGM maksimum küresel güneş ışıması, kWh/m ² , 1985-2015	96
Çizelge 30: Farklı kaynak ve farklı yöntemlere göre Kahramanmaraş'ın uygulamaya yönelik güneş enerjisi potansiyeli ...	99
Çizelge 31: Kahramanmaraş için referans FV GES projelendirme senaryosuna esas küresel güneş ışıması, kWh/m ²	100
Çizelge 32: Kahramanmaraş elektrik üretim tesisi istatistikleri (Kaynak: EPDK).....	104
Çizelge 33: Ocak 2017 Döneminde Faturalanan Elektrik Tüketiminin İl ve Tüketici Türü Bazında Dağılımı, MWh.....	104
Çizelge 34: Faturalanan elektrik tüketiminin tüketici türü bazında dağılımının dönemler arası karşılaştırılması	104
Çizelge 35: Karapınar YEKA-1 GES ve Kahramanmaraş için dikkate alınan güneş enerjisi yatırım parametre değerleri	107
Çizelge 36: Güneş Enerjisi için Finansman Modelleri GZFT matrisi (Kaynak: GÜNDER) [16]	108
Çizelge 37: TEDAŞ elektrik tesislerinin proje onayı ve kabul hizmet bedellerine ait 2017 yılı güncellenmiş hizmet satış listesi, .	114
Çizelge 38: FV GES yatırım mühendislik, tedarik ve kurulum (EPC) fiyatlandırması derlemesi, \$/Wp.....	123
Çizelge 39: Kahramanmaraş 10 kWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-1)	124
Çizelge 40: Kahramanmaraş 10 kWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-1)	125
Çizelge 41: Kahramanmaraş 50 kWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-2)	126
Çizelge 42: Kahramanmaraş 50 kWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-2)	126
Çizelge 43: Kahramanmaraş 1 MWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-3)	127
Çizelge 44: Kahramanmaraş 1 MWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-3)	128
Çizelge 45: Kahramanmaraş 10 kW Referans senaryo finansal veriler özeti.....	130
Çizelge 46: Kahramanmaraş 50 kW Referans senaryo finansal veriler özeti.....	131
Çizelge 47: 1 MW Referans senaryo finansal veriler özeti	133
Çizelge 48: Lisanssız üreticiler için yıllık işletim ücretleri	134
Çizelge 49: Senaryoların karşılaştırılması	135
Çizelge 50: Kahramanmaraş 1 MW FV GES projesi için karbon kredisi hesaplaması.....	135
Çizelge 51: TR63 Bölgesi için yararlanılabilecek kamusal teşvik ve destekler.....	139

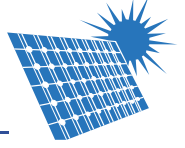


Simgeler ve Kısaltmalar

\$	ABD Doları
A	Azimet (yön açısı)
AA	Alternatif Akım
AFD	Fransa Kalkınma Bankası
AG	Alçak gerilim
AKEDAŞ	Adıyaman Kahramanmaraş Elektrik Dağıtım A.Ş.,
AM	Hava Kütleli (Air Mass)
AR5	IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu
Bkz.B:	İlgili bölüm numarasına bakınız
BM	Birleşmiş Milletler
BM-İDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BOS	Denge bileşenleri (Balance of System)
cal/cm2	Santimetrekareye gelen kalori enerji
CAPEX	İlk yatırım maliyeti
CAR	Cloud-Aerosol Radiation Ensemble Modelling System
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CdSe	Kadmiyum selenit (Cadmium Selenide)
CdTe	Kadmiyum tellür (Cadmium Tellur)
CE	Conformité Européenne (Avrupa Birliği'nin Yeni Yaklaşım Direktiflerine uygunluk işareti)
CIS	Bakır İndiyum Diselenit (Copper Indium Selenide)
CMSAF	The Satellite Application Facility on Climate Monitoring (İklim İzlemede Uydu Uygulaması)
CPV	Yoğunlaştırılmış FV (Concentrated Photovoltaic)
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
DA	Doğru Akım
DC	Doğru Akım (Direct Current)
DEM	Sayısal Yükseklik Modeli
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DMT	Dünya Meteoroloji Teşkilatı (World Meteorological Organization, WMO)
DNI	Doğrudan normal ışıma (Direct Normal Irradiation)
Dr.LY	Dr. Levent YALÇIN, Yazarın notu
EBRD	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (European Bank for Reconstruction and Development)
EC JRC	Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (Joint Research Centre- European Commission)
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü
EN	Avrupa Standardı (European Norm)
EPC	Mühendislik, Tedarik, Kurulum, MTK (Engineering Procurement and Construction)
EPİAŞ	Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
ESMAP	Enerji Sektörü Yönetim Yardım Programı (The Energy Sector Management Assistance Program)
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FAVÖK	Faiz Amortisman Vergi Öncesi Kar (EBITDA - Earnings Before Interest Taxes Depreciation and Amortisation)
FV	Fotovoltaik
FV GES	Fotovoltaik Güneş Elektrik Santrali
FVGSP S5	Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli Seviye 5
FVGSP S3	Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli Seviye 3
FVGSP S4	Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli Seviye 4
GaAs	Galyum Arsenit
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Elektrik Santrali
GÖS	Geri Ödeme Süresi
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Milli Hasıla

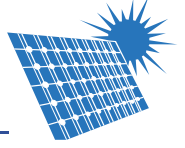


GW	Giga watt
GWR	Geographically Weighted Regression (Coğrafik Ağırlıklı Regresyon)
GZFT	Güçlü Zayıf Fırsat Tehdit
HİDP	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)
I	Akım
I-V	Akım-Gerilim
EDAŞ	Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
İKO	İç Karlılık Oranı
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (The International Electrotechnical Commission)
INDC	Kesin Katkılar için Ulusal Niyet Beyanı (Intended Nationally Determined Contribution)
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, HDİP (Intergovernmental Panel on Climate Change)
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
Isc	Kısa devre akımı (short circuit current)
ISES	Uluslararası Güneş Enerjisi Birliği (International Solar Energy Society)
ISO	Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (International Standard Organization)
İDEP	Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı
İDES	Türkiye Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi
İDUSEP	İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı
İHD	İşletme Hakkı Devri
JBIC	Japon Kalkınma Bankası (Japan Bank for International Cooperation)
kcal/cm ²	Santimetrekareye gelen kilokalori enerji
kW	Almanya Kalkınma Bankası
KÖK	Kesici ölçü kabini
kW	kilo watt
kWh/kWp	Tepe kilovat başına kilovat saat
kWh/kWp/gün	Bir günde tepe kilovat başına düşen kilovat saat
kWh/kWp/yıl	Bir yılda tepe kilovat başına düşen kilovat saat
kWh/m ²	Bir metrekareye düşen kilovat saat enerji
kWp	Tepe kilovat
LCOE	Seviyelendirilmiş enerji maliyeti (Levelized Cost of Energy)
LÜY	Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPPT	Maksimum güç noktası yakalayıcı (Maximum power point tracker)
MTK	Mühendislik Tedarik Kurulum (EPC)
MW	Mega watt
MYK	Mesleki Yeterlilik Kurumu
N	Negatif
NBD	Net Bugünkü Değer
NOCT	Normal işletim FV hücre sıcaklığı (Normal Operating Cell Temperature)
NREL	Amerika Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (National Renewable Energy Laboratories)
OG	Orta Gerilim
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
P	Pozitif
PR	Performans oranı (performance ratio)
PMUM	Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
REPA	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES	Rüzgar Enerjisi Santrali
SELVAZ	SElected -Voltage-Amper-Z, empedans yöntemi
Si	Silisyum
SOLARGIS	Solar Geographical Information System (Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Güneş)
SSE	Surface meteorology and Solar Energy



STC	Standart deney şartları, SDŞ (Standard Test Conditions)
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
tCO ₂	Ton karbondioksit
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü
TEP	Ton Eşdeğeri Petrol
TET	Ton Eşdeğeri Taşkömürü
TL/Wp	En yüksek güç (peak Watts) başına para birimi (TL)
TS	Türk Standardı
TurSEFF	Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı
TWh	Tera Watt saat
Voc	Açık devre gerilimi (open-circuit voltage)
W/m ²	Metrekareye düşen watt saat güç
Wh/m ²	Metrekareye düşen watt saat enerji
Wm-2	Metrekareye düşen watt saat güç
Wp	Watt peak (Watt cinsinden tepe güç)
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YG	Yüksek Gerilim
Yİ	Yap-İşlet
YİD	Yap-İşlet-Devret
z	Zenit (güneşin geliş açısı)

**A. KAHRAMANMARAŞ'TA
FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ
ARAŞTIRMASI**



1. GİRİŞ VE GENEL BİLGİ

İnsanlığın ekonomik ve sosyal gelişimini sürdürülebilir kılmanın en temel gereksinimi enerjidir. Bu yaklaşımla enerji, sosyo-ekonomik bir kavramdır. Özellikle elektrik enerjisi hemen hemen tüm mal ve hizmet üretiminin ana girdisidir. Bu sebeple enerjinin kesintisiz, güvenilir ve ekonomik olması esastır. Artan nüfus ve ekonomik büyümeye paralel olarak büyüyen mal ve hizmet talebi, elektrik enerjisi talebini de artırmaktadır. Bu talebi karşılayacak mal ve hizmet arzını sürekli kılabilme adına elektrik enerjisi arzını da doğru orantıda büyütmek zorunluluğu vardır. Dünya sanayi devriminden 20. Yüzyıl sonlarına kadar bu ihtiyacı zamanın konvansiyonel enerji kaynakları olan kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklardan ve nükleer enerjiden karşılamıştır.

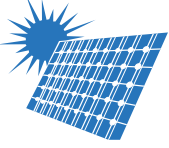
İnsan sağlığına zarar veren hava kirliliği ve tüm canlı hayatı olumsuz etkileyen iklim değişikliği gibi küresel sorunlara sebep olduğu ispatlanmış konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımının azaltılması hem bilimsel olarak hem de uluslararası sözleşmeler gereği artık bir zorunluluktur. Konvansiyonel enerji kaynaklarının tükenebilir olması, nükleer enerjinin de geçmişte insanlığa yaşattığı acı tecrübelerden kaynaklı risk algısı, insanlığı yeterli, kaliteli, sürekli, ucuz tanımlamalarının yanında temiz ve kendisini yenileyebilen enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Erişimi en adil ve yaygın olan kaynak ise güneştir (Bkz.B:1.1).

Enerji, uluslararası olduğu kadar ülkemiz ekonomi ve strateji gündeminde de önemli bir yer tutmaktadır. Son on beş yılda elektrik tüketimi iki katına çıkmıştır (Bkz.B:1.2). Nitekim gelişen bir ülke olarak Türkiye’de kişi başına düşen elektrik tüketimi 2000 yılında 1908 kWh iken 2015 yılında 3373 kWh’e çıkmıştır [1]. Bu talep artışını kesintisiz karşılayabilmek için, konvansiyonel öz kaynakları kısıtlı olan Türkiye, enerji ithalatına yönelmiştir. Büyük oranda ithalatla sağlanan enerji arzi mal ve hizmet üretimi yanında cari açığı da büyümüştür. Enerji ithalatı Türkiye’nin dış ticaret dengesinin bozulmasında en önemli paya sahiptir. Ortalama yıllık enerji ithalatı, mal ithalatının yaklaşık yüzde 23’ünü oluştururken; enerji ve enerji ham maddesi ithalatının cari açığıdaki payı 2015 yılında % 88, 2016’nın ilk altı ayında % 89’dur [2]. Ekonomik olarak mali bir yük kalemi olan ithal enerji, stratejik olarak da ülke yönetimi ve geleceği için çözülmesi gereken bir problemdir. Bu sebeplerden dolayı, ihracatta rekabetçi güce sahip olunması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması doğrultusunda ulusal politikamız şekillendirilmiştir (Bkz.B:1.4.2).

Ülkemizde 1980’li yıllarda başlayan elektrik piyasası yeniden yapılanma gayretleri, 2001 yılında yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Kanunu, alt mevzuatı ve muhtelif zamanlardaki revizyonları aracılığıyla, özelleştirme ve serbestleştirme ilkesi doğrultusunda, elektriğin üretimi, iletimi, dağıtımı, tedariği ve ticaretinin özel sektör yatırımcılarının ağırlıklı olduğu yeni bir piyasaya dönüşmesiyle son bulmuştur. Bu piyasanın düzenlenme, denetim ve iletim sorumluluğu kamu; üretimin büyük bir kısmı ile dağıtım ve ticareti gibi tüketiciye sunulması ise özel sektör marifetiyle yürütülmektedir (Bkz.B:1.2). Ayrıca piyasa işletim lisansında yer alan enerji piyasalarının etkin, şeffaf, güvenilir ve enerji piyasasının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve işletilmesi için 18 Mart 2015’te bir enerji piyasası işletmecisi olarak Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ) kurulmuştur.

Konvansiyonel kaynakların kısıtlı oluşu, iklim değişikliğine sebebiyet veren küresel ısınmanın durdurulması/azaltılması çabaları ile ekonomik ve stratejik kaygılar uluslararası camia gibi Türkiye’nin de ilgisini alternatif enerji kaynaklarına çekmiştir. Bu kapsamda uluslararası sözleşmeler imzalanmış, üstlenmeler duyurulmuştur. Ulusal anlamda da yerli, yeterli, yeni, yenilenebilir enerji kaynaklarının tespiti, çeşitlendirilmesi, potansiyelinin ortaya çıkarılması, teknoloji ve tekniğinin geliştirilmesi ile piyasaya kazandırılarak kaliteli, sürekli, ekonomik, temiz ve yenilenebilir kaynaklarla sektörün geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu yaklaşımla 2005 yılında YEK (Yenilenebilir Enerji Kanunu) yürürlüğe girmiş, çeşitli kaynaklar özelinde lisanslama, teşvik ve destek mekanizmaları çalıştırılmıştır (Bkz.B:1.4).

İlk olarak rüzgar enerjisinden elektrik üretmek isteyen girişimci/yatırımcılara 2007 yılında lisansları dağıtılmış; buradan edinilen tecrübe ve öğrenmelerle 2013 yılında güneşten elektrik üretimi için lisanslama süreci başlatılmıştır. Enerji ve Tabi

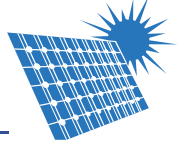


Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), hem kamudaki yöneticileri hem de sektördeki ilgilileri bilgilendirmek ve yönlendirmek adına Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) ve Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) çalışmalarını yapmış ve duyurmuştur [3]. Piyasa idareci ve düzenleyicileri bu kaynakları referans alarak Türkiye’de rüzgar ve güneş enerjisinden elektrik üretimi için yatırım yapılabilecek bölgeleri ve büyüklük sınırlarını ulusal boyutta belirlemişlerdir [4]. Benzer potansiyel çalışmaları, farklı teknik ve yöntemler ile amaç özelinde hem ülkeler bazında ulusal ve bölgesel hem de uluslararası örgütler tarafından bölgesel ve küresel olarak yapılmaktadır. Bu tip çalışmaların ortak paydası ve hedef kitlesi ulusal, bölgesel veya küresel karar alma süreçlerini yürüten karar vericileri bilgilendirmek ve yönlendirmektir. Girişimci/yatırımcı için bu tip küçük ölçekli çalışmalar yalnızca sorumlu oldukları sektör ve tüzel kişiliğin politikasını değerlendirirken yararlanılacak bir araç olarak işlev gösterebilmektedir. Yerele ve özele doğru inip, ölçeği büyüttükçe ilgili bölge ve sahaya has veri toplama, analiz ve potansiyel çalışmalarının yapılması gerekecektir [5]. Nitekim Uluslararası Güneş Enerjisi Birliği (ISES) ve Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) Haziran 2016’da ortak bir çalışma yaparak, güneş enerjisi alanında sağlıklı veri oluşturulmasına yönelik işbirliğinin geliştirilmesi adına IRENA Küresel Yenilenebilir Enerji Atlası’nda güneş enerjisi ile ilgili yer alan veri kaynakları ve araçlarını tanıtmışlar; veri sağlayıcıları da, kamuya açık olarak sağladıkları bu verileri nasıl topladıkları ve nasıl kullanılabileceğine dair ilgilileri bilgilendirme gereği duymuşlardır [6]. Yine Onuncu Kalkınma Planı’nda akademik ve iş dünyasında Fotovoltaik (FV) güneş elektrigiinden elektrik üretimine dair yapılmış çalışmaların hassasiyetlerinin artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır! Aynı plana ait 4. Bileşen, Politika 1’de “rüzgar, güneş, biyokütle ve jeotermal kaynakların elektrik üretiminde kullanılmasına yönelik potansiyelin tam olarak tespit edilmesi, bu kapsamda jeotermal aramaların hızlandırılması” planlanmaktadır [7].

Eski adıyla Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), 2 Kasım 2011’den itibaren güncellenmiş yapısı ve ismiyle Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), güneş enerjisi özelinde ülke potansiyelini belirlemek adına çalışmalar yapmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) de yaklaşık 100 yıldır yurdun farklı noktalarında, farklı amaçlara odaklanan, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının ana girdisini oluşturan ve elektrik üretim sistemlerinin performanslarını doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen meteorolojik parametrelerin ölçümünü ve gözlemini rasat etmektedir. Bahsi geçen küresel ve ulusal çalışmalar ölçekleri ve yöntemlerinin doğası gereği fizibilite, proje veya büyük ölçekli coğrafik alan çalışmaları için yeterli detaya sahip olamazlar hatta yanılgılar barındırabilirler. Her çalışmada olduğu gibi, açıklanmış hata payları, ölçek büyüdükçe çok büyük sapma ve yanıltmalara sebebiyet verebilir. Bu nedenle, odaklanılmış bir coğrafik alan için ihtiyaca binaen özel veri toplama, analiz ve potansiyel çalışması yapılması gereği vardır [5]. Küresel ve ulusal boyutta yayınlanmış bu çalışmalar altyapı, fizibilite, proje, girişim, yatırım, finans, destek ve kredilendirme kararları veren tüm mercileri doğruluğu oranında etkilemektedir. Güncel bir örnek vermek gerekirse, Konya ve Karaman bölgesi GEPA’da güneşten elektrik elde etmede Türkiye’deki en verimli coğrafik alan olarak gösterilmektedir [3]. Bu sayede lisans edinme aşamasında tüm Türkiye’deki 496 başvurunun 200’e yakını buradaki trafo bölgelerine olmuştur. Bunun beraberinde getirdiği olumlu hava lisanssız Güneş Elektrikçi Santrali (GES) başvurularında da Konya bölgesinin en rağbet edilen bölge olmasını sağlamıştır. Bununla da kalmamış, Türkiye’deki ilk Enerji İhtisas Bölgesi, yine Konya Karapınar’da 27 milyon m2 yüzölçümüne sahip “Karapınar Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı” (YEKA) olarak ilan edilmiştir. FV panel üreticilerinin de üretim tesislerini -ki Konya yalnızca 2. teşvik bölgesidir- Konya’da kurmaları, Üniversitede lisans, yüksek lisans eğitimleri, meslek yüksekokulları, kurslar vb’lerinin açılması da doğrudan bununla ilişkilidir.

GEPA’nın ulusal ölçekte bir çalışma olması ve tamamen doğrudan ölçüme değil bir güneşlenme şiddeti tahmin algoritmasına dayanması nedeniyle, açıklamasında da belirtildiği üzere, % 20’ye varan oranlarda bazı noktalar için yanılgılar gösterebilmektedir (Bkz.B:5.1).

Bu çalışmadaki amaç, Kahramanmaraş’ta FV yöntemle güneşten elektrik üretiminin teknik ve ekonomik olarak uygunluğunun ortaya çıkarılmasıdır. Çalışmanın çıktılarının tüm ilgilileri daha doğru kararlar almaya iteceği kaçınılmazdır. Sonuç ve önerilerin etkisi olarak, Kamu karar vericilerinin Kahramanmaraş’ı FV güneş elektrigine yatırım yapılabilir bir il olarak tanımaları; Kahramanmaraşlı girişimciler ve Kahramanmaraş’a yatırım yapması muhtemel yerli ve yabancı yatırımcıların bölgeyi tercih etmeleri ve yatırım kararı almaları; finans ve destek kuruluşlarının bu konudaki teklifleri olumlu karşılamaları beklenmektedir.

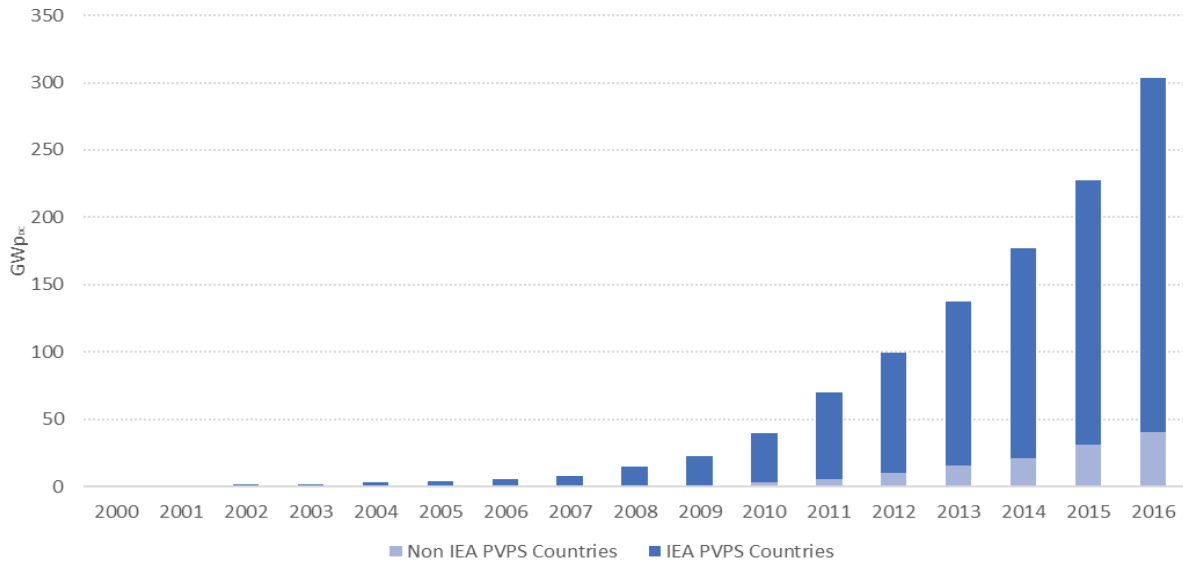


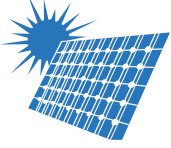
Bu çalışmada yöntem olarak ilk etapta genelde enerji ve yenilenebilir enerji, özelde ise FV Güneş Elektrik konusunda ki ulusal ve uluslararası 100'den fazla literatür ve birincil kaynak titizlikle taranmış, güncel veri tabanlarına ulaşıp FV Güneş Elektrik ile ilgili karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Yine uluslararası bağlayıcılığı olan konuyla ilgili sözleşmeler, anlaşmalar ile ulusal yasa, yönetmelik, tebliğ ve genelgeler incelenmiştir. Lisanslı ve lisanssız Fotovoltaik Güneş Elektrik Santrali (FV GES) proje aşamalarında muhtemel ilgili tüm kurum ve kuruluşlardan yazılı görüş sorularak, girişimci ve yatırımcının hazırlaması gereken bilgi ve belgeler belirlenmeye çalışılmıştır. FV teknolojinin işleyişi, temel ilkeleri, uygulama yöntemleri, önemsenmesi gereken standartlar hakkında genel bir bilgi derlenmiştir. FV yöntemle güneşten elektrik üretme potansiyelini ortaya koymak adına öncelikle çalışma sahasına ait coğrafik, topoğrafik, jeolojik, sosyo-ekonomik, tabii ve iklimsel veri toplanmış, risk unsurları araştırılmış, bu verilerin analiz edilmesiyle sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Hali hazırda küresel ve ulusal hazırlanmış 10 farklı FV güneş elektrik potansiyel çalışmasında Kahramanmaraş'ın görünümü incelenip; Kahramanmaraş'a özel yapılan çalışma çıktıları ile karşılaştırılmıştır. Farklı senaryolara dayanan üç ayrı büyüklükte simülasyon yürütülerek birim kurulu FV güç için üretilebilecek elektrik miktarları, bölgenin potansiyelini gerçekleştirebilme ve ekonomik uygunluğun değerlendirilmesi, buna bağlı olarak da yatırım yapılabilirlik adına bir çıktı olarak sunulmuştur. Konu ile ilgili sanayi, akademi ve sivil toplum kuruluşlarından öncü kişilerle bağlantıya geçilmiş ve derinlemesine mülakatlar gerçekleştirilmiştir.

1.1. Dünyada FV Güneş Elektrik

FV güneş elektrikliğin elektrik kurulu güç ve üretim pastalarında yer alması 2000'li yılların başına tekabül etmektedir. Yıllardan yıla özellikle Almanya önderliğinde hızlı bir yükseliş eğilimine giren ve 2014 yılında 177 GW (Giga Watt) olan dünya FV pazarı, 2015'te 227 GW; 2016'da bir önceki yıla göre % 50 artış göstererek 303 GW'a erişmiştir (Şekil 1). 2014 yılında 39 GW ile ilk sırada yer alan Almanya'yı (2016: 41 GW), 2015'teki 15 GW, 2016'daki 34 GW'lık ilave kurulum ile 78 GW'lık toplam kurulu güce erişen Çin ve toplamda 43 GW ile Japonya geride bırakmıştır; ABD 40 GW ile takip etmektedir [8]. Bu tip istatistikler her ne kadar ülkelerin politik ve teknolojik yaklaşımlarını ortaya koymak adına önemli olsalar da, coğrafik alan ve nüfus büyüklükleri ile toplam kurulu güçteki FV payı inceleyerek ülkeler arası FV güneş elektrikliği değerlendirilmesi yapılmalıdır.

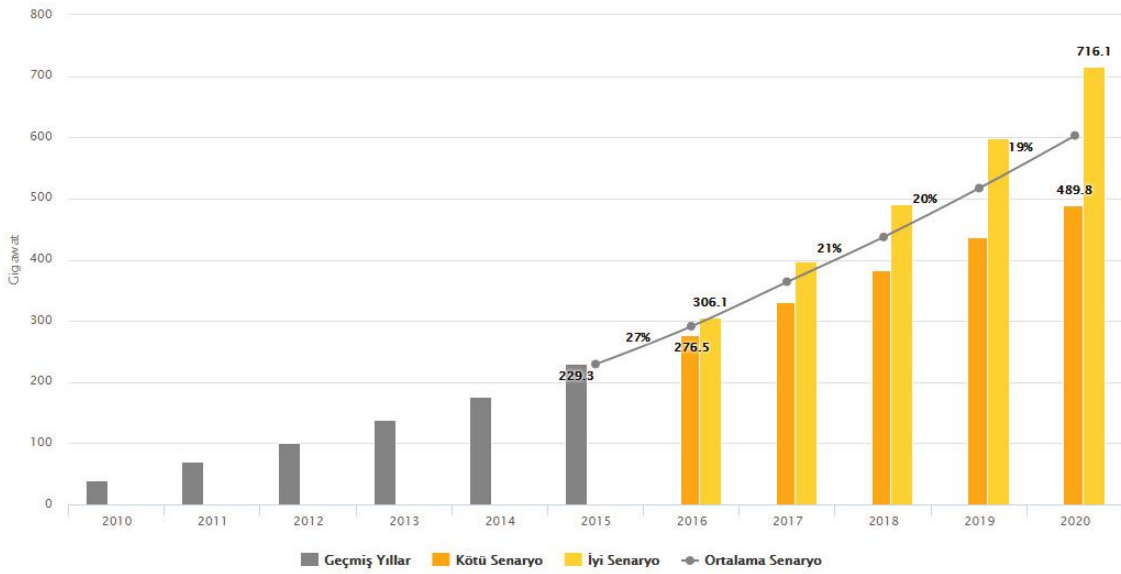
Şekil 1: FV güneş elektrikliği küresel kapasitesi ve yıllık artışlar, 2000-2016 (Kaynak: IEA) [8]



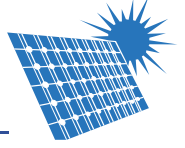


Solar Power Europe'un 2020'ye kadar üç ayrı seyirdeki beklentilerine göre dünya FV güneş elektrik kurulu gücü her yıl bir önceki yıla göre yaklaşık % 20 oranında büyüyecek; 5 yıl sonra toplam kurulu güç en düşük ihtimalle 490 GW'a, en yüksek ihtimalle 716 GW'a ulaşacaktır. Orta seviye beklenti ise bugünkü eğilimle 600 GW'ı göreceğimizezdır. Avrupa Güneş Enerjisi Derneği Solar Power Europe, Küresel Güneş Pazarı 2016-2020 Raporu'nu, Intersolar Europe 2016 Fuarı'nın da yapıldığı Almanya'nın Münih şehrinde açıklamış; 2015 yılında 50 GW'lık yeni güneş santrali kurulumuna karşılık, 2016 yılında 62 GW'lık bir kurulum beklentisini duyurmuştu (Şekil 2). Oysa 2016'da 75 GW'lık kurulum ile şimdiden bu beklentilerin üzerine çıkmıştır.

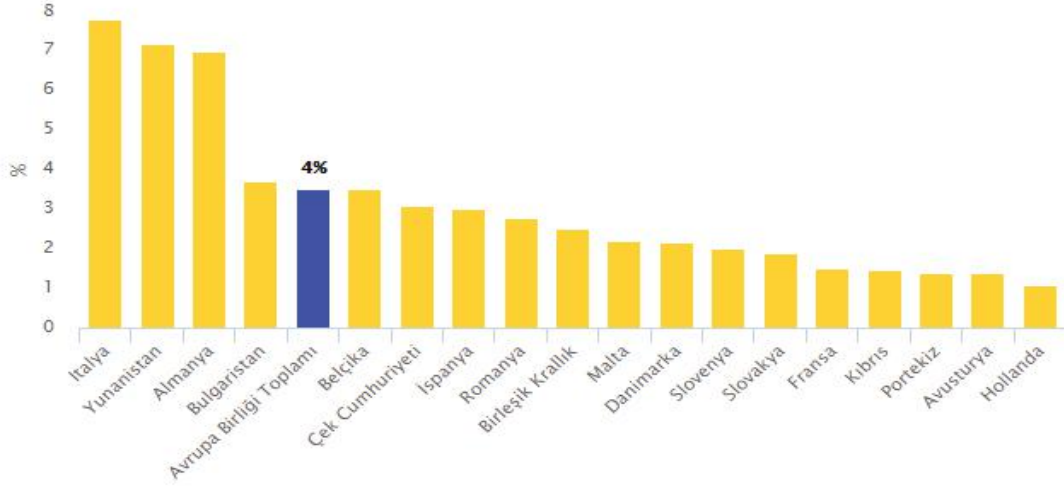
Şekil 2: 2020'ye kadar küresel toplam FV güneş elektriki yıllık kurulum artış senaryoları (Kaynak: Solar Power Europe) [9]



2015'te Avrupa genelinde elektrik tüketiminin % 4'ü FV'den sağlanırken, İtalya, Yunanistan ve Almanya'da % 7'nin üzerine çıkmıştır (Şekil 3). Avrupa Birliği'nin koyduğu hedefler doğrultusunda 2020 yılında bu oranın % 10-15'lere kadar çıkacağı beklenmektedir. Bu beklentilerin oluşmasında geride kalan yıllarda gerçekleşmiş yatırımlar dayanak oluşturmaktadırlar. Nitekim Dünya Bankası raporları, güneş enerjisi alanındaki özel sektör altyapı yatırımlarının 9,4 milyar ABD \$'a yükselmesi (son beş yıl ortalamasına göre yüzde 72 artış) ile birlikte, yenilenebilir enerji yatırımlarının 2015 yılında öne çıktığını; genel olarak yenilenebilir enerji küresel yatırımlarının tüm alt yapı yatırımlarının yüzde 63'ünü oluşturduğunu bildirmiştir [10].

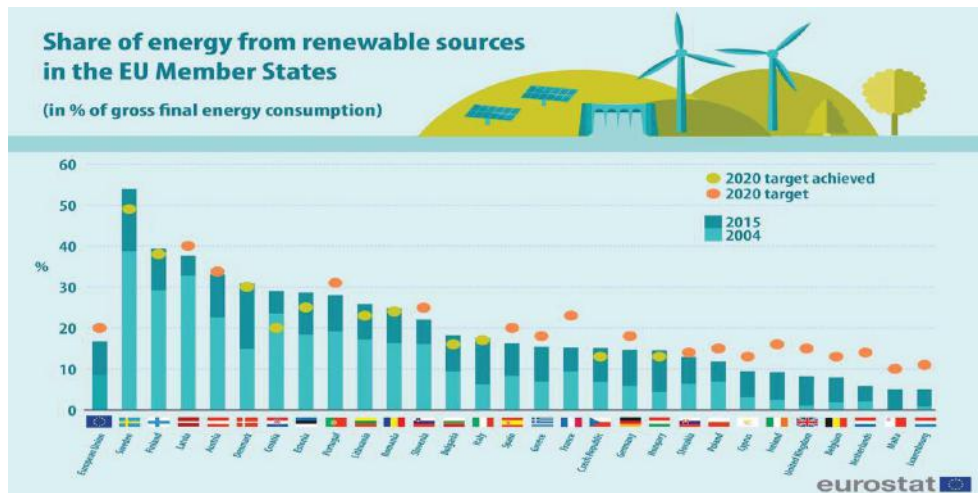


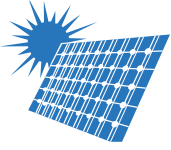
Şekil 3: Avrupa FV kurulu gücünün 2015 yılı elektrik talebine katkısı (Kaynak: Solar Power Europe) [9]



Avrupa ülkeleri özelinde incelendiğinde, İngiltere’de 2016’da farklı güçlerde 60 bin kurulumun devreye girdiği; toplam kurulum sayısının 900 bin olduğu; güneş enerjisine dayalı elektrik üretim kapasitesinin böylece 2 GW artarak 12 GW’a yükseldiği görülmektedir. Bu kapasitenin 3,4 GW’lık bölümünü 50 kW (kilo watt) ve altı güce sahip 897.082 adet kurulum oluşturmaktadır. 50 kW ile 5 MW arasında ise toplam güçleri 2,7 GW olan 3.608 kurulum bulunur. 5 MW ve üzerinde güce sahip 422 santral ise İngiltere’nin güneş elektrliği gücünün 5,5 GW’lık bölümünü oluşturmaktadır [11]. Belçika’da ise yenilenebilir enerji birliği APARE tarafından açıklanan verilere göre, 2016 yılında toplam kurulu güçleri 170 MW olan 25 bine yakın FV güneş elektrliği sistemi devreye girmiştir. 10 kW ve altı kurulu güce sahip konut tipi çatı uygulamaları geçen yıl devreye giren bu gücün yüzde 76’lık bölümünü oluşturmaktadır. Böylece ülkenin toplam kurulu gücü 3,4 GW’a ulaşmış; toplam kurulum sayısı ise 400 bine yaklaşmıştır. 2016’da bu segmentteki konut tipi uygulamaların toplam sayısı 398 bin düzeyine yükselirken, toplam kurulu güç içindeki payları ise 2,1 GW’a çıkmıştır. Belçika’daki güneş elektrliği kurulumları geçtiğimiz yıl, ülkenin toplam tüketiminin yüzde 3,7’sine denk olacak şekilde 3,7 TWh elektrik üretimi sağlamıştır. Kişi başına düşen güneş elektrliği gücü 303 Wp’tir. Belçika 2020 yılında elektrik üretiminin % 13’ünü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamayı hedeflemektedir [12]. AB, 2020 yılına kadar enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payını % 20’ye çıkarma hedefine 2015 yılından itibaren % 16,7 ile çok yaklaşmıştır (Şekil 4).

Şekil 4: Avrupa Birliği’nde yenilenebilir enerjinin payı (Kaynak: EU Stat) [13]



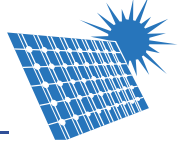


Maliyetler açısından değerlendirildiğinde, FV güneş elektrikçi hızla ucuzlamaktadır. Coğrafi konum ve konvansiyonel enerji kaynaklarına erişim gibi bölgesel farklılıklar fiyatlandırmayı doğrudan etkilemektedir. Buna rağmen en gerçekçi gösterge FV üretim hakkı elde etmek için yapılan açık indirim ihaleleridir. Geçtiğimiz yıl Kanada'da 120 \$/MWh olan yarışma ihalesi teklifi BAE'nde 5'te 1'e düşebilmiştir. Ülkemizde de 2017 Mart ayında yapılan YEKA GES-1 ihalesinde açık indirim usulüyle 69,9 \$/MWh ile ihale sonuçlanmıştır (Çizelge 1). Yürürlükteki garanti fiyat uygulamasının 133 \$/MWh olduğu düşünüldüğünde yarı yarıya bir maliyet düşüşünden bahsedilebilir. Burada 1000 MW'lık ihale büyüklüğü ve dolayısıyla ölçek ekonomisi avantajları göz ardı edilmemelidir.

Çizelge 1: Dünyada 2016 yılında yapılmış bazı FV GES ihalelerinde kazananların teklifleri (Kaynak: IRENA) [14]

Ülke	Kapasite MW	Fiyat \$/MWh
Kanada	140	120,00
Almanya 4	128	84,00
Almanya 5	130	81,00
Çin	1000	78,00
Hindistan	6500	73,00
TÜRKİYE*	1000	69,90
Zambia	73	67,00
Arjantin 1	400	60,00
Arjantin 2	1853	55,00
Peru	184,5	48,00
Meksika 1	1100	44,00
Meksika 2	1853	32,80
BAE, Dubai	800	29,90
Şili	580	29,10
ABD	26	26,70
BAE, Abu Dabi	350	24,20

İstihdam açısından bakıldığında Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansının (IRENA) Yenilenebilir Enerji ve İstihdam Yıllık 2017 Raporu'ndan yapılan derlemeye göre, dünya genelinde işsizlik büyürken yenilenebilir enerji sektöründe istihdam artmıştır. Temiz enerjideki istihdam artışında bölgesel değişimler, enerji teknolojileri maliyetlerindeki düşüş, artan talep ve rekabet ile artan çevresel duyarlılık etkili olmuştur. Güneş, biyokütle, hidroelektrik ve rüzgar gibi temiz enerji sektörleri baz alınarak hazırlanan rapora göre, dünya genelinde yenilenebilir enerjide yüzde 1,1 artışla geçen yıl 9 milyon 800 bin istihdam yaratılmıştır. Bu kapsamda, güneşten elektrik üretimi alanında istihdam geçen yıl bir önceki yıla kıyasla yüzde 12 arttı. Bu sektörde 3 milyon 100 bin kişi iş bulmuştur. İlk defa bu yılki raporda Türkiye'deki yenilenebilir enerji sektöründe çalışan personel sayısına ilişkin rakamlara da yer verilmiştir. Buna göre, Türkiye'de temiz enerji sektörü geçen yıl 94 bin 400 kişiye iş kapısı yaratmıştır. Raporda, Türkiye'deki ana temiz enerji sektörlerinden güneş enerjisinde ısıtma ve soğutma alanında 16 bin 600 ve fotovoltaik alanında da 12 bin 700 kişinin çalıştığı belirtilmiştir. Rüzgar enerjisi sektöründe ise 53 bin çalışanın görev yaptığı kaydedilmiştir [15].

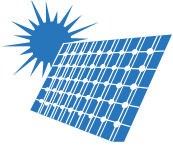


Elektrik üretim sektör analizleri istihdam birikimlerinde, makul düzeyde kurulum olması koşuluyla, en yüksek istihdamın FV güneş elektrikli sektöründe olduğunu göstermektedir. ABD’de 2010-2016 aralığında her yıl bir önceki yıla göre % 20 büyüyen bir FV GES istihdamı 2016’da 260 bine ulaşmıştır. Bunun % 28’i kadınlardan ve % 33’ü üniversite mezunlarından oluşmaktadır. Çalışanların dağılımı ise sırasıyla Kurulumda % 53, Üretimde % 15, Satış pazarlamada % 12, Proje geliştirmede % 13 ve Ar-Ge ile Finansa ise % 7’dir.

Avrupa’da her ne kadar Çin menşeli modüller maliyette en tabanda gün yüzüne çıksa da, Türkiye’de devletin verdiği teşviklerden bir tanesinin yerel ürünlere verilen ekstra teşvik olması ve özellikle işgücü maliyetinin tüm AB ülkelerinin altında olması, yatırımda Türkiye’yi daha avantajlı hale getirmektedir. Örneğin Economist Intelligence Unit EIU tarafından 2014 yılında yapılan [16] araştırmalara göre Türkiye’de işgücü maliyeti saat başına 4.23 ABD Doları’na denk gelmektedir. Bu rakam komşu ülkelerden Bulgaristan’da 4.73’e, Yunanistan’da ise 18.46’ya yükselmektedir [15]

1.2. Türkiye’de Elektrik ve FV Güneş Elektrik

Türkiye’nin elektrik talep ve tüketim hızı küresel krizlerin olduğu 2008 ve 2013 yılları haricinde her yıl yaklaşık % 8, kriz yıllarını katarsak % 6 oranında artmış, 2015 yılında 266 bin GWh’e, 2016 yılında da 278 bin GWh’e ulaşmıştır (Çizelge 2). Türkiye’nin elektrik üretim kapasitesi bir önceki yıla oranla 2016 yılında % 6 oranında artarak 78 bin MW’a; elektrik üretimi de % 5 artışla 273 bin GWh’e erişmiştir [17]. 2016 yılında en düşük ani puant (güç talebi) 17.448 MW ile 13 Eylül Salı günü sabah 07:00’da, en yüksek saatlik puant ise 44.341 MW ile 11 Ağustos Perşembe günü saat 15.00’da gerçekleşmiştir. Bu talebi karşılayacak arz dağılımımız 2017 Ocak itibarıyla 15 ayrı teknik ve kaynaktan ibarettir. Elektrik üretim lisanslı arz portföyümüzde güneş enerjisinin 12,9 MW olması dikkat çekicidir. Türkiye’de tahsis yapılmış 600 MW lisanslı bir güneş elektrik santrali (GES) projesi bulunmasına rağmen, işletmeye alınmış yalnızca 2 santral bulunmaktadır. Elektrik üretimimizde doğalgaz, hidrolik ve kömür santralleri toplam kurulu gücün % 90’ını teşkil etmektedir (Çizelge 3). Kurulu güç miktarının %74’ü özel (serbest üretim, YİD-Yap İşlet Devret, Yİ-Yap İşlet ve İHD- İşletme Hakkı Devri) santrallerine, %26’sı kamu santrallerine aittir. 2016 yılında kamu kuruluşlarına ait santrallerin üretimdeki payı %17, özel santrallerin üretimdeki payı ise %83’tür. YEK destekleme mekanizmasından yararlanan santrallerin kurulu gücü 15.083 MW olurken söz konusu santrallerin kurulu güçteki payı %19,4 olarak hesaplanmıştır. Yenilenebilir kaynaklı santrallerin kurulu güçteki payı %42,6’dır. Kaynak çeşitliliğinin elektrik üretimi olarak yansımada ise doğalgaz, kömür ve su ilk üç sırada yer almaktadır. Fosil enerji kaynakları bakımından net ithalatçı ülke konumunda olan Türkiye’de 2014 yılında enerji (sadece elektrik değil) arzının petrolde % 92, doğalgazda % 99, taş kömüründe % 94 olmak üzere toplamda %75’lik (2013’te %73) bölümü ithalat ile karşılanmıştır [18]. Buradan çıkarılması gereken net sonuç: Yerli, Yerinde, Yeterli, Yeni ve Yenilenebilir kaynaklarımızın kullanıma sunulması kaçınılmazdır!



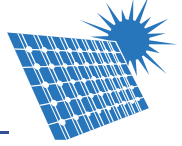
Çizelge 2: 2005 – 2014 Yılları Türkiye elektrik sistemi puant güç ve enerji tüketimi (Kaynak: TEİAŞ) [19]

Yıl	Puant güç talebi MW	Artış %	Enerji tüketimi GWh	Artış %
2005	25174	7,2	160794	7,2
2006	27594	9,6	174637	8,6
2007	29249	6	190000	8,8
2008	30517	4,3	198085	4,3
2009	29870	-2,1	194079	-2
2010	33392	11,8	210434	8,4
2011	36122	8,2	230306	9,4
2012	39045	8,1	242370	5,2
2013	38274	-2	248324	2,5
2014	41003	7,1	257220	3,6
2015	43289	5,5	265700	3,3
2016	44341	2,4	278300	4,7

Çizelge 3: Lisanslı elektrik kurulu gücünün kaynak bazında dağılımı, 2017 Ocak [20] ve 2016 elektrik üretimleri [21] (Kaynak: EPDK ve ETKB)

Kaynak Türü	2017 Ocak Kurulu Güç MW	2017 Ocak Oran %	Elektrik santrali sayısı, 2016 sonu*	2016 elektrik üretimleri ~MWh	Oran %
Doğalgaz	25.369,85	32,65	260	88.000	32,1
Linyit	9.266,90	11,93	39	93.000	33,9
İthal kömür	7.473,85	9,62			
Taş kömürü	631,90	0,81			
Barajlı	19.558,57	25,17	597	68.000	24,7
Akarsu	7.133,29	9,18			
Rüzgar	5.784,76	7,45			
Fuel oil	755,49	0,97	178 diğer	2.500	0,9
Asfaltit	405	0,52			
Lng	1,95	0,00			
Motorin	1,04	0,00			
Jeotermal	820,86	1,06	31	5.000	1,8
Bio gaz	466,7	0,60	178 diğer	2.500	0,9
Nafta	16,87	0,02			
Güneş	12,9	0,02			
Genel toplam	77.699,94	100	2.321	275.000	100

*Lisanslı ve lisanssız birlikte



Ülkemizdeki elektriğin üretiminden tedarikine kadar tüm aşamaları lisans adı altında Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'nde tarifi yapılan yetkilendirme ile düzenlenmiştir. Bu yönetmelik kapsamındaki tüm lisansların dağılımı Çizelge 4'de özetlenmiştir. Elektrik üretimine dair lisans almış tesis sayısı, kurulu güçleri, öngörülen üretim miktarları ise EPDK verilerine göre Mayıs 2017 itibariyle Çizelge 5'te gösterilmiştir. Toplam 1641 tesisin yalnızca 3 tanesi güneş kaynaklı elektrik üretimi yapmaktadır. Hidroelektrik ve termik santral ağırlığı dikkat çekmektedir. Rüzgar santrallerinin de sayısı hızla artmaktadır. Ancak buradaki tesis sayısının tamamının faaliyette olmadığı, lisansları tahsis edilen projeler olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

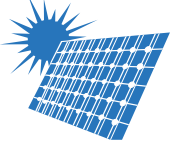
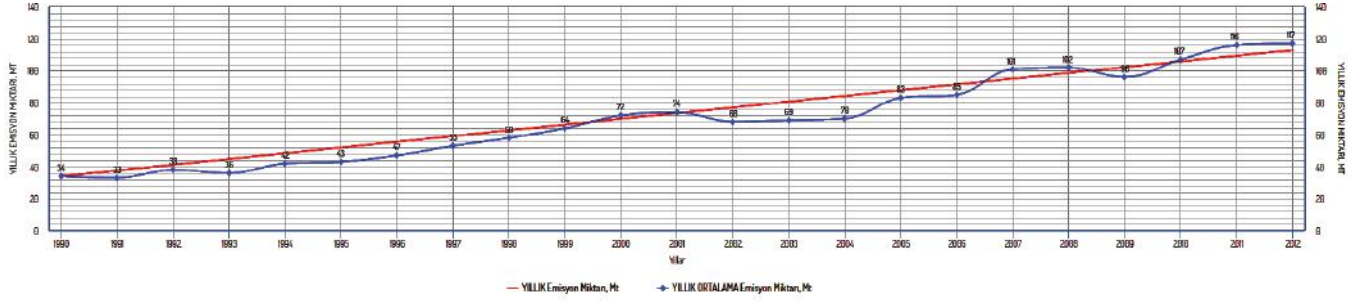
Çizelge 4: Elektrik lisansları (Kaynak: EPDK)

Lisans Türü	Adet
Dağıtım	21
İletim	1
OSB Dağıtım	162
Otoprodüktör	1
Tedarik	217
Üretim	1641
Toplam :	2043

Çizelge 5: Elektrik Üretim Tesis İstatistikleri (Kaynak: EPDK)

		Elektrik Öngörülen Yıllık Üretim Miktarları	Elektrik Mekaniksel/ Elektriksel Kurulu Güç		Elektrik İşletmedeki Mekanik/ Elektriksel Kapasite	
Tesis Bilgisi	Tesis Sayısı	Öngörülen Üretim Miktarı	Kurulu Güç MWm	Kurulu Güç MWe	İşletmedeki Kapasite MWm	İşletmedeki Kapasite MWe
Güneş	3	43.797.000	23,242	22,88	13,262	12,9
Termik	440	430.633.695.847	64.938,64	63.759,47	42.676,90	42.057,54
Rüzgar	243	33.192.979.335	10.311,92	9.966,07	5.954,05	5.743,74
Dalga	0	0	0	0	0	0
Gelgit	0	0	0	0	0	0
Akıntı	0	0	0	0	0	0
Jeotermal	41	8.380.100.532	1.106,55	1.103,20	812,001	809,958
Biyokütle	74	2.585.149.942	394,96	381,725	275,199	264,944
Hidroelektrik	840	74.668.371.694	33.695,60	32.924,16	13.035,77	23.010,35
Toplam	1641	549.504.094.350	110.470,91	108.157,50	62.767,18	71.899,43

Milli politikamız yanında yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretimini artırma isteğinin en büyük dayanaklarından biri de 1990'lardan itibaren hızlı ve düzenli bir yükselişe geçen sera gazı salım miktarlarındaki artış ve alınmaya çalışılan tedbirlerdir. Bu gayretler sonucunda elektrik üretiminde sera gazı salımının azaltılması beklenmektedir (Şekil 5). Dünyada enerji verimliliği, genelde enerji yoğunluğu ile değerlendirilir. Enerji yoğunluğu, Gayri Safi Yurtiçi Milli Hasıla (GSYİH) başına tüketilen ton eşdeğer petrol (TEP) cinsinden enerji miktarıdır. Türkiye'de enerji kullanımında karbon salımı şu an kişi başı 3,7 ton iken, 2050 itibariyle 0,6 tona düşürülmesi hedeflenmektedir [22]. Bu hedefin tutturulması için YEK kullanımının bir an evvel yaygınlaşması şarttır.

**Şekil 5: Elektrik üretiminden kaynaklanan karbon salımının yıllara göre dağılımı (Kaynak: EİGM) [23]**

ETKB'nin faaliyetleri için tahsis edilen personel, makine ve ekipman bilgileri ile 2016 yılı yatırım programlarını içeren Mavi Kitap'a göre talebi karşılayacak ölçüde yenilenebilir enerji kaynak potansiyelimizin varlığından söz edilebilir (Çizelge 6). Jeotermal'de erken tutturulmuş hedefin yanında biyokütle ve güneşte de hedeflerin 2023 öncesinde tutturulma olasılığı oldukça yüksektir. Her ne kadar elektrik üretimimizde hidrolik güçten son 60 yıldır yararlanıyor olsak da rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle vb yenilenebilir kaynakların kullanımı 2005'ten sonra yaygınlaşmıştır. FV güneş elektrliğinde ise sistematik olarak harekete geçilmesi 2011 yılında lisanslama süreciyle başlar. Geline nokta FV güneş elektrliğinde aktif kurulumlar, Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği (LÜY) kapsamındadır. Bu kapsamda toplam kurulum ve üretim içerisinde FV belirgin bir büyüklüğe sahiptir (Çizelge 7, Çizelge 8). Şubat 2017'ye gelindiğinde FV GES kurulu gücü 1.124 MW'a; FV güneş elektrik üretimi son 12 ayda Ocak 2017 itibarıyla 1074 GWh'e yükselmiştir (Şekil 6).

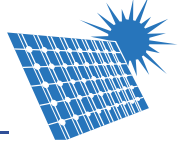
Çizelge 6: Yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli, 2015 (Kaynak: ETKB) [24]

	Hidrolik	Güneş	Rüzgar	Biyokütle	Jeotermal
2023 hedefi, MW	36.000	5.000	20.000	1.000	1.000
Potansiyel	160 TWh/yıl	1500 kWh/m ² -yıl	48.000 MW	20 Milyon TEP	31.500 MWt

2017 yılı Şubat ayında Lisanssız elektrik üretim tesisleri ihtiyaç fazlası toplam 237 bin MWh elektrik üretimi gerçekleştirip elektrik şebekesine iletirken, bu üretimin % 93'lük kısmı olan 126 bin MWh/ay elektrik güneş enerjisi yatırımlarından gerçekleşmiştir. LÜY kapsamında sırasıyla Konya 229 MW, Kayseri 147 MW, Ankara 55 MW, Mersin 53 MW, Burdur 42 MW FV GES kurulumuna sahiptir [20].

Çizelge 7: 2017 Şubat ayı sonu itibarıyla lisanssız elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı, MWe (Kaynak: ETKB) [20]

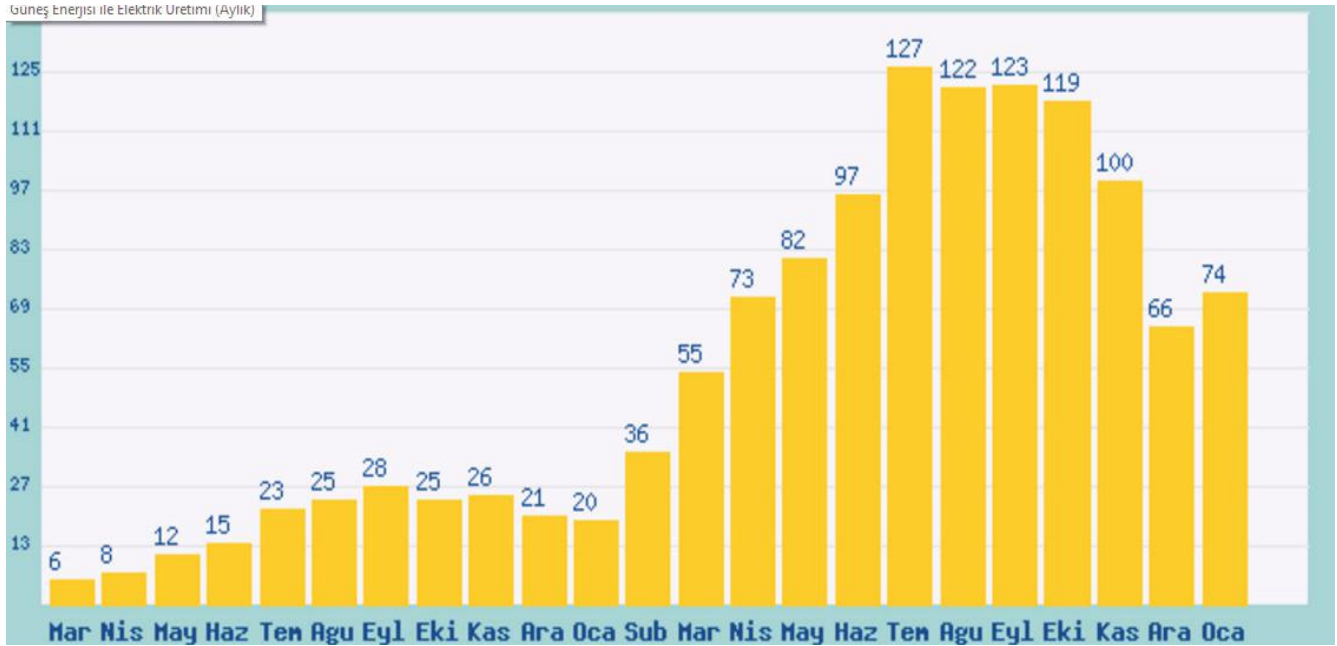
Kaynak Türü	Kurulu Güç MWe	Oran %
Güneş (Fotovoltaik)	1.124	90
Doğal gaz	53	4
Biyokütle	48	4
Rüzgar	14	1
Hidrolik	6	<1
Güneş (Yoğunlaştırılmış)	1	<1
Genel Toplam	1.246	100



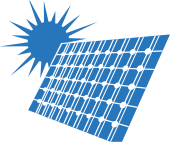
Çizelge 8: Şubat 2017 döneminde lisanssız elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı, MWh (Kaynak: ETKB) [20]

Kaynak Türü	İhtiyaç fazlası satın alınan enerji miktarı MWh	Oran %
Güneş (Fotovoltaik)	125.723	93
Biyokütle	7.181	6
Hidrolik	1.634	<1
Rüzgâr	2.086	1
Genel Toplam	136.624	100

Şekil 6: 2017 yılı Ocak ayı ve öncesi 24 aylık dönemde güneş enerjisi ile gerçekleştirilen elektrik üretimi (Kaynak: TEİAŞ)



LÜY kapsamındaki FV GES projeleri, standart bir tarifi oluşturulmamış proje geliştiriciler tarafından arazi temin edilerek, kamusal izinleri alınarak, elektriksel hesaplamaları yapılarak ve EPC (Mühendislik, Tedarik, Kurulum, MTK) hizmeti verilerek yürütülmeye çalışılmaktadır. 1 Mayıs 2016 itibarıyla FV GES kurulumu için TEDAŞ'a yapılan 6706 başvurunun yaklaşık yarısı onaylanmış, ancak yalnızca % 8'i kabul edilebilmiştir. Hazırlık aşamasındaki her 4 proje teklifinden 1'inin belge, saha, proje tekniği vb eksiklik ve yanlışlıklardan kaynaklı iade edilmiş olması da sektörün bilgi eksikliğini göstermek adına önemlidir. Tam 1601 yetersiz, eksik veya uygulanamaz proje, tüm harcanan parasal ve iş gücü kaynağına rağmen gerçekleşmeden reddedilmiştir (Çizelge 9).

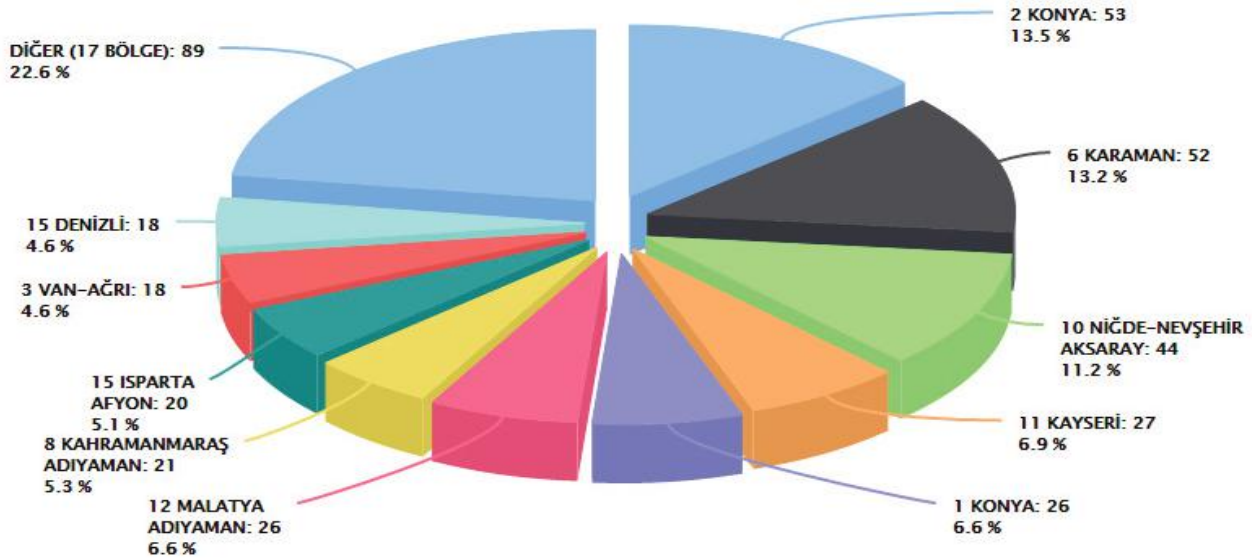


Çizelge 9: FV GES başvurularında son durum (Kaynak: TEİAŞ) [25]

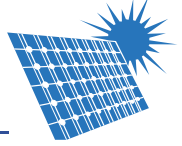
Başvuru durumu	Adet
Onaylanmış proje	3582
İncelenip iade edilen proje	1601
İnceleme aşamasında toplam proje	1187
Kabulü tamamlanan proje	556
Kurulu güç	420 MW (562 MW, Ağustos 2016)
Toplam başvuru	6706

Yine TEİAŞ tarafından açıklanan, Nisan 2017 itibari ile çağrı mektubu verilmiş olan GES kapasitesi 6.583 MW; buna en yakın kaynak olan rüzgar enerjisi projeleri için 207 MW, tahsis edilen maksimum GES ve RES (Rüzgar Elektrikçi Santrali) kapasitesi ise 6.894 MW seviyesine ulaşmış durumdadır. LÜY Madde-7 kapsamında tahsis edilen 10 kW altı projeler hariçtir. İller bazında başvuruların dağılımı incelendiğinde ise Konya, Karaman, Niğde, Nevşehir ve Aksaray'ın hala en rağbet gören yerler olduğu görülmektedir (Şekil 7). FV GES yatırımları 58 ilimizde toplanmakta; 23 ilimizde hala GES kurulumu bulunmamaktadır [26].

Şekil 7: FV GES başvurularının iller bazında dağılımı, Mayıs 2016 (Kaynak: TEİAŞ) [25]



ETKB'nin Mart 2017'de yaptığı, Karapınar Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi'nde bulunan ve 1.000 MW kapasite tahsisli Karapınar YEKA-1 GES ihalesini, Kalyoncu/Hanwha Grubu almıştır. Proje, yerleştirme, yerli üretim ve Ar-Ge başta olmak üzere rekabetçi şekilde özel sektör vasıtasıyla yürütülecektir. Bu ihaleyle birlikte FV güneş elektrikliğin maliyeti 6,99 \$/kWh'e düşmüştür. Bölgede FV panellerle ilk yıl yüzde 60, takip eden yıl yüzde 70 yerlilik oranıyla olacak şekilde yatırım yapılacaktır. Ar-Ge ile yüzde 80 yerli mühendis zorunluluğu bulunmaktadır. Bu şekilde yan sektörlerle birlikte Türkiye'de önemli bir pazar gelişimi hedeflenmektedir.



1.3. Kahramanmaraş'ta FV Güneş Elektrik

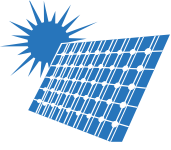
TEİAŞ'ın 11 Ağustos 2011'de yayınladığı Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Bağlanabileceği Trafo Merkezleri ve Kapasiteleri duyurusunda Kahramanmaraş ili Adıyaman ile birlikte 8. Bölge olarak belirlenmiş ve toplamda 27 MW lisans kapasitesi tahsis edilmiştir. Bağlantı yapılabilecek trafo merkezleri ise Andırın, Çağlayan Havza, Doğanköy, Göksun, Kahramanmaraş, Kılavuzlu, Narlı ve Sır olarak açıklanmıştır [4]. Lisanslı FV GES yatırımı için bir ön koşul olan 12 ay süresince meteorolojik olarak güneş ölçüm istasyonu (GÖİ) çalıştırma gerekliliği neticesinde Kahramanmaraş'ta 21 ayrı noktada GÖİ kurulmuştur. 29 Nisan 2015'te yapılan yarışma ihalesi ile Kahramanmaraş-Adıyaman bölgesine ayrılan 27 MW lisans kapasitesi Koramad Madencilik (7 MW), Uluder Elektrik (10 MW) ve Solar Ventures (10 MW) şirketlerinin Kahramanmaraş'ın Afşin (17 MW) ve Elbistan (10 MW) ilçelerindeki sahaları için tahsis edilmiştir. Yakın zamanda bu 3 proje sahasında lisanslı birer FV GES kurulması beklenmektedir.

TR63 Bölgesi'nde il bazında Hatay'da 0,8 MW, Kahramanmaraş'ta 30,6 MW, Osmaniye'de 5,1 MW; dağıtım bölgesi bazında Toroslar EDAŞ'da 100,6, AKEDAŞ'da 40,4 MW lisanssız FV GES işletmeye alınmıştır [26]. Kurulan bazı lisanssız FV GES tesisleri Çizelge 10'da gösterilmiştir.

Çizelge 10: Kahramanmaraş FV GES tesisleri (Kaynak: TEİAŞ)

Tesis	Kurulu güç MW
Kahramanmaraş Elbistan Güneş Enerji Santrali	6,87
Göksun Güneş Enerji Santrali	4,82
Beren Altonova Enerji Güneş Enerjisi Santrali	1,82
Nurettin Dokumacı GES	1
İskur Tekstil Güneş Enerji Santrali	0,97
Kusay Enerji Güneş Enerjisi Tesisi	0,91
Nadir Nacar Enerji Güneş Enerjisi Santrali	0,91
Ekinözü Güneş Enerji Santrali	0,61
Cem İplik Güneş Santrali	0,5
ÇMS Çavuş Metal Tekstil GES	0,5
Kırtaks Tekstil Güneş Santrali	0,5
Kamer Tekstil Güneş Enerji Santrali	0,44
Akalp Güneş Enerji Santrali	0,21
Osman Sakınmaz Güneş Enerjisi Tesisi	0,096
Diğer	10,4
Toplam	30,556

TEİAŞ'ın üretim tesisinin sadece YG-yüksek gerilim (33 kV) seviyesinden sisteme irtibatlandırılmış projeleri gösteren Nisan 2017 kapasite tahsislerine göre Kahramanmaraş'ta 11 trafo merkezinde çağrı mektubu verilen FV GES kapasitesi 231,69 MW'tır (Çizelge 11).



Çizelge 11: TEİAŞ Kahramanmaraş FV GES kapasite tahsisi

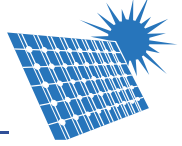
TM	OG (orta gerilim) Bara/ Dağıtım şirketi	Çağrı mektubu verilen FV GES kapasite MW
Afşin-Elbistan		45
Andırın		1,96
Botaş PS-5	Toroslar EDAŞ	16,9
	AKEDAŞ	2
Çağlayan	Bara A	9
	Bara B	2,93
Doğanköy	Bara A	37,79
	Bara B	23
Göksun		6,81
Kahramanmaraş-2	Bara A	9
	Bara B	3,79
	Bara C	5,8
Kılavuzlu	Bara A (AKEDAŞ)	10,83
	Bara B (OSB)	1
Kılılı	Bara A (AKEDAŞ)	34,82
	Bara A (OSB)	1
	Bara B	5
Narlı		15,06
Sır HES		0
Toplam		231,69

1.4. FV Güneş Elektrikçi Mevzuatı

Ülkemizde yenilenebilir enerji mevzuatını büyük ölçüde enerji mevzuatının altında incelemek uygun olacaktır. Ancak tek başına enerji düzenlemeleri YEK için yeterli olmamaktadır. Bunun yanında çevre, strateji, teknoloji ve mali konulardaki uluslararası sözleşmeler ve belgeler ile ulusal plan ve program, yasa, yönetmelik, tebliğ, genelge ve hatta duyuru gibi uygulamalar da bağlayıcılık ve yönlendiricilik barındırmaktadır. Bu yaklaşımla hiyerarşik bir alt üst ilişkisinin olduğu kabul edilerek konu irdelenmiştir.

1.4.1. Uluslararası belgeler

Birleşmiş Milletler'in iki örgütü Dünya Meteoroloji Teşkilatı (DMT-WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından 1988 yılında insan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliğinin risklerini değerlendirmek üzere Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (HİDP- IPCC) kurulmuştur. Türkiye bu panel kapsamında 1992'de imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BM-İDÇS)'ni 2004; 1997'de kabul edilen Kyoto Protokolü'ne 2009 yılında TBMM'de kabul ederek taraf olmuştur. IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu (AR5) sonrası ise ortaya çıkan Paris Anlaşması 22 Nisan 2016 tarihinde imzaya açılmıştır. Anlaşma'ya -henüz TBMM'de onaylanmamakla birlikte- imza koyan ülkeler arasında Türkiye de yer almıştır.



Türkiye 1990 yılında atmosfere saldığı 207,8 milyon ton sera gazını, 2014'e 467,6 milyon tona çıkartmıştır. "Enerji ihtiyacı" gerekçesi ile artışın sorumlusu enerji sektörü ve içinde yer alan fosil yakıtlar gösterilmiştir. Artık ülkemiz için bağlayıcılığı olan IPCC'nin raporları ve benzeri çalışmalar fosil yakıtların toprakta kalması ve kullanımını azaltmaya hemen başlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. 2012 yılı emisyonlarında karbondioksit eşdeğeri olarak en büyük payı %70.2 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %14.3 ile endüstriyel proses emisyonları, %8.2 ile atık ve %7.3 ile tarımsal faaliyetler takip etmiştir. Kömür rezervinin en az %80'inin, petrolün %30'unun, doğalgazın ise yarısının toprakta kalması ve kullanılmaması gerekmektedir [22]. Türkiye 1 Ekim 2015 tarihinde Kesin Katkılar için Ulusal Niyet Beyanı (INDC)'ni teslim etmiştir. Niyet Beyanı ile 2030 yılı salımlarını 1 milyar 175 milyon ton öngördüğünü, azaltım taahhüdü ile 929 milyon ton'a düşüreceğini bildirmiştir. Ayrıca, rüzgar enerjisi hedefi 2030'da 16 bin MW, lisanslı Güneş enerjisi hedefi ise 10 bin MW olarak beyan edilmiştir [22], [27].

1.4.2. Ulusal belgeler

Uluslararası verilen sözlerin birer çıktısı olarak Türkiye, Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (İDES 2010-2020), Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (İDEP 2011-2023) ve İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (İDUSEP 2011-2023) belgelerini yayınlamıştır. Bu kapsamdaki faaliyetlerden bir bölümü de "temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırarak düşük karbon yoğunluğu sunan bir ülke olma"yı hedeflemektedir. Durum tespitine yönelik yapılan çalışmalar neticesinde, toplam CO2 emisyonlarının 2013 yılında % 82'sinin enerjiden, % 18'inin endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, % 0,2'sinin ise tarımsal faaliyetler ve atıktan kaynaklandığı belirlenmiştir [28].

Atılan imzalar, yayınlanan belgeler ve verilen taahhütlere istinaden İDEP'te "...yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının artırılması ve 2023 yılına kadar teknolojik gelişim sağlanması..." hedeflenmiştir. Bağlayıcılığı olan bu taahhütlere uyumlu olarak ulusal politikamız şekillenmekte; ilgili kurum ve kuruluşlar bu doğrultuda hedefler koyup faaliyet planlaması yapmaktadırlar.

Türkiye İklim Değişikliği Eylem Planı Değerlendirme Raporu 2011-2023

Enerji Sektöründe Amaç E2. Temiz enerjinin üretim ve kullandaki payının artırılması. **Hedef E2.1.** Yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının artırılmasının sağlanması

Binalar Sektöründe Amaç B2. Binalarda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması.

Hedef B2.1. 2017 yılından itibaren yeni binaların yıllık enerji ihtiyacının en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi.

Sektörler Arası Ortak Konular'da ise Amaç Y9. Tüketim kalıplarının iklim dostu olacak şekilde değiştirilebilmesi için kamuoyu bilincinin artırılması [29].

Onuncu Kalkınma Planı (2014 - 2018) Yerli Kaynaklara Dayalı Enerji Üretim Programı Eylem Planı

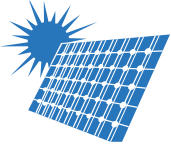
4. Bileşen: Su Dışındaki Yenilenebilir Kaynakların Değerlendirilmesi;

Politika 1: Rüzgar, güneş, biyokütle ve jeotermal kaynakların elektrik üretiminde kullanılmasına yönelik potansiyelin tam olarak tespit edilmesi...; diyerek Aralık 2016'ya kadar, Rüzgar ve güneşten elektrik üretimine ilişkin olarak işletmede olan tesislerden elde edilen veriler kapsamında, Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) ve **Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) güncellenecektir.**

Eylemden Sorumlu Kuruluş: ETKB

Eylemle İlgili Kuruluşlar : TEİAŞ

Başlangıç-Bitiş Tarihi : Kasım 2014- Aralık 2015



Politika 2 : Su kaynakları dışındaki yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin artırılması için yatırım gerçekleştirmelerine yönelik izleme ve değerlendirme yapılması amaçlı sistemin kurulması

Eylem : Yenilenebilir enerji projelerinin hızlandırılması için izin süreçlerinin tanımlanması ve takip edilmesi sağlanacaktır.

Eylemden Sorumlu Kuruluş : ETKB

Eylemle İlgili Kuruluşlar : Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, EPDK, Genel Kurmay Başkanlığı, MİT

Başlangıç-Bitiş Tarihi : Kasım 2014- Aralık 2015

Politika 3 : Biyokütle, jeotermal ve güneş kaynaklarının birincil enerji amacıyla değerlendirilmesi için mevcut potansiyelin harekete geçirilmesi amaçlanmıştır [7].

Eylem 1 : Orman köylerinde güneş enerjisi uygulamaları daha kısa sürede ve daha yoğun olarak gerçekleştirilecektir.

Eylem 2 : Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilecek organize sera bölgelerinin belirlenmesi ve ilan edilmesine yönelik çalışmalar tamamlanacaktır [7].

Orta Vadeli Program (2016-2018)(Revize)

Ödemeler Dengesi Kısımında 193. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmaya yönelik olarak maden, enerji hammaddeleri, yerli enerji üretim ekipmanları, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji yatırımları için ayrılan kaynaklar önemli oranda artırılabacaktır [30].

ETKB Stratejik Plan (2015-2019)

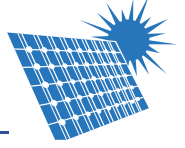
GZFT (Güçlü Zayıf Fırsat Tehdit) Analizinde: Güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, dalga ve akıntı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında hem elektrik enerjisi üretimi hem de ısı üretimi açısından önemli bir potansiyelimiz bulunmaktadır. Ancak bu potansiyelin tam anlamıyla hayata geçmesi için finansman imkanlarının geliştirilmesi, mevzuatın güncellenmesi, iletim altyapısının güçlendirilmesi ve yatırımcı farkındalığının artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Planın Amacına Göre: Ülkemizin sahip olduğu hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga ve akıntı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması kaynak çeşitliliğinin sağlanabilmesi açısından stratejik öneme sahiptir.

Hedef A2'ye Göre de: Güneş enerjisi kaynaklarının birincil enerji ve elektrik enerjisi arzı içindeki payının 2015 için 300 MW (hedef tutturulmuştur), 2017 için 1800 MW ve 2019 için 3000 MW'a artırılması sağlanacaktır [31].

Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi

...elektrik enerjisinin tüm tüketicilere yeterli, sürekli, kaliteli, düşük maliyetli ve çevre konusundaki duyarlılıkları dikkate alan bir şekilde sunulması temel amaçtır. Bu amaç doğrultusunda rekabetçi bir serbest piyasa oluşumu çalışmalarına devam edilecek, elektrik enerjisi talebini karşılamak üzere devreye girecek yeni üretim yatırımlarının piyasa yapısı içerisinde, enerji politikalarının kaynak öncelikleri ile uyumlu olarak ve sürdürülebilir koşullarda gerçekleştirilmesine yönelik uygulamalara etkinlik kazandırılacaktır. Sürdürülebilir bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması hedefi doğrultusunda, iklim değişikliği ve çevresel etkilerin sektörün her alanındaki faaliyetlerde göz önünde bulundurulması enerji arzında dışa bağımlılığı azaltmak üzere, yeni teknolojilerin özendirilmesi, kaynak çeşitliliğinin sağlanması ve yerli ve yenilenebilir kaynakların azami ölçüde kullanılması hedeflenmektedir.



Güneş: Hedef, güneş enerjisinin elektrik üretimi için de kullanılması uygulamasını yaygınlaştırmak, ülke potansiyelinin azami ölçüde değerlendirilmesini sağlamaktır. Güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanılması konusunda teknolojik gelişmeler yakından takip edilecek ve uygulanacaktır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesini özendirmek esastır [32]

Türkiye Elektrik ve Elektronik Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2012-2016

Hukuki ve İdari Düzenlemeleri İyileştirmek Hedefinde yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi ile ülkenin enerji ithalatının düşürülmesi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından; hidroelektrik, güneş, ısı pompası ve rüzgâr enerjisi tesislerini kuran ve malzemelerini üretenlerin ve bu alanlarda ar-ge çalışmaları yürütenlerin teşvik edilmesi için çalışmalar yapılacaktır [33].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 03 Mart 2016 tarihinde yaptığı "2016 Yılı Bütçe Sunumu

Türkiye enerji arz güvenliğini esas alan enerji politikasını şu temel amaçlar üzerinden yürüteceğini duyurmuştur;

- Yerli kaynaklara öncelik vermek suretiyle kaynak çeşitliliğinin sağlanması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzındaki payının artırılması,
- Enerji ve tabii kaynaklar alanındaki faaliyetlerin çevreye duyarlı şekilde yürütülmesinin sağlanması,
- Yerli doğal kaynakların ülke ekonomisine katkısının artırılması,
- Serbest piyasa koşullarına tam işlerlik kazandırılması ve yatırım ortamının iyileştirilmesidir [34].

FV güneş elektrikli çalışmalarnın ulusal politikalarla ne kadar uyumlu olduğunu bu sayılan amaçlar adeta teyit etmektedir. Ayrıca 2019 hedeflerinden biri de "Güneş enerjisine dayalı kurulu gücün 3.000 MW'a çıkarılması" olarak kamuoyuna açıklanmıştır.

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2010-2023

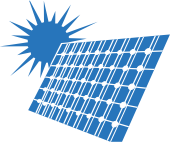
Stratejik Amaç 2: SA-02: Enerji verimliliği yüksek binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak vardır. Buna göre: Bu kapsamda 2017 yılından itibaren, binanın yıllık enerji ihtiyacı içerisindeki yenilenebilir enerji kullanım oranına ilişkin uygulanacak kademeler, % 20'den az olmamak üzere; binaların, bulundukları belediyelerin kalkınmışlık düzeylerine, imar planlarına, arsa değerlerine ve çevredeki doğal enerji imkânlarına bağlı olarak 2 yılda bir belirlenecektir [35].

TEİAŞ Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu 2012 – 2021

Elektrik sektörünün tüketim yapısının özelliği dolayısıyla, arz-talep dengelerinin gelişimine ve puant yük talebine en uygun şekilde cevap verecek Hidrolik-Termik-Rüzgar-Güneş kaynaklarına bağlı dağılımı sağlayacak, kaynak güvenliğini esas alacak, arz güvenliği açısından yeterli düzeyde yedek kapasiteye sahip bir sistemin kurulabilmesi için planlama çalışmaları öneme verilmesi gerekmektedir. Elektrik sektörünün serbest piyasa şartlarında faaliyet göstermeye başlamasından sonra da özel sektörün önünü görmesi ve yatırımcılara ışık tutması ve arz güvenliği açısından planlama çalışmalarının yapılması büyük önem arz etmektedir. Bilindiği gibi, sağlıklı, plansız ve belirsizliklerin çok olduğu bir gelişimden özellikle piyasada faaliyet gösteren özel sektörün girişimleri olumsuz etkilenebilecektir [36].

TETAŞ Sektör Raporu 2014

Dünyada devam eden özelleştirme, serbestleştirme ve bu amaçla süregelen yasal, yapısal değişim ve dönüşüm süreci, dünya enerji pazarında bugüne kadar olan en büyük belirsizlik dönemini yaratmıştır. Belirsizlik ortamı; yerli ve yenilenebilir kaynaklara daha çok yatırım yapılmasını ve dengeli bir enerji portföyü için daha dikkatli, verimli ve uzun vadeli kamusal planların yapılmasını zorunlu kılmıştır. Diğer taraftan, tüm dünyada elektrik piyasalarına ilişkin reform çalışmalarında,



yatırım risklerinin tüketicinin üzerinden alınarak üreticilerin ve piyasa katılımcılarının üzerine kaydırıldığı daha ideal bir rekabetçi piyasa ortamını oluşturmaya çalışan yaklaşımlara dönüldüğü de görülmektedir [37].

2014-2023 İklim Değişikliği ve Buna Bağlı Afetlere Yönelik Yol Haritası Belgesi

Yetkili Kurumların Roller ve Sorumlulukları Kısımında Sera gazı salımlarının azaltılmasına katkı sağlayan yenilenebilir enerji kaynakları başta olmak üzere temiz enerji kullanılmasını desteklemek ve temiz enerji konularında çalışmalar yapmak [38].

2016 Mayıs ayında yayınlanan 65. Hükümet Programı

“Enerjinin nihai tüketiciye sürekli, kaliteli, güvenli, asgari maliyetlerle arzı ve enerji temininde kaynak ve bölge çeşitlendirmesi esas alınmakta” ve “Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızın mümkün olan en üst düzeyde değerlendirilmesi öngörmekte”, “Enerjinin israf edilmemesi ve çevresel etkilerinin asgariye indirilmesi ile ülkemizin uluslararası enerji ticaretinde stratejik konumunu güçlendiren rekabetçi bir enerji sistemine ulaşılması temel amaç” olarak ifade edilmektedir [39].

Mavi Kitap

ETKB ile bağlı, ilgili ve ilişkili kuruluşlarının amaç ve faaliyetlerinin derlendiği Mavi Kitap'ta “...ülke gerçekleri ile küresel ölçekli dinamikler dikkate alınarak geliştirdiğimiz enerji strateji ve politikalarımızı ana başlıkları...” arasında:

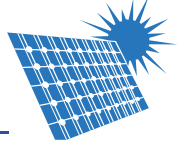
- Yerli kaynaklara öncelik vermek suretiyle kaynak çeşitliliğini sağlamak,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payını arttırmak,
- Rekabete dayalı piyasa koşullarına tam işlerlik kazandırmak ve yatırım ortamının iyileşmesini sağlamak,
- Petrol ve doğal gaz alanlarında kaynak çeşitliliğini sağlamak ve ithalattan kaynaklanan riskleri azaltacak tedbirleri almak,
- Enerji ve doğal kaynaklar alanlarındaki faaliyetlerin çevreye duyarlı halde yürütülmesini sağlamak,
- Doğal kaynaklarımızın ülke ekonomisine katkısını artırmak,
- Maliyet, zaman ve miktar yönünden enerjiyi tüketiciler için erişilebilir kılmak yer almaktadır [24].

Milli Enerji ve Maden Politikası

6 Nisan 2017 tarihinde ETKB'nin kamuoyuna duyurduğu strateji, “arz güvenliği”, “yerleştirme” ve “öngörülebilir piyasa”-dan ibarettir. Güneş ve rüzgarda ise önümüzdeki 10 yılda 10'ar bin megavatı da devreye almak hedeflenmektedir. Artık elektrik üretim yatırımları değerlendirilirken bölgedeki arz-talep dengesine bakılması gerekecektir. Bir enerji projesini önceliklendirirken, o sahanın verimlilik noktasında makul olup olmadığı, bölgenin o yatırımı talep edip etmediği gibi kriterler değerlendirilecek. Tüm bu çerçevede, iletim ve dağıtım altyapısıyla uyumlu bir üretim altyapısını oluşturmak hedefleniyor [40].

1.4.3. Bölgesel belgeler

Başbakan başkanlığında oluşturulan Bölgesel Gelişme Yüksek Kurulu tarafından 30.12.2014 tarih ve 2014/1 sayılı karar ile onaylanan TR63 Bölge Planı (2014-2023)'nda “2010 yılı sonrasında yapılan kanuni düzenlemeler, uygulamaya giren teşvikler, üniversite ve sanayi işbirliği gibi çalışmalar güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanılmasına dair atılan ilk adımlar olarak değerlendirilmekte; TR63 Bölgesi'nin tamamı orta ve üst düzey derecede üretime elverişli bölgeler olarak görülmekte; TR63 Bölgesi'nin illerinin bu alanda aktif rol alması gerektiği; güneş enerjisine yönelik yatırımların artırılması amacıyla kanuni düzenlemelerde ve yatırım ortamının oluşturulmasında yatırımcılara yönelik özendirici tedbirlerin alınması, önemli görülmektedir.”



Bölge planında 7 adet gelişme eksenini (temel amaç), 34 adet öncelik ve 140 adet tedbir belirlenmiştir. Buna göre, ulusal ve uluslararası ölçekte rekabetçiliğin en yüksek olduğu Enerji, Sanayi ve Tarım sektörleri stratejik olarak önceliklendirilmiştir. Bu sektörler; mevcut kurulu üretim yapısı, ulusal ve uluslararası ölçekte bölge ekonomisine olan etkileri ve gelecek senaryoları dikkate alınarak bölgesel kalkınmada en önemli alanlar olarak değerlendirilmektedir.

TR63 Bölgesi'nin Enerji Üretim Kapasitesinin Artırılması için alınacak tedbirler sayılırken de "Bölgedeki rüzgar ve güneş potansiyelinden enerji üretilmesi amacıyla yatırımların özendirilmesi", "yeni enerji sahalarının tespit edilmesi", "kaynak çeşitliliğinin sağlanması" ve "OSB'lerin ve KOBİ'lerin yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, ihtiyaç duydukları enerjiyi kendilerinin üretebilmesine yönelik yatırımların desteklenmesi" hedeflenmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları alanında nitelikli işgücü yetiştirilmesine yönelik eğitim uygulamaları ve destek programları geliştirilmesi amacıyla, enerji üretim kapasitesini artırmayı ve enerji üretimine yönelik yatırım ortamı iyileştirmeyi hedefleyen Yenilenebilir Enerji Kullanımının Yaygınlaştırılması Destek Programı ile "Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretime kazandırılabilmesine yönelik araştırma, analiz ve fizibilite çalışmaları yapılarak sonuçlarının yatırımcılarla paylaşılacağı" ve "TR63 Bölgesi'ni ulusal ve uluslararası nitelikli yatırım süreçlerine dâhil ederek yenilenebilir enerji üretim merkezi haline getirme ve enerjinin etkin kullanımını yaygınlaştırma" yöntem olarak benimsenmiştir [41].

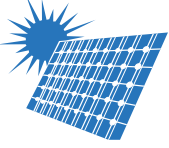
"Nitelikli insan kaynağı ve gelişmiş altyapı olanakları ile rekabet gücü ve yaşam kalitesi yüksek bölge" olarak belirlenen Bölge vizyonu çerçevesinde, bu vizyona yönelik olarak stratejik ve öncelikli sektörlerin rekabet gücünün artırılması, potansiyel gelişme alanlarının bölge ve ülke ekonomisine kazandırılması ve yaşam kalitesinin geliştirilmesine yönelik temel hizmet ve altyapı olanaklarının iyileştirilmesi yaklaşımı ile belirlenen temel amaç, öncelik ve tedbirlerin başında "Enerji Üretim Kapasitesinin Artırılması" gelmektedir [42].

DOĞAKA 2014 yılında Bölge içi yükselen sektörleri yeni bir anlayış ile ele almak amacıyla Enerji Sektör Raporu hazırlamıştır. Bu raporda tüm sektörler için altlık sağlayan enerji sektörünü öncelikli sektörler arasında değerlendirmiştir. Bölgenin sahip olduğu yüksek güneş enerjisi potansiyelinin hayata geçirilebilmesi ve güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanılmasına dair kanuni düzenlemeler, uygulamaya giren teşvikler, üniversite ve sanayi işbirliği gibi makro düzeyde adımların atılmasının ardından yatırımların bölgeye çekilebilmesi için gerekli politika araçlarının ilgili aktörler tarafından kullanılması gerekliliği belirtilmiştir [43].

1.4.4. Kanun, yönetmelik, tebliğ

Uluslararası ve ulusal belgelerde sunulan taahhüt ve hedeflere erişmemizi sağlayacak düzenlemeler kanun, yönetmelik, tebliğ, genelge ve kararlar ile şekillenmektedir. FV güneş elektrikli yatırım, girişim ve uygulamalarını etkileyecek iç mevzuatımız enerji, çevre, tarım, tabii kaynaklar ve mali düzenlemelerin tamamıyla ilişkilendirilerek analiz edilebilir. Bu çalışma kapsamında birincil tabi olunan kanuni düzenlemelere yer verilmiştir.

2001 tarihli 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu (son revizyon 2013), "elektriklin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanması"nın amaçları. Kanun, elektrik piyasamıza köklü değişiklikler getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına, hatta güneş enerjisine dayalı olarak elektrik enerjisi üretimi kanuni olarak tanınmış, piyasadaki konumu birinci seviyede tarif edilmiştir. Kanun ile üretimden tüketime kadar olan farklı aşamalar için ön lisans ve lisanslama süreçleri başlamıştır. Lisansa tabi olmadan yürütülebilecek faaliyetler de Lisanssız olarak tanımlanmıştır. YEK ile üretilen elektrikliğin alım garantisi de bu kanun ile hükme bağlanmıştır. TEİAŞ tarafından piyasa işletim lisansı kapsamında işletilen organize toptan elektrik piyasalarının mali uzlaştırma işlemleri ile birlikte gerekli diğer mali işlemleri de yürütecek EPIAŞ da bu kanuna dayanarak kurulmuştur [44].



5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun 2005 tarihli, son revizyonu 17 Haziran 2016'da yapılmıştır. Amacı “yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi”dir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tanımı bu kanun ile yapılır; güneş enerjisi de bu kanun ile yasal olarak da bir yenilenebilir enerji olarak kabul edilmiştir. FV güneş elektrikli için alım garantisinde uygulanacak fiyatlar ile yerli katkı ilavesi bu kanunda ifade edilir. Yine yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösterenlerin faydalanabileceği fiyat, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin usul ve esasları içeren YEK destekleme mekanizması (YEKDEM) ile Piyasa Mali Ulaştırma Merkezi (PMUM) da bu kanun ile tanımlanmıştır [45].

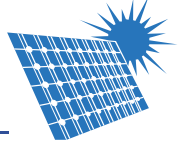
5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile işlerlik kazanan YEKDEM, 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girmiş ya da girecek olan FV GES'lere 10 yıl süre ile uygulanabilmektedir. Sadece lisanslı değil lisanssız FV GES'ler de ürettiği elektrikli görevli tedarik şirketlerine satabilmektedir. Görevli tedarik şirketleri lisans süreleri boyunca YEKDEM'in doğal katılımcıları olduğundan, Lisanssız Elektrik Yönetmeliği kapsamında faaliyet gösteren gerçek ve tüzel kişiler işletmeye geçtiği tarihten itibaren 10 yıl süre ile görevli tedarik şirketleri vasıtasıyla ihtiyaç fazlası enerji için 0,133 \$c/kWh fiyattan yararlanır. Ayrıca üretim tesisinde yerli aksam kullanılması ve ilgili yerli aksamın “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” hükümleri ve diğer ilgili mevzuat kapsamında belgelendiğinde ise bu fiyatlara yine YEK Kanunu Ek-II sayılı cetvelinde yer alan fiyatlardan beş yıl süreyle ilave edilir. YEKDEM'in senelik işleyen bir mekanizma olması nedeniyle bir sonraki takvim yılında YEKDEM'den faydalanmak isteyen üretim lisansı sahipleri 31 Ekim tarihine kadar EPDK'ya başvuruda bulunmak zorundadır. 2016 itibarıyla 15.577 MW'lık YEK kurulu gücü YEKDEM yararlanıcısıdır.

FV güneş elektrikli dayalı bir tesis kurmak için girişime başlandığında uyulması tabi olunan diğer yükümlülükler için asgari şu kanunlara bakmak uygun olacaktır:

- Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı ve Ticareti İle Görevlendirilmesi Hakkında Kanun
- Çevre Kanunu
- Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu
- Mera Kanunu
- Türk Ticaret Kanunu
- Vergi Usul Kanunu

Son revizyonu 23 Aralık 2015'te yapılan elektrik piyasasındaki önlisans ve lisanslandırma uygulamalarına ilişkin usul ve esaslar ile önlisans ve lisans sahiplerinin hak ve yükümlülüklerinin belirlendiği Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak amacıyla yapılacak önlisans başvurularının usulünü, önlisans süresi içerisinde tamamlanması gereken iş ve işlemler ile güneş ölçümlerine ilişkin yükümlülük ve standartları tarif etmektedir [46].

23 Mart 2016 tarihinde son halini alan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarının tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılanması, arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması, elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacıyla lisans alma ile şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik



enerjisi üretebilecek gerçek veya tüzel kişilere uygulanacak usul ve esasları belirler. Bu kapsamda lisans alma ile şirket kurma muafiyeti, bağlantı ve sistem kullanımına ilişkin hükümler, başvurunun değerlendirilmesi ve sonuçlandırılması, üretim kaynak belgesine ve teknik hususlara ilişkin hükümler, ihtiyaç fazlası enerjinin tespiti ve satın alınması ile diğer ticari hükümler, yerli ürün kullanımının desteklenmesi gibi konular açıklığa kavuşturulmaktadır [47].

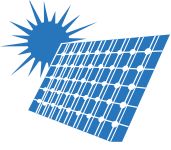
29 Nisan 2016'da güncellenen Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik ile Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesi, YEKDEM kuruluşu, işleyişi ve kayıt esasları ile bu kapsamda tarafların hak ve yükümlülükleri açıklanmaktadır [48].

24 Haziran 2016 itibarıyla son hali yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik ise yurt içinde imal edilerek yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten tesislerde kullanılan aksamın ve/veya aksamı oluşturan bütünleştirici parçaların, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunun ekinde yer alan II sayılı Cetvele göre ilave fiyatın uygulanabilme koşulları ile her bir başvuru kapsamında uygulanacak ilave fiyat miktarının belirlenmesi, belgelendirilmesi ve denetlenmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektedir [49].

9 Şubat 2016 son güncellemeli Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, kurulu gücü 10 MWe ve üzeri güneş enerjisi santrallerini, Çevresel Etki Değerlendirmesi Uygulanacak Projeler Listesi'nde; Kurulu gücü 1-10 MWe olan güneş enerjisi santrallerini (çatı ve cephe sistemleri hariç) de Seçme-Elemente Kriterleri Uygulanacak Projeler Listesi'nde göstermektedir [50].

Bunlarla birlikte dikkate değer diğer yönetmelikler ise:

- Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik
- Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik
- Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği
- Elektrik Piyasası Bağlantı ve Sistem Kullanım Yönetmeliği
- Elektrik Şebeke Yönetmeliği
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik
- Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği
- Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği
- Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği
- Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği
- Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği
- Elektrik Piyasası Serbest Tüketici Yönetmeliği
- Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği
- Elektrik Piyasasında Kullanılacak Sayaçlar Hakkında Tebliğ
- Yerli Aksamın Desteklenmesine Dair Usul ve Esaslar



Bunlara ek olarak bu yayının basım tarihi itibarıyla taslak olarak hazırlanıp, kamuoyu değerlendirilmesine bırakılan mevzuattan bazıları:

- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına İlişkin Yönetmelik (9 Haziran 2017)
- Elektrik Piyasasında Tüketim Tesisi ile Aynı Ölçüm Noktasından Bağlı ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri için Lisanssız Üretim Başvurularına ve İhtiyaç Fazlası Enerjinin Değerlendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslara İlişkin Taslak

23 Mart 2016'da revizyona uğrayan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ'in bağlantı ve sistem kullanımına ilişkin hükümleri, bağlantı başvurularının yapılması ve değerlendirilmesini, başvuruların derlenmesi, değerlendirilmesi ve ilanını, bu süreçte uyulması gereken temel standartlar ile uzaktan izleme ve kontrol, koruma, ölçme sistemlerini, sisteme bağlantı onayı ve devreye alma şartlarını, enerjinin üretimine, tüketimine ve satın alınmasına ilişkin esasları düzenlemektedir [51].

Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Önlisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce GES önlisans başvurusu yapacaklar için kurmak ve çalıştırmak zorunda oldukları Güneş Ölçüm İstasyonu için nitelik, başvuru, kontrol ve iletişim ile eksik veri tamamlama, verilerin kontrolü ve değerlendirilmesi süreçlerini tanımlamaktadır [52].

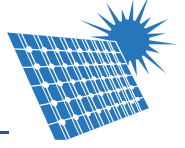
19 Kasım 2015 tarihinde Ekonomi Bakanlığı İthalat Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan İthalatta Gözetim Uygulanmasına İlişkin Tebliğ ile "Güneş pili (solar) (bir modül halinde birleştirilmiş veya panolarda düzenlenmiş olsun olmasın)" gözetim altında ithal edileceği belirtilmiştir. Tedarikçi ülke ya da firma kayıtları (kapasitesi, cirosu, kalite belgeleri, mali verileri) ayrıntılarıyla tutulacak; İthalat Genel Müdürlüğü'nce düzenlenecek gözetim belgesi olmayan ithalatçılar, ekipmanı kg başına 35 \$'dan çarpıp KDV'sini ödeyerek ülkeye sokabileceklerdir [53].

1 Temmuz 2016 tarihli Ekonomi Bakanlığı'nın 2016/29 sayılı İthalatta Haksız Rekabetin Önlenmesine İlişkin Tebliğ ile Çin Halk Cumhuriyeti menşeli "Güneş pili (solar) (bir modül halinde birleştirilmiş veya panolarda düzenlenmiş olsun olmasın) (Yalnız güneş panelleri)" ürününün ithalatına ilişkin olarak dumping soruşturması açılmış ve açılan soruşturmanın usul ve esaslarını belirlemiştir. Soruşturma süreci devam etmektedir [54].

ETKB Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Bağlanabileceği Trafo Merkezleri ve Kapasiteleri'ni 11 Ağustos 2011 tarih ve 28022 sayılı Resmi Gazetede yayımlayarak Türkiye'de ilk güneşten elektrik üretme için lisans sürecini başlatmıştır. Bu duyuruda 600 MW'lık kapasite 36 ayrı il için açıklanırken, Hatay ili güneş enerjisi potansiyelinin yetersizliği gerekçesiyle maalesef yer almamıştır. Başvuruların 1650 kWh/m²-yıl'dan yüksek verimde olma ve ETKB'nin belirlediği alanlar içerisinde kalma zorunluluğu getirilmiştir. Daha sonra ETKB, 4 Şubat 2012 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan ilan ile değişikliğe giderek, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulması için proje geliştirilmesi gereken alanlara ilişkin sınırlandırmayı kaldırmış; güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvuruları kapsamında sunulacak olan standardına uygun ölçümlerde 1650 kWh/m²-yıl olan yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu alt sınır değerini 1620 kWh/m²-yıl olarak revize etmiştir. Bu çalışma ile bahse konu değişiklik ve gerekçelerin teknik irdelemesi de yapılmış olmaktadır [4].

Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Belirleme Çalışmaları:

5346 sayılı YEK Kanunu'nun 6/B maddesine dayanılarak hazırlanan Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarının Belirlenmesi, Derecelendirilmesi, Korunması ve Kullanılmasına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik 27.11.2013 tarih ve 28834 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.



Bu yönetmeliğin amacı; ülkemizde çevreye azami önemin verilerek yatırımları bir an önce devreye almak, gereksiz yatırımlardan kaçınmak ve belirlenen hedeflere ulaşmak için gereken düzenlemelerin yapılmasıdır. Bu kapsamda, 16 Temmuz 2012 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile Karapınar Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi olarak ilan edilen bölge; Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile ETKB arasında imzalanan 07.05.2015 tarihli “Karapınar Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi’nde Yer Alacak Yatırımcılara Yapılacak Yer Tahsisine İlişkin İşbirliği Protokol” gereğince protokolde adı geçen alan, 09.09.2015 tarih ve 29470 sayılı Resmi Gazete’de Karapınar Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı olarak ilan edilmiştir. Bu çerçevede Bakanlığımızca Karapınar Enerji Endüstri İhtisas Bölgesi’ne (I Kısım) GES projelerine yönelik kapasite tahsisi 500 MW olarak belirlenmiştir [24]. Daha sonra 1.000 MW olarak güncellenerek ihalesi yapılmıştır.

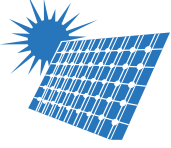
Çatı Uygulamaları:

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı “Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği”ni 3 Temmuz 2017 tarihinde değiştirerek, düzenlemenin 59. maddesine göre, binalarda, binaların kendi ihtiyaçları için yapılacak güneş enerjisi sistem kurulumlarının, taşıyıcı sistemi etkilememek ve 634 sayılı Kanun uyarınca muvafakat alınmak kaydıyla yapı ruhsatı izni gerektirmediği hükmü getirmiştir. ‘Yapı ruhsatı gerektirmeyen inşai faaliyetler’ başlığı altında yapılan düzenleme ile, “Taşıyıcı sistemi etkilememek ve 634 sayılı Kanun uyarınca muvafakat alınmak kaydıyla; binalarda enerji kimlik belgesi sınıfı en az “C” olacak şekilde mesleki yeterlilik sertifikalı uygulayıcılar tarafından yapılacak ısı yalıtımı uygulamaları ile binanın kendi ihtiyacı için yapılacak güneş kaynaklı yenilenebilir enerji sistemleri ruhsata tabi değildir. Bunlara ait uygulama projelerinin hazırlanması ve fenni mesuliyetin üstlenildiğine dair taahhütname ile birlikte ilgili idareye sunulması, binanın projesindeki mimari görünümlere bağlı kalınması ve idaresinden izin alınması zorunludur. “ diyerek FV GES çatı uygulamalarının yaygınlaşmasının önünü açmıştır.

Yeşil Sertifikalar:

YEGM tarafından yeşil sertifikalar ile ilgili mevzuat hazırlanmasına yönelik AB ve dünyanın diğer ülkelerinde bu alandaki çalışmalar incelenmektedir. Buradaki amaç sertifikasyon sisteminin hem elektrik enerjisi üreticisi hem de tüketicisi üzerinde farkındalık yaratmayı hedefleyerek fosil kaynaklı elektrik enerjisi üretimi yerine yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin tercih edilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde yaygınlaştırılmasıdır.

2013 yılındaki Enerji Piyasası Kanunu’nda yer alan “Bakanlık tarafından çıkarılacak yönetmelik” Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektrik Yenilenebilir Kaynaktan Elektrik Üretim Belgesi Verilmesine İlişkin Yönetmelik adıyla Taslak aşamasındadır. İlgili kurum görüşleri alınmış olup söz konusu yönetmeliğin ilerleyen dönemde yayımlanması planlanmaktadır [24].



2. KAHRAMANMARAŞ'IN GENEL YAPISI

2.1. Fiziki ve Coğrafi Yapı

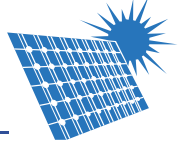
FV GES proje sürecinde ilk ve en önemli aşama saha geliştirmedir. Binaya entegre tesisler hariç teknik ve idari olarak uygun sahanın belirlenmesi makro ve mikro bölgesel araştırmayı gerektirir. FV GES tesisi topoğrafya ve çevresel fiziki koşullardan doğrudan etkilenir. Sahanın eğiminden bakısına, toprak özelliklerinden rakımına kadar tüm etmenler proje ön fizibilitesi, tasarım ve proje uygulama aşamalarında göz önünde bulundurulması gereken birer girdidir. Bu sebeple hemen her ölçekte FV GES yatırım kararı verirken bu koşulların iyi bilinmesi esastır.

2.1.1. Coğrafya

TR63 Bölgesi'nin kuzeyinde yer alan Kahramanmaraş, 14.346 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin 11. büyük ili durumundadır. 37-38 kuzey paralelleri ile 36-37 doğu meridyenleri arasında yer alır. Merkez ilçe deniz seviyesinden 568 m yükseklikte olup, ilin kuzey kesimleri oldukça dağlıktır. Yeryüzü şekilleri genellikle Güneydoğu Torosların uzantıları olan dağlarla bunlar arasında kalan çöküntü alanlarından oluşmaktadır. Arazi yüksekliği 350 m'den 3000 m'ye kadar çıkan ilde geniş ovalar vardır. Bunlar; Gâvur, Maraş, Göksun, Aşağı Göksun, Afşin, Elbistan, Andırın, Mizmilli, Narlı ve İnekli Ovaları'dır (Şekil 8).

Şekil 8: Türkiye'de Kahramanmaraş

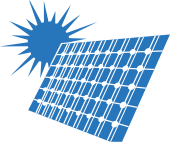




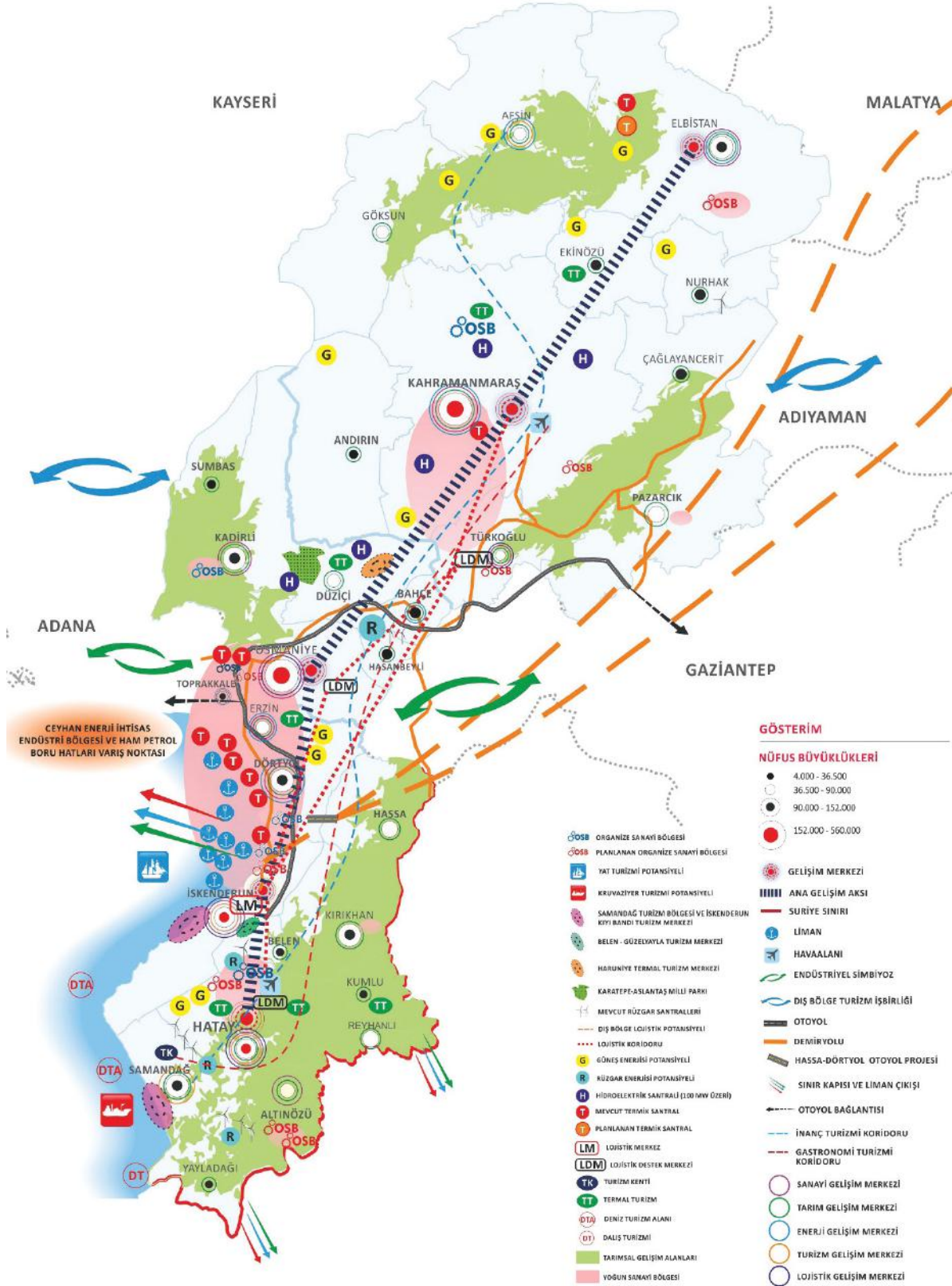
İlin belli başlı dağlık alanları Güneydoğu Torosların uzantıları olan Nurhak, Binboğa, Engizek, Uludaz ve Ahırdağı'dır. Ceyhan nehri ile Aksu, Bertiz, Erkenez, Göksu, Göksun, Hurman, Körsulu, Sarsap ve Söğütlü çayları ilin başlıca akarsularıdır. Toprakların % 60'ını dağlar, %24'ünü platolar ve %16'sını de ovalar teşkil eder. İlde doğal göl bulunmamakla birlikte Aksu Çayı'nda Kartalkaya, Erkenez Çayı'nda Ayvalı barajları ile Ceyhan Nehri'nde Kılavuzlu, Sır, Menzelet ve Berke baraj göllerine sınırı bulunmaktadır [55].

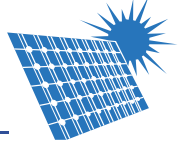
2.1.2. TR63 Bölgesi alt bölgeleri

TR63 Bölgesi'nin coğrafyası, nüfusu ve üretim kaynakları açısından bir değerlendirme yapıldığında belirli bölgelerde yoğunlaşmaların varlığı görülmektedir. Bu durum, ilçeler arasında gelişmişlik farklılıklarını ortaya çıkarmaktadır. Alt bölgelerin belirlenmesinde ilçelerin sosyoekonomik yönelimine ilişkin Kaymakamlıklarla gerçekleştirilen çalışmalarda ortaya çıkan sonuçlar, bölgenin jeomorfolojik yapısı ve ilçelerin sosyoekonomik fonksiyonel ilişki analizi gibi nitel analizler kullanılmaktadır. Bu analizlerin yanı sıra coğrafi yakınlık (en yakın komşuluk), önemli bir kriter olarak kullanılmıştır. TR63 Bölgesi jeomorfolojik açıdan incelendiğinde coğrafi yapı, ilçeler arasında fonksiyonel ilişkinin kurulmasında ve alt bölgelerin oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır. Bu yaklaşımla TR63 Bölgesi'nde 8 Adet Alt Bölge belirlenmiştir ve bu Alt Bölgelerin merkezleri Antakya, Kırıkhan, İskenderun - Osmaniye, Kadirli - Onikişubat, Pazarcık, Elbistan'dır [56]. TR63 Bölgesi'nde 2014-2023 yılları arası dönem için öngörülen stratejilerde, Hatay il merkezinden başlayarak İskenderun ilçesi, Osmaniye il merkezi ve Kahramanmaraş il merkezinden geçen ve Elbistan'a uzanan hat, Ana Gelişim Aksı olarak belirlenmiştir. Hali hazırda bölge ekonomisinin ve nüfusunun önemli bir kısmını barındıran bu hat, bölgenin mevcut ve planlanan enerji üretim tesislerinin, mevcut ve planlanan sanayi bölgeleri ve tesislerinin, ulaşım modlarının, turizm değerlerinin büyük bir çoğunluğunu kapsamaktadır. Tarımsal üretimde de hissedilir bir paya sahip olan bu bölgeler Bölge Planının tüm gelişme eksenlerinde başat rol oynamaktadır (Şekil 9) [42].



Şekil 9: TR63 Bölgesi Gelişim Şeması (Kaynak: DOĞAKA)

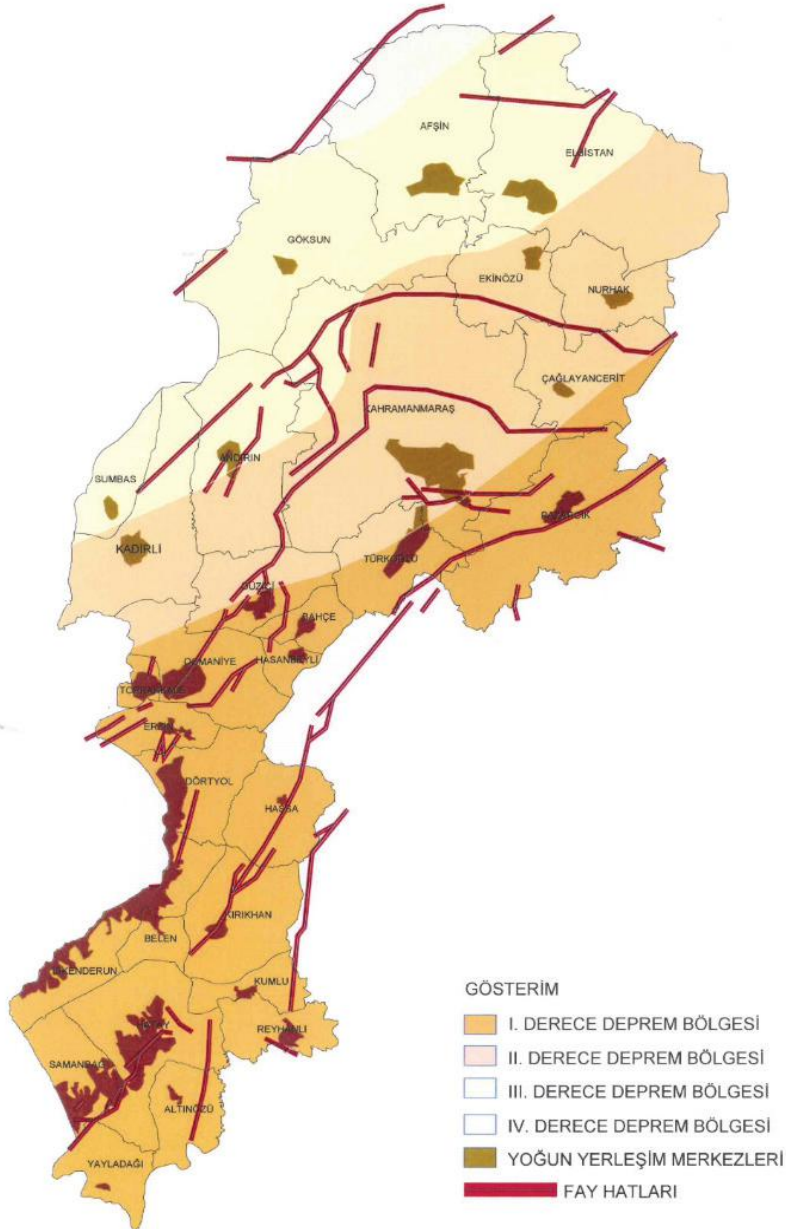


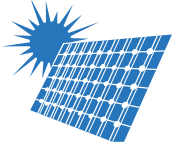


2.1.3. Topoğrafya ve jeomorfoloji

İl Çevre Düzeni Planları ve Fay Hatları Haritasında yer alan yerleşim yerleri ve fay hatları lokasyonlarına göre hazırlanan haritaya (Şekil 10) göre 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer alan Pazarcık, Düziçi, Osmaniye Merkez, Toprakkale, Erzin, Dört Yol, Hassa, Kırıkhan, Hatay Merkez, Reyhanlı ve Samandağ İlçeleri'nde fay hatları kent merkezlerinde ya da kent merkezlerine çok yakın konumdadır. Ayrıca İskenderun-Dört Yol-Osmaniye hattında yer alan büyük sanayi işletmeleri ve yeni inşa edilmekte olan enerji üretim tesisleri deprem bölgesi içerisinde yer alır. Kahramanmaraş Merkez ilçenin güneydoğusu, Pazarcık ve Türkoğlu ilçelerinden başlayan ve Osmaniye'nin Bahçe, Hasanbeyli, Merkez ve Toprakkale ilçelerinden geçerek Hatay'ın tamamını içerisine alan 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer alan yerleşim bölgeleri bu tedbirlerin alınmasında öncelikli alanlardır.

Şekil 10: İl Çevre Düzeni Planları doğrultusunda DOĞAKA tarafından hazırlan TR63 Bölgesi Deprem Haritası [41]





2.1.4. Toprak yapısı ve arazi kullanımı

FV GES için yararlanılabilecek muhtemel arazinin Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu'nun 3. Maddesi'ne göre toprak, toprak derinliği, taşlılık, topoğrafya, eğim ve tarımsal potansiyel ile çevre tarım arazilerindeki tarımsal kullanım bütünlüğünü bozacak herhangi bir durumunun olup olmayacağı açısından değerlendirilerek, "mutlak tarım arazisi", "özel ürün arazisi", "dikili tarım arazisi", "sulu tarım arazisi" veya "marjinal tarım arazisi" olarak tanımlanması gerekir [57]. Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Arazi Toplulaştırılmasına İlişkin Tüzük uyarınca Mutlak tarım arazileri, Özel ürün arazileri, Dikili tarım arazileri, Sulu tarım arazileri, Çevre arazilerde tarımsal bütünlüğü bozan alanlarda FV GES başvurusu alınmamaktadır. Bu sebeple toprak yapısının ve sınıfının doğru belirlenmesi esastır.

Toplam tarım alanı 3,5 milyon dekar kadardır. Tarım arazileri yanında FV GES yatırım sahası olarak kullanılamayacak bir diğer arazi kullanımı da aktif veya bozuk orman arazileridir. Kahramanmaraş'ın toplam arazi varlığının % 35'i kuru veya baltalık, bozuk veya normal orman ile kaplıdır (Çizelge 12).

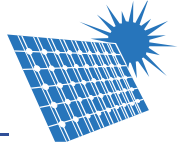
Çizelge 12: Kahramanmaraş'ta tarım [58] ve ormanlık alanların dağılımı, Ha [59] (Kaynak: TÜİK ve OGM)

Tarım Da	Ekilen alan Da	Nadas Da	Sebze Da	Meyve Da	Süs bitkileri Da
3.451.827	2.363.818	429.712	97.183	561.095	19

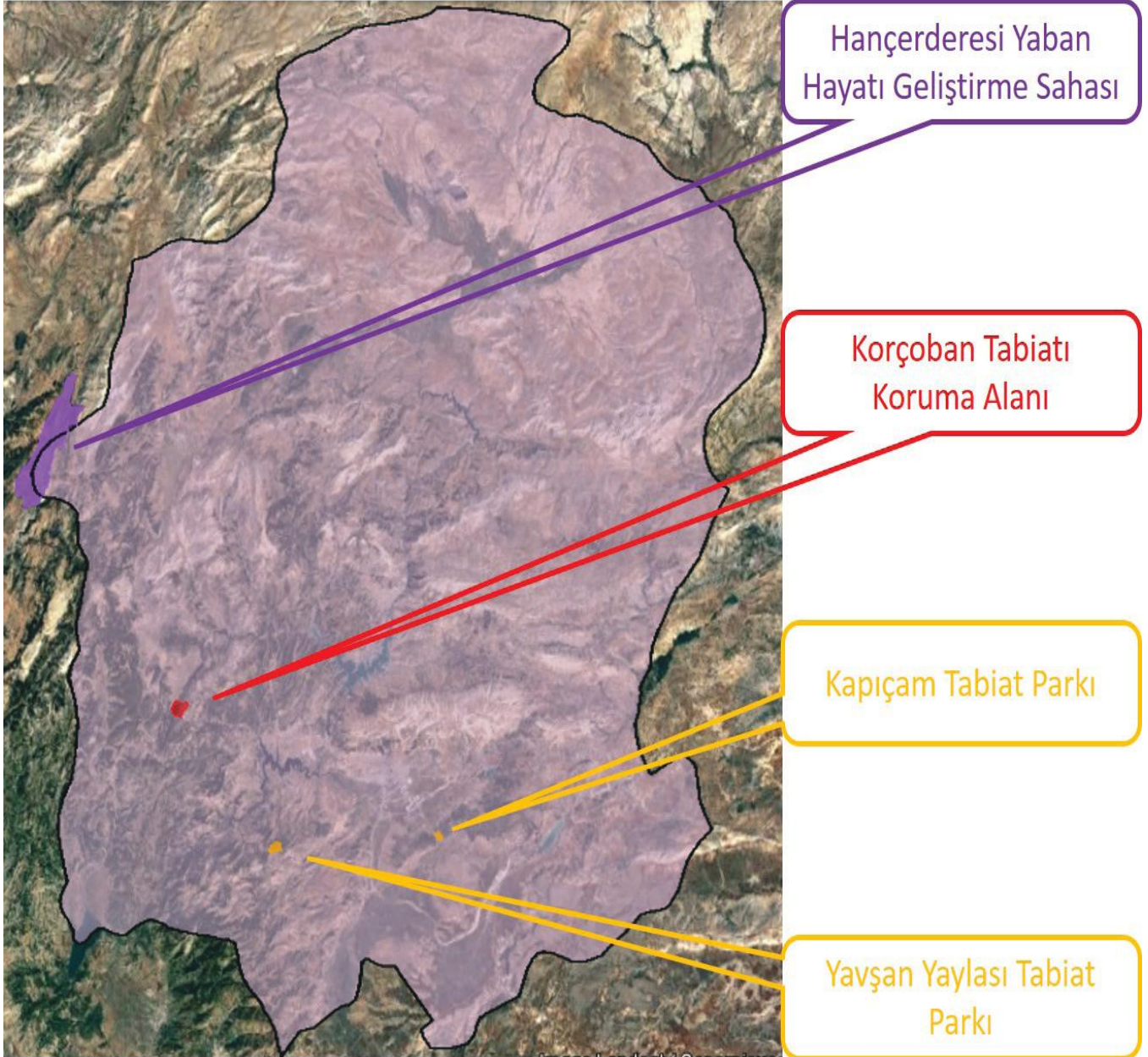
Koru			Baltalık			Toplam			Ot	Ormansız	Toplam	Ormanlık alan Yüzde
Normal	Bozuk	Toplam	Normal	Bozuk	Toplam	Normal	Bozuk	Toplam				
161.197	298.270	459.468	7.067	39.841	46.909	168.265	338.111	506.377	476.588	927.163	1.433.541	35

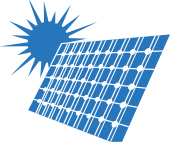
2.1.5. Korunan alanlar

Kahramanmaraş'ın batısından 4,8 km² yüz ölçümlü Korçoban Tabiatı Koruma Alanı bulunmaktadır. Batıda 79 km²'lik Hançerdersi Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nın bir kısmı ile güneyde 1,8 km²'lik Kapıçam ve 3,4 km²'lik Yavşan yaylası Tabiat Parkları vardır (Şekil 11).



Şekil 11: Kahramanmaraş korunan alanlar





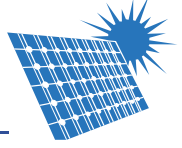
2.2. Sosyo-ekonomik yapı

2.2.1. Nüfus ve idari yapı

2012 yılında Kahramanmaraş'ta, sınırları il mülki sınırları olan, büyükşehir belediyesi kurulmuş ve 2014'ten itibaren büyükşehir belediyesi çalışmalarına başlamıştır [60]. Kahramanmaraş 14.525 kilometrekare'lik yüz ölçümü ile Türkiye'nin 12. büyük ili olup, Türkiye yüzölçümünün % 1,8'ine denk gelmektedir. Kahramanmaraş 1,1 milyon kişilik nüfusu ile 81 il içerisinde 18. sıradadır. Yıllık nüfus artış hızı binde 12,3'tür. Nüfus yoğunluğu 76 kişi/km²'dir. Merkez ilçeler dahil 11 ilçe ve 11 belediye bulunmaktadır (Şekil 12). En kalabalık ilçeleri 140 bin ile Elbistan ve 85 bin ile Afşin'dir. Diğer ilçeler Onikişubat, Dulkadiroğlu, Göksun, Andırın, Pazarcık, Çağlayancerit, Ekinözü, Nurhak, Türkoğlu'dur. Şehirleşme hızı binde 20, şehirleşme oranı % 64'tür. Kahramanmaraş'ta 14 halk kütüphanesi, 17 sinema salonu, 4 tiyatro salonu ve 1 müze bulunmaktadır [61].

Şekil 12: TR63 Bölgesi İllerinin İdari Bölünüşü (Kaynak: DOĞAKA) [62]





2.2.2. Ekonomi

Kahramanmaraş'ın ekonomik yapısı, Cumhuriyet'ten 1980'li yıllara kadar genellikle tarım, hayvancılık ve küçük el sanatlarına dayalı olarak gelişmiştir. Sanayileşme, genel itibariyle tekstil sektörü alanında gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, geçmişten gelen küçük el sanatlarından bakırcılık ve alüminyumculuğun uzantısı olarak çelik mutfak eşyaları sektörü de aynı sanayileşme eğiliminden payını oldukça önemli ölçüde almıştır. Sektör büyüklüğü açısından, tekstil sanayinden sonra ikinci sırada çelik eşya sanayi yer almaktadır. Kentin en önemli sektörlerinden biri olan toz ve pul biberçilik de sanayileşmeye paralel olarak gelişme eğilimindedir. Kahramanmaraş'ın ün kazanmasını sağlayan dondurmacılık sektörü en hızlı gelişen sektörler arasındadır. İlde 2013 yılı işsizlik oranı % 11,6 ile Türkiye sıralamasında 13. sırada, işgücüne katılma oranı % 47,0 ile 61. sırada ve istihdam oranı % 41,5 ile 66. sırada yer almaktadır. 2012 yılında, toplam elektrik tüketimi 3.159.039 MWh ile 15. sırada, kişi başına sanayi elektrik tüketimi ise 2.042 kWh ile 13. sırada yer almaktadır. 2013 yılı geçici verilerine göre, Kahramanmaraş ili yaptığı 795,6 Milyon \$ ihracat ile Türkiye sıralamasında 20. sırada yer almaktadır. İl toplam tarımsal alan bakımından Türkiye'nin 31. ili konumundadır. Toplam tarımsal alanı 2013 yılında 359.578 ha'dır. Bu alanın 362.843 hektarı toplam işlenen tarım alanı, geri kalan 32.735 hektarı ise nadasa bırakılmış alandır [61]. İlin ekonomisine ve istihdamına katkı sağlayan önemli unsurlardan biri de organize sanayi bölgeleri (OSB)'dir. Kahramanmaraş'ta toplamda 4, faaliyette 2 OSB bulunmaktadır (Çizelge 13).

Çizelge 13: Kahramanmaraş'ta yer alan OSB'ler (Kaynak: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı) [63]

OSB Adı	İlçe	Tipi	Durum
Kahramanmaraş Organize Sanayi Bölgesi	Merkez	Karma	Faal
Elbistan Organize Sanayi Bölgesi	Elbistan	İnşaat	Yatırım Aşamasında
Türkoğlu Organize Sanayi Bölgesi	Türkoğlu	Karma	Faal
Kahramanmaraş Tekstil İhtisas Organize Sanayi Bölgesi	Merkez	İhtisas	Yatırım Aşamasında

2.2.3. Ulaşım

TR63 Bölgesi ulusal düzeyde kuzey-güney ve doğu-batı ekseninde kesişen, ekonomik ve demografik merkezleri birbirine bağlayan stratejik bir coğrafyaya sahiptir. Ayrıca uluslararası ulaşım için bir geçiş noktasıdır. Üç kıtanın kavşak noktası olarak uluslararası ulaşımın ve transit taşımacılığın en yoğun ve en hareketli olduğu yerlerden birisidir. Uluslararası karayolu (E-91) ile Cilvegözü ve Yayladağı sınır kapıları bölge içerisindedir.

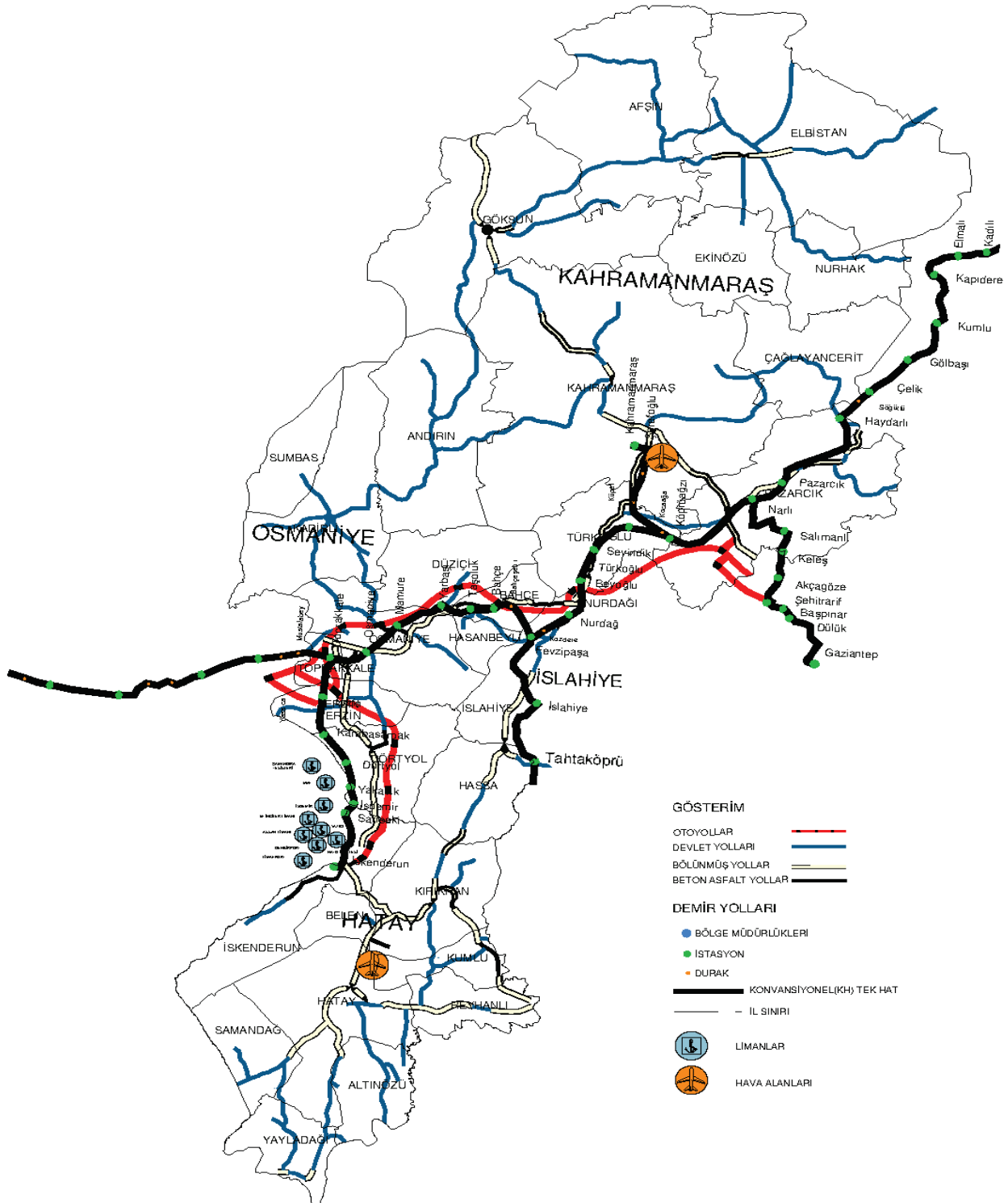
TR63 Bölgesi illerinin tamamında demiryolu bağlantısı bulunmaktadır. Adana üzerinden gelen demiryolu ağı Osmaniye'nin Toprakkale ilçesinde iki farklı güzergâha ayrılmakta; doğuda Gaziantep ve Kahramanmaraş illerine, güneyde ise Hatay ilinin İskenderun ilçesine devam etmekte ve orada sonlanmaktadır.

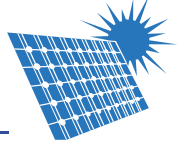
TR63 Bölgesi'nde, Hatay ve Kahramanmaraş illerinde birer adet olmak üzere iki adet havaalanı bulunmaktadır. Osmaniye iline en yakın mesafedeki (96 km) havaalanının Adana ilinde olması, Osmaniye ilinin, genel itibariyle Adana Şakirpaşa Havaalanı'nı kullanmasına neden olmaktadır. Hatay Havaalanı, Antakya - İskenderun Karayolunun doğusunda, il merkezine 25 km, İskenderun ilçesine 40 km mesafede inşa edilmiştir. Kahramanmaraş Havalimanı, Kahramanmaraş'ın güney doğusunda Gaziantep - Pazarcık çevre yolu üzerinde, şehir merkezine 5 km uzaklıktadır (Şekil 13).

TR63 Bölgesi'nin denize kıyısı olan tek ili Hatay'dır. Hatay iline bağlı İskenderun ve Dört Yol ilçelerinde 10 adet liman yer almaktadır. Dört Yol - Hassa Yol Yapım Projesi'nin tamamlanmasıyla İskenderun Limanı bu bölgeler açısından Mersin Limanına kıyasla daha cazip hale gelecektir [63]. TR63 Bölgesi'nde yer alan limanlar LİMAK İskenderun, İskenderun Demir Çelik, Assan, Denbirport, Yazıcı, MMK&Atakaş, BOTAŞ ve Toros Gübre Fabrikaları limanlarıdır (Şekil 14).

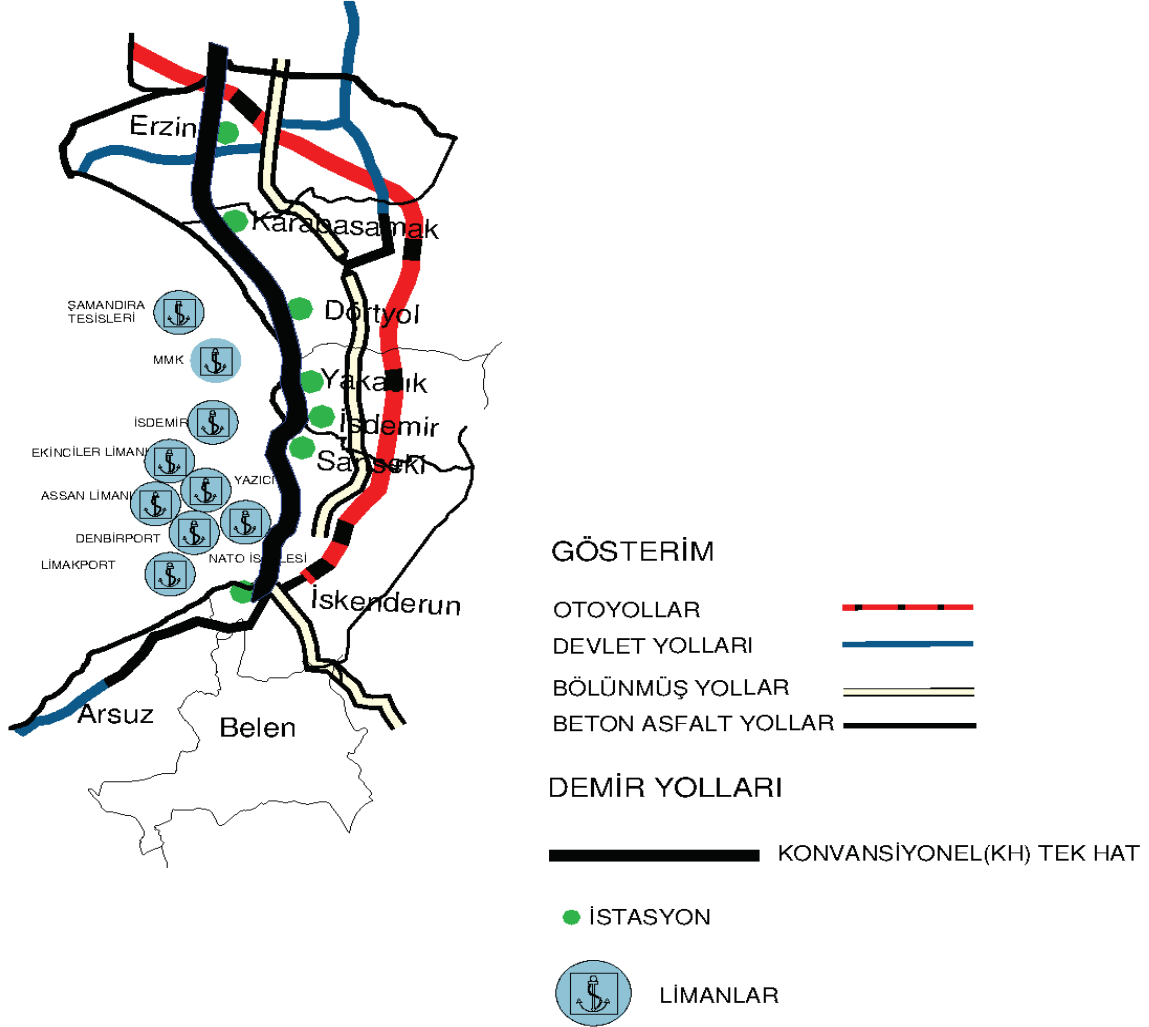


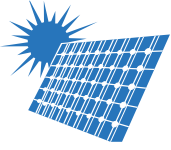
Şekil 13: TR63 Bölgesi Ulaşım Ağı (Kaynak: DOĞAKA) [63]





Şekil 14: TR63 Bölgesi limanları ve limanların yakın çevresine ulaşım sistemi (Kaynak: DOĞAKA) [63]





3. KAHRAMANMARAŞ'IN METEOROLOJİK ANALİZİ

İklim, geniş bölgelerde çok uzun zaman içinde gerçekleşen ortalama hava koşullarıdır. İklim aynı zamanda ekstrem hava olaylarını da içerirken; bir bölgenin hava olayları bakımından karakterini ve bitki örtüsünü de tayin eder. İklim tipleri sayısız denecek kadar çoktur. Çok sayıda bilim adamı, çok çeşitli iklim sınıflandırmaları yapmıştır. Bilim adamları arasında bu konuda çok farklılık vardır. Bu durum çeşitli araştırmacıların görüşleri arasındaki ayrılıkları ortaya koyduğu gibi her alanda kusursuz sonuç vermiş bir formülün bulunamamış olması şeklinde de yorumlanabilir. Formüllerin bir kısmı çok basit, bir kısmı ise oldukça karmaşıktır. Araştırmacıların iklim analizinde dikkate aldığı kriterler farklıdır.

Günümüzde tüm alt yapı projelerinde, gereksinim analizlerinden, projelendirme ve inşaa aşamalarına kadar meteorolojik bilgiden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada da bir FV GES projesi için hangi meteorolojik parametrelerden faydalanılacağı; güneş enerjisi ile doğrudan veya dolaylı ilişkilendirilebilenler bu parametrelerin 30 yıllık periyot dahilinde analizi yapılmıştır. Bu tam bir iklim analizi olmamakla birlikte, yöre iklimi hakkında da genel bir görüş oluşturmaktadır.

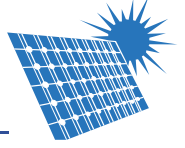
3.1. İklim

Kahramanmaraş üç ayrı coğrafi bölgenin (Akdeniz Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi) birbirine en çok yaklaştığı alanda yer alır. Coğrafi konumu ve diğer faktörlerinde etkisi ile üç farklı iklim tipi arasında, Bozulmuş Akdeniz İklimine daha yakın bir iklim özelliği gösterir. Kahramanmaraş merkezde görülen iklimin aksine kuzeye doğru gidildikçe yükseltiye bağlı olarak tamamen karasal iklim özellikleri görülür.

Bitki Örtüsü bakımından Kahramanmaraş, Akdeniz ile İran-Turan coğrafya bölgelerinin geçiş kuşağında bulunur. Buna karşılık Kahramanmaraş'ın bazı bölgelerinde Avrupa-Sibiry Coğrafya Bölgesi'ne ait relikt tarzda bitkiler de görülebilir. Yükseltiye bağlı olarak bitki örtüsü de değişmektedir. Çalı Formasyonu, Orman Formasyonu ve Alpin Formasyonu olarak üç çeşit bitki formasyonu görülmektedir. Bunlardan Çalı Formasyonu 500-1.200 metreler arasında yer almaktadır. Karışık çalılardan meydana gelen bu bitki örtüsüne Maki Formasyonu denir. 900 ile 2.000 metreler kadar olan kısımlarda kuru ve yarı nemli olarak ayırabileceğimiz Orman Formasyonu vardır. Burada iğne yapraklı ağaçlardan kızılçamlar bol miktarda bulunmaktadır. Kızılçamların arasında kışın yaprağını döken ağaçlara da rastlanmaktadır. 1.400-2.000 metreler arasında karaçam, göknar, sedir, ardıç ile meşe türleri kızılçamların arasında karışık halde bulunmaktadır. 2000 metrelerin üzerinde ise Alpin Ot Formasyonu'nu görebiliriz [55].

Son 53 yıllık meteorolojik verilere göre Kahramanmaraş'ın yıllık ortalama sıcaklık değeri 16,9 °C, Pazarcık'ta 15,0 °C, Andırın'da 12,6 °C iken Göksun'da 9,0 °C, Afşin'de 10,4 °C ve Elbistan'da 9,3 °C'ye düşer. Yıllık ortalama sıcaklıklar güneyden kuzeye, batıdan doğuya doğru gidildikçe yükseltiye bağlı olarak karasallık özelliği göstererek bariz bir şekilde azalma göstermektedir. Aylık minimum sıcaklık ortalamalarının en düşük olduğu ay OCAK ayıdır. Ölçümü yapılan Ocak ayı minimum ortalama sıcaklık değerleri Kahramanmaraş'ta 1,3 °C, Pazarcık'ta -0,2 °C, Andırın'da -1,7 °C, Göksun'da -8,7 °C, Afşin'de -7,2 °C, Elbistan'da -7,3 °C'dir. Aylık maksimum sıcaklık ortalamalarının en yüksek olduğu ay AĞUSTOS ayıdır. Ölçümü yapılan Ağustos ayı maksimum ortalama sıcaklık değerleri Kahramanmaraş'ta 36,1 °C, Pazarcık'ta 35,6 °C, Andırın'da 28,5 °C, Göksun'da 29,5 °C, Afşin'de 31,0 °C, Elbistan'da 32,1 °C'dir. İlin yıllık ortalama sıcaklıkları incelendiğinde yılın beş ayında sıcaklık ortalamaları 20 °C'nin üzerindedir. Bu özelliği ile İl merkezi ile Türkoğlu, Pazarcık ve Andırın İlçeleri Akdeniz termik rejim tipinin; İlin kuzey ve kuzeydoğusunda bulunan Göksun, Afşin, Elbistan, Ekinözü, Nurhak ve Çağlayancerit ilçelerinin ise karasal termik rejim tipinin özelliğini taşıdığı görülmektedir. Kaydedilmiş en düşük sıcaklık -9,6 °C, en yüksek sıcaklık 47,5 °C'dir. Yağışlar kış ve ilkbahar aylarında diğer aylara göre fazladır. Yılın 80 günü yağışlı geçerken, yıllık ortalama yağış miktarı 728 mm'yi bulmaktadır.

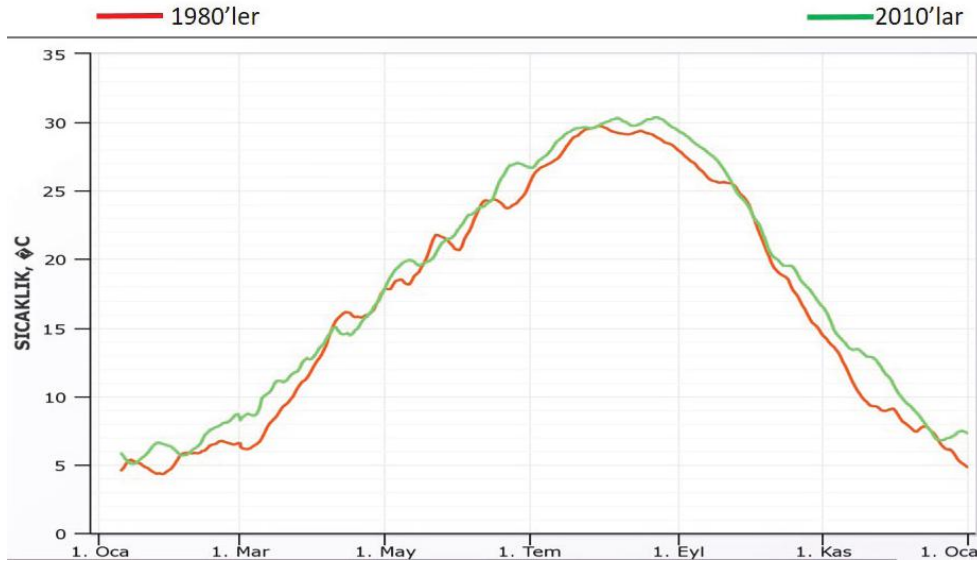
Burada yapılan iklim analizleri, FV güneş elektrikçi üretimine doğrudan veya dolaylı etkisi olduğu düşünülen temel meteorolojik değişkenler baz alınarak yapılmıştır. Burada yer almayan değişkenlerin de -atmosferin kanunlara değil teoremlere dayalı işleyiş yapısından kaynaklı olarak- duruma göre etkili olduğu söylenebilir. Dünya Meteoroloji Teşkilatı standartlarına uygun yapılmış doğrudan meteorolojik ölçümlere dayanarak hesaplamalar yapılmıştır. Ölçüm periyodu olarak 1985-2015 arası 30 yıllık dönem seçilmiştir. Veri sıklığı gündüktür. İklim analizleri sırasında 1980 ve 2010'lu yıllar için 5'er yıllık veri; 1990 ve 2000'li yıllar için ise 10'ar yıllık veriden yararlanılmıştır. Böylece yaklaşık son 40 yılı temsil edebilecek değişken temelinde iklim analizi yapılabilmektedir. Belirlenebilen eğilimler aynı zamanda yakın gelecek için bir projeksiyon niteliğindedir.



3.2. Sıcaklık

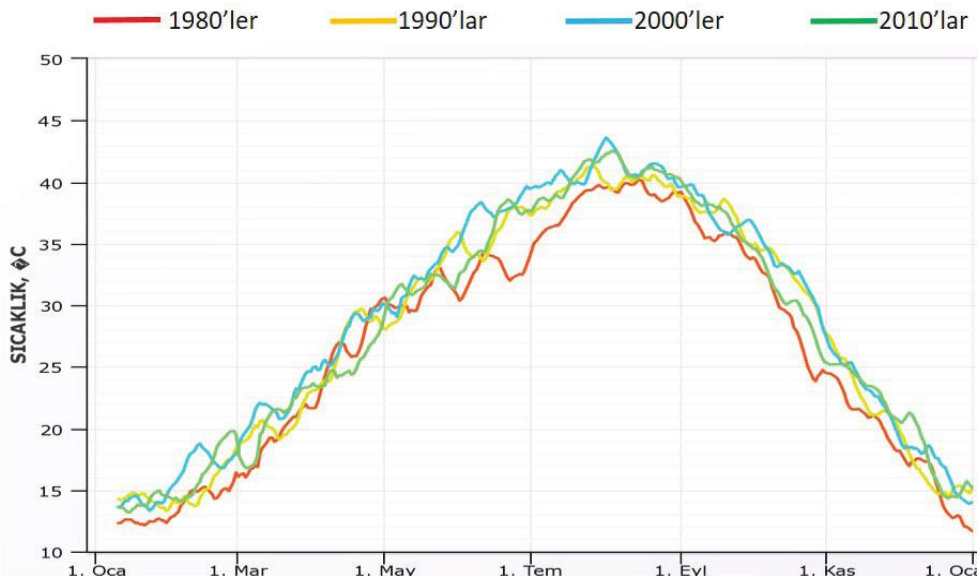
Kahramanmaraş'ın uzun yıllar sıcaklık ölçümlerini incelediğimizde 1980'lerdeki ortalamanın 16,5 °C'den, 1990'larda 16,6 °C'ye, 2000'lerde 17,3 °C'ye ve 2010'larda 17,6 °C'ye düzenli bir şekilde yükseldiği görülmektedir. Yayının ilk kısımlarında kararlı bir şekilde vurguladığımız küresel ısınmanın sonucu olan iklim değişikliğinin Kahramanmaraş'ta da yaşandığının sayısal bir göstergesidir. Üstelik 90'lardaki 0,1 °C'lik artış 2000'lerde 0,7 °C'lik artışlara dönüşmüştür. Bölge bazlı ısınma, hızını ve şiddetini artırmaktadır. 40 yıllık süreçte 1,1 C'lik önemsenmesi gereken bir sıcaklık artışı söz konusudur (Şekil 15).

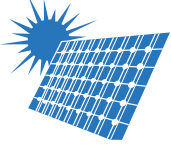
Şekil 15: Kahramanmaraş ortalama sıcaklık 1980'ler ve 2010'lar



Küresel ısınmanın etkisinin en çok hissedildiği bir diğer değişken de maksimum sıcaklık ölçümüdür. Kahramanmaraş'ın 1980'lerdeki 26,2 °C'lik maksimum sıcaklık ortalaması 1990'larda 27,8 °C'ye, 2000'lerde 28,6 °C'ye düzenli olarak yükselmiş, 2010'larda da 27,8 °C'ye doğru düşüş göstermiştir (Şekil 16).

Şekil 16: Kahramanmaraş maksimum sıcaklık 4 on yıl

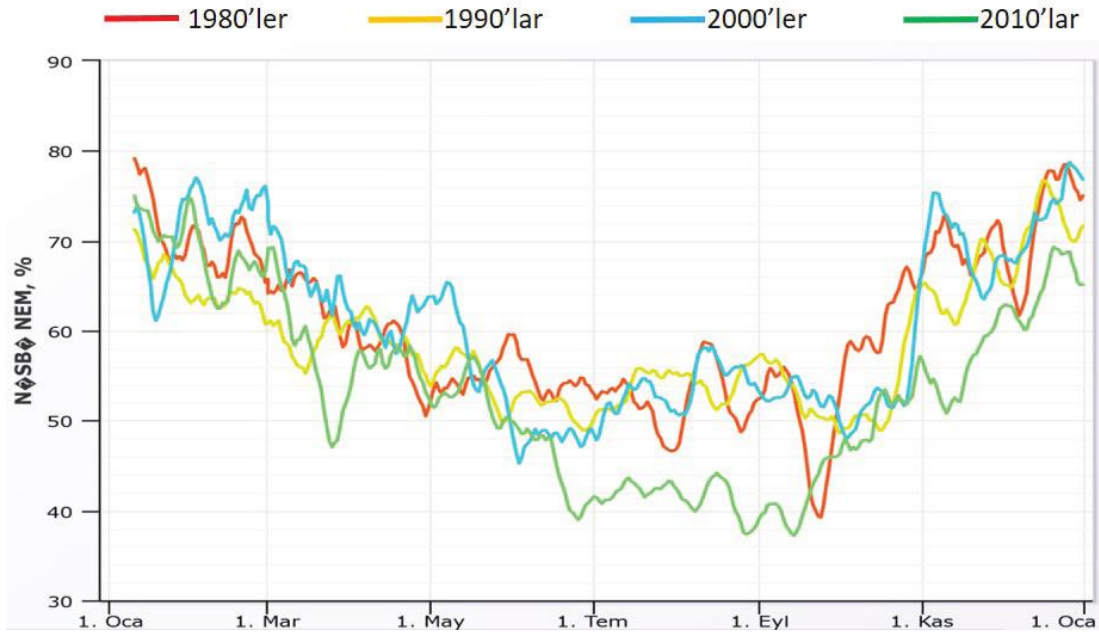




3.3. Nispi nem

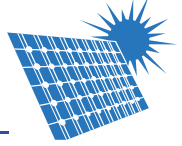
Kahramanmaraş'ın 1980'lerde ortalama % 60,7 olan nispi nem oranı, 1990'larda % 58,9'a düşerken, 2000'lerde geçici olarak % 61,3 yükselip 2010'larda tekrar düşüşünü sürdürerek % 53,9'a gerilemiştir. Son 40 yıllık dönemde % 7'lik bir nispi nem azalışından bahsedilebilir (Şekil 17). Bu durum atmosferin de güneş ışınlarını geçirme kapasitesini belirgin şekilde artırmıştır. Nispi nem ortalamasındaki bu düşüş, minimum nispi nem ölçümlerinde kendini daha net şekilde göstermektedir. 1980'lerdeki % 27,6'lık değer 2010'lara geldiğimizde, tüm yıla yayılmış şekilde düşerek, % 15,8'de kalmıştır (Şekil 18).

Şekil 17: Kahramanmaraş nispi nem 4 on yıl



Şekil 18: Kahramanmaraş minimum nispi nem 1980'ler ve 2010'lar

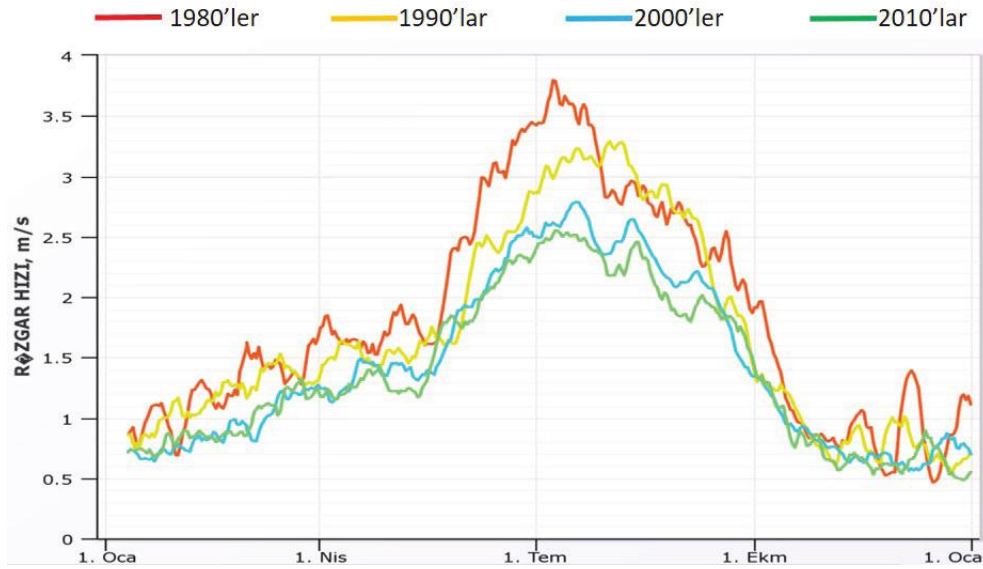




3.4. Rüzgar

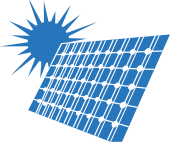
Kahramanmaraş'da 1980'lerden itibaren düzenli olarak rüzgar hız değerlerinde bir düşüş kaydedilmiştir. Rüzgarın en etkili estiği yaz aylarında 1980'lerde 3,8 m/s'ye dayanan rüzgar hızı, 1990'larda 3,3 m/s'ye, 2000'lerde 2,8 m/s'ye, 2010'larda ise 2,6 m/s'ye gerilemiştir. Yıllık ortalama değerler açısından 1980'ler 1,8 m/s hıza sahipken, 1990'lar 1,6 m/s, 2000'ler 1,4 m/s ve 2010'lar 1,0 m/s hıza sahip olabilmışlerdir. Bu durum bölgesel hava hareketlerinde bir yavaşlamaya işaret etse de, meteorolojik ölçüm noktasının maruz kaldığı çevresel fiziki engeller kaynaklı bir ölçüm kısıtı da olabilir (Şekil 19). Maksimum rüzgar hızı ortalamaları incelendiğinde de belirgin bir şekilde, her on yıllık periyotlarda, rüzgar hızında bir düşüş kaydedilmiştir. 1980'lerde 5,0 m/s iken, 1990'larda 5,2 m/s'ye yükselse de, 2000'lerde 4,5 m/s'ye ve 2010'larda 4,0 m/s'ye düşmüştür (Şekil 20).

Şekil 19: Kahramanmaraş ortalama rüzgar hızı 4 on yıl



Şekil 20: Kahramanmaraş maksimum rüzgar hızı 4 on yıl

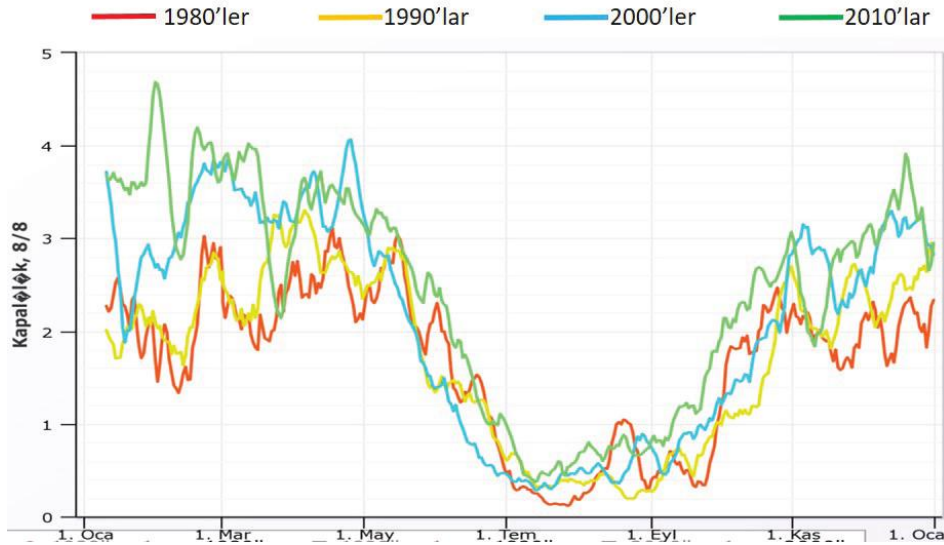




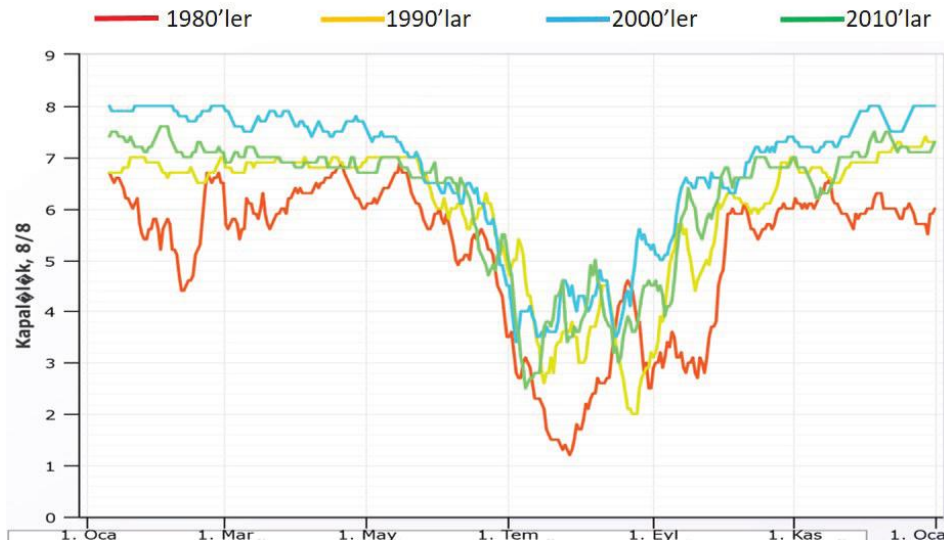
3.5. Bulut kapallılığı

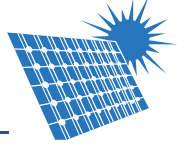
Kahramanmaraş'ta cihaz kullanılmadan, rasatçı vasıtasıyla yapılan bulut kapallılık gözlemleri 4 periyotluk seri olarak incelenmiştir. Klimatolojik açıdan bulut kapallılığı, gökyüzünün 8 parça olduğu varsayılarak, x/8 oranıyla ifade edilir. Kahramanmaraş'ta 1980'li yıllarda ortalama yıllık bulut kapallılığı oranı 1,68/8'den, 1990'lı yıllarda 1,75/8'e doğru küçük bir artış gösterirken, 2000'li yıllarda 2,12/8, 2010'lu yıllarda da 2,43/8 oranına doğru düzenli bir yükseliş göstermiştir. Grafikten görüleceği üzere güneşlenme süresinin astronomik olarak arttığı yaz aylarında bulut kapallılığında da belirgin bir azalış gözlemlenmektedir. Bu uzamış güneşlenme süresi güneş ışıması değişkenini de şiddetli bir şekilde yükseltecektir (Şekil 21). Güneş ışınlarının yere ulaşmasını engelleyen en önemli değişken olan bulut kapallılığındaki son yıllardaki bu yükseliş güneşlenme süresinde ve güneş ışıması miktarında düşüşe neden olacaktır. Nitekim bulut kapallılığındaki maksimum değerlerin kayıtlarından elde edilen ortalamalar incelendiğinde de, 1980'li yıllarda 2,54/8 olan oran 1990'lı yıllarda 2,69/8'e doğru küçük bir artış gösterirken, 2000'li yıllarda 3,46/8'e, 2010'lu yıllarda 3,59/8'e doğru yükselmiştir (Şekil 22).

Şekil 21: Kahramanmaraş ortalama kapallılık 4 on yıl



Şekil 22: Kahramanmaraş maksimum kapallılık 4 on yıl

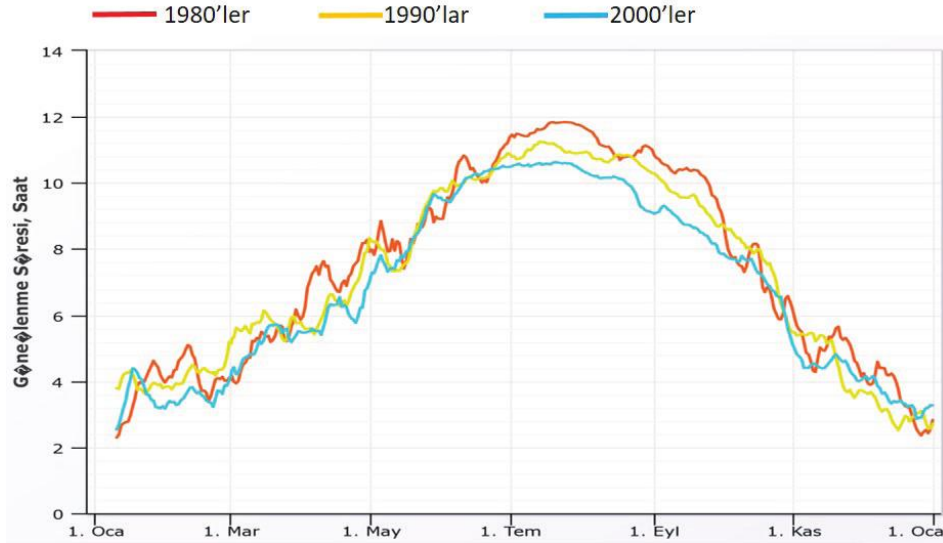




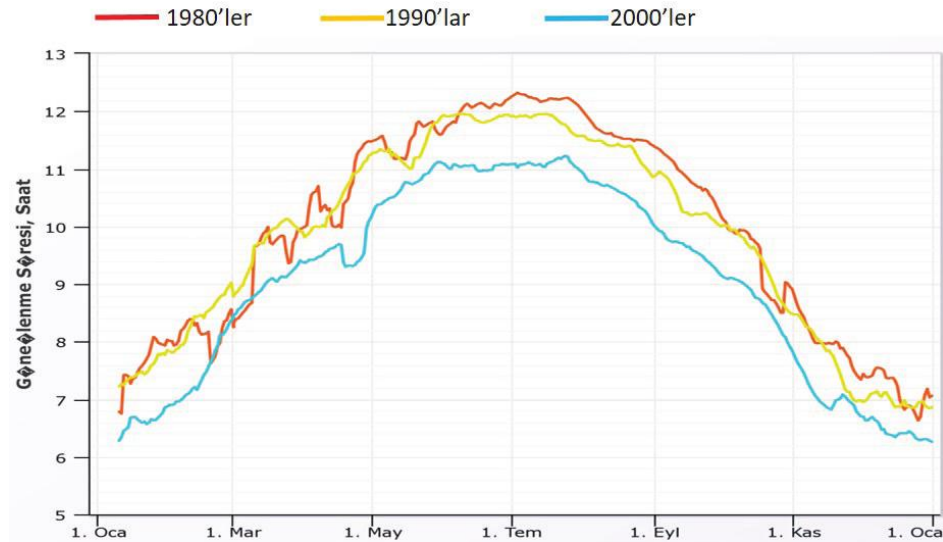
3.6. Güneşlenme süresi

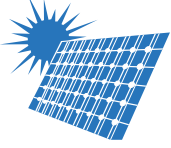
Bir bölgenin güneş enerjisi potansiyeline dair en önemli ölçümlerden birisi de güneşlenme süresidir. Uzun yıllar MGM'de helyograf cihazı (Şekil 37-a) ile ölçülen bu değişken son yıllarda elektronik bir ışın ölçer olan piranometreler (Şekil 37-c) ile ölçülmektedir. WMO standartlarına göre 120 W/m² şiddetinde gelen güneş gücü eşik kabul edilmiş, bu eşikğin altı "güneşlenme yok", eşikğin üstü ise "güneşlenme var" şeklinde kayıt altına alınır olmuştur. Kahramanmaraş'ın son yıllarda sürdürülmemesine rağmen 1980'lere kadar uzanan bir kayıt geçmişi bulunmaktadır. Günlük toplamaların ortalamasından elde edilen grafiğe göre 1980'lerde 7,3 saat/gün olan güneşlenme süresi 1990'larda 7,1 saat/gün'e, 2000'lerde ise 6,7 saat/gün seviyesine düzenli bir düşüş göstermiştir (Şekil 23). Periyotlar dahilinde maksimumların ortalamaları alınarak yapılan analizde ise 1980'lerdeki 12,5 saat/gün'lük değer 1990'larda da 12,1 saat/gün'e, 2000'lerde ise 11,7 saat/gün seviyesine düzenli bir düşüş göstermiştir (Şekil 24). Nihai olarak Kahramanmaraş'ta, yatay yüzeyde yıllık ortalama 2738 saat güneşlenme süresi ölçülmektedir.

Şekil 23: Kahramanmaraş ortalama güneşlenme süresi 3 on yıl



Şekil 24: Kahramanmaraş maksimum güneşlenme süresi 3 on yıl



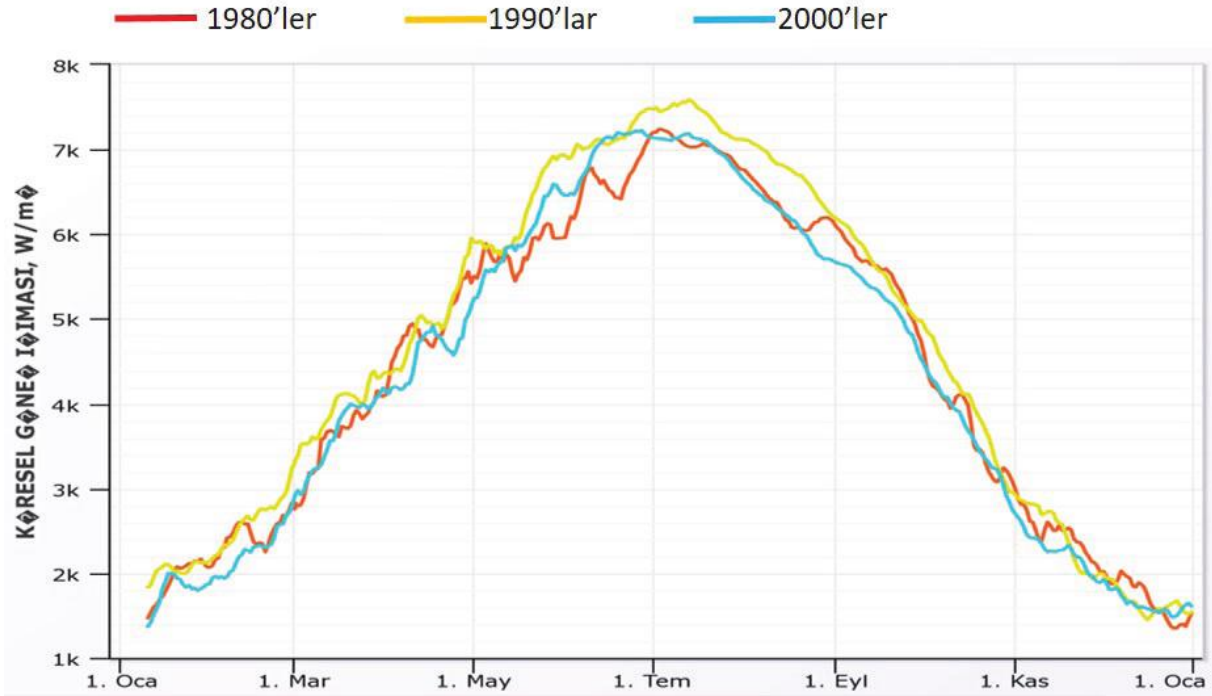


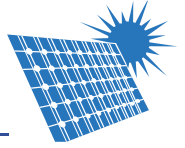
3.7. Küresel güneş ışıması

Bir bölgenin güneş enerjisi potansiyeline dair en önemli meteorolojik değişken ölçümü, güneş gücü veya güneş radyasyonu olarak tarif edilen “güneş ışıması”dır. Uzun yıllar MGM’de aktinograf cihazı (Şekil 37-b) ile ölçülen bu değişken son yıllarda elektronik bir ışın ölçer olan piranometreler (Şekil 37-c) ile ölçülmektedir. MGM bünyesinde kalibrasyonu düzenli olarak yapılan piranometreler ile ölçüm yapma geçmişi henüz 5-15 yıldır. Bundan önceki kayıtlar, aktinograf ile güneşten gelen enerjiyi cal/cm2/dakika (santimetrekareye gelen kalori enerji) olarak enerji cinsinden gösterir şekilde yapılmışlardır. Ayrıca MGM’nin bu ölçüm noktaları 50-80 yıl öncesinde şehir etkisinden uzak belirlenmiş yerlerde seçilmişlerdir. Ancak son 20-30 yıllık dönemde şehirleşmedeki hızlı genişleme ile bu ölçüm noktaları şehir etkisine doğrudan maruz kalır olmuşlardır. Bu da ölçümlerde değişkene bağlı olarak % 5-30 arasında eksik ölçüm alınması sonucunu doğurabilmektedir [64].

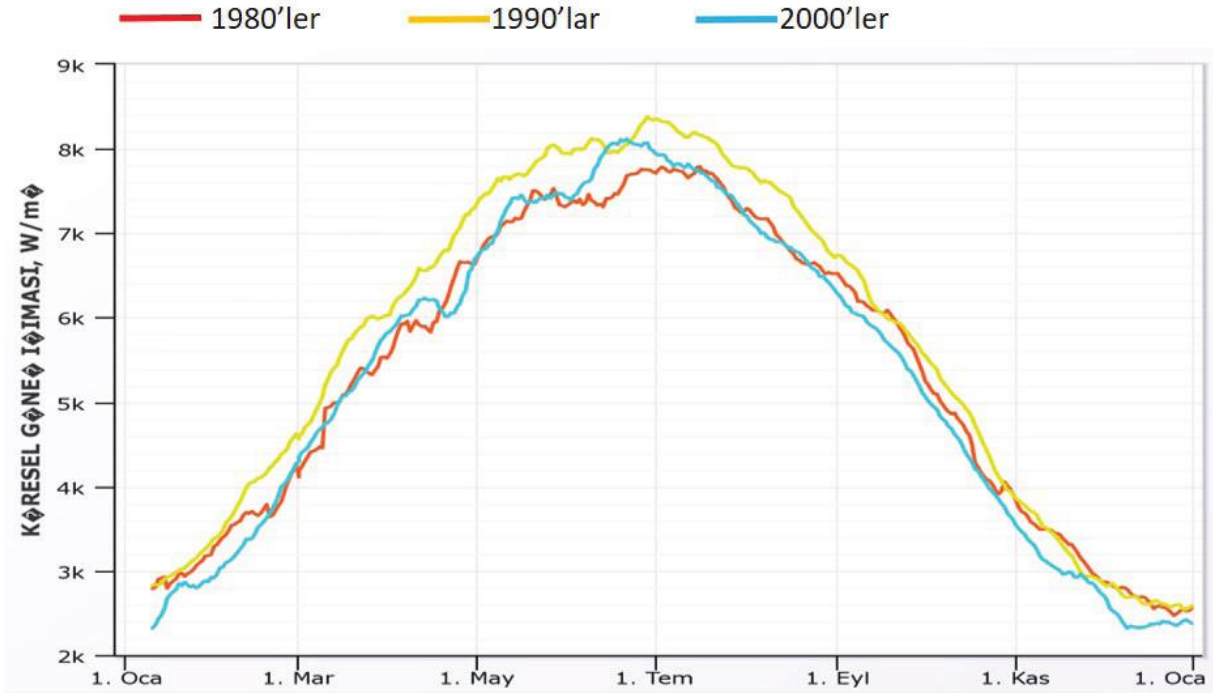
Kahramanmaraş’ta yapılmış küresel güneş ışıması ölçümlerine dayalı, günlük toplamaların ortalamalarına göre 1980’lerde 4347 W/m²’lik değer önce artarak 1990’larda 4531 W/m²’yükselmiş, 2000’lerde ise 4314 W/m² tekrar düşerek bir salınım sergilemiştir (Şekil 25). Günlük değerlerin maksimumlarının yıllık ortalamaları temelinde incelendiğinde de yine 1980’lerdeki 8269 W/m²’lik değer 1990’larda 8611 W/m²’ye önce artıp, 2000’lerde tekrar 8536 W/m²’ye düştüğü izlenebilmektedir (Şekil 26). Hem ortalama hem de maksimum değerlerdeki bu salınımın iklimsel olduğu, iklim normallerini temsil ettiği söylenebilir.

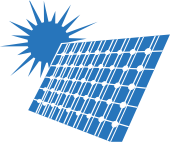
Şekil 25: Kahramanmaraş ortalama güneş ışıması 3 on yıl





Şekil 26: Kahramanmaraş maksimum güneş ışıması 3 on yıl





4. FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ TEKNOLOJİSİ

FV yöntemle ışıktan elektrik üretme keşfi neredeyse 200 yıl öncesine dayanır. 1839'da Paris Doğal Tarih Müzesinde uygulamalı fizik profesörü Alexander Edmond Becquerel platin tabakalar üzerinde yaptığı bilimsel çalışmalar sırasında ilk fotovoltaiik etkiyi saptar. Becquerel'in yaptığı çalışmaların ışığında 1873'te Willoughby Smith ilk basit güneş pilini üretmeyi başarır. Televizyonun icadıyla daha çok ismini duyurmuş olan Willoughby Smith'in çalışmalarını 1877'de W.G. Adams ve R.E. Day sürdürür. Bu ikilinin yaptığı çalışmalarda katı maddelerin de fotovoltaiik etki oluşturabildiği kanıtlanmış olur. 1883'te Charles Fritts selenyum kullanarak ilk ciddi güneş pilini üretir. Bu pilin verimi ancak yüzde 1 dolaylarındadır.

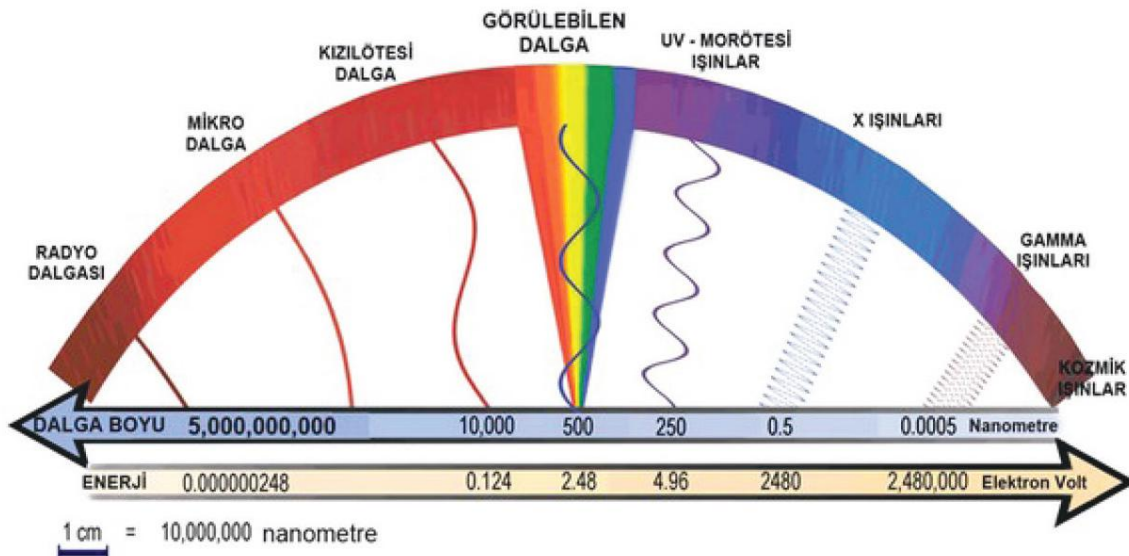
1887'de Heinrich Rudolf Hertz morötesi ışınının fotovoltaiik etki üzerinde yansımalarını araştırır. 1904 yılında Albert Einstein güneş etkisiyle elektrik akımı oluşumuna yönelik bir makale yayınlar. Aynı yıl Wilhelm Hallwachs bakır ve bakır oksit bazlı bir güneş pili denemesinde bulunur. Audobert ve Stora 1932 yılında Kadmiyum selenit (CdSe) kullanarak uzun bir süre kullanılacak olan fotovoltaiik bir yöntem keşfetmiş olur. 1954'de Pearson ve Fuller Silisyum (silikon)'un fotovoltaiik etkisini keşfeder. Böylece % 5 verimli bir FV güneş pili üretmeyi başarır. 1957 yılına gelindiğinde Pearson ve arkadaşlarının çalışmaları meyvelerini verir ve güneş pilindeki verim % 8'lere kadar ulaşır.

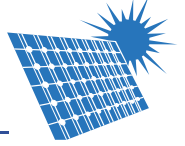
1958'de Vanguard I isimli uzay aracında ilk defa bir FV güneş pili kullanılır. Bu güneş pili % 9 verimle çalışıyordu ve 100 cm²'de 0,1 W güç üretiyordu. 1961'de Birleşmiş Milletler Solar Enerji Konferansı düzenlendi. 1967 yılında FV güneş pilleri Soyuz I uydusuna enerji sağlamak için kullanıldı. 1980'de Delaware Üniversitesi'nde % 10 verim elde edebilen Cu₂S/CdSe teknolojileri geliştirildi. Dünyadaki toplam FV güneş pili kurulu gücü 1999 yılında 1000 MW seviyesine ulaştı.

4.1. FV İlke

Tabiatda bilinen en eski güneş enerjisi dönüştürücüsü bitki yapraklarıdır. Yapraklar güneş ışınlarını fotosentez amaçlı kullanırlar. FV yöntem ise güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletkenlerdir. Güneş enerjisinin taşıyıcıları ve yayıcıları olan tanecikli fotonlar, fotovoltaiik malzeme üzerine düşünce elektrik enerjisine dönüşürler. Güneşten gelen ışınların dalga boylarına göre enerji taşıma kapasiteleri farklılık gösterir. Dalga boyu sıklaştıkça enerji taşıma kapasitesi artarken, dalga boyundaki açılma enerji taşıma kapasitesini düşürür. X ve gamma ışınları yüksek enerji taşıırken, radyo dalgaları ve mikro dalgalı ışınlar daha az enerji taşırlar (Şekil 27).

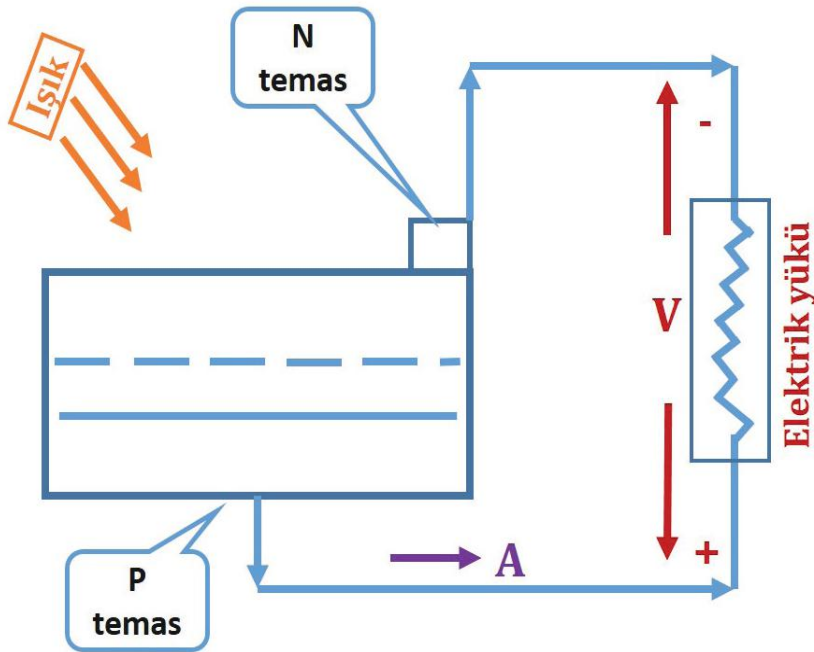
Şekil 27: Elektromanyetik spektrum





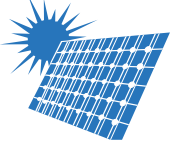
“Gün elektrik”, “güneş elektrliği”, “fotovoltaik”, “FV” ve “FV güneş elektrliği” birbirlerinin yerine ve diğerlerine gönderme yapılmaksızın kullanılabilmektedir. Fotovoltaik Yunanca ışık veya ışın anlamına gelen “photo” ve gerilimin birimi olan “volt” kelimelerinden türetilmiştir. Fotovoltaik güç teknolojisinde birkaç santimetrekare büyüklüğündeki yarı iletken hücreler (dilim - wafer) kullanır. Her bir hücre yaklaşık 1 W gücündedir. FV hücre iki katmanlı silisyum yapıdan oluşur. P (pozitif) tipi taban üzerinde ince bir N (negatif) tipi malzeme bulunmaktadır. Işık bu iki malzemenin temas noktasına düştüğünde P tipi malzemenin N tipine göre daha pozitif olduğu 0,6 Volt’luk bir gerilim meydana gelir. Hücrenin temel anlamda üst yüzeye yakın pozisyonda yerleştirilmiş geniş yüzey alanlı bir p-n diyotu olduğu söylenebilir. Güneş ışını yarı iletken FV hücre üzerine düştüğünde ışının enerjisi madde atomlarının en dış yörüngesindeki elektronları harekete geçirir. İletkenler üzerindeki elektrik akımı, atomların bu gevşek elektronlarının hareketi sayesinde oluşur. Güneş ışığı bu maddeler tarafından emildiğinde elektronlar atomlarından ayrılarak madde içerisinde serbest kalırlar. Serbest kalan elektronlar bağlantı bölgesinde potansiyel bir fark yaratıp, elektrik alanı altında hızlandırılırlar ve harici bir devreye doğru akım (DA) olarak gönderilirler. Işığın bu şekilde elektrliğe dönüşmesine fotovoltaik etki adı verilir (Şekil 28). Fotovoltaik etki sonucunda ortaya çıkan bu güç doğrultularak elektrliğe dönüştürülür. Fotonların elektrliğe dönüştürülemeyen gücü hücrenin sıcaklığı için ısı enerjisi açığa çıkarır. Bu bilgi ışığında FV hücrenin aşırı ısınması enerji dönüşüm veriminde kayıp olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir [5].

Şekil 28: Fotovoltaik etki [65]

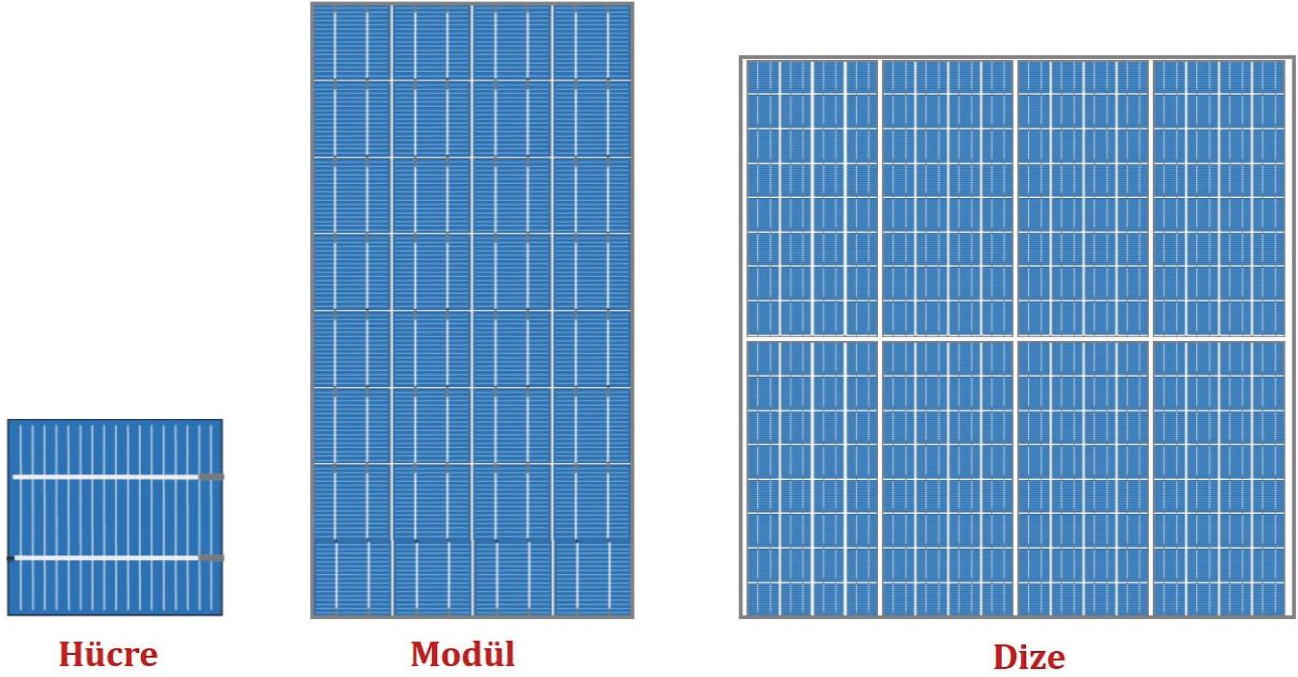


FV hücreler yarı iletken teknolojisi ile üretilmiş genellikle silisyum (Si) temelli statik sistemlerdir. Si yanında galyum arsenit (GaAs), bakır indiyum diselenit (CIS) ve kadmiyum tellür (CdTe) bileşikleri gibi belli bazı yarı iletkenler ve elementlerden de üretilmektedirler. Piyasa şartlarında yaygın olarak kullanılan tüm FV’lerin % 90 kadarı silisyum üretimidir. Silisyum tabiatatta asla serbest halde bulunmamasına karşın oksijenden sonra gezegenimizde en bol bulunan elementtir. Toprak, kum gibi malzemeler silisyum bileşiklerinden ibarettir.

Birden fazla hücrenin korunaklı bir yapı içerisinde seri ve paralel devreler olarak bağlanmasıyla ihtiyaç duyulan gücü üretebilecek modüller (panel) elde edilir. Modüllerin paralel ve seri bağlanmasıyla dizeler (array) oluşturulur (Şekil 29).

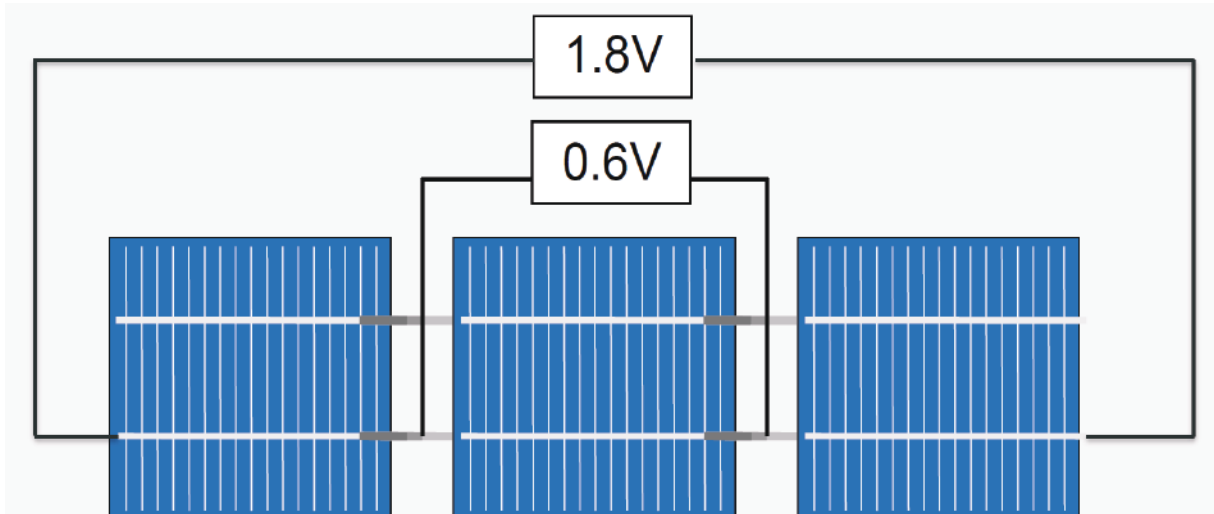


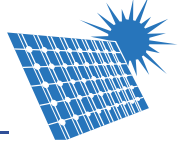
Şekil 29: Hücreler modülü, modüller dizeyi oluşturur [65]



FV hücre kalınlıkları 0,2-0,4 mm arasında değişmektedir. İlke olarak kalın olmasının performansa hiçbir etkisi bulunmamaktadır. Dilimleme teknolojisine bağlı olarak farklı FV hücreler farklı kalınlıklarda olabilmektedirler. Çoğu FV hücre 0,1 m² yüzey alanda 5-10 W güç üretir. Tipik bir 2 kW FV sistem 18-37 m² serbest alana gereksinim duyar. Genel kabul olarak FV hücreler, 20-45 V'luk bir açık-devre gerilimini üretebilmesi ve 12 V'luk bir aküyü doldurabilmesi amacıyla genellikle her biri 0,5-0,6 V gerilim üretebilen (çalışma şartlarında toplam 15 V) seri bağlanmış 36 veya 72'lik seri diziler halinde gruplandırılırlar (Şekil 30). 1990'larda 35-75 W gücünde modüller üretilirken günümüzde 250-300 W gücündeki modüller daha yaygınlaşmıştır. Bir FV dizinin ağırlığı 15-20 kg/m² kadardır. Fotovoltaik sistemler en fazla silisyum ağırlıklı tek kristalli (mono-crystalline), çoklu kristal (poly-crystalline) ve son yıllarda amorf kristal ince film (thin film veya amorphous-crystalline) teknolojileriyle elektrik enerjisi üretmektedirler.

Şekil 30: FV hücrelerin seri bağlantısı

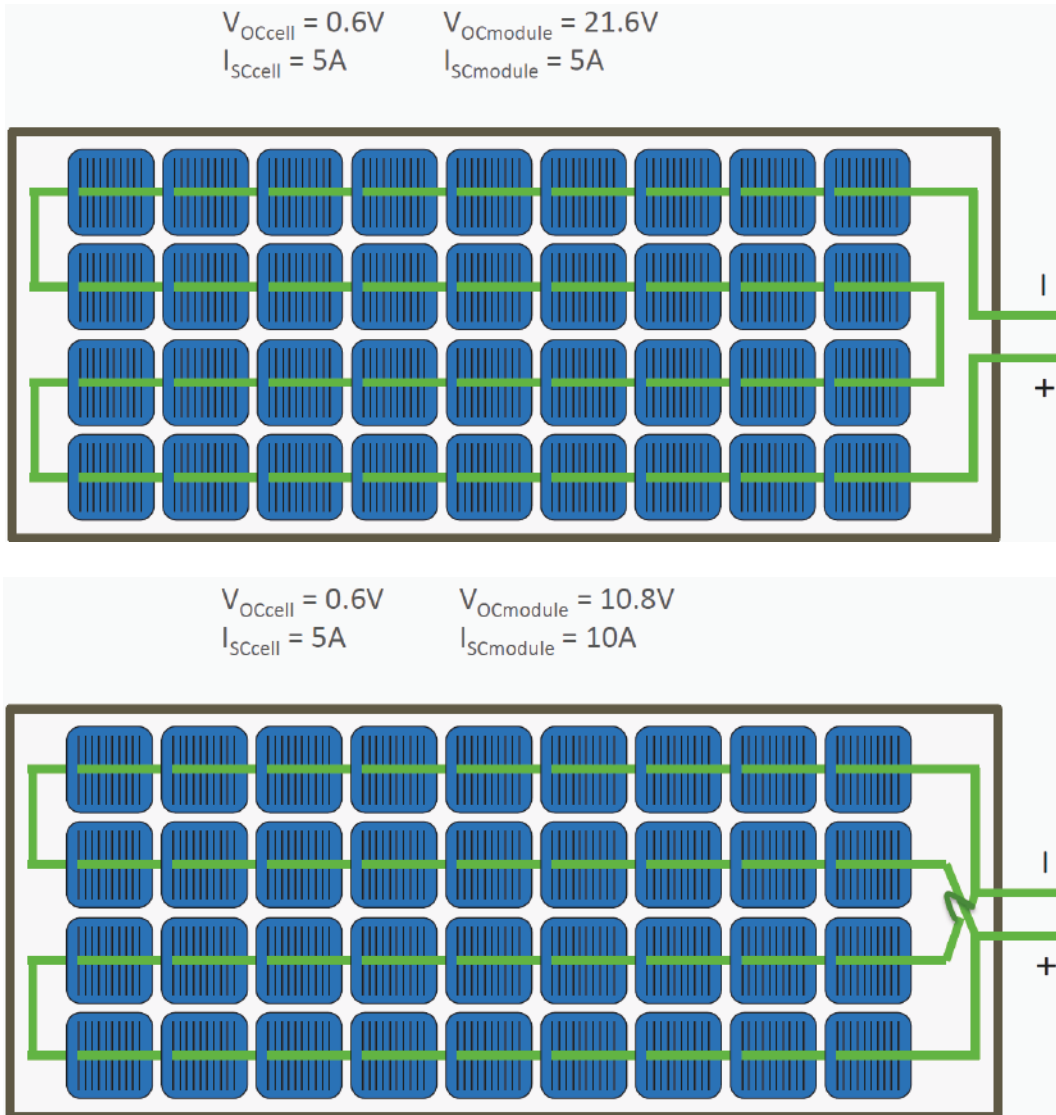


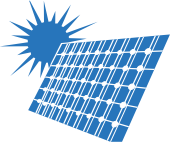


Tek kristalli yapıdaki hücreler mükemmel bir kristal yapıya, yüksek saflığa ve dolayısıyla en yüksek verime sahiptirler. Ancak bu hücrelerin oluşturulması için çok yüksek sıcaklık gerektiğinden maliyetleri de yüksek olmaktadır. Çok kristalli yapıdaki hücre dilimleri dökme metoduyla, eriyik haldeki silisyumun bir kalıba dökülmesiyle üretilirler. Dökme işi maliyeti düşürür ancak kristal yapıdaki mükemmellikten uzaklaştığı için verim de düşmektedir. Amorf silisyum ve ince film hücreler kolay çökme ve bağlanma, inşaat malzemelerine ve çerçevesine kolay yerleşme, kütle üretiminin kolay oluşu ve geniş uygulamalara yüksek uyumluluk gibi birçok avantaja sahiptirler. Ancak diğer kristal yapıdaki hücrelere göre verimlilikleri düşüktür [66].

Fotovoltaik hücrenin çıkış gücü, ışık yoğunluğu, hücre sıcaklığı, panel yerleşimi ve ebatıyla doğrudan ilintilidir. Işık yoğunluğu daha çok akım üretimini etkilerken, hücre sıcaklığı gerilim üretiminde öncelikle etkilidir. Hücre sıcaklığı arttıkça üretilen akım aynı kalmasına karşın gerilim üretimi düşer, dolayısıyla çıkış gücü azalır. Modül herhangi bir yüke bağlı olmadığında (akım vermediğinde) açık-devre gerilimi oluşur. Eğer modüller seri bağlanırsa, akülerde olduğu gibi, gerilimler toplanır ve istenilen gerilim seviyesine ulaşana kadar seri bağlanan modül sayısı artırılır. Eğer modüller paralel bağlanırsa, yine akülerde olduğu gibi, istenilen akım seviyesine erişilene kadar paralel bağlanan modül sayısı artırılır (Şekil 31).

Şekil 31: FV modül hücrelerinin seri ve paralel bağlantı ile akım gerilim ayarlaması [67]

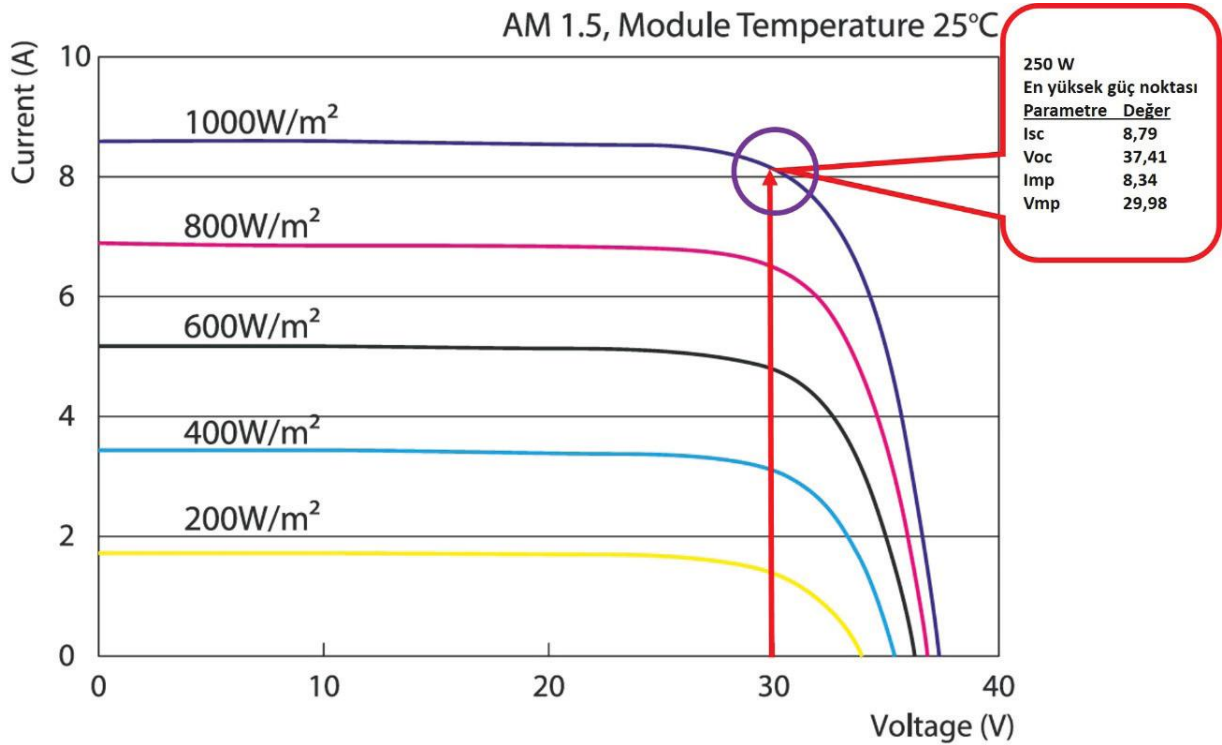


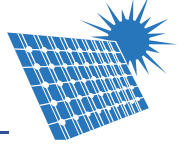


Bölgesel şartlar ve iklim değişkenleri FV elektrik üretimine doğrudan etki eden güneşlenme şiddetini açık şekilde etkilemektedir [68]. FV modüller, doğrudan güneş ışımasıyla beraber bulutların da ışınları yansıtmasıyla bulutlu bir günde, güneşli bir güne göre beklenen değerin üzerinde bir üretim yapabilirler [69]. Panel yönelimi (orientation), toplam ışıma, tayfsal ışıma, rüzgar hızı, hava sıcaklığı, topraklama ve sistemle ilgili diğer kayıplar FV sistem çıkış performansına etki eden unsurlardır. FV hücre sıcaklığı, modül doğrudan güneş ışığına maruz kaldığında ortam sıcaklığından 20-30 derece daha yüksek sıcaklıkta olabilir [70]. FV bir modülde akım ve gerilim modülün sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. FV modül çıkış gerilimi panel sıcaklığı düştükçe artarken, modül çıkış akımı ışıma ile doğru orantılı artar. Kristal yapıli FV modüllerde sıcaklık arttıkça akım çok az artarken gerilim yaklaşık her bir derece için % 0.4 düşer. Dolayısıyla FV modüller en düşük sıcaklıkta en yüksek gerilim ve gücü üretirler.

Hücre elektrik performansını açıklarken kullanılan en önemli ve yaygın iki değişken açık devre gerilimi (open-circuit voltage, V_{oc}) ve kısa devre akımı (short circuit current, I_{sc})'dır. Akım-gerilim (I-V) grafiğı de hücrenin elektriksel karakteristiğini gösterir (Şekil 32) [65]. İdeal bir güneş hücresinin kısa devre akımı ve açık devre gerilimi olabildiğince yüksek ve doluluk çarpanı (fill factor) olabildiğince 1'e yakın olmalıdır. FV panel verimi ise FV çıkış gücünün, FV panel alanının panel yüzeyine gelen toplam güneş ışımasıyla çarpımına oranıdır [70]. Bunun yanında FV paneller, birbirleriyle kıyaslanabilmeleri adına standart anma koşullarındaki en yüksek güç, kısa devre akımı, açık devre gerilimi, en yüksek güç noktasındaki akım ve gerilim grafiğı, normal işletim FV hücre sıcaklığı (NOCT) ve kısa devre akımı ile açık devre gerilimi için sıcaklık katsayılarından (Şekil 33) yararlanılır [66].

Şekil 32: Bir hücrenin örnek akım-gerilim grafiğı





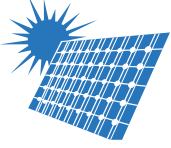
Şekil 33: Tipik bir FV modül etiketi

PHOTOVOLTAIC MODULE				
MODEL	KC120-1			
SER NO.	01632A1055			
DATE	2001.6			
IRRADIANCE AND CELL TEMPERATURE	1000Wm ⁻² AM 1.5 25 °C	800Wm ⁻² AM 1.5 47 °C	MAX. SYS. VOLT.	
			600 V	
Pmax	120 W	87 W	SERIES FUSE	
Vpmax	16.9 V	15.2 V	11 A	
Ipmax	7.10 A	5.74 A	MASS	
Voc	21.5 V	---	11.9 kg	
Isc	7.45 A	---		
 LISTED 9P82	FIELD WIRING		FIRE RATING	
	STRANDED COPPER ONLY		CLASS C	
	10 - 14 AWG			
		INSULATED FOR 90°C		

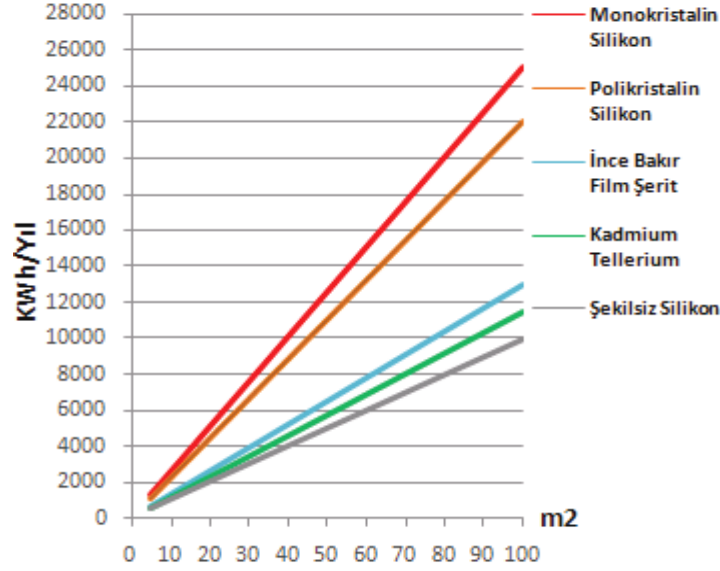
FV modül maliyeti evrensel kıyaslamalar yapılabilmesi açısından birim en yüksek güç (peak Watts) başına para birimi (TL) yani "TL/Wp" olarak ifade edilmektedir. En yüksek FV güç ise yeryüzünde deniz seviyesinde herhangi bir noktaya güneşin ışınlarının kesintisiz geldiği açık bir günde FV modülün elektrik enerjisi üretebilme gücünü ifade etmektedir. En yüksek FV güç, standart deney şartları (SDŞ) (standard test conditions, STC) olan 25 °C sıcaklık, 1000 W/m² ışımaya ve 1.5 hava kütlesi (AM 1.5) şartlarında hesaplanır ve FV modüllerin kapasitesini anlatır. Hava kütlesi, atmosferdeki emilimin, yeryüzüne ulaşan güneş ışımalarının yoğunluğu ve tayfsal içeriğine etkisinin ölçümüdür (Hava kütlesi = 1/cos θ (ışımaya açısı)). Göreceli olarak optik hava kütlesi barometrik basınçla çarpılıp deniz seviyesi basıncına bölünmek suretiyle doğrulanır. Atmosfer dışında hava basıncı değerleri sıfır olduğundan, mutlak hava kütlesi sürekli sıfırdır. FV modül değerlendirmesi ve deneylerinde standart kabul edilen deney şartlarından biri olan hava kütlesi, Florida-Cape Canaveral'da güneş öğlesinde 21 Mart tarihinde yeryüzüne ulaşan güneş ışığının kat ettiği atmosfer miktarıdır ve AM 1.5 şeklinde ifade edilmektedir [71].

4.2. FV Türleri

FV panellerin üretiminde hammadde ve üretim teknolojisi bakımından farklı yöntemler uygulanır. Bu farklılıklar üretim maliyetine, performansa ve tercih edilmeye doğrudan etki ederler. Yapısal olarak bir tasnif yapmak gerekirse en fazla silisyum ağırlıklı tek kristalli, çoklu kristal ve son yıllarda amorf kristal ince filmin piyasa koşullarında en yaygın kullanım alanı olduğu görülür. Ancak kırsal alanlar gibi, arazi kısıtının olmadığı sahalar için ince film FV modüller daha uygun olabilmektedirler [72]. Bir yarı iletken maddenin ışığa, ısımaya karşı duyarlılık derecesi, o maddenin verimini ve panel performansını belirler (Şekil 34). Bu teknolojileri kısaca tanımak tasarım ve projelendirme aşamalarında kullanışlı olacaktır.

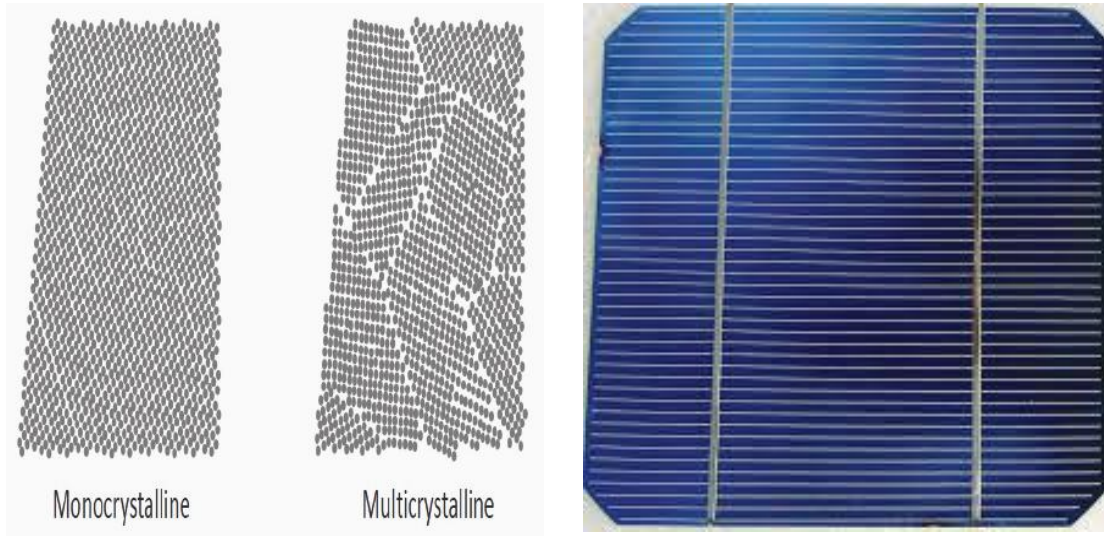


Şekil 34: FV yapıların birim alanda yıllık elektrik üretebilme kapasiteleri, GEPA [3]

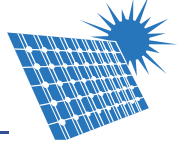


Tek kristalli (mono-crystalline) FV panel: Siyah ve koyu mavi renktedir. % 20'lere ulaşan yüksek verime sahiptir. Laboratuvar koşullarında % 25,6 rekoru kırılmıştır. Uzun ömürlü fakat diğer türlere göre daha maliyetlidir. Son 10 yılda Wp başına harcanan malzeme miktarı, dilimlerin daha ince kesilebilmesi sayesinde 16 g'dan 6 g'a düşmüştür [73]. Kristal yapıları kusursuza yakın, bir örnek, düzgün dağılımlıdır (Şekil 35). Uluslararası Elektroteknik Komisyonu standardı IEC 61215'dir.

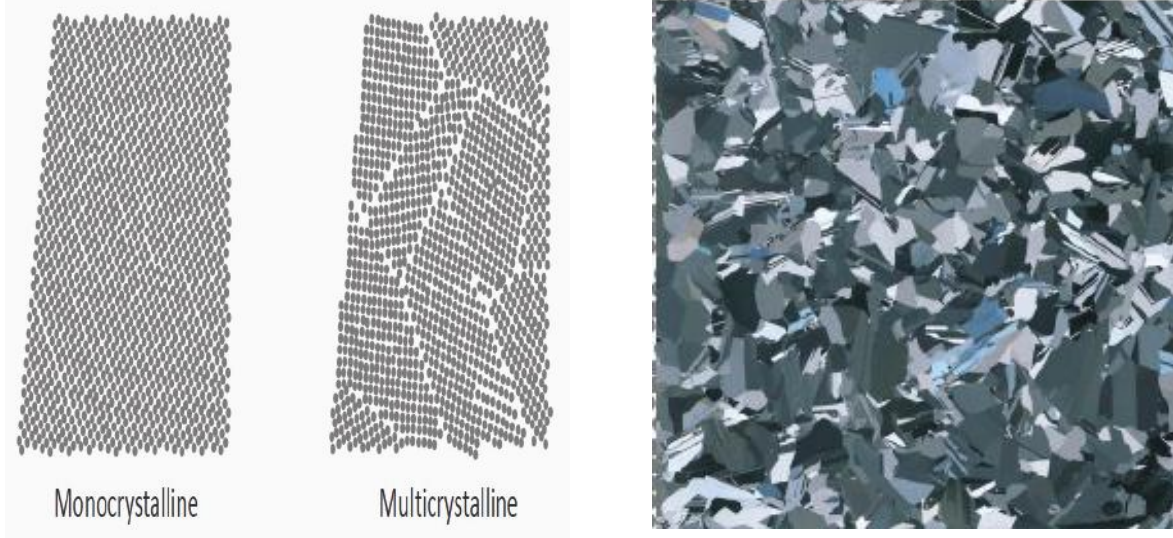
Şekil 35: Tek kristalli FV yapı



Çoklu kristal (poly-crystalline) FV panel: Yüzeyleri mavi renktedir. Verimleri son yıllarda % 16'ya kadar yükselmiştir. Laboratuvar koşullarında % 20,8 rekoru kırılmıştır [73]. Verimlilik kapasitelerinin maliyete oranı yüksek olduğundan en çok tercih edilen FV panel olarak bilinirler. Kristal yapıları tek kristallilere göre karmaşık, kısmen düzgündür. Bu sebeple daha az voltaj taşıyabilirler ve verimlilik faktörleri düşük olur (Şekil 36). Uluslararası standardı tek kristalli FV ile aynıdır (IEC 61215).



Şekil 36: Çoklu kristal FV yapı



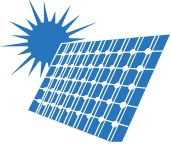
Amorf kristal ince film (thin film veya amorphous-crystalline) FV panel: Bükülgen özelliktedir. CIGS ve Kadmiyum tellür (CdTe) film gibi farklı hammaddelerden üretilmiş türleri vardır. Verimleri % 5-8 gibi oldukça düşüktür. Laboratuvar koşullarında CdTe % 21 CIGS % 20,5 rekoru kırılmıştır [73]. Ancak üretim maliyetlerinin düşük, zor çalışma koşullarına uyum kabiliyetlerinin de yüksek olduğu düşünüldüğünde, alan kısıtı olmayan ve bulutlu/gölgeli sahalar için tercih edilirler. Koyu kırmızı, koyu kahve veya fûme renginde olurlar. Az malzeme tüketilerek üretimleri mümkündür. Parlak gün ışığından ziyade, dağınık ışık ve sıcak iklimlerde daha verimli çalışabilirler. Uluslararası standardı IEC 61646'dır.

Bakır indiyum (CIS, Copper indium) FV panel: Güneş ışığının daha geniş bandını değerlendirme özelliğine sahip olduğundan kapalı ve bulutlu havalardaki performansı diğer türlere göre daha iyidir. Verimi % 5 civarındadır.

Galyum arsenit (GaAs) FV panel: Kızılötesi ışınlar aşırı duyarlı bir bileşik olan galyum arsenit yoğunlaştırılmış FV panellerde (CPV) verimi % 30'a kadar çıkarabilir.

FV panel seçerken dikkat edilmesi gerekenler:

- Hücreler üzerinde gözle görülür çatlak, kırılma, V şeklinde geniş çentikler olmamalı
- Hücre dizisinin yapısı düzenli, dizi bağlantıları düz ve renk tutarlılığı sağlanmış olmalı
- Çerçeve ile hücreler arasında birbirini takip eden veya kanal şeklinde kabarcık olmamalı
- Herhangi bir iletken yabancı madde bulunmamalı
- Barkod okunabilir ve anlaşılabilir olmalı
- Cam yüzeyinde de konkoid, kabarma, pusluluk vs olmamalı
- Arka yüzeylerde çöküntü, kabarma, çizik, leke, pürüz olmamalı
- Çerçevede geometrik ölçüm ve birleşme hatası ile köşelerde çapak, pürüz; cam ile birleşme yerinde boşluk; arka yüzey ile birleşme boşluğu olmamalı
- Bağlantı kutusu tam yerleşmiş, boşluksuz, kırıksız, sızdırmaz olmalı
- Elektrot bağlantısı, kutuplama, bağlantılar arası mesafe standartlara uygun olmalı.



4.3. FV Sistem Bileşenleri

FV paneller DA gerilimi üretirken, FV sistemin tamamlanması için zemin hazırlama, mesnet yapısı, kurulum, dizi kabloları, sigortalar, topraklama elemanları, devre kesiciler, kontrol birimi, eviriciler ve aküler ile mühendislik hizmetlerinden oluşan denge bileşenlerine (BOS) ihtiyaç vardır. Asgari bir FV sistemde bulunması gereken donanım şu şekilde özetlenebilir:

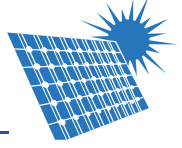
Evirici (inverter): DA gerilimini AA (alternatif akım) gerilimine dönüştüren elektronik cihazdır. DA giriş tarafında dizeden gelen gücü gerilim ve akımı tarayarak maksimum seviyeye çıkarmak için tasarlanmış bileşen (MPPT) içerir, böylece verimi en yüksekte tutar. FV bir sistem için belirleyici unsur eviricinin tipi ve elektriksel büyüklük değerleridir. FV panellerin evirici elektriksel büyüklüklerine göre seri ve paralel bağlantı kombinasyonları ve sayıları belirlenir. Evirici tasarlanırken, yük talebinin en yüksek olabileceği durum esas alınarak evirici çıkış gücü belirlenir. Tasarımda öncelikle talep edilecek yükü karşılayabilecek evirici belirlenir, daha sonra bu eviricinin giriş eşiklerine uygun FV diziler oluşturulur. Bir eviriciyi karakterize ederken giriş ve çıkış gerilim eşiklerine, giriş ve çıkış akım eşiklerine, dalga şekli tipine, işletim modlarına ve anma gücüne bakılır. Ayrıca Türkiye dağıtım şebeke şartlarında çalışmaya uygunluğu, çalışma sıcaklığındaki değişimlere göre üreticinin geriliminin dalgalanması, eviricinin izin verilen maksimum giriş gerilimi, Eviricinin Maksimum Çalışma Noktası (MPP) gerilim aralığı ve tercih edilen inverter / üreticinin güç oranı da seçim sırasında dikkate alınmalıdır. % 98 verime kadar performansları yükselmiştir.

EMI seviyelerinin EN 610063: 2011 (Avrupa Standardı) yönetmeliğinin izin verdiği sınırlar içerisinde olması gerekir. Aksi takdirde FV GES, yarattığı elektromanyetik dalgalar sonucunda tren trafiği telsizlerini veya çevredeki hassas üretim tesislerini etkileyecek önemli bozukluklar meydana getirebilir. EMI kaynakları ordu, hava trafik kontrolü, demiryolu veya FM radyo frekanslarında parazite de yol açabilir. Bu durum FV GES sahibi ve işletmecisi için ileride hukuki ve ekonomik sonuçlar doğurabilir.

PV Şarj Kontrol Cihazı: PV dizesi ve akü arasındaki arayüzü sağlayan bir cihazdır. FV sistem enerjisinin ve yüklerin durumuna göre şarj-deşarj işlemini gerçekleştirir, yönetir, çalışma modunu tayin eder. Yeni akıllı sistemlerde evirici ile entegre haldedir.

Batarya: Elektrik enerjisini kimyasal olarak depolar. Kuru, sulu ve jel çeşitleri bulunur. İçerisinde jöle kıvamında elektrolit bulunan jel aküler ağır çevresel koşullara özellikle de sıcaklığa dayanıklı bakımsız akülerdir. Bu yüzden Güneş Enerjisi Sistemlerinde özellikle tercih edilirler. Jel Akü hemen şarj edilmese bile, derindeşarjdan tamamen geri döndürülebilir. Günlük çevrimsel kullanım için idealdir. Uzundeşarjlarda mükemmel performans gösterirler.

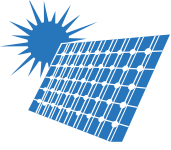
Kablo: FV panellerin birbirine bağlanmasında, bu şekilde oluşan dizinin çıkışında, FV dize bağlantı kutusu ile eviricinin DA terminalleri arasında, eviricinin AA terminallerini dağıtım devresine bağlamada ve iletişim ile topraklama sistemlerinde kullanılır. Kablo seçimi yapılırken akım/gerilim değerleri mutlaka Türk Standardı TS HD 60364 (IEC 60364) ve EN 50618 standardına göre belirlenmeli, bu hesaplamalarda düzenlenmiş haliyle yükseltme katsayıları kullanılmalıdır (Çizelge 14).



Çizelge 14: Fotovoltaik kabloların karakteristik özellikleri ve gereksinimleri EN 50618 standardı

Nitelik	Önceki	Son durum
Tanım	PV1-F	H1Z2Z2-K
AC gerilim seviyesi, Kv	0,6 - 1,0	1,0 - 1,0
Azami DC (doğru akım) gerilim seviyesi, kV	0,9 - 1,8	1,8 - 1,8
Kısa devre sıcaklığı, °C	200	250
İzolasyon malzemesi	Halojenden arındırılmış	Halojenden arındırılmış-Çapraz bağlı
İzolasyon kalınlığı, mm	> 0,5	Kesite bağlı ($0,7 \leq 16 \text{ mm}^2$ gibi)
Dış kılıf malzemesi	Halojenden arındırılmış	Halojenden arındırılmış-Çapraz bağlı
Dış kılıf kalınlığı	> 0,5	Kesite bağlı ($0,8 \leq 10 \text{ mm}^2$ gibi)
Suda uzun süreli DC dayanımı (85 °C'de 10 gün), kV DC	0,9	1,8
Düşük duman emisyonu	İstenmiyor	Işık geçirgenliği > % 60
Yaşlandırma öncesi çekme/kopma mukavemeti, N/mm ²	6,5	8
Hot set testi, °C	200	250
Yüksek sıcaklıkta basınç	EN 60811-508	İstenmiyor
Kılıfta UV dayanımı (720 saat UV ışığa maruz bırakılmış)	Çatlağa izin verilmiyor	Çatlağa izin verilmiyor ve Yaşlandırma sonrası çekme, kopma, uzama mukavemet ölçümü

Montaj elemanları: Mevcut çatı üzerinde ve çatıya paralel kurulmuş FV GES sistemi tasarlanması durumunda, mevcut yapı taşıyıcı elemanlarının taşıma kapasitesi kontrolleri yapılmalıdır. Mevcut yapı taşıma kapasite kontrol tahkiklerinde zati (kendi ağırlığı), rüzgar ve kar yükleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmalıdır. Mevcut yapı modelleme hesaplarında kullanılacak yönetmelikler; TDY-2007, TS-500, TS-498, TS-648 ve ilgili uluslararası yönetmelik ve standartlarda belirtilen durumlara göre hesapların teşkili yapılacaktır. Mevcut yapıda (çatı yapısı) kurulum yapılacak alana özel hesaplamalar yapılmalı ve bu yükleri taşıyacak mevcut yapı taşıyıcı sistem kapasite kontrollerinin statik hesapları bu şartnameye uygun olarak yapılmalı ve mevcut yapıya ruhsat veren kurum tarafından kontrol edilmelidir. Ayrıca FV GES konstrüksiyon yapısı alt karkas elemanlarının yük - gerilme - sehim ve birleşim hesapları da özenle yapılmalıdır [74]. Güneş elektrik santralleri 20-25 yıl boyunca çalışması beklenen uzun soluklu yatırımlardır. Sinyal, data ve güç taşıyan konnektörler sistemin randımanlı ve eksiksiz çalışabilmesi için önemlidir. Bir FV GES'in en zayıf noktası en zayıf bileşeni kadardır! Nem, güneş ışığı ve olumsuz hava koşulları konnektörün çalışma performansını etkileyecektir. Panel inverter arası kendi türünde cihazın dışına takılan fiş olmadan bile IP65 koruma sınıfı sağlayan ürünler tercih edilebilir. Yine istenildiği durumlarda IP 68 olabilen konnektör seçimi zorlu koşullar için ideal olacaktır.

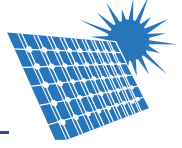


4.4. FV Standartları

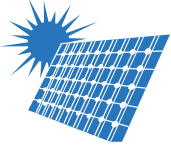
IEC Standartları bugün tüm dünyaca kabul görmüş ve uygulanmakta olan standartlardır. Yayınlanmış IEC Standartları, Avrupa'da Cenelec Standard organizasyonunca kabul edildikten sonra EN kodu ile Avrupa standardı olarak kabul edilirler. Bu standartlar, TSE'nin Cenelec üyeliği gereğince Türk standardı olarak kabul edilerek, TS başlangıç kodu ile birlikte yayınlanırlar. Bir FV sistemin tasarımı ve kurulumunda kullanılan tüm teçhizatın aşağıdaki Türk Standartları (TS) Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC, EN, HD, ISO) Standartları ve diğer standartların yürürlükteki en son baskılarına uygun olması beklenir. Ülkemizde de kabul görmüş ve tasarımdan projelendirmeye, malzeme seçiminden uygulamaya, test ve kabul işlemlerine kadar ihtiyaç duyulabilecek tüm standartlar aşağıda listelenmiştir (Çizelge 15). Bunlara ek olarak tüm donanımın CE (Conformité Européenne) sertifikasyonuna tabi olması da gerekmektedir. Mevzuat güncellemeleri ve standardizasyon çalışmalarına bağlı olarak zaman boyutunda yeni eklemeler yapılabilir.

Çizelge 15: FV güneş elektrik sistemleri için standartlar

TS Standart	Standart	Standart Adı
TSE CLC/TS 61836	IEC 61836	Fotovoltaik Güneş Elektrik Enerji Sistemleri, Terimler, Tarifler ve Semboller
TS EN 60891	IEC 60891	Fotovoltaik Elemanlar - I-V Karakteristiklerinde ölçülen Sıcaklık ve Işık Şiddeti Düzeltmeleri için İşlemler
TS EN 60904-1	IEC 60904-1	Fotovoltaik Elemanları Bölüm 1: Fotovoltaik Akım- Gerilim Karakteristiklerinin Ölçülmesi
TS EN 60904-2	IEC 60904-2	Fotovoltaik Elemanlar – Bölüm 2: Referans Güneş Elemanları ile İlgili Kurallar
TS EN 60904-3	IEC 60904-3	Fotovoltaik Elemanlar Bölüm 3: Spektruma Ait Işınlama Yoğunluğu Bilgileri Referans Alınarak Yeryüzünde Kullanılan Fotovoltaik (FV) Güneş Elemanlarının Ölçülmesi ile İlgili Genel Kurallar
TS EN 60904-4	IEC 60904-4	Fotovoltaik Elemanlar – Bölüm 4: Referans güneş elemanları- Kalibrasyon izlenebilirliğinin oluşturulması için prosedürler
TS EN 60904-5	IEC 60904-5	Fotovoltaik Elemanlar-Bölüm 5: Açık Devre Gerilim Metodu Fotovoltaik Elemanların Eşdeğer Hücre Sıcaklığının Belirlenmesi
TS EN 60904-7	IEC 60904-7	Fotovoltaik Elemanlar – Bölüm 7: Fotovoltaik Elemanların Deneylerinde Ortaya Çıkan Spektruma Ait Uyumsuzluğun Hesaplanması
TS EN 60904-8	IEC 60904-8	Fotovoltaik Elemanlar - Bölüm 8: Bir Fotovoltaik Elemanın Spektrum Tepkisinin Ölçülmesi İçin Kılavuz
TS EN 60904-9	IEC 60904-9	Fotovoltaik Elemanlar – Bölüm 9: Güneş Simülatörleri -Performans Özellikleri
TS EN 60904-10	IEC 60904-10	Fotovoltaik cihazlar-Bölüm 10: Doğrusallık ölçüm metotları
TS EN 61215	IEC 61215	Kristalin Silikon Karasal Fotovoltaik (PV) Modüller-Tasarım Değerlendirmesi ve Tip Kabulü
TS EN 61646	IEC 61646	İnce filmlili düz alanlı Fotovoltaik modüller- tasarım nitelikleri ve tip onayı
TS EN 61730-1	IEC 61730-1	Fotovoltaik (PV) modül güvenlik niteliği - Bölüm 1- Yapım özellikleri
TS EN 61730-2	IEC 61730-2	Fotovoltaik (PV) modül güvenlik niteliği - Bölüm 2- Deney özellikleri
TS EN 61345	IEC 61345	Fotovoltaik (FV) ünitelerin UV (ultraviole) deneyi
TS EN 61701	IEC 61701	Foto voltaj (PV) modüllerinin tuz buğusu orozyon deneyi



TS Standart	Standart	Standart Adı
TS EN 61829	IEC 61829	Fotovoltaik silikon kristal dizisi-Yerinde I-V Karakteristik ölçümü
TS EN 61194	IEC 61194	Tek Başına Fotovoltaik Sistemlerin Karakteristik Parametreleri
TS EN 61702	IEC 61702	Doğrudan bağlantılı foto voltaj pompalama sistemlerinin sınıflandırılması
TS EN 61724	IEC 61724	Fotovoltaik sistem performans izleme-Ölçüm, veri değişimi ve analiz için kılavuz
TS EN 61725	IEC 61725	Günlük Güneş Profillerinin Analitik Olarak İfade Edilmesi
TS EN 61727	IEC 61727	Fotovoltaik (PV) Sistemler- Fayda Arayüzünün Karakteristikleri
TS EN 62124	IEC 62124	Bağımsız güneş pil (PV) sistemleri - Tasarım doğrulaması
TS EN 62446	IEC 62446	Şebeke bağlantılı Fotovoltaik sistemler – Sistem dokümantasyonu, devreye alma deneyleri ve muayene için asgari kurallar
TS EN 61683	IEC 61683	Fotovoltaik sistemler – güç şartlandırıcılar - Verim ölçme işlemi
TS EN 62093	IEC 62093	Güneş pil sistemleri için sistem denge bileşenleri – Tasarım nitelendirmesi doğal ortamları
TS EN 62109-1	IEC 62109-1	Fotovoltaik güç sistemlerinde kullanım için güç çeviricilerinin güvenliği- Bölüm 1:Genel kurallar
TS EN 62109-2	IEC 62109-2	Fotovoltaik güç sistemlerinde kullanım için güç çeviricilerinin güvenliği – Bölüm 2: Dönüştürücüler için belirli kurallar
TS EN 62509	IEC 62509	Fotovoltaik sistemler için pil şarj kontrol cihazları- Performans ve fonksiyonlanma
TS EN 62108	IEC 62108	Yoğunlaştırıcı fotovoltaik (CPV) modüller ve montaj - Tasarım kalitesi ve tip onayı
TS HD 60364	IEC 60364 (Tüm Bölümleri)	Alçak gerilim (AG) elektrik tesisatı
	IEC 60364-6	Alçak gerilim elektrik tesisatı – Bölüm 6: Doğrulama
	IEC 60364-7-712	Binalarda elektrik tesisatı – Bölüm 7-712: Özel tesisat ve yerleşim gereksinimleri – Fotovoltaik güç kaynağı sistemleri
TS IEC 60755	IEC 60755	Artık akımla çalışan koruyucu düzenler-Genel kurallar
TS EN 61557	IEC 61557 (Tüm Bölümleri)	Alçak gerilim dağıtım sistemlerinde elektriksel güvenlik-1000 V AC ve 1500 V DC'ye kadar-Koruyucu düzenlerin denenmesi, ölçülmesi veya izlenmesi ile ilgili donanımlar
TS EN 61730	IEC 61730 (Tüm Bölümler)	Fotovoltaik modül güvenlik niteliği
TS EN 50438	IEC 50438	Mikro jeneratörlerin alçak gerilim dağıtım şebekeleri ile paralel bağlanması için kurallar
TSE K 191		Faz akımı 16 A'den büyük olan jeneratörler için bağlantı kuralları - Dağıtım sistemine AG seviyesinden bağlanan
TSE K 192		Faz akımı 16 A'den büyük olan jeneratörler için bağlantı kuralları - Dağıtım sistemine OG seviyesinden bağlanan
TSE EN 62446	IEC 62446	Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler - Sistem dokümantasyonu, devreye alma deneyleri ve muayene için asgari kurallar

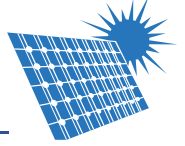


TS Standart	Standart	Standart Adı
TSE EN 50521	IEC 50521	Fotovoltaik sistemler için bağlayıcılar - Güvenlik kuralları ve deneyler
TSE EN 62305	IEC 62305	Yıldırımdan Korunma
TS CLC/TS 50539-12		Alçak gerilim için ani yükselmelere karşı koruyucu cihazlar - DC gerilim içeren özel uygulamalar için ani yükselmelere karşı koruyucu cihazlar - Bölüm - 12: Seçim ve kullanma esasları - Fotovoltaik tesisatlara bağlanan SPD'ler
	IEC 62548	PV Dizeler. Tasarım gereksinimleri
	IEC 60909	Üç fazlı kısa devre akımları-AC sistem
TSE 498		Yük Yönetmeliği
	IEC 60536	Elektrik çarpmasına karşı koruma amaçlı elektrikli ve elektronik cihazların sınıflandırılması
	IEC 61140	Elektrik şokuna karşı koruma. Kurulum ve ekipman için ortak yönler
	IEC 60629-6	Dizi sigortaları

4.5. FV GES istihdamı

Mesleki Yeterlilik Kurumu (MYK), 2012'de yaptığı çalışma ile “**Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli (FVGSP S5)**” Seviye 5'ten bir Ulusal Meslek Standardı oluşturmuştur. Bu standarda göre FVGSP S5, iş sağlığı ve güvenliği ile çevreye ilişkin belirlenmiş önlemleri alarak, kalite sistemleri çerçevesinde; tasarımı ve iş programı tamamlanmış ve gerekli teçhizatı temin edilmiş fotovoltaik güç sistemlerinde, montaj şemalarına uygun biçimde denge bileşenlerinin ve FV modüllerin montajının ve sistem içi elektriksel bağlantılarının yapılmasını sağlayan, kurulum planlarının oluşturulmasında ve kurulum yerine uyarlanmasında görev alan, montaj işlemleri sırasında kullanılacak araç, gereç, malzeme ve ekipmanın hazırlanmasını sağlayan, sistem bileşenlerini montaj şemasına uygun biçimde konumlandıran, elektriksel sürekliliklerinin ölçülmesini ve buna göre montaj hatalarının giderilmesini sağlayan, performans değerlendirme tablolarının hazırlanması ve şebeke bağlantılı sistemlerde şebeke ile bağlantısının yapılması iş ve işlemlerini gerçekleştiren, şebekeden bağımsız sistemlerde sistem çıkışı besleme hattına bağlayarak işletmeye alan, kullanılan ekipmanın bakımını üstlenen ve mesleki gelişim faaliyetlerini yürüten nitelikli kişidir. Mesleğin Uluslararası Sınıflandırma Sistemlerindeki Yeri ISCO 08: 3131 Enerji üretim tesisi operatörleri'dir. Meslek ile ilgili mevzuat düzenlemeleri hazırdır [75].

Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli mesleğinin gerektirdiği sağlık, güvenlik ve çevre ile ilgili mevzuata uymakla yükümlüdür. Açık alanda, çatı, kule, bina sathı, direk gibi yüksek mevkilerde, gemi ve benzeri deniz taşıtlarında çalışır. Bazen montajı, ada veya dağlık bölgeler gibi erişimi güç ve elektrik şebekesinin ulaşmadığı uçra yerlerde yapmak zorunda kalabilir. Çalışma ortamının olumsuz koşulları arasında gürültü, koku, toz, yüksek derecede güneşe maruz kalma, çok sayıda elektriksel ve mekanik bileşenin bağlantılarından kaynaklanan karmaşıklık sayılabilir. Çalışmalar sırasında diğer meslek elemanları ile etkileşimli ve dönüşümlü çalışmalar yapması gerekebilir. Mesleğin icrası esnasında iş sağlığı ve güvenliği önlemlerini gerektiren kaza ve yaralanma riskleri bulunmaktadır. İşlemler sırasında uygun kişisel koruyucu donanım kullanılarak çalışması zorunludur [74].



FV GES sektöründe istihdam edilmek üzere ihtiyaç duyulacak pozisyonlar MYK tarafından belirlenmiş, sıfatları ve iş tanımları yapılmıştır. Bu haliyle FVGSP S5 yanında seviyelendirilmiş diğer kadroların Meslek Tanımları:

Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli (Seviye 3) (FVGSP S3), tasarımı ve iş programı tamamlanmış ve gerekli teçhizatı temin edilmiş FV güç sistemlerinde, montaj şemalarına uygun biçimde denge bileşenlerinin ve FV modüllerin montajını ve tasarım planlarına uygun biçimde mekanik yapı kurulumunu yapan ve mesleki gelişime ilişkin faaliyetleri yürüten nitelikli kişidir. Montaj işlemleri sırasında belirlenen zaman programına uygun hızda çalışılması, iş ve kişi güvenliği ilkelerine uyulması, montaj şemalarına sadık kalınması esastır.

Montaj işlemleri sırasında kullanılacak araç, gereç, malzeme ve aparatların hazırlanması, sistem bileşenlerin montaj şemasına uygun biçimde konumlandırılması ve gerektiği biçimde sabitlenmesi FVGSP S3 görev tanımı içerisindedir.

FVGSP S3, genel nezaret altında iş talimatlarına uygun biçimde gerçekleştirdiği işlemlerin doğruluğundan, zamanlamasından, kalitesinden ve güvenli bir şekilde tamamlanmasından sorumludur. Çalışılan yerin temizliğini ve emniyetini sağlamanın yanı sıra kullanılan donanımın bakım ve temizliğini de üstlenir.

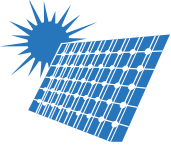
Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli (Seviye 4) (FVGSP S4), tasarımı ve iş programı tamamlanmış ve gerekli teçhizatı temin edilmiş FV güç sistemlerinde, montaj şemalarına uygun biçimde denge bileşenlerinin ve FV modüllerin montajını ve sistem içi elektriksel bağlantılarını yapan, kurulum sırasında kurulum yerine uyarılma için gerekli gördüğü değişiklikleri yetkilisine bildiren ve mesleki gelişime ilişkin faaliyetleri yürüten nitelikli kişidir. Montaj işlemleri sırasında belirlenen zaman programına uygun hızda çalışılması, iş ve kişi güvenliği ilkelerine uyulması, montaj şemalarına sadık kalınması esastır.

Montaj işlemleri sırasında kullanılacak araç, gereç, malzeme ve aparatların hazırlanması, sistem bileşenlerin montaj şemasına uygun biçimde konumlandırılması ve gerektiği biçimde sabitlenmesi, elektriksel sürekliliklerin ölçülmesi ve buna göre montaj hatalarının giderilmesi FVGSP S4 görev tanımı içerisindedir.

FVGSP S4, kısmi nezaret altında iş talimatlarına uygun biçimde gerçekleştirdiği işlemlerin doğruluğundan, zamanlamasından, kalitesinden ve güvenli bir şekilde tamamlanmasından sorumludur. Çalışılan yerin temizliğini ve emniyetini sağlamanın yanı sıra kullanılan donanımın bakım ve temizliğini de üstlenir.

Fotovoltaik sistem kurulumu için risk belirlenmesi yapılırken, FV'ye özel tehlikelerden özellikle bahsetmek gerekir. Bunlar standart Kişisel Koruyucu Donanım Ekipmanı'na, yüksekte çalışma, elle taşıma, cam işleme ve inşaat işleri ve yönetimi ile ilgili yönetmeliklere zamanla entegre edilmesi beklenmektedir. FV modülleri güneş ışığına maruz kaldıkları anda elektrik üretmeye başlarlar ve kapatılamazlar. Bu bakımdan diğer elektrik tesisat kurulumlarına göre bir FV sistem kurulumu canlı bir sistemde çalışmak demektir. Tesiste çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve ilgili yönetmelik, tebliğlere göre çalıştırılmaları zorunludur. Akım sınırlayıcı ekipman olarak, FV modül dizileri hata anında sigortalar tarafından fark edilip ayrılamazlar. Nitekim kısa devre akımları nominal akımlarından biraz yüksektir. Hata olduğu zaman uzun süre tehlikeli olarak kalabilir. İyi kablolama ve tasarım daha sonra sistemle uğraşacak kişilerin de elektrik çarpmamasına karşı yardımcı olur. Beklenmeyen arıza akımları yangın tehlikesine dönüşebilir. Böyle bir durumu engellemek için sigorta dışında iyi tasarım, dikkatli kurulum çok önem kazanır. FV tesislerde çalışanlar için düşme riski, yaralanma gibi durumlar nadiren de olsa karşımıza çıkar. Aynı zamanda elektrik çarpmasına karşı da dikkatli olunmalıdır.

FV kurulumda canlı çalışma kaçınılmazdır. Ancak sistem tasarımdaki önlemler ve çift yalıtım ile şok korumaya karşı önlem sağlanır. Ayrıca, sadece bir DC iletken elindeyken çalışmak düşük bir tehlike arz etse de bu tehlike de uygun koruyucu aletlerle azaltılmalıdır. Eğer bir yerde aynı anda çıplak artı ve eksi kutuplarıyla çalışmak gerekirse uygun yalıtkan eldiven ve araçlar kullanılmalıdır. Geçici bir uyarı işareti ve bariyer kullanılmalıdır. Canlı kablolarla çalışmada tehlikeyi azaltmak için geceleri de (yeterli aydınlatma ile) çalışmak mümkündür. Alternatif olarak bir dizeyi örterek de çalışılabilir. Fakat bir FV dizeyi örtmek, kurulum süresince hava şartlarından dolayı o örtüyü korumak pratik olmayacağı için genelde tavsiye edilmez.



Yukarıdaki tüm önlemlere rağmen, bir teknisyen veya servis mühendisi yine de elektrik çarpması tehlikesi ile karşılaşabilir, bu nedenle; sistemin herhangi bir bölümüne dokunmadan önce parçaların geriliminin varlığı açısından test edilmelidir. Bir FV sisteminde kapasitif elektrik birikebilir. Örneğin metal çerçeveli veya çelik sırtlı yani amorf (ince film) modüllerin belirli türlerinde bu daha yaygındır. Bu gibi durumlarda, uygun ve emniyetli canlı çalışma uygulamaları kabul edilmelidir. Örnek olarak böyle tehlikelerin karşılaştığı yerlerden biri, personelin topraklanmış metal çatıda otururken FV dizesini kablolamasıdır. Böyle durumlarda personel kablo ucuna dokunarak toprağa karşı bir akım başlatır ve elektrik şoku yaşar. Elektrik şok gerilimi dizideki seri modül sayısının artmasıyla artar. Yalıtım eldivenleri giymek ve bunun yanında yalıtılmış bir matın üzerinde oturmak bu tehlikeyi önleyebilir.

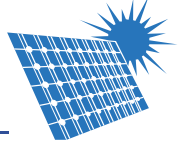
Bir FV dizesinin toprağa kaçak akımıyla da bir elektrik şok yaşanabilir. İyi kablolama, çift izolasyon ve çift veya güçlendirilmiş yalıtım (sınıf II) modüller önemli ölçüde bu sorunu azaltabilir, ancak herhangi bir kurulu sistemde, kaçak yollar yine de oluşabilir. Bir FV sistem üzerinde çalışan herhangi bir kişi bunun farkında olmalı ve gerekli önlemleri almalıdır [74].

4.6. FV GES saha seçimi

FV GES için ön görülen herhangi bir saha güneş enerjisi için kabaca analiz edildiğinde, güneş enerjisi yatırımlarının en önemli kriterinin yatırım yapılacak bölgenin yüksek güneşlenme süresine ve güneş ışınması değerine sahip olması gerekir. Bununla birlikte yatırım arazilerinin geniş ve düzlük; tarım, mera ve orman niteliği olmayan; uygun eğimlere sahip sahalar da bulunması son derece hassas bir kriterdir. Saha seçiminde potansiyelin yanı sıra tesis kurulum ve işletim maliyetlerinin de doğru belirlenmesi son derece önemlidir. Bu değerlendirmenin yapılması için kurulum sahası ile ilgili olarak aşağıdaki kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir

Sahanın Yeryüzündeki Konumu: Kurulum sahası ekvatora ne kadar yakınsa o kadar daha fazla güneşlenme süresine ve sahaya dik gelen güneş ışınlarına sahip olacaktır. İklim ve konum özellikleri bir kenara konulursa, Türkiye için yatırım yapılacak bir saha ne kadar güneyde ise, güneşlenme süresi o kadar fazladır ve güneşten o kadar daha fazla dik ışın almaktadır denilebilir.

İklim Özellikleri: Kurulum sahasının bulunduğu bölgede gündüz saatleri içerisinde gökyüzü ne kadar açıksa, diğer bir deyişle atmosfer ne kadar az yoğun ise sahaya o kadar daha fazla direkt güneş ışını ulaşabilecektir. Herhangi bir anda güneş ışınlarının sahaya gelen yönünde atmosfer yoğunluğu ve atmosferde bulunan bileşenlerin yansıtma, ışını emme ve saçma özellikleri ne kadar az ise, sahaya o kadar daha fazla güneş ışınması (radyasyon) gelir. Sahaya gelen en değerli güneş ışınları ise direkt gelen yüksek frekanslı (yüksek enerjili) ışınlardır. Dolayısıyla sahanın gökyüzü açıklığı yüksek olan bölgelerde, atmosfer kalınlığının yüksek irtifalarda azaldığı dikkate alınarak yüksek rakımlı bir bölgede olması tercih edilmelidir. Genellikle bulutlu, nemli, kirli veya tozlu, kısaca ışınların sahaya gelişini engelleyen ve/veya saçılımına yol açan atmosfer özellikleri olan bölgeler tercih edilmemelidir. Gökyüzü açıklığı ise atmosfer kalınlığı ile hem iklime hem de insan katkısı ile oluşan hava kirliliğine bağlıdır. İnsan katkısı ile oluşan hava kirliliği yerleşim bölgelerine yakınlaştıkça artmaktadır. Aynı şekilde sahada ve etrafında bulunan alanların rüzgârla birlikte havaya toz toprak tanecikleri saçabilecek özellikte zemine sahip olmaması tercih sebebidir. Rüzgârla birlikte havaya saçılma potansiyeli barındıran gevşek toprak zeminler, etrafta bol miktarda kuru yaprak vb saçılma potansiyeli bulunan sahalar tercih edilmemektedir. Nem ve bulutluluğu, deniz ve göl gibi büyük su kütlelerinin, bitki örtüsünün etkilediği düşünülürse, kurak alanlar tercih edilmelidir. Kurak alanlar nem ve bulutluluk bakımından güneş enerjisi yatırımı için ideal olmakla beraber, rüzgârlı bölgelerin aynı zamanda toz toprak savrulmasına elverişli olabileceği de dikkate alınmalıdır. Gökyüzü açıklığını etkileyen nem, toz toprak gibi faktörlerin aynı zamanda panellerin yüzeylerini kaplaması sebebiyle diğer bir olumsuz etkisi bulunmaktadır. Örneğin nem oranı yüksek bir sahada bir güneş enerjisi santrali yatırım ömrünün en az 25 yıl olacağı düşünüldüğünde mutlaka dikkate alınması gereken bir kriterdir.



Sahanın konumsal özellikleri:

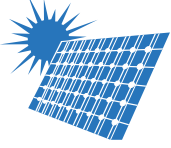
- Sahanın ortalama eğimi 5 dereceden yüksek olmamalıdır.
- 1. derece deprem bölgelerindeki fay hatları üzerinde olmamalıdır.
- Kanunlarca koruma altına alınmış bir alan olmamalıdır.
- Üretken veya sık dokulu orman arazisi üzerinde olmaması tercih edilmelidir.
- Verimli tarım arazisi üzerinde olmaması tercih edilmelidir. Verimli tarım alanları genel olarak kuru, sulu ve dikili tarım alanlarıdır.
- Mera sahası olmaması tercih edilmelidir.
- Saha üzerinden demiryolu ve karayolu geçmemelidir.
- Hava alanına yakın mesafede olmamalıdır.
- Akarsu yataklarından, durgun göl, doğal veya inşa edilmiş barajlı göllerden, su kaynağı kurumuş dahi olsa kayıtlı sulak alan sınırlarından uzakta olmalıdır.
- Askeri amaçla kullanılan (silahlı tatbikat alanı gibi) bir bölgede olmamalıdır.
- Yerleşim alanı olmaması tercih edilmelidir.
- Ana karayollarına ve kıyı şeridinde en az 100 metre uzaklıkta olmalıdır.
- Maden, petrol, doğalgaz vb arama alanı olmamalıdır.

Diğer Hususlar: Yatırım yapılması düşünülen saha için teknik kriterlerin uygunluğunun yanı sıra, sahada kurulması öngörülen bir güneş enerjisi yatırımının ne ölçüde lisans veya bağlantı görüşü alma şansının olabileceği, önemli diğer bir kriterdir. Bu amaçla; seçilen sahanın bağlanacağı trafoya en az 5-15 km uzaklıkta bulunan; diğer güneş enerjisi yatırımına elverişli sahaların ne kadar fazla veya az olduğuna dikkat edilmelidir. Trafonun belli bir bağlantı kısıtı olacaktır ve o trafoya bağlanmak üzere yapılacak tüm güneş enerjisi başvurularına trafo ve iletim kısıtları nedeniyle lisans veya bağlantı görüşü verilemeyebilecektir. Dolayısıyla, bağlanması düşünülen trafo merkezi etrafında ne kadar fazla saha varsa, o trafoya o kadar fazla başvuru olacağı düşünülmelidir. Bu durumda, lisans alma aşamasında yapılabilecek “katkı payı ihalesi”nde yaşanabilecek rekabetin boyutu hesaba katılmalıdır. Bu kriterler “sahanın rekabete açıklığı” olarak adlandırılabilir. Dolayısıyla yatırımcı, teknik kriterlerin yanı sıra, sahanın bağlantı imkânı ve saha çakışması itibarıyla sahanın rekabete açıklığını dikkate almalıdır [76].

Güneş enerjisi yatırımcıları açısından bölge seçimine etki eden diğer bir önemli faktör, devletin seçim yapılacak bölgeye ilişkin olarak sağladığı avantajların çokluğudur. Bu avantajlar, alt-üst yapı desteği, vergi ve harç benzeri muafiyetler, kredi imkânları, bedelsiz arsa tahsisleri ve enerji desteği ile teşvik bölgesi koşulları gibi farklı konuları kapsayabilmektedir.

Risk analizi: Özellikle küresel ısınmanın getirdiği ve getireceği iklim değişiklikleri, bir güneş enerjisi santrali yatırım ömrünün en az 25 yıl olacağı düşünüldüğünde mutlaka dikkate alınması gereken bir kriterdir. Örnek olarak, halen büyük ölçüde kurumuş olan bir nehir yatağı ile bağlantılı bölgede güneş enerjisi santrali kurmak, ileride bu nehrin tekrar akar hale gelerek taşkınlarla neden olabilmesi açısından büyük risk taşımaktadır.

Sahaya gelen güneş ışınlarını etkileyen diğer bir faktör ise, sahaya gölge etkisi olabilecek yükseltilerdir. Sahaya güneş ışınlarının gelmekte olduğu, güneşin doğumundan batımına kadar, doğu, batı ve güney yönleri arasında gölgeleme etkisi olan yükseltilerin bulunmaması tercih edilmelidir. Panellerin ve diğer tesis bileşenlerinin uygun şekilde konumlandırılabil-



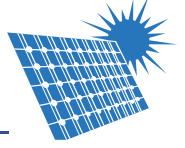
mesi amacıyla saha yüzeyinin de düz olması, arazi ortalama eğiminin en fazla 5 derece olması tercih edilmektedir. Yüksek eğim ortalamasına sahip sahalarda tesis kurulum (inşaat) maliyetleri yüksek olacaktır. Saha tercihlerini etkileyebilecek diğer bir özellik, sahanın yoğun kuş göçü yolları üzerinde veya kuşların göç ederken konaklama sahalarına yakın olmasıdır. Bunun sebebi kuş dışkılarının panel yüzeylerini kapatması ve zor temizlenebilmesidir. Her ne kadar fotovoltaik panellerin çalışması için su gerekmesi bile, sahanın toz ve kirlilik özelliklerine bağlı olarak düzenli temizlik yapılabilmesi için su lazım olmaktadır. Dolayısıyla sahanın durgun olmayan bir su kaynağına uzaklığı dikkate alınmalıdır. Sahanın 1. derecede deprem bölgelerindeki aktif fay hatları üzerinde olmaması, büyük akarsuların yataklarına çok yakın olmaması, sahanın kuzey yönünde bile olsa, yakında dik eğimli yükseltiler var ise heyelan, çığ veya taşkın gibi sahanın bulunduğu bölgeden kaynaklanabilecek risklere açık olmaması gözetilmelidir. Sahanın uygunluğunu belirleyen önemli özelliklerden birisi, elektrik şebekesine bağlantı ve iletim olanağının bulunmasıdır. Sahanın güneş potansiyeli ve diğer özellikleri çok uygun olsa dahi, sahada kurulacak bir tesisin şebekeye bağlantı olanaklarının bilinmesi, bağlantı imkânı yoksa trafo ve/veya iletim hattının yapılmasının ekonomik ve teknik olurunun değerlendirilmesi gerekmektedir [77].

4.7. FV GES proje hazırlama

Arazi veya çatı yüzeyi gibi zemin edinimi ile idari izinler, mali ve hukuki yükümlülükler bu kısım için hariç tutulmuştur. Bu haliyle şebeke ile paralel çalışan örnek bir FV GES için tasarım, uygulama, devreye alma ve işletme kurallarına yönelik ilgili mevzuat, ilgili teknik mevzuat ve ulusal/uluslararası asgari standartlar özetlenmiştir. Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik ve Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ hükümlerine dayanılarak hazırlan "TEDAŞ LÜY Kapsamında 50 KWh Kadar Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesislerinin Tip Şartnamesi"nden yararlanılmıştır [78].

Tasarım sürecinde yapılması tavsiye edilen bazı hesaplamalar:

- Tesis alan hesabı (fiziki detay projeleri)
- Maksimum ve minimum evirici DC giriş gerilim kontrolünü gösterir hesaplar
- FV modül-evirici uyum analizi
- Güç kaybı, gerilim düşümü ve akım taşıma kontrolünü gösterir doğru akım (DC) kablo hesapları
- Gerilim düşümü, akım taşıma ve kısa devre kontrolünü gösterir alçak gerilim AC kablo hesapları
- Kısa devre hesapları
- YG-AG kısa devre hesapları, şebeke kısa devre empedansı, güç trafo empedansı, havai hat empedansı, kablo empedansı, dağıtım transformatörü, AG kısa devre hesabı
- FV GES topraklama hesabı, köşk topraklama hesabı, trafo işletme topraklama hesabı
- FV GES dokunma ve adım gerilimleri
- FV GES topraklama ve aşırı gerilim tesisi ve iletkeni kesit hesabı (akredite bir kuruluşa SELVAZ-empedans yöntemi analizi yaptırılabilir)
- FV GES köşk dokunma ve adım gerilimleri
- FV GES köşk topraklama ve aşırı gerilim tesisi ve iletkeni kesit hesabı
- Kesici hesabı
- Bara hesapları



- Ölçü hesapları
- Gölgeleme hesapları
- Fotovoltaik dizi (string) bilgileri, dizi kablosu özellikleri-boyut ve tip, dizi aşırı akım koruma cihazı özellikleri (takılmışsa), dizi elektriksel ayrıntılar, dizi ana kablo özellikleri – boyut ve tip, dizi bağlantı kutusu yerleri (varsa), DC yalıtım tipi, yeri ve değeri (akım/gerilim).
- Taşıyıcı konstrüksiyon için statik hesaplamalar (SMM inşaat mühendisi onaylı)
- Zemin Etüdü, Çakma test raporu (eğim, yataklama katsayısı, zeminin taşıma gücü, oturma, şişme sıvılaşma gibi durumları tespit edilmiş, arazinin jeolojisi, morfolojisi, afet ve jeolojik riskleri değerlendirilir. Böylece zemin akma ve göçmelerine karşı mühendislik önlemleri alınmalıdır)
- Ultrasonik kuş kovucu

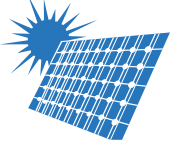
Tasarım sürecinde yapılması tavsiye edilen bazı çizimler:

- Vaziyet planı
- Panel, evirici ve pano yerlerini gösteren ölçekli yerleşim planı veya sistem kurulum şeması
- Tek hat bağlantı şeması (Modül tipi, toplam FV modül sayısı, dizi sayısı, dizi başına modül sayısı)
- Sistem kurulum şeması
- Montaj seti konumlandırılma ve yerleşim ile FV modül bağlantı şeması
- Topraklama hesabı ve planı
- Ölçü, izleme ve haberleşme planı
- Kablo güzergah planı
- Trafo köşk, metal muhafaza, FV modüller, hücre vaziyet, hücre montaj planları

4.8. FV GES entegrasyon

Sisteme bağlantı: Sistem kullanımı için Elektrik Dağıtım A.Ş.'ye başvurulur, EDAŞ'dan alınan bağlantı izni ve Bağlantı Anlaşması Çağrı Mektubu ile süreç başlar. GES trafosunun OG beslemesi ve kablo nitelikleri belirlenir. GES Trafo köşkünde kesicili giriş/çıkış hücresi, akım gerilim ölçü hücresi, kesicili çıkış hücresi ve kesicili trafo koruma hücresi bulunmalıdır. Üretilen elektriğin çıkış gerilimi ile akımının büyüklüğüne göre trafoya nasıl bağlanacağına karar verilmelidir. Sisteme özel trafo (müstakil trafo) ile yapılan bağlantılar dağıtım şirketleri açısından OG seviyesinden bağlantı olarak kabul edilmektedir. Örneğin 1.000 kW gücünde bir santral, dağıtım şirketinin bağlantı izni vermesi durumunda 1.250 kVA'lık şahıs transformatörü ile OG seviyesinden sisteme bağlanabilir

Paralel çalışma: İki ayrı sistemin paralele girebilmesi için, gerilimlerin, frekansların ve faz açılarının her iki sistemde de aynı olması gerekir. Bu şartlar evirici senkronizasyon ünitesi tarafından kontrol edilebilir, istenilen şartlar sağlanmadan paralele girilmemelidir. Gerilim o bölgedeki TEİAŞ Trafo merkezinin çıkış gerilimine ayarlanmalıdır.

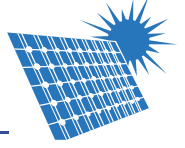


Koruma düzeneği: Sistemde arızalı bölümün belirlenerek anında servis dışı bırakılması amacına yönelik uygulanan koruma tertibine seçici koruma denilmektedir. Üretim tesisinin kısa devre arızası veya dağıtım sisteminin enerjisiz kalması durumunda bağlantı noktası itibarıyla dağıtım sisteminden izole hale gelmesini ve şebekeye enerji vermemesi sağlanmalıdır. Dağıtım şebekesinin bir bölümünü içerecek şekilde adalanmayı engellemek üzere ilgili mevzuatta [51] geçen koruma sistemleri tesis edilmeli, üretim tesisinin sistemden ayrılması ve sisteme enerji verilene kadar hiçbir şekilde sistemle paralel girmemesi şarttır. Koruma röle sisteminin görevi kesiciler ile birlikte, arıza ve aşırı yüklerin hasarlarını sınırlandırmak ve sistemin diğer kısımları üzerindeki etkilerini minimuma indirmektir.

Ölçü sistemi: Tesis edilecek ölçü hücresine çift yönlü sayaç takılarak üretim tesisi tarafından sisteme verilen ve sistemden çekilen enerji ölçülür. Ayrıca sistem üretimi tek yönlü elektronik sayaç ile ölçülebilir. Akım trafoları ile sayaçlar arasında akım test klemensi kullanılabilir. Elektrik dağıtım sisteminden alınan-verilen enerjinin tespiti, izlenmesi ve dağıtım şirketi merkezinde kayıt altına alınması amacıyla uzaktan sayaç okuma cihazları tesis edilebilir.

Uzaktan izleme ve kontrol sistemleri: Santral, Tebliğe [51] uygun olarak uzaktan izleme ve kontrole uygun bir şekilde tesis edilmelidir. Dağıtım şirketince gönderilebilecek durdurma sinyalini ve devreye alma müsaadesi sinyalini alarak gereğini yerine getirebilecek yapıda olmalıdır.

Topraklama sistemi: tesisatın açıktaki iletken bölümleri güç sistemi topraklayıcısından elektriksel olarak bağımsız olan topraklayıcılara bağlanmalıdır.

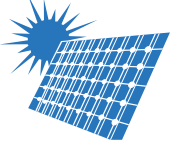


5. KAHRAMANMARAŞ'IN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Güneş enerjisinin zaman boyutundaki sayısal büyüklüğünün söylenebilmesi için tahmin yöntemleri, uydudan uzaktan erişim, coğrafi bilgi sistemleri, modelleme, hesaplama ve doğrudan ölçüm yöntemlerinden en az birisine ihtiyaç vardır. Tartışılmaz bir gerçektir ki hiçbir tahmin yöntemi gerçek ölçümlerin yerini tutamayacaktır. Ölçüm haricinde geliştirilen yöntemler, gözlem ve ölçümün doğrudan yapılamayacağı şartlarda bilgi ihtiyacını karşılamaya yöneliktir. Tüm tahmin yöntemleri ya istatistiki hesaplamalar gibi eski ölçümlere, ya Angström formülasyonu gibi anlık fakat farklı bir değişkene ait ölçüme, ya uydu verilerinin gerçek ölçümlerle sağlanması yapılmış görüntü işleme tekniklerine ya da coğrafi bilgi sistemleri gibi önceden tanımlanmış algoritmalara dayanmaktadır.

DMT (Dünya Meteoroloji Teşkilatı) 8 sayılı rehberinde meteorolojik değişkenleri, ölçüm yöntemlerini, ölçüm aralığını, birimleri ve kullanılacak hesaplamaları tarif etmiştir. Güneşlenme ölçümleri kapsamında meteorolojik olarak güneşlenme süresi, doğrudan ışıma, yayınık ışıma, albedo (aklık) ve toplam güneş ışıması değişkenlerinin ölçülmesini salık vermiştir. Tüm bu ışıma ölçümleri yer yüzeyine paralel bir düzleme gelen güneş ışıma/ışıma (irradiance/irradiation) şiddetini ölçme ilkesine dayanmaktadır. Toplam güneş ışıması değişkeni güneşten hiç bir engellemeden gelen doğrudan ışıma ve atmosferde muhtelif unsurlarca yansıyan yayınık ışımanın bir toplamıdır. Yatay yüzey kastedildiği için yeryüzünden tekrar gökyüzüne yansıtılan albedo ışıması bu toplam içerisinde yer almaz.

Güneşlenme süresinin doğrudan ölçümü küresel bir cihaz olan helyograflar vasıtasıyla, güneşin, üzerinde saat aralıkları bulunan grafik kağıdına, cam küre mercekle odaklanması sonucunda yakmasıyla ölçülmektedir (Şekil 37-a). Işıma yani radyasyon ölçümleri ise genel anlamda radyometre denen ışınölçerlerle yapılır. Mekanik olarak çalışan ışınölçerlere aktinometre veya kayıt edicili anlamında, aktinograf (Şekil 37-b); elektronik olarak çalışanına ise piranometre (Şekil 37-c) veya pirheliyometre isimleri verilir. Mekanik aktinograflar $\text{cal/cm}^2\text{-dakika}$ cinsinden enerji ölçümü yaparken, elektronik radyometreler W/m^2 cinsinden güneş ışıma şiddetini birim alana gelen ışıma gücü olarak ölçerler. Yine DMT'nin tavsiyesi doğrultusunda en az 120 W/m^2 ışıma gücünün ölçülebildiği an, güneşlenme gerçekleşmiş kabulü yapılır ve bu şiddetin görüldüğü zaman aralığı sayılarak günlük güneşlenme süresi dakika veya saat olarak ifade edilir. Piranometre her ne kadar toplam güneş ışımasını ölçüyor olsa da, doğrudan güneş ışımasını sürekli engelleyecek bir çember ile çevrilen piranometreler sadece yayınık ışımayı ölçerler ve pirheliyometre olarak adlandırılırlar.



Şekil 37: Meteorolojik güneş ölçüm cihazları [79]



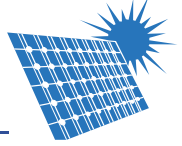
a) Dr. Alfred Müller Heliograf



b) Dr. Alfred Müller Aktinograf



c) Kipp&Zonen CM11 Piranometre

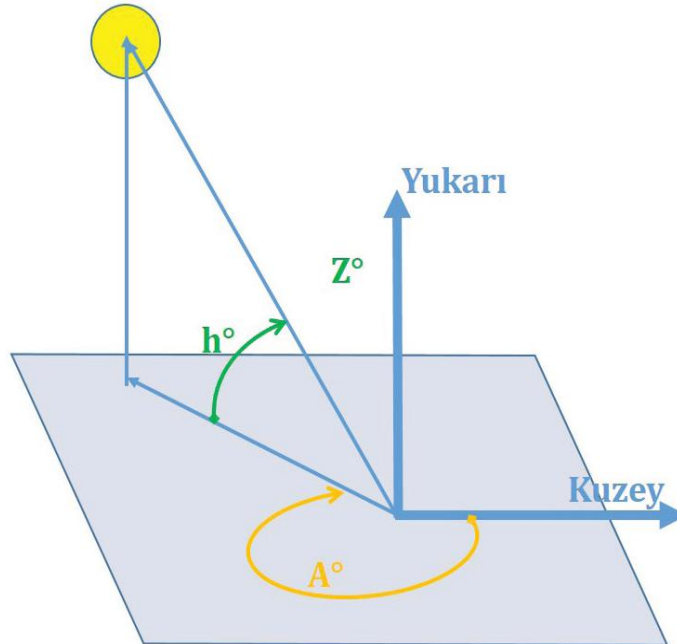


Ülkemizde güneşlenme süresi ve güneş ışıması ölçüm ve rasatları 1936 yılında yapılmaya başlamıştır [80]. Meteoroloji istasyonlarında düzenli olarak güneş ışıması, güneşlenme süresi ve bulut kapallılığı gözlem ve ölçümleri yapılmaktadır. Bu rasatlarla birlikte geçmişte gözlemi ve ölçümü yapılan bulanıklık (turbidity) verisi rasatlarını, DMT yeterli doğrulukta bulmadığı için, daha doğru bir yöntem veya ölçüm tekniği geliştirilene kadar durdurmuştur [81].

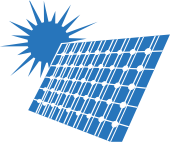
Herhangi bir noktadaki güneş enerjisi potansiyeli, aklık dahil, genel olarak yüzeyin tipi, yüzeyin güneşe olan geometrik açısal durumu, güneş ışımasının tayfsal (spectral) dağılımı gibi topografik ve morfolojik etkenlere bağlıdır [82]. Güneş tayfı (Şekil 27), mutlak hava kütlesi (absolute air mass), yoğuşabilir su içeriği (precipitable water content), bulanıklık, bulutlar, atmosferdeki partiküllerin dağılımı, partiküllerin cinsi ve yerden yansıma gibi faktörlerden etkilenir [83].

Yeryüzünün herhangi bir noktasında, yılın herhangi bir günü ve günün herhangi bir zamanında güneşin gökyüzündeki yerini söyleyebilmek için yön (azimuth, A), yükseklik (altitude, α) ve geliş açısı (zenit, z) değerlerini bilmek gerekir (Şekil 38). Pusula derecelendirmesinden ayrı olarak güneş yolunu hesaplarken güney 0° kabul edilir. Doğuya gidiş “+”, batıya gidiş “-” dereceleriyle ifade edilmektedir. Yükseklik açısı ise güneşin dünya üzerinde düz bir yüzeyde ufka olan açısıdır ve güneşin doğuş ve batış anında 0° ’dir. FV sistemlerin kurulumunda gölgeleme etkisini hesaplamak için bu zaman boyutundaki açısal değerlerden faydalanılır. Güneşin tam güney doğrultulu ve gün içerisinde gökyüzünde en yüksek noktada olduğu güneş öğlesi (solar noon) ise sanıldığı gibi 12:00 değil, yerel olarak güneş doğuş ve batış zamanlarının tam orta noktasıdır [71]. Bu açılara ek olarak, saat açısından bahsedilebilir. Güneş doğudan batıya doğru 15 derece/saat (360 derece/gün) hızla hareket etmektedir. Güneş öğlesinde saat açısı 0 derecedir ve o gün için gökyüzündeki en yüksek noktadadır. Bir başka deyişle, öğleden önce saat ve azimut (A) açıları eksi değerlidir. Güneşin ekvatora yaptığı deklinasyon açısından daha çok uzay araştırmalarında faydalanılır. 21 Mart ve 23 Eylül tarihlerinde Güneş öğlesinde ekvator üzerine güneşin dik geldiği an, deklinasyon açısı 0° ’dir.

Şekil 38: Yön (A), yükseklik (h) ve geliş (z) açılarının gösterimi



Atmosfer Yoğunluğu, havanın bulunulan bölgedeki yoğunluğunu ifade eder. Deniz seviyesinde 15°C sıcaklıkta hava yoğunluğu $1,225\text{ kg/m}^3$ değerindedir. Yükseklik ve sıcaklıkla ters orantılıdır. Yükseklik ve sıcaklık arttıkça bu değer düşer. Yüksekliğin ve sıcaklığın artmasıyla düşen hava yoğunluğu nedeniyle güneş ışınlarının atmosferde geçtiği hava miktarı azalır ve bu nedenle ışıma değerleri artar (Çizelge 16).



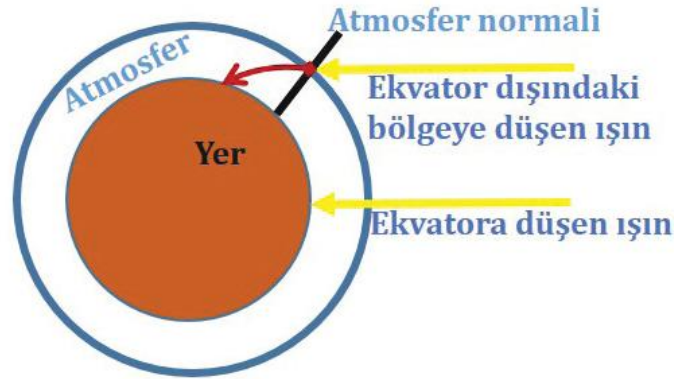
Çizelge 16: 15 °C sıcaklıkta bazı yükseklik değerlerine ait hava basıncı ve yoğunluğu

Yükseklik m	Basıncı MiliBar	Hava yoğunluğu kg/m ³
0	1013	1,225
500	942	1,115
1000	888	1,088
1500	837	1,026
2000	789	0,955

Atmosfer Kütle Yoğunluğu ise güneş ışınlarının atmosfer içinde geçtiği hava kütlesinin, ışınların atmosfere tam dik girmesi halinde geçtiği hava kütlesine oranıdır. Ekvatorda Deklinasyon açısının 0 olduğu tarihlerde yerel saatle 12:00'da güneş ışınları atmosfer teğetine tam dik olarak girerler. Bu durumda ışınların geçtiği hava kütle yoğunluğu 1 (bir) olarak kabul edilir. Ekvatordan uzaklaştıkça bu değer büyür. Ayrıca belirlenen saat dışında da hava kütle yoğunluğu 1'in üzerine çıkar. Atmosfer Kütle Yoğunluğu deklinasyon, azimut ve zenit açılarının fonksiyonu olarak değişir.

Atmosferin üst katmanları alt katmanlarına oranla daha az yoğundur. Güneş ışınları atmosfer içinde ilerlerken giderek, daha yoğun hava katmanlarından geçerler. Bu nedenle atmosferin kırılma indisi, yoğunluğuna bağlı olarak giderek artar. Eğer güneş ışınları atmosfere dik olarak girmiyorlarsa güneş ışınları atmosfer içinde ilerlerken normale giderek yaklaşırlar ve böylece ışınlar doğrusal değil eğrisel yol izlerler (Şekil 39).

Şekil 39: Işınların atmosferde izlediği Yol

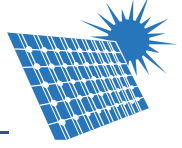


Rakım ışıma üzerinde doğru orantılı etki yapar. Yükseklik arttıkça ışıma şiddeti artar. Bunun nedeni yüksekliğin artmasıyla atmosfer yoğunluğunun azalması ve sonuçta atmosferin soğurduğu ışıma miktarının düşmesidir. Ancak yayılan ışıma üzerinde daha karmaşık bir etki gösterir. Yükseklik arttıkça hava yoğunluğu düşer ve atmosferin daha az ışıma soğurması sonucu yayılan ışıma artar.

Sıcaklık artması basit olarak tıpkı yüksekliğin artması gibi atmosfer yoğunluğunun azalmasına neden olur ve ışıma üzerinde yükseklik artışı gibi etkiye neden olur.

Gökyüzü Açıklık Endeksi gökyüzünün ne denli açık olduğunu gösteren endekstir. Bulutluluk, havadaki nem, partikül, polen miktarı gibi değerler endeksi belirler.

Güneş ışığının yoğunluğu veya birim alana gelen güneş gücü miktarı ışıma veya ışıyım (irradiance yada radiant flux) olarak ifade edilir ve birimi W/m²'dir. Yazın güneşin dik geldiği anda deniz seviyesinde yeryüzüne ulaşan ışıma 1000 W/m²'dir. Bu ışıma "tam güneş" yada "tepe güneş" olarak adlandırılır ve FV modül değerlendirmesinde ve denemelerinde



standart olarak kullanılır [71]. Yer yüzeyine gelen küresel güneş ışıması (global solar radiation) ile dünya dışı güneş ışıması (extraterrestrial radiation) arasındaki ilişki atmosferik şeffaflık (transparency) ölçütünü verir ve berraklık indeksi (clearness index) olarak adlandırılır. Berraklık indeksi sadece güneş ışımasının atmosferde kat ettiği, hava kütlesi (air mass) olarak tanımlanan fiziksel yolla ilgili değil, aynı zamanda atmosferin gaz bileşimi ve bulutluluğuyla da ilgilidir. Bir yerin güneş iklimini doğru karakterize edebilmek için berraklık indeksinden yararlanılır. Bu özellik eğimi belli bir yüzeye muhtemel gelecek güneş ışıması tahminine temel teşkil etmektedir. FV modüller yatay düzleme belli bir açıyla yerleştirildikleri için modül yüzeyine gelecek ışıma meteorolojik ölçümlerin hesaplamaya tabi tutulmasıyla elde edilir [70].

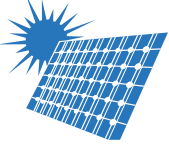
Güneş enerjisinden yüksek verimli faydalanabilmek için belirtilen yeri ve zaman aralığını temsil edecek doğru ve uygun güneş enerjisi bilgisine ihtiyaç vardır. Geçmiş döneme ait uzun süreli günlük ve hatta saatlik bazdaki güneş ışıması ölçümlerinden elde edilen ortalamalar FV sistem tasarımında uzun dönem için doğru bir öngörü sağlar. FV güneş elektrikli üretim sistemlerinin boyutlandırılmasında, enerji üretim tahmininde, gölgeleme etkisinin belirlenmesinde, eğim açısı optimizasyonunda da bu saatlik veya günlük güneş ışıması ölçümleri esas teşkil etmektedir [70]. Her güneş enerjisi uygulaması, kendine has güneş ışıması elemanının ölçüm ve bilgisinden yararlanır. Bu elemanların en kabul görmüşleri şunlardır:

- Aylık olarak günlük güneşlenme süresi ortalaması ve yıl içerisindeki seyri.
- Aylık olarak günlük küresel toplam güneş ışıması ortalaması ve yıl içerisindeki seyri.
- Aylık olarak günlük yayınlık güneş ışıması ortalaması ve yıl içerisindeki seyri.
- Aylık olarak günlük doğrudan güneş ışıması ortalaması ve yıl içerisindeki seyri [81].

Güneş enerjisi potansiyelinden kapsamlı şekilde söz edebilmek için teorik, saha, teknik ve ekonomik potansiyellerini incelemek gerekir. Teorik güneş enerjisi potansiyeli dünya üzerindeki bir noktanın enlem ve boylamına, yılın gününe ve günün saatine bağlı olarak değişir. Işınım sal akış yeryüzüne ulaşana kadar atmosferde maruz kaldığı yansıma, saçılma ve emilmelerden dolayı kayıplara uğrar. Saha Potansiyeli, meteorolojik potansiyele dayanılarak ortaya konulan bir değerlendirmedir. Güç üretimi için coğrafik olarak mevcut olabilecek sahalarla sınırlandırılır. Teknik Potansiyel, mevcut teknolojiyi de dikkate alarak saha potansiyelinden hesaplanan değerlerdir. Ekonomik Potansiyel, ekonomik olarak gerçekleştirilebilecek teknik potansiyel olarak tanımlanır. Uygulanabilir Potansiyel, belirli bir zaman diliminde devreye alınabilecek olan yenilenebilir enerji potansiyelini değerlendirmek için teşvik ve kısıtları da hesaba katarak elde edilir. Gelen ışımanın yansıtılarak uzaya tekrar gönderilen kısmına albedo denir. Küresel ortalaması yaklaşık % 30-35 oranındadır [82]. Teorik güneş enerjisi potansiyeli, arazi kullanım kısıtları, dönüşüm verimliliği, depolama gereksinimi gibi konulardan bağımsızdır [70].

Coğrafik veya bölgesel potansiyel olarak da bilinen saha güneş enerjisi potansiyeli, yerel koşullara göre FV sistem kurulumuna uygun karasal yüzey üzerine gelen yıllık güneş ışımasını "kWh/yıl" birimiyle ifade eder. Teknik güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisinin saha potansiyelinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi sırasında oluşan kayıplardan sonraki halini "kWh/yıl" birimiyle yıllık olarak verir. Ekonomik güneş enerjisi potansiyeli ise güneş enerjisinin teknik potansiyelinin, mevcut yatırım ve işletim durumları gözetilerek ekonomik olarak elektrik enerjisi üretilebilecek kısmı için kullanılır. Ayrıca, ekonomik güneş enerjisi potansiyelinin büyük kısmını oluşturan yatırım finansmanı, altyapı, estetik kaygılar, mevzuat desteği ve kısıtlardan ibaret olan bir uygulama güneş enerjisi potansiyelinden de bahsedilebilir [83].

Güneşin ışık, ısı ve mekanik bir enerji kaynağı olması sebebiyle güneş enerjisi tabiri, dolayısıyla güneş enerjisi potansiyeli ifadesi oldukça geniş manada kullanılmaktadır. Yukarıda özetlendiği üzere, güneş enerjisi potansiyeli kavramı farklı amaçlar için farklı yöntemler ve detaylarda farklı araçlar ve birimlerle ifade edilebilmektedir. Bu çalışmanın gayesi doğrultusunda FV yöntemle güneşten elektrik üretim enerjisi ve potansiyeline odaklanılmıştır. Türkiye'nin ilk güneş enerjisi potansiyeli

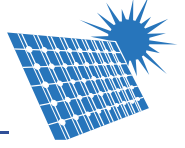


çalışması 1983 tarihlidir ve FV güneş elektrikliinden ziyade ısı (termal) yöntemle güneşten enerji sağlamaya yöneliktir. Piyasaya yön verme ciddiyetinden uzak, daha küçük çaplı hedefler güdülerak yapılmış çalışmalar da mevcuttur. En derli toplu yerel çalışma ise GEPA'dır. Ayrıca ülkemizi de içersine alan kıtasal çapta daha çok uzaktan algılama teknikleri kullanılarak hazırlanmış çalışmalar da mevcuttur. Burada farklı kaynak ve yöntemle geliştirilmiş bu çalışmaların çıktıları edinilmiş ve Kahramanmaraş özelinde bir potansiyel kanaati oluşturulmaya çalışılmıştır. FV güneş elektrikli potansiyeline yönelik politik karar vericiler için ulusal boyutta; yatırımcı ve girişimciler için de iller bazında dikkate değer bir boşluk olduğu açıktır. Ulusal ve uluslararası çalışmalar tek tek irdelenerek ve Kahramanmaraş için sonuçları alınarak, bölge ilgililerine FV güneş elektrik potansiyeli hakkında bir kanaat oluşturulmaya çalışılmıştır.

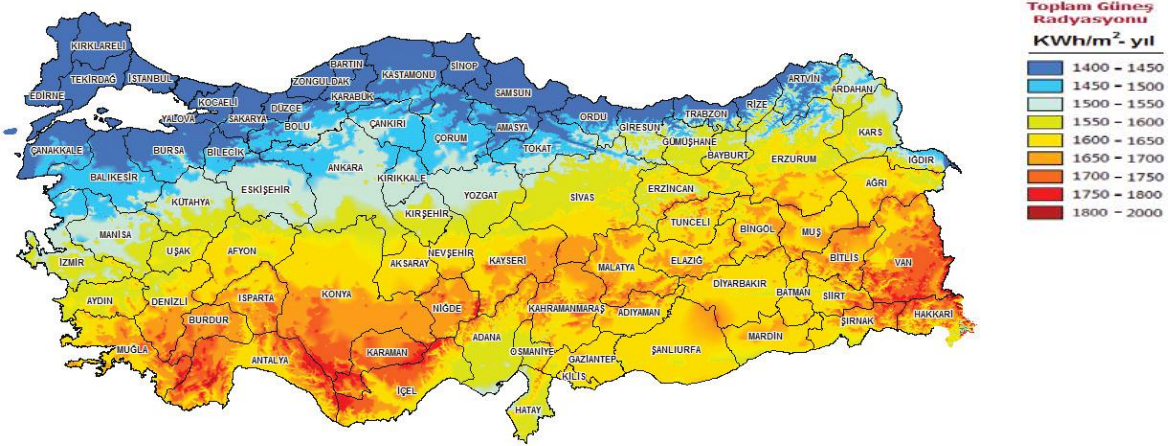
5.1. GEPA ile Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemizin genel güneş enerjisi potansiyel çalışmaları eski adıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) yeni adıyla Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından muhtelif zamanlarda yürütülmüştür. Bu çalışmalara veri desteği ise meteorolojik anlamda ölçüm ve gözlem yapma yetki ve sorumluluğu üzerinde bulunan şimdiki adıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce (MGM) sağlanmıştır. İlk kayda değer çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DMİ) 1968-1982 yılları güneşlenme verileri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin sonucu 2 ayrı rapor halinde yayınlanmış olup, bu değerlendirmede ülkemizin yıllık ortalama güneş ışıması 3,6 kWh/m²-gün ve yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat olduğu belirlenmiştir (30 yıldan fazladır güneşlenme süresi için bu değer kullanılmaktadır! Dr.LY). Bu çalışmanın sonucunda elde edilen değerlerin güneş enerjisi değerlendirme çalışmaları açısından yeterli olmadığı görülerek, güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla yeni bir proje, EİE-DMİ işbirliği ile başlatılmıştır. Bu proje kapsamında, 5 adet güneş gözlem istasyonu, 5 yıl süreyle çeşitli illere tesis edilmektedir. Toplanan veriler; yatay düzlemde toplam ve difüz (yayınık) güneş ışıması, güneşlenme süresi ve çevre sıcaklığıdır. Bu proje kapsamında şu ana kadar 13 istasyon yerleştirilmiştir, bunlardan 7'sinde ölçümler sona ermiştir. Bu istasyonlardan alınan ölçümlerden yararlanarak ve DMİ'nin verileri de kullanılarak bir model geliştirilmiş, 58 il için güneş ışıması ve güneşlenme süreleri hesaplanmıştır. "Türkiye'nin Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süreleri" adlı bu rapor 2001 yılında yayınlanmış ve ilgililenler için satışa sunulmuştur [84].

Türkiye için genel bir fikir veren ancak yatırımları yönlendirmek için yetersiz olduğu düşünülen 2001 tarihli bu çalışmayı yine YEGM tarafından geliştirilen Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) takip etmiştir (Şekil 40). Uluslararası kanıtlanmış bir model olan "ESRI Güneş Radyasyon Modeli" kullanılarak elde edilen güneş kaynak bilgileri ile güneş kaynak alanları kolaylıkla görülebilmekte, bu amaca yönelik ön fizibilite çalışmaları yapılabilmekte ve güneş kaynak alanı arama amacıyla yapılan çalışmalar ortadan kaldırılarak zaman ve ekonomik tasarruf sağlanmaktadır. ESRI Güneş Radyasyon Modeli, Türkiye geneli için 500 x 500 metrelik çözünürlükte çalıştırılmış ve toplam 3.120.000 adet grid oluşturularak her bir grid için güneş kaynak bilgileri hesaplanmış ve sonrasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak elde edilen bilgiler haritalandırılmıştır. GEPA'nın hazırlanmasında noktasal bazda ortalama % ± 10 hata payı ile bilgi üretilmiş ve bu bilgiler DMİ'nin 148 adet ve EİE'nin 8 adet uzun dönemli güneş ölçüm verileri ile doğrulanmış ve kalibre edilmiştir. GEPA 2010 yılında basılarak satışa sunulmuştur [84].



Şekil 40: YEGM Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)

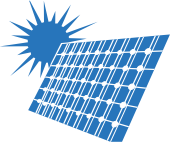


YEGM'nin yukarıdaki açıklamalarla duyurduğu çalışmaların en güncel ve halihazırda aktif olanı GEPA'dır. Her ne kadar iller bazında güneş enerjisi potansiyelini kWh/m²-yıl cinsinden ortaya koysa da, hazırlanış tarzıyla bir ulusal projedir [3]. GEPA'nın oluşturulmasında yararlanılan ESRI modeli, belirli bir alana belirli zamanlarda gelen güneş radyasyonunu o alana ilişkin topoğrafik ve iklim verilerini dikkate alarak hesaplayabilmektedir. Bu model için:

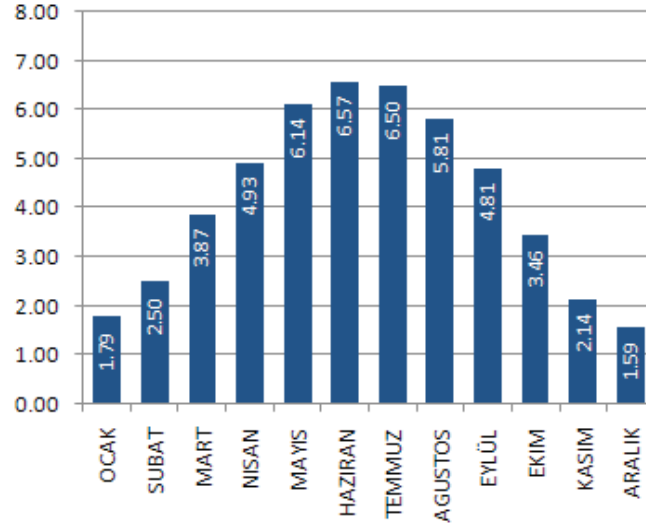
- Türkiye 500 m X 500 m grid (ızgara) haritası ve 90 metre hassasiyette yükseklik modeli kullanılmıştır.
- Gökyüzü görüş haritası 200 X 200 metrelik sektörleri içermektedir.
- Zaman aralığı hassasiyeti 1 saattir; 16 adet azimut yönü, 8 adet Zenit ve Azimut açısı belirlenmiştir.
- 156 adet DMI ve EİE Ölçüm istasyonunun 1985-2006 yılları arasındaki günlük güneşlenme şiddetlerinden yararlanılmıştır (bunlar aktinograf ölçümleridir, Dr.LY).
- Günlük güneşlenme süreleri, maksimum ve minimum sıcaklık; 07:00 - 14:00 ve 21:00 saatlerindeki nem ölçümleri meteorolojik veri olarak yararlanılmıştır (bunlar iklimsel amaçlı mekanik cihaz ölçümleridir, Dr.LY).
- Model çıktıları Co-kriging yöntemi ile kalibre edilmiştir. Kalibrasyonda DMI ve EİE ölçüm istasyonlarının verilerinin yanı sıra, özellikle ölçüm istasyonlarının seyrek olduğu alanlar için Avrupa Güneş Haritasından alınan 405 adet noktaya ait değer kullanılmıştır.
- Hata payları genel olarak % 2-15 arasında olup yaklaşık hata payı ortalaması % 10'dur.
- Yer Albedosu da, ayrıca dikkate alınmış, direk ve yayınık radyasyon değerlerine ilave edilerek toplam radyasyon değerleri bulunmuştur (Küresel toplam ışıma doğrudan ve yayınık radyasyondan oluşur, Dr.LY).

Modelin çalıştırılması sonucunda 2008 yılında, 12 aya ait günlük değerlerden elde edilen aylık ortalamaları içeren bilgiler 500 m x 500 m çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) grid haritası GEPA elde edilmiştir.

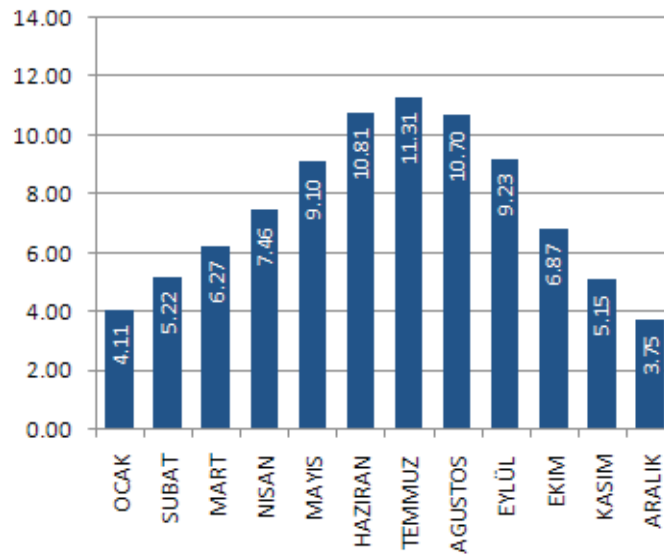
Buna göre Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi elektrik üretimi teknik potansiyeli 380 milyar kWh olarak belirtilmiştir. Bu potansiyel güneş radyasyonu yıllık metrekaşe başına 1650 kWh'den fazla olan 4.600 km² kullanılabilir alan alınarak hesaplanmıştır. Bir diğer hesaplama göre ise Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi teknik potansiyeli yaklaşık 405 milyar kWh (DNI-Doğrudan normal ışıma > 1800 kWh/m²-yıl) ve ekonomik potansiyeli yaklaşık 131 milyar kWh (DNI> 2000 kWh/m²-yıl)'dır. Potansiyelin en yüksek olacağı ay 6,57 kWh/m²-gün ile Haziran iken en düşük olacağı ay 1,59 kWh/m²-gün ile Aralık'tır (Şekil 41). Güneşlenme süresi açısından da 11,31 saat ile Temmuz ayı en yüksek iken 3,75 saat ile Aralık ayı en düşüktür (Şekil 42).



Şekil 41: GEPA ay içerisindeki bir günlük toplam güneş radyasyonu

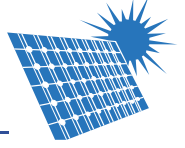


Şekil 42: Ay içerisindeki bir günlük toplam güneşlenme süresi



Fizik Mühendisleri Odası'nın 18 OCAK 2013 tarihli toplantısında açıklandığı üzere GEPA'nın güneş kaynak bilgileri enerji şirketleri, iş dünyası, arazi ve konut sahipleri gibi geniş bir kullanıcı kitlesinin güvenilir bir kılavuzu olmayı hedeflemesinden dolayı geliştirilmesine, daha hassas ve daha kapsamlı hale getirilmesine ihtiyaç vardır.

GEPA'nın daha yüksek çözünürlüklü ve daha güncel veriler ile tekrar modifiye edilmesi için bir proje hazırlanması düşünülmüştür. Bu projeye göre güneş santral kurulumuyla ilgili tüm fiziksel, coğrafi, tarımsal, stratejik, askeri, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerin tespiti için TEİAŞ, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Milli Emlak Genel Müdürlüğü, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı ve Karayolları Genel Müdürlüğü, Milli Savunma Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı gibi kamu kurum ve kuruluşlarından sayısal veri kaynağı temin edilmelidir. Ayrıca coğrafi bilgi sisteminde amaca uygun bir veri modeli tasarlanması gerektiği kamuoyu ile paylaşılmış ve "Türkiye Güneş Enerjisi Dinamik Tekno-Ekonomik Modeli" ismiyle bir KAMAG projesi olarak sunulmuştur [85].

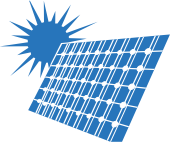


5.2. GEPA ile Kahramanmaraş'ın FV Güneş Elektrik Potansiyeli

GEPA ulusal boyutta incelendiğinde görülecektir ki Türkiye'nin Güneydoğu ucu ile Güneybatı kesimleri bordoya yakın bir kırmızı, yani potansiyelin en yüksek olduğu yerler; Kuzey ve Kuzeybatı kesimleri de laciverte yakın bir mavi yani potansiyelin en düşük olduğu yerlerdir. Enlem dereceleri de göz önünde bulundurulduğunda kabaca Güneydoğudan Kuzeybatıya doğru bordodan laciverte bir değişim söz konusudur (Şekil 40 ve Şekil 43). Bir CBS model çıktısı olan (Şekil 40) GEPA'yı üreten algoritma rakım yükseldikçe atmosfer tabaka kalınlığının azalacağı dolayısıyla doğrudan güneş ışımasının (direct radiation) atmosferde kat edeceği yolun kılalacağı varsayımıyla çalışmaktadır. Bunun yanında üst seviyelerden deniz seviyesine yaklaştıkça atmosfer yoğunluğunun artması sebebiyle düşük rakımlarda atmosferin güneş ışınlarını emme, sıçratma ve yayma özelliğinin artacağı da bilimsel bir kabuldür. Nasıl ki rakımın azalmasıyla tabakanın kalınlaşması ve kat edilen yolun uzayacağı ve güneş ışınlarının FV paneller üzerine erişiminde bir kısıtlama olacağı teknik olarak doğru ve güneş enerjisi potansiyelini düşürücü bir unsur ise; atmosfer yoğunluğunun artmasıyla (partikül oranında artış) yayılan (sıçrama ve yansıma) ışımada (distributed radiation) bir artış olacağı da doğrudur. Bilimsel olarak kompleks bir durum söz konusudur. Rakımdaki bu değişikliğin tek başına artı veya eksi etki göstereceğine yönelik bir çıkarımda bulunmak yanıltıcı olabilir.

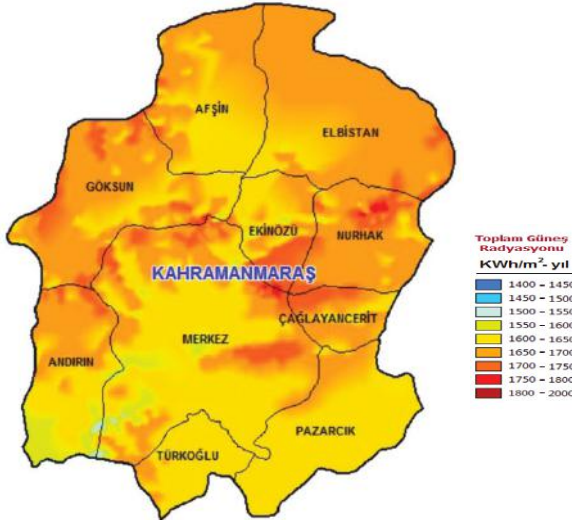
Şekil 43: Türkiye haritasında denizden yükseklik artışı ile güneş enerjisi potansiyel artışı ilişkisi



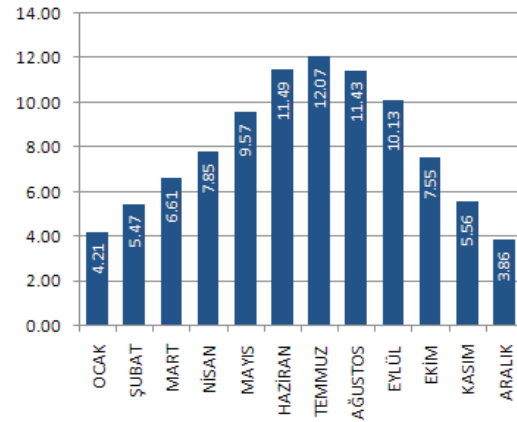


Nitekim harita üzerinde Kahramanmaraş gibi denizden yüksekliği yalnızca 550 m'lerde olan bir bölge için GEPA'da hesaplanan güneş enerjisi potansiyeli gerçek değerlerden düşük görünmektedir. Denizden yüksekliği 2000 m'ler ve daha yukarısında olan Van-Hakkari, Teke Yarımadası ile Orta Toroslar bölgeleri yalnızca yüksek rakımda olmalarından dolayı güneş enerjisi potansiyelleri daha yüksek olarak değerlendirilmişlerdir. Kahramanmaraş il sınırları içerisinde de bu ayrım rakıma bağlı olarak izlenebilir. Güney kesimlerdeki ovalık alanda yani rakımın en düşük olduğu bölgelerde, neredeyse yıllık güneş radyasyonu 1600 kWh/m²'ye kadar düşmektedir. Kuzeye doğru dağlık alanlarda ise denizden yükseklik arttıkça güneş radyasyon değerleri 1800 kWh/m²-yıl'ın üzerine çıkmaktadır. Kuzeyden güneye, uçtan uca, 150 km mesafe olan bu iki bölge arasında güneş ışınlarının bu kadar değişkenlik göstermesi dikkate değerdir (Şekil 44). Kahramanmaraş'ın bu çalışmaya göre yıllık güneşlenme süresi 2924 saat (Şekil 45); yıllık global radyasyon değeri 1611 KWh/m²-yıl (Şekil 46) olarak görülmektedir. Çoklu kristal FV ile birim alan başına üretilebilecek elektrik miktarı ise 27.000 KWh/m²-yıl (Şekil 47) hesaplanmaktadır.

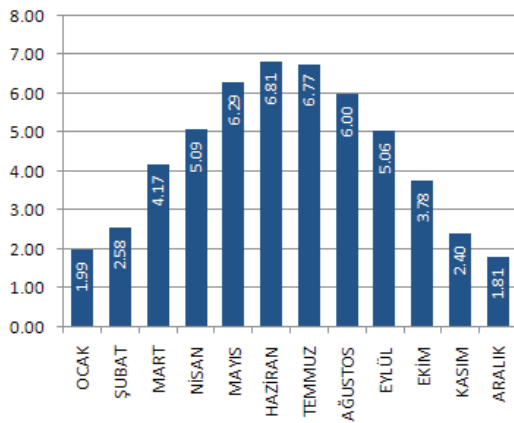
Şekil 44: GEPA Kahramanmaraş güneş enerjisi potansiyeli



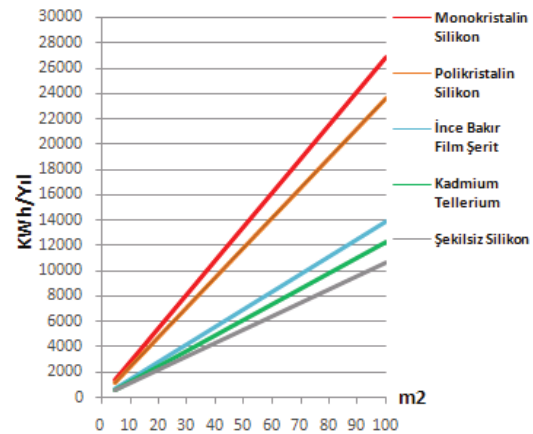
Şekil 45: GEPA Kahramanmaraş ay bazlı günlük ortalama güneşlenme süreleri, saat

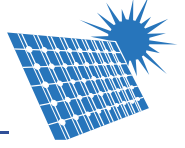


Şekil 46: GEPA Kahramanmaraş ay bazlı günlük küresel radyasyon (güneş ışması), 4 kWh/m²



Şekil 47: GEPA Kahramanmaraş PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)





5.3. PVGIS ile Kahramanmaraş'ın FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan bir diğer FV güneş elektrikçi potansiyelini belirme aracı PVGIS'tir. Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (EC JRC) tarafından hazırlanan internet tabanlı çalışan bir ara yüzdür.

Bir FV sistem performans tahmini yapabilmek için solar radyasyon verisine ihtiyaç vardır. Dünyada farklı solar radyasyon veri kaynakları bulunur. Hiç biri kusursuz değildir. Her birini incelerken güçlü ve zayıf yönlerini iyi ayırt etmek gerekir. 2010 sonbaharında çıkan PVGIS'in son versiyonu bazı bölgeler için farklı solar radyasyon veri bankaları seçme şansı tanımaktadır. PVGIS'in eski versiyonu PVGIS-3 ve yeni versiyonu PVGIS-CMSAF (The Satellite Application Facility on Climate Monitoring)'tir. Bazı bölgeler için eski veri kaynağı versiyonu hala tek seçenektir. PVGIS'e göre solar radyasyon kaynakları Sahada doğrudan ölçümler ve Uydu verisinden hesaplamalar olmak üzere iki türdür. Sahada doğrudan ölçümleri birden fazla cihazla yapmak mümkündür. En yaygın kullanılanı piranometredir. Piranometre genel anlamda güneşten gelen, gökyüzünden ve bulutlardan saçılan/yansıyan radyasyonu ölçer. Herhangi bir nokta için solar radyasyonu en doğru verecek yöntem budur. İsteğe bağlı olarak saatlik, dakikalık hatta saniyelik sıklıkta ölçüm alınabilir. Doğrudan ölçüm yönteminin en önemli zayıflığı, arızalar hariç, hassas kısmın toz, kir, kar vb ile kaplanması veya yıl ve gün içerisinde farklı zamanlarda bina, ağaç vb engelleyicilerin gölgesine maruz kalmasıdır. Bu zayıflık özenli yer seçimi ve dikkatli bakım ile giderilebilir [86].

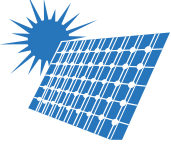
Doğrudan ölçüm yapılmayan veya ölçüm kalitesine ve sonucuna etki eden unsurların sabit olduğu durumlarda, en yakın ölçüm noktasından sağlanacak veriler ile solar radyasyon tahmininde bulunulabilir. Ancak bu durumda da her iki nokta arasındaki mesafe ile coğrafik, topoğrafik ve meteorolojik koşulların benzerlik ölçütü tutarlılıkta belirleyicidir. Benzer koşullarda çevrede birden fazla saha varsa, istatistiki bir kombinasyon ile çıkarımda bulunmaya çalışılır [5]. PVGIS Avrupa için hazırladığı solar radyasyon veri bankasında bu yöntemden yararlanmıştır [86].

Uydu verisinden hesaplama ile solar radyasyon tahmin etmede kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Genellikle uydular dünyadan gelen görünür veya kızılötesi ışığı ölçmeye odaklanırlar. Bu ışık yer yüzeyinden veya bulutlardan yansıyan bir ışıktır. Bu nedenle yer yüzeyindeki solar radyasyon hesaplaması, bulutlardan olan yansıma yanında atmosfer tarafından emilen radyasyonu da dikkate alınmalıdır.

Farklı uydu tiplerinden solar radyasyon hesaplamasında yararlanılabilir. Sabit yörüngeli uydular 15-30 dakika aralıklarla, zamansal sıklık olarak yüksek çözünürlüklü, yeryüzünün fotoğraflarını çekerler. Her bir piksel birkaç kilometrekarelik dikdörtgen sahayı temsil eder. Görüntülerdeki bir piksel ilgili saha için ortalama bir solar radyasyon değeri verir. Kutupsal yörüngeli uydular ise yer küreye daha yakındırlar ve sürekli yer küre etrafında güneyden kuzeye ve kuzeyden güneye doğru dönerler. Bu yakınlık bir avantaj olmasına rağmen aynı bölge için bir günde yalnızca birkaç görüntü alabilmektedirler. PVGIS daha çok sabit yörüngeli uydu görüntüleri ile çalışmaktadır.

Uydu tabanlı yöntemlerin asıl avantajı, saha ölçümleri birbirinden uzak, bağımsız ve yalnızca ölçüm noktasını temsil eden değerler üretirken, geniş alanlar için tamamen tekdüze bir veri sağlamalarıdır. Tabi bunun da ciddi mahsurları bulunmaktadır. Mesela kar örtüsü, bulut gibi algılanabildiğinden, her ne kadar telafi çalışmaları yürütülse de, uydu yöntemleri için ciddi bir belirsizlik yaratır. Yine topoğrafyanın engebeli olduğu alanlarda bir piksel farklı rakımları temsil etmek zorunda kalabilir. Rakıma bağlı solar radyasyon uydu temelli hesaplamalarda hataya açıktır. Ayrıca güneşin gökyüzünde zayıf olduğu zamanlarda, özellikle kışın ve yüksek rakımlarda, uydu verisinden hesaplama yapmak güçleşir. Yüksek kalitede yapılmış doğrudan saha ölçümleriyle karşılaştırma yapılarak bu tip mahsurların etkisi en aza indirgenebilir.

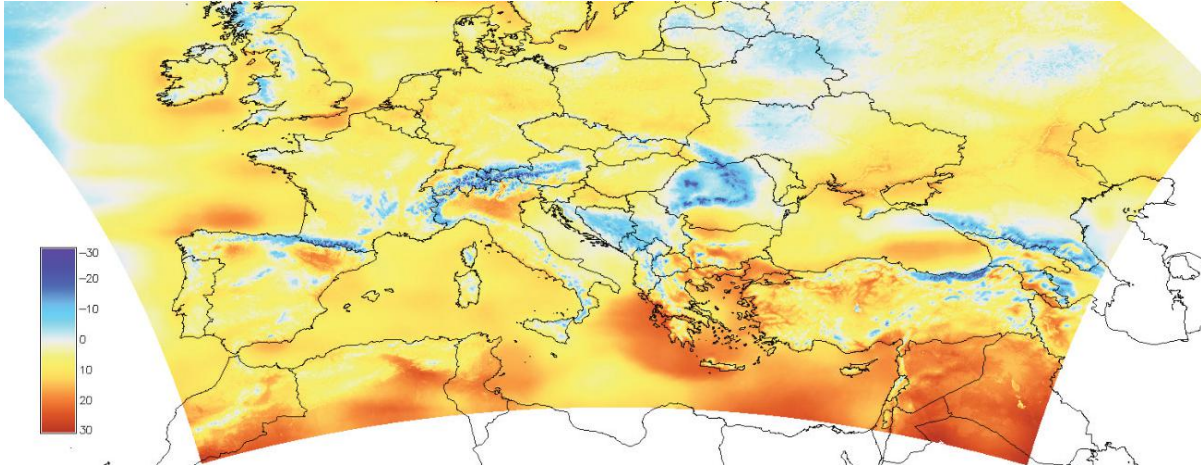
Orijinal PVGIS Avrupa: PVGIS Avrupa için yararlanılan orijinal veri bankası doğrudan saha ölçümlerinin enterpolasyonu na dayanmaktadır. Doğrudan saha ölçüm verisi, yataya gelen küresel ve yayınlık, 1981-1990 yıllarını kapsayan uzun yıllar aylık ortalama irradyasyon ölçümleridir. Veri kaynağı Avrupa Solar Radyasyon Atlası (ESRA)'dır.



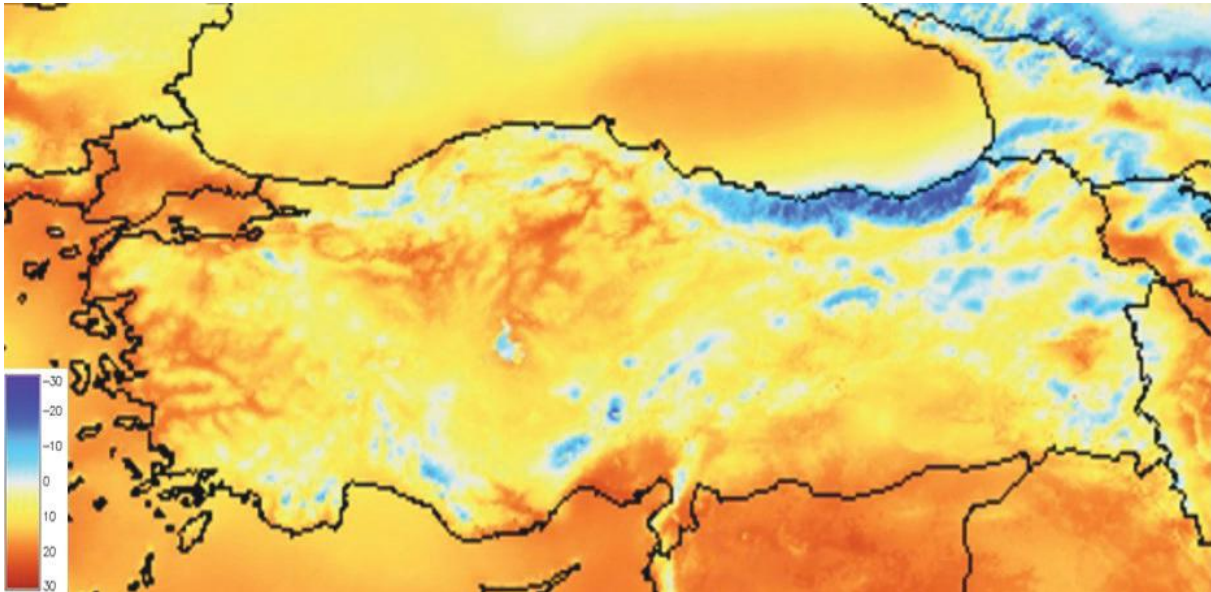
Yeni CM-SAF-PVGIS Avrupa: Bu veri CM-SAF tarafından sağlanan uydu görüntüleriyle hesaplamalara dayanmaktadır. Bu veri bankası 12 yıllık veriyi temsil eder. İlk Nesil Meteosat (5-7) uydularından, MFG 1998-2005 ve İkinci Nesil Meteosat uydularından, MSG 2006-2011 temin edilmiştir.

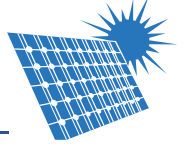
PVGIS-3 ve PVGIS-CMSAF Arasındaki Radyasyon Değişimi: Sarı ve Kırmızı PVGIS-CMSAF'in PVGIS-3'ten yüksek; Mavi ise düşük değerler verdiğini göstermektedir. Renk kodları ile yüzdelik değişimler izlenebilir. Avrupa haritasında Alpler gibi dağlık kesimlerdeki düşüşler görünürken Po Ovası gibi düşük kotlu arazilerde yükselişler dikkat çekicidir (Şekil 48). Ağrı dağı ve Toroslar gibi yüksek yerlerde ve Amanos Dağları'nın batı yamaçlarında yeni yöntem solar radyasyon potansiyel tahminini düşürürken, TR63 Bölgesi de dahil olmak üzere Trakya, İç Anadolu, Çukurova ve Harran gibi rakımın düşük olduğu yerlerde potansiyel tahminini yükselttiğini görüyoruz (Şekil 49) [Dr.LY].

Şekil 48: PVGIS-3 ve PVGIS-CMSAF arasındaki radyasyon değişimi, Avrupa



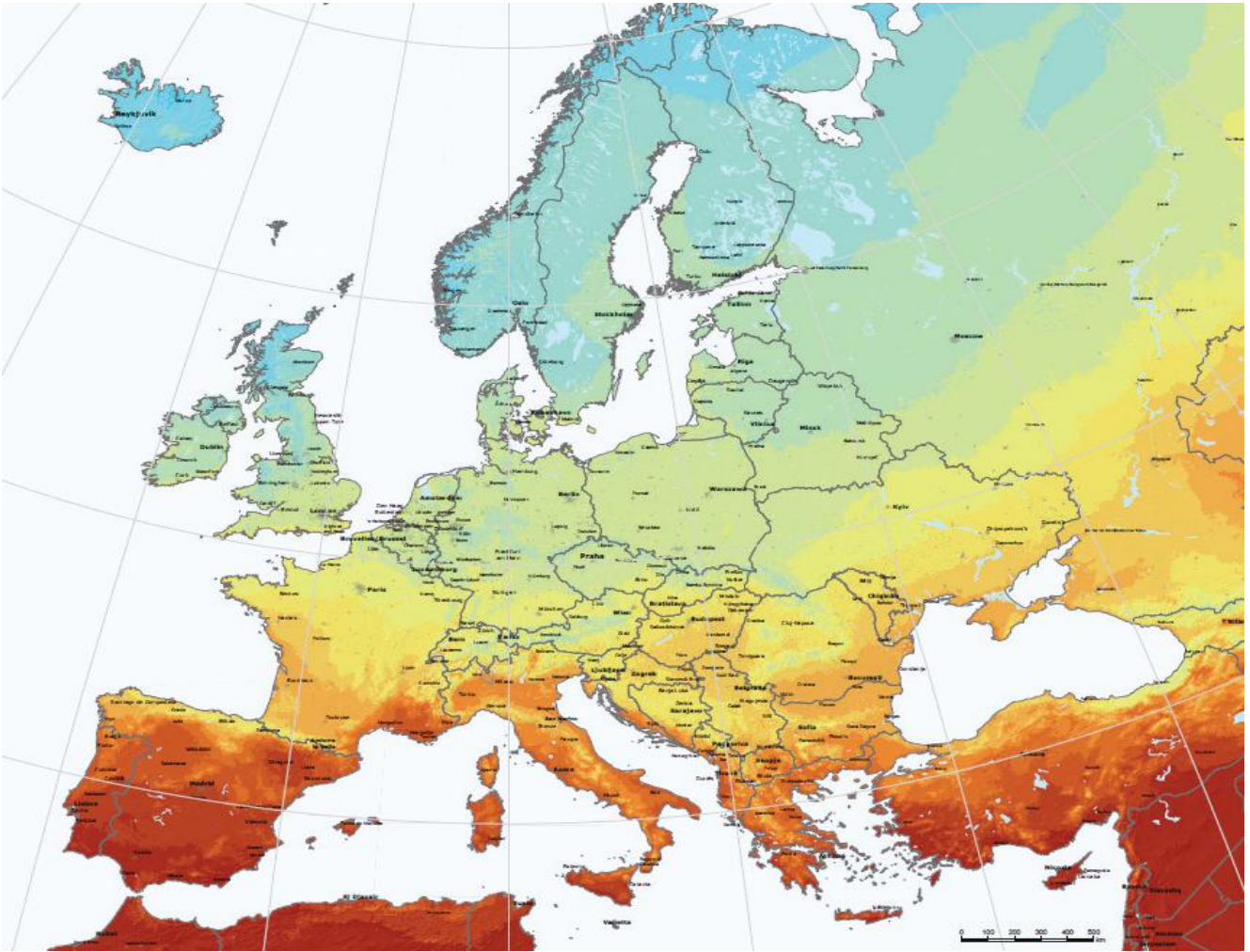
Şekil 49: PVGIS-3 ve PVGIS-CMSAF arasındaki radyasyon değişimi, Türkiye



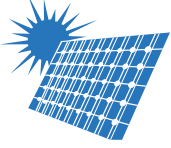


PVGIS internet sitesi ziyaret edildiğinde karşımıza bu Avrupa haritası çıkar (Şekil 50). Avrupalılara hizmet etmesinden kaynaklı olarak, Avrupa kıtasının merkezini orta nokta olarak kabul eden bu haritada Türkiye sağ alt köşede kalmakta; Dünyanın küre şeklinden dolayı da enlem çizgilerine 20 derece açı yapacak şekilde yatık durmaktadır. Enlem etkisi için Ekvator çizgisine olan paralellığı, uzaklığı ve düzlemsel yatıklığı kriterleri, haritanın bu şekilde sergilenmesinden kaynaklı olarak düşük görünmektedir. Ayrıca bunun başka bir sebebi de Meteosat uydularının 0° enlemi ile 0° boylamının kesiştiği noktanın 36.000 km yukarısında olmasıdır. Yani bizim ülkemizi eğik sinyallerle taramaktadır. Bu da hatalara neden olmaktadır. Sub Satellite Point'ten uzaklaştıkça hassasiyet azalmakta ve parallaks hatası ortaya çıkmaktadır. Haritadan enleme paralel hale getirilmeden Türkiye kısmının kesiti alınmak istendiğinde, TR63 Bölgesi Kuzeydoğuda bir bölge gibi görünmektedir (Şekil 50). Bu tip konumlandırma, hataları kıtasal ve ulusal ölçekte yapılan benzer çalışmaların ve bunlara dayalı alınan kararların ne kadar yanıltıcı olabileceğinin bir göstergesidir. Yapılması gereken FV güneş elektrik potansiyeli tespit edilmek istenen noktaya özel kaynak ve verinin derlenmesi, istenilen hassasiyet doğrultusunda çalışmanın şekillendirilmesidir. Bu şekilde müdahalelerle düzenlenecek ve detaylandırılacak çalışmalar karar vericilerin doğru bilgilendirilmesini sağlayacaktır (Bölüm 5.8).

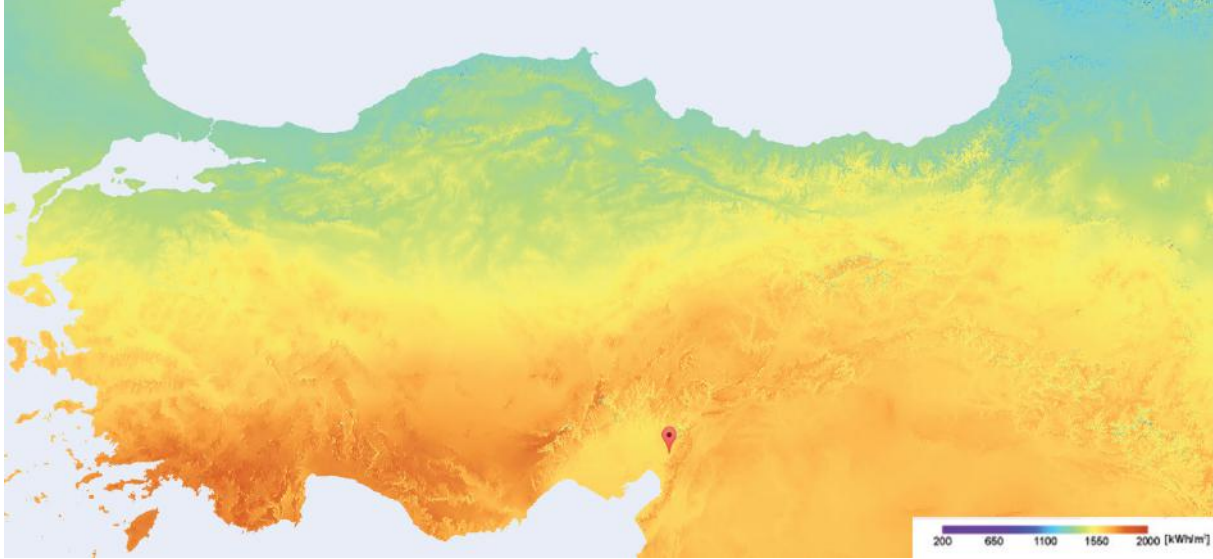
Şekil 50: PVGIS Avrupa güneş enerjisi potansiyel haritası [86]



PVGIS'in 5 beta sürümüne göre TR63 Bölgesi FV güneş elektrigi potansiyeli 1600-1800 kWh/m²-yıl gibi geniş aralıklı bir değere tekabül etmektedir. PVGIS, GEPA'ya oranla rakımdan daha çok enlem derecesinin etkisini esas kabul etmektedir. Bu sebepten ki kuzey ile güney enlemlerimiz arasında belirgin farklılıklar gözlemlenmektedir (Şekil 51).



Şekil 51: PVGIS 5 beta ile Türkiye ve TR63 Bölgesi'nin FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli



PVGIS klasik anlamda yatay yüzeye gelen radyasyon değerini aylık bazda verirken aynı zamanda FV panellerin o aya ait en optimum güneşe yönelim açılarını da hesaplamaktadır. FV paneller açılı yerleştirildiğinde hem güneşi daha dik görme hem de yerden yansıyan albedo radyasyonunu alma şansına sahip olurlar. Bu katkı % 13 civarındadır.

Bu yöntem ile bakıldığında Kahramanmaraş'ta yatay yüzeyde 1856 kWh/m²-yıl iken tüm aylar için optimum açı olan 31 derecede FV paneller yerleştirildiği takdirde yıllık maruz olacağı güneş ışıması şiddeti 2098 kWh/m² olacaktır (Çizelge 17).

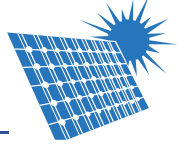
Çizelge 17: Kahramanmaraş PVGIS küresel güneş ışıması değerleri, kWh/m²

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Yataya	63	78	141	167	215	249	257	230	181	131	83	62	1856
Optimum açığa	97	107	170	178	208	229	242	239	215	179	131	103	2098
Optimum açı	60	52	40	25	11	5	8	20	36	50	60	64	31

5.4. HELIOCLIM ile Kahramanmaraş'ın FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli

Avrupa Komisyonu'nun DG XII, Joule II Programı kapsamında yürütülen bir Avrupa Güneş Atlası çalışması olan HelioClim FV güneş elektrikçiden ziyade güneş mimarisi ve mühendisliğine veri üretmeyi hedeflemektedir. Veri kaynağı Meteosat (Avrupa), GOES (ABD) ve GMS (Japonya) gibi meteorolojik uydulardır. Doğrudan ölçüme dayanmamakla birlikte uydu verisiyle türetilmiş güneş haritalarının oluşturulmasında güneş ölçümleri ve diğer meteorolojik veriyi interpolasyon doğrulayıcısı olarak kullanılmaktadır [87]. Ortaya çıkan tabloda yıllar özelinde uydu izlemelerine dayanan FV güneş elektrik potansiyelleri hesaplamak mümkündür.

HelioClim'in en yakın tarihli kayıtları 2005 ve 2006 yıllarıdır. Kahramanmaraş'ta 2005 yılı için 1785 kWh/m²-yıl olan potansiyel hesabı 2006 yılı için 1792 kWh/m²-yıl çıkmaktadır. Bu da güneş ışımasının yıllar arası nasıl salınım gösterebildiğinin bir ispatıdır (Çizelge 18).



Çizelge 18: Kahramanmaraş için HelioClim uydu izlemeli FV güneş elektrik potansiyeli, kWh/m²-yıl

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
2005	70	86	133	176	214	225	235	212	166	124	79	65	1785
2006	67	81	132	167	226	230	232	203	165	117	89	82	1792

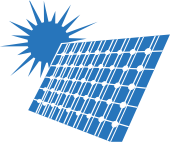
5.5. NASA SSE ile Kahramanmaraş'ın FV Güneş Elektrik Potansiyeli

NASA SSE (Surface meteorology and Solar Energy. V.6.0) 200'den fazla uydu temelli meteorolojik ve güneş enerjisi parametresinden yararlanarak, 22 yılı (1983 - 2005) temsil eden ortalama aylık kWh/m²/gün cinsinden solar radyasyon verisi üreten bir sistemdir [88].

Kahramanmaraş için ortalama yatay yüzeye gelen küresel radyasyon 1983 – 2005 yılları arası gerçekleştirmelerine dayanarak ortalama 1.702 kWh/m²/yıl'lık bir potansiyeli ortaya çıkartmaktadır. Tabloda aynı zamanda atmosfer etkisinden arındırılmış –hiçbir zaman gerçekleşmesi beklenmeyen- açık gökyüzü (clear sky) hesaplaması da 2144 kWh/m²/yıl olarak görülebilmektedir. 37 derece açıyla yerleştirilmiş FV dizilerinin muhtemel elektrik üretimleri ise 1862 kWh/m²/yıl gibi oldukça doyurucu bir kapasiteye işaret etmektedir. Yüzde 10 civarındaki ortalamadan fazla görünen bu farklılık, açılı yerleştirilen FV paneller üzerine doğrudan ve dağınık gelen güneş ışınımına albedo (yerden yansıyan ışımaya) değerlerinin de eklenmesiyle gerçekleşmektedir. Yine bulutluluğun % 53 gibi düşük oranlarda kalması ve güneşlenme süresinin 4452 saat/yıl seviyesinde olması, FV güneş elektrikli için bölgenin ne kadar uygun olduğunun adeta bir delili niteliğindedir (Çizelge 19).

Çizelge 19: SSE Kahramanmaraş güneş enerjisi potansiyeli

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ortalama, kWh/m ²	71	91	129	147	188	218	231	205	162	120	77	62	1702
Clear sky, kWh/m ²	109	136	190	212	246	253	251	220	178	146	107	97	2144
Güneşlenme süresi, saat	307	313	369	393	437	441	446	422	372	347	306	299	4452
Gündüz bulutluluğu, %	65	67	68	66	57	43	33	31	34	47	58	63	53
Sıcaklık 10 m, Ortalama, °C	1,7	2,6	6,6	12,3	17,4	22,1	25,7	25,4	21,6	15,9	8,5	3,3	13,6
Sıcaklık 10 m, Minimum, °C	-1,0	-0,9	2,2	7,2	11,9	16,3	19,5	19,4	16,0	11,5	5,2	0,5	9,1
Sıcaklık 10 m, Maksimum, °C	4,4	5,7	10,4	16,8	22,2	27,1	31,3	30,8	26,7	20,1	11,8	5,9	17,8
Nispi nem, Ortalama, %	78	72	65	58	51	42	36	38	39	51	66	76	56
NASA 37° FV, kWh/m ² -yıl, aylık toplam	111	121	151	149	173	190	205	200	184	162	116	101	1862

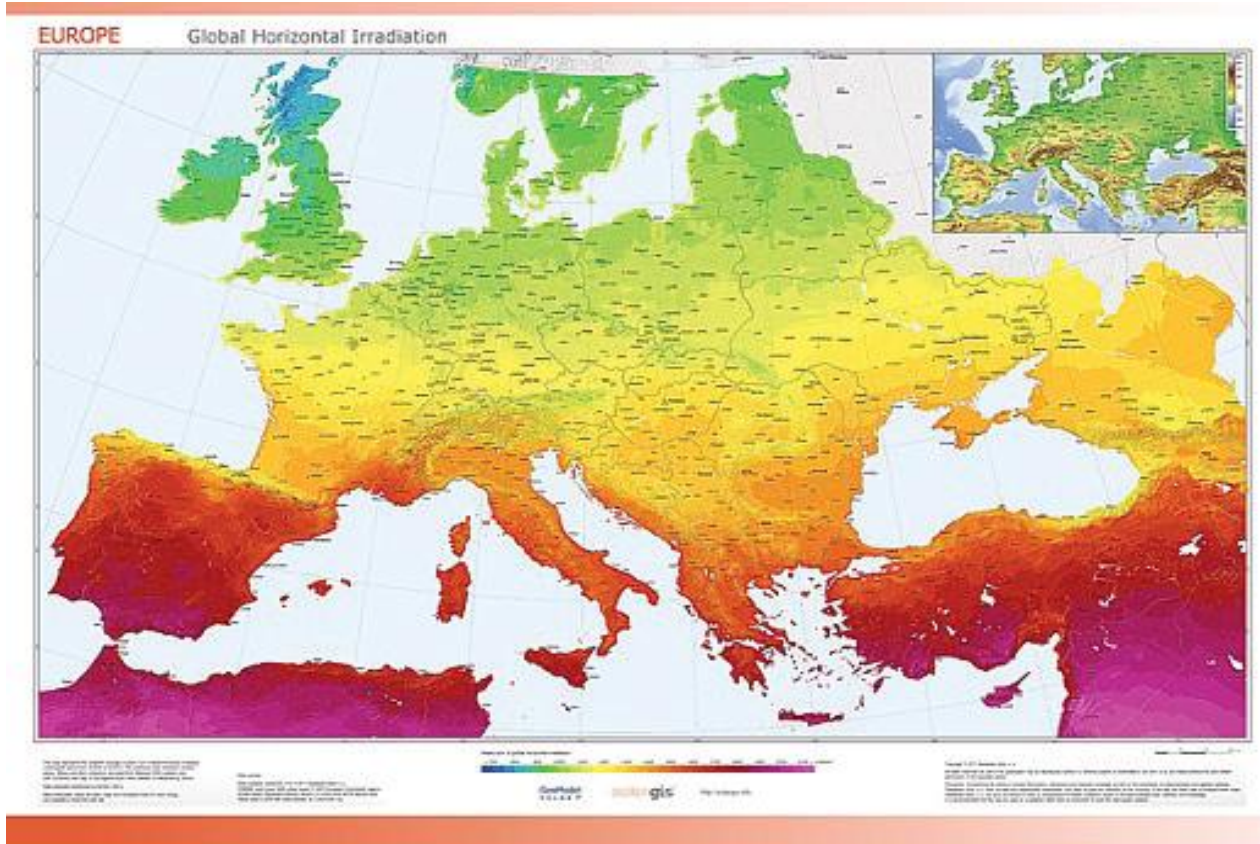


5.6. SOLARGIS ile Kahramanmaraş'ın FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli

1994-2013 yılları arası yer ölçümlerini esas alan güneş ışıma verisine dayanarak hazırlanmış, FV güneş elektrik üretimine yönelik ışıma şiddetini atmosfer etkisini dikkate alarak hesaplamaya odaklanan internet tabanlı bir ara yüzdür. Özelleştirilmiş nokta veya sahalar için ticari hizmet vermekte ancak kıtasal ve ulusal çalışmalarını kamuoyuna açık tutmaktadır.

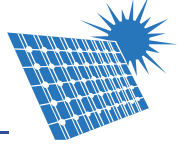
Kahramanmaraş için SolarGIS üzerinden bir potansiyel araştırması gerçekleştirildiğinde genelde Türkiye'nin özelde ise Kahramanmaraş'ın güneş enerjisi potansiyelinin Avrupa ve Asya'da bulunan ülkelerden ne kadar yüksek olduğu görülür (Şekil 52).

Şekil 52: SolarGIS Avrupa ve Türkiye güneş ışıma potansiyeli [89]

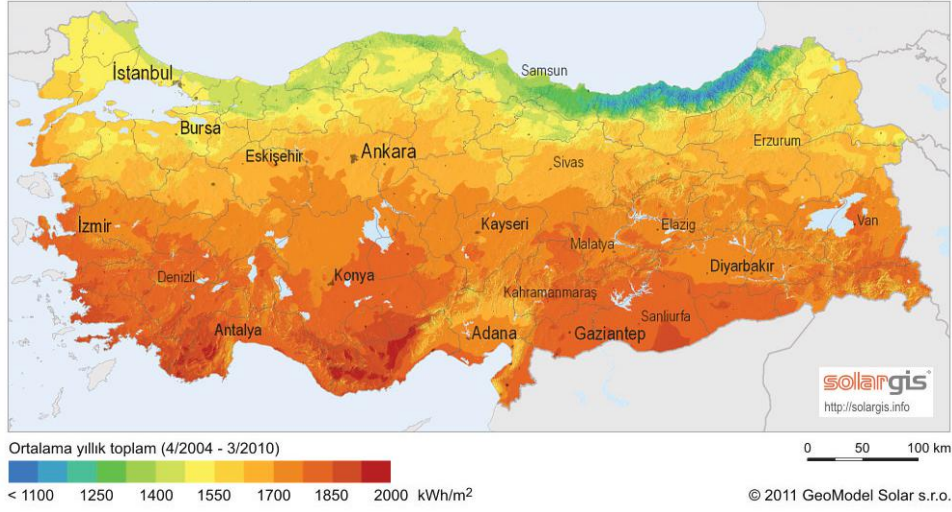


Türkiye için SolarGIS yöntemiyle hazırlanmış küresel yatay radyasyon, yani güneş ışıma potansiyel haritasında Orta Akdeniz ve Teke Yarımadası ile birlikte Kahramanmaraş, Gaziantep ve Şanlıurfa dolayları da en yüksek kapasiteye sahip bölgeler olarak renk kodlarıyla gösterilmişlerdir.

Kahramanmaraş için de 1750 kWh/m²/yıl değerlerinde bir gösterim söz konusudur. Bu hesaplama yönteminde de denizden olan yüksekliğin bölgelerin ayırt edilmesinde etkili olduğu izlenebilmektedir (Şekil 53).



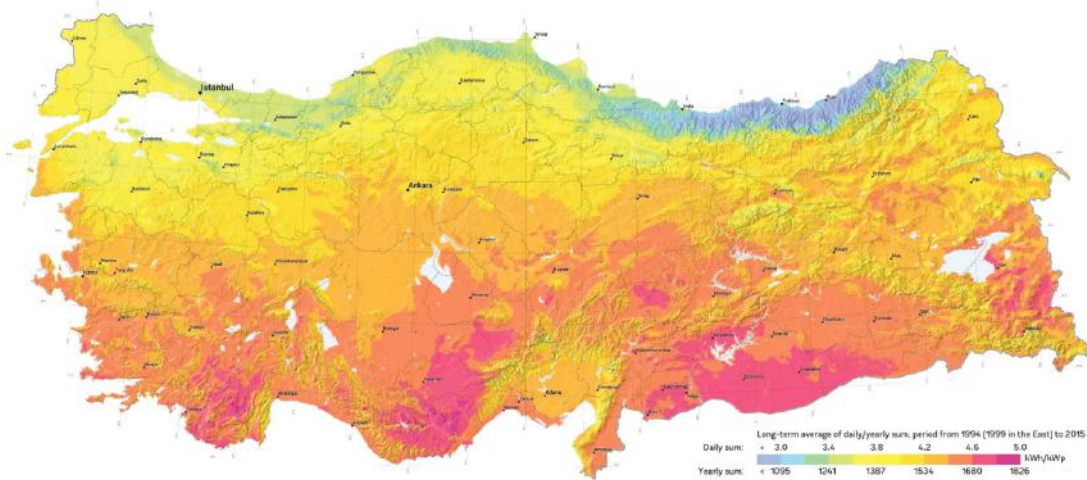
Şekil 53: SolarGIS Türkiye küresel yatay radyasyon (güneş ışıması) haritası [89]



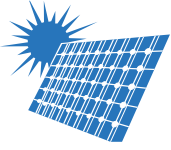
5.7. Global Solar Atlas ile Kahramanmaraş'ın FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli

Global Solar Atlas (Küresel Güneş Atlası), güneş enerjisi çalışmalarının keşif, araştırma, saha seçimi ve ön fizibilite aşamalarında araştırmacılara ortalama güneş enerjisi potansiyeli bilgisi sunabilmek adına World Bank Group (Dünya Bankası Grubu: Dünya Bankası ve Uluslararası Finans Kurumu, IFC) tarafından geliştirilmiş ESMAP (Enerji Sektörü Yönetim Yardım Programı)'ın finanse ettiği bir ara yüzdür. FV güneş elektrikçi açısından yataya ve açılı yüzeye gelen küresel güneş ışıması değişkenlerine odaklanmaktadır. İkincil olarak sıcaklık ve rakım büyüklüklerini hesaba katar. Çatı tipi, orta ölçekli öz tüketim ve ticari büyük ölçekli santraller için, SolarGIS'in geliştirdiği veri, harita ve simülasyonlardan yararlanarak, ayrı ayrı günlük ve yıllık olarak FV üretim tahmini yapar. Ana veri kaynağı doğrudan meteorolojik ölçüm ve uydu tabanlı meteorolojik modellerdir. Veri sıklığı zaman boyutunda 30 dakika ve coğrafik olarak 250 m'dir [90]. Türkiye için 1994-2015 aralığı ortalamalarına göre hesaplanan kWp başına yıllık toplam elektrik üretim tahmini 1095-1826 kWh'tir (Şekil 54).

Şekil 54: Global Solar Atlas Türkiye güneş enerjisi potansiyeli



Kahramanmaraş özelinde bakılınca, yatayda bir metrekareye yılda 1859 kWh enerji taşıyan güneş ışıması 32° optimum açıda yerleştirilmiş FV panellere 2116 kWh'lik enerjiye ulaşmaktadır. FV sistem kayıpları da göz önünde bulundurulduğunda, FV güneş elektrik üretiminin kWp başına 1571 kWh olabileceği görülmektedir (Çizelge 20).



Çizelge 20: Global Solar Atlas Kahramanmaraş/ güneş enerjisi potansiyeli

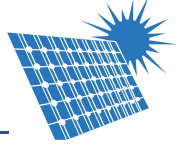
	Kahramanmaraş
Rakım, m	566
Sıcaklık, °C	14,8
Yataya güneş ışıması, kWh/m ² /yıl	1859
Yataya güneş ışıması, kWh/m ² /gün	5,1
Optimum açı, derece	31
30/32/32° FV yüzeye güneş ışıması, kWh/m ² /yıl	2116
30/32/32° FV elektrik üretimi, kWh/kWp/yıl	1571

5.8. MGM Verileri ile Kahramanmaraş'ın FV Güneş Elektrikçi Potansiyeli

5.8.1. MGM güneş ölçümleri ve güneş enerjisi potansiyeli çalışmaları

Türkiye’de meteorolojik hizmetlerin tek elden ve düzenli bir şekilde yürütülmesi gayesiyle 1926 yılı sonunda Türkiye’nin batı, güney, Trakya ve Orta Anadolu Bölgeleri’nde iklim çalışmaları için gerekli meteorolojik veriler düzenli bir şekilde elde edilmeye başlanmıştır. Bu hizmet bir müddet farklı bakanlıkların denetiminde kurulan alt birimler vasıtasıyla yürütülmüştür. Nihayet 19 Şubat 1937 tarihinde Cumhurbaşkanı Mustafa Kemâl Atatürk imzasıyla Devlet Meteoroloji İşleri Umum Müdürlüğü kurulmuştur. II. Dünya Savaşı’nın sona ermesinden sonra meteorolojik hizmetlerde de hızlı bir gelişme meydana gelmiş, 31 Mayıs 1949 tarihinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü uluslararası işbirliğinin artması sonucu kurulan Dünya Meteoroloji Teşkilâtı’na (WMO) üye olmuştur [91]. MGM, kuruluş kanunu ile tanımlanan görev, yetki ve sorumlulukları kapsamında WMO standartlarına uygun, yurt genelinde meteoroloji istasyonları kurup çalıştırmaktadır. Hem hava tahminine altlık teşkil eden sinoptik hem de iklimsel çalışmalara veri oluşturan klimatolojik meteorolojik ölçüm ve gözlem çalışmaları yürütmektedir.

Bu temel görevleri yanı sıra geçmişte ve günümüzde su, rüzgar ve güneş enerjisine yönelik ölçüm ve gözlem yapıyor olması sebebiyle enerji potansiyeli belirlemeye yönelik bireysel ve ortak faaliyetler de yürütmüştür. Güneş enerjisi konusunda yapılan ilk kayda değer çalışma 1983 yılına tarihlenir. DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü) ve EİE’nin 1983 yılında 1973 petrol krizinden sonra tüm dünyada başlayan alternatif enerji kaynaklarını araştırmaya yönelik çalışmalar doğrultusunda tespit etmeye çalıştığı güneş enerjisi potansiyeli, aylık olarak birim alana gelen enerji miktarını zamanın koşullarına göre birim zamanda birim alana gelen kilokalori (kcal/cm²-ay) cinsinden vermektedir. Günümüzde özellikle elektrikten bahsedilirken kWh birimini kullanmak daha uygun olmaktadır. Kalori enerji birimi daha çok beslenme sektöründe kullanılır olmuştur. Bu sebeple veriler kWh birimine dönüştürülmüştür (Çizelge 21). Coğrafi bölgeler bazında güneşlenme süreleri ve güneş ışıması şiddetleri Çizelge 22’de verilmiştir. Karadeniz Bölgesi en düşük güneşlenme süresi ve güneş ışımasına maruz kalırken, Güneydoğu Anadolu Bölgesi en yüksek güneşlenme süresi ve güneş ışımasına sahiptir [80]. Çok uzun yıllar bu değerler ülkemiz güneş enerjisi potansiyelinden bahseden herkes ve her çalışma için altlık niteliğinde olmuştur. Hatta özellikle Türkiye ortalama güneşlenme süresi olan 2640 saatlik yıllık değer hemen tüm açıklama ve yayınlarında (zaman zaman hatalı kaynak gösterimleriyle de olsa) halen kullanılmaktadır. Güneş ışıması, küresel radyasyon veya ışınım, ışıma, güneşlenme şiddeti gibi birbirinin yerine kullanılabilen tanımlamalarda ise önemli bir yöntem değişikliği ve güncelleştirme söz konusudur.



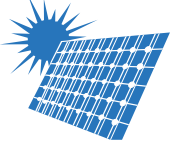
Çizelge 21: Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (Kaynak: DMİ) [80]

Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi		Güneşlenme süresi, saat/ay
	kcal/cm ² -ay	kWh/m ² -ay	
Ocak	4,4	51,8	103
Şubat	5,4	63,3	115
Mart	8,3	96,6	165
Nisan	10,5	122,2	197
Mayıs	13,2	153,9	273
Haziran	14,5	168,8	325
Temmuz	15,1	175,4	365
Ağustos	13,6	158,4	343
Eylül	10,6	123,3	280
Ekim	7,7	89,9	214
Kasım	5,2	60,8	157
Aralık	4,0	46,9	103
Toplam	112,7	1311,0	2640
Ortalama	308.0 cal/cm ² -gün	3.6 kWh/m ² -gün	7.2 saat/gün

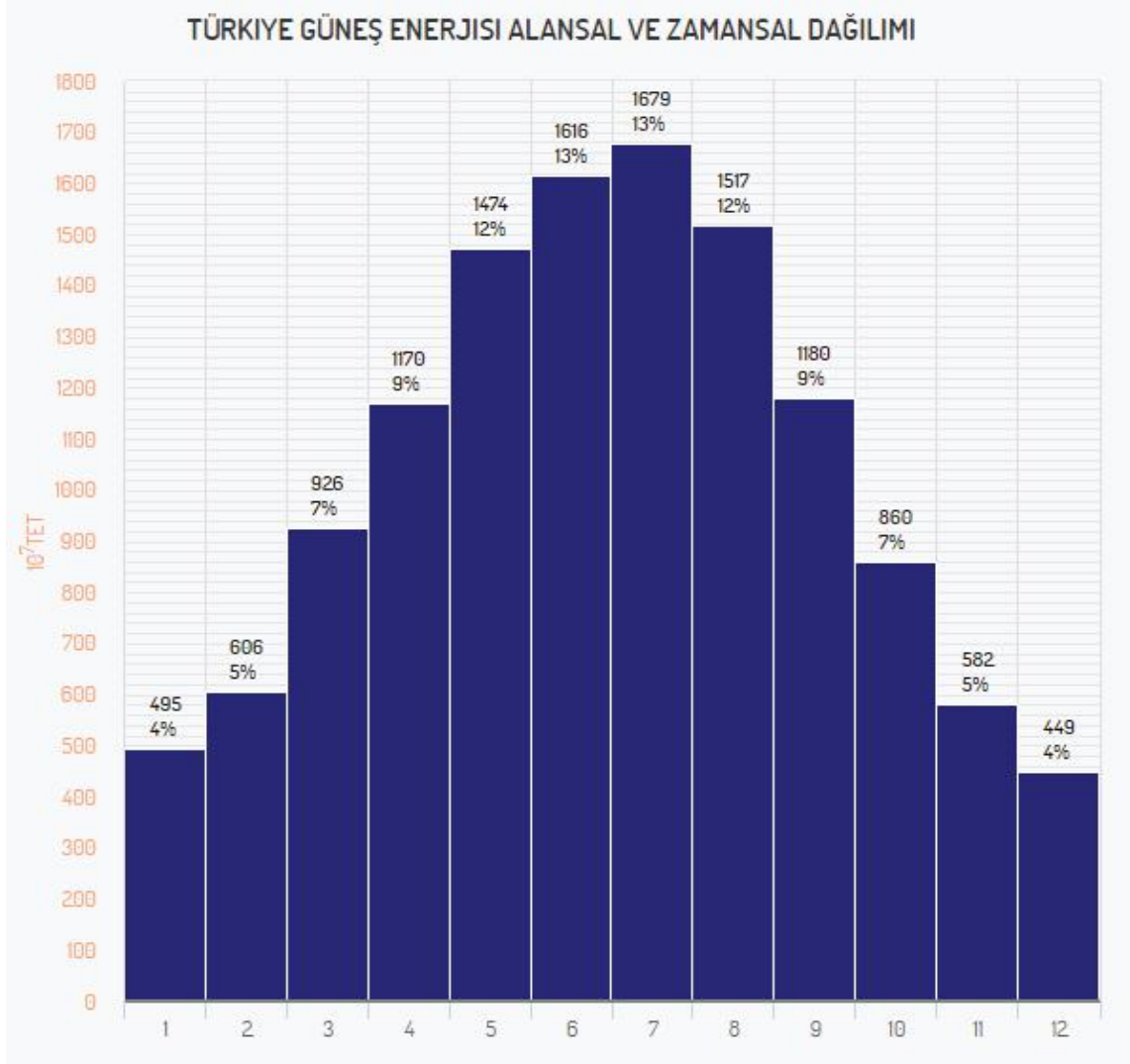
Çizelge 22: Türkiye coğrafi bölgeler güneşlenme süresi ve güneş ışıması (Kaynak: DMİ) [80]

Bölge	Toplam güneş enerjisi kWh/m ² -yıl	Güneşlenme süresi saat/yıl
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

DMİ ve EİE'nin 1983 tarihli Türkiye güneş enerjisi potansiyeli - zamansal ve alansal dağılımı çalışması [80] tüm Türkiye için güneş enerjisi potansiyeli belirleme çalışmasını derli toplu ilk yapan araştırma olmuştur. Araştırma genel olarak ölçümlerin çeşitli istatistikî yöntemlerle analiz ve ayıklanması; ülkemiz güneşlenme süresinin zamansal ve alansal dağılımının belirlenmesi ve buna bağlı olarak ışıma şiddeti ölçümlerinin analizi ile hatalı ölçümlerinin ayıklanması ve sonuç olarak da ülkemiz güneş enerjisi potansiyelinin zamansal ve alansal dağılımının belirlenmesi konularını kapsamaktadır. Çalışmada DMİ istasyonlarından güneşlenme süresi ve şiddeti ölçümü yapan 54 tanesinin ölçüm verilerinin kullanılabilir olduğu tespit edilmiş, kalan 32 istasyon için Angström yöntemiyle veri türetilmesine gidilmiştir. Sonuç olarak Türkiye güneşlenme süresi 2640 saat/yıl, yıllık ortalama ışıma şiddeti 308 cal/cm²-gün, yıllık toplam gelen güneş enerjisi miktarı 1,25x10¹¹ TET (ton eşdeğeri taşkömürü) ve kullanılabilir yıllık toplam güneş enerjisi miktarı da 37,5 106 TET olarak tespit edilerek zamansal ve alansal dağılımı çıkarılmıştır (Şekil 55).

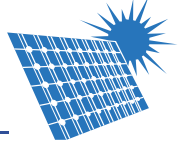


Şekil 55: Türkiye güneş enerjisi alansal ve zamansal dağılımı, 107 TET (Kaynak: DMİ) [80]

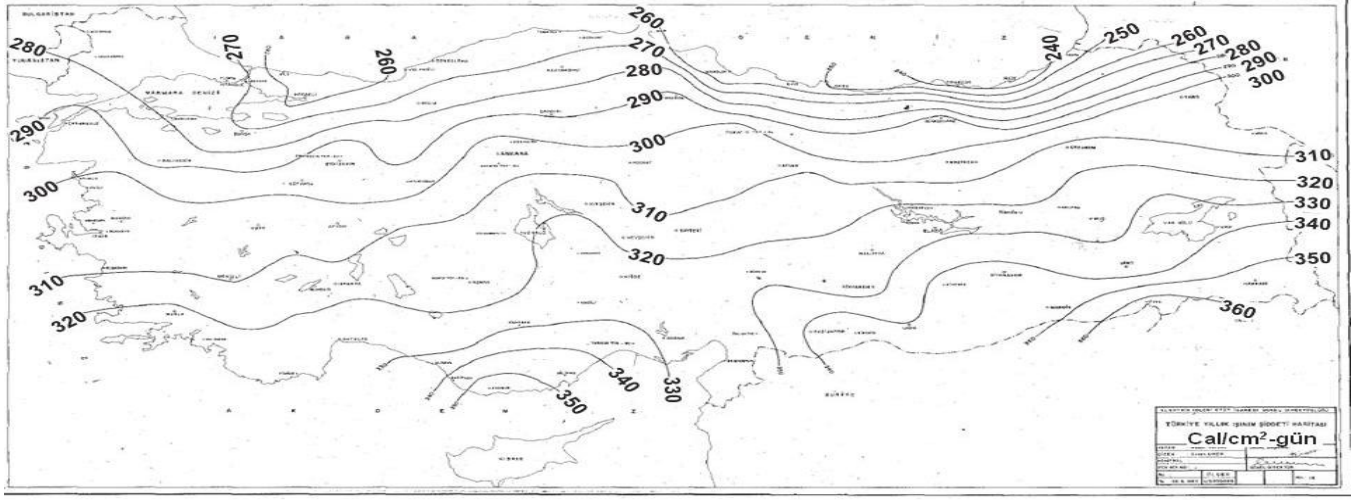


Bu kapsamda aylık ve yıllık Türkiye güneş enerjisi haritaları çizilmiş ve bu haritalar planimetrelenerek enerjinin alansal dağılımları şekillendirilmiştir.

Bu tarihi haritada güneşlenme şiddeti eş eğrilerini incelediğimizde Kahramanmaraş değerinin 327 cal/cm²-gün çıktığını söyleyebiliriz. Bu da birimler dönüştürüldükten sonra Kahramanmaraş için günlük 3,80 kWh/m²'ye, yıllık 1387 kWh/m²'ye tekabül etmektedir. Güneşlenme şiddetinin en yüksek olduğu yerlerin bugünkü GEPA'dan farklı olarak Mardin (1528 kWh/m²) ve Mersin (1486 kWh/m²) bölgeleri olması dikkat çekicidir (Şekil 56).



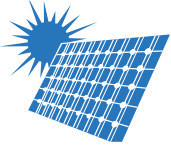
Şekil 56: Türkiye yıllık ışıma şiddeti haritası, cal/cm²-gün (Kaynak: DMİ) [80]



1983 tarihli bu çalışmada güneşlenme süresi ölçümü için helyograf, güneşlenme şiddeti ölçümü için ise aktinograf cihazları verilerinden yararlanılmıştır. Her iki cihaz da çok uzun yıllar MGM envanterinde çalışmış mekanik ve diyagramlara kayıt tutan cihazlardır. Aktinograf, temel olarak siyahlaştırılmış bir çift bimetal çubuğun güneş radyasyonunu emmesi ve metalin genişleme katsayısına bağlı olarak kendini bükmesi ile uç tarafındaki kaleminin, saat akışıyla dönen bir silindirin üzerindeki kağıt grafiğin ilgili seviyelerini çizmesi şeklinde çalışır (Şekil 37). Işık tarafından maddede kimyasal değişmeye sebep olan Aktinik etkiye dayanır. Bu düzenek a) Yazıcı kolun elastikiyet tutarlılığını ve hızlı reaksiyon kabiliyetini yitirmesi, b) Düzenekte kullanılan metallerin yıpranması; c) Grafik kağıdının ve mürekkebinin çeşit ve kalitesindeki farklılıklar; d) Rasatçının davranış özeni ve farklılıkları; e) Saat silindirinin hareketinin saat akışıyla senkronize olamaması gibi potansiyel hatalar barındırır.

Elektronik piranometre ve pirheliyometrelerin yaygınlaşması ile peyderpey kullanımdan çıkarılmışlardır. Mekanik olmaları sebebiyle sistematik hata paylarına sahip bu cihazlar için birçok tespit ve doğrulama araştırması yapılmıştır. Örneğin Aksoy'un [92] aktinograf ve pirheliyometre verilerini karşılaştırdığı araştırmasında 2 yıllık günlük bazda küresel güneş ışıması verisi yeterli bulunmuştur. Bu araştırmaya göre güneşlenme şiddeti (güneş ışıması) ölçümü için tüm dünyada uzun yıllar kullanılan aktinograf cihazları ölçümlerinde yıllık bazda % 14,7, aylık bazda % 42,1 oranlarına ulaşan hatalı değerler olabildiği saptanmıştır. Aktinograf hassas kısımlarının (sensör) mekanik aksamının sıcaklık duyarlılığı düzenli olarak kalibre edilemediğinden dolayı, elde edilen ölçümler yeterince güvenli değildir. Aktinograf ölçümlerinin doğruluğunun ortaya konması hedeflenen, Şili'de yapılan bir çalışmada, 5 yıl süreyle (2000-2004) aktinografinin ölçümlerini piranometre ile karşılaştırarak hata payını ve yıl içerisinde kaç gün bu hatanın gerçekleştiği araştırılmıştır. 51 istasyonda aktinograf çalıştıran Şili'nin ilgili sahasında yapılan bu çalışma göstermiştir ki: Aktinograf ile elde edilen veriler gerçek solar radyasyon değerinden kesinlikle düşük kaydedilmiştir. Aktinografı elde edilmiş günlük değerlerin % 56'sı % 10-20 arasında düşüktür. Özellikle 3000 – 4000 Wh/m²'lik günlük solar radyasyon değeri ölçümlerinin de % 21,4'ü en yüksek hata payına sahiptir [93] Bu gerekçeyle güneşlenme süresi ile güneş ışıması arasındaki ilişkiye dayanarak geliştirilen bazı ikinci dereceden denklemler vasıtasıyla güneş ışıması değerleri tahmin edilmeye çalışılmış, ulaşılan sonuçlar ile çalışılan nokta için ölçülen piranometre değerleri karşılaştırıldığında yıllık bazda sadece % 4'lük bir hata payı tespit edilmiştir.

DMİ 2009 yılında yaptığı Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası çalışmasında 1971-2000 yılları arası ölçülen güneşlenme süresi ve ışıma şiddeti verileri işlenmiş; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2573 saat (günlük ortalama 7 saat), ortalama toplam ışıma şiddeti 1474 KWh/m²-yıl (günlük toplam 4 KWh/m²) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 23).

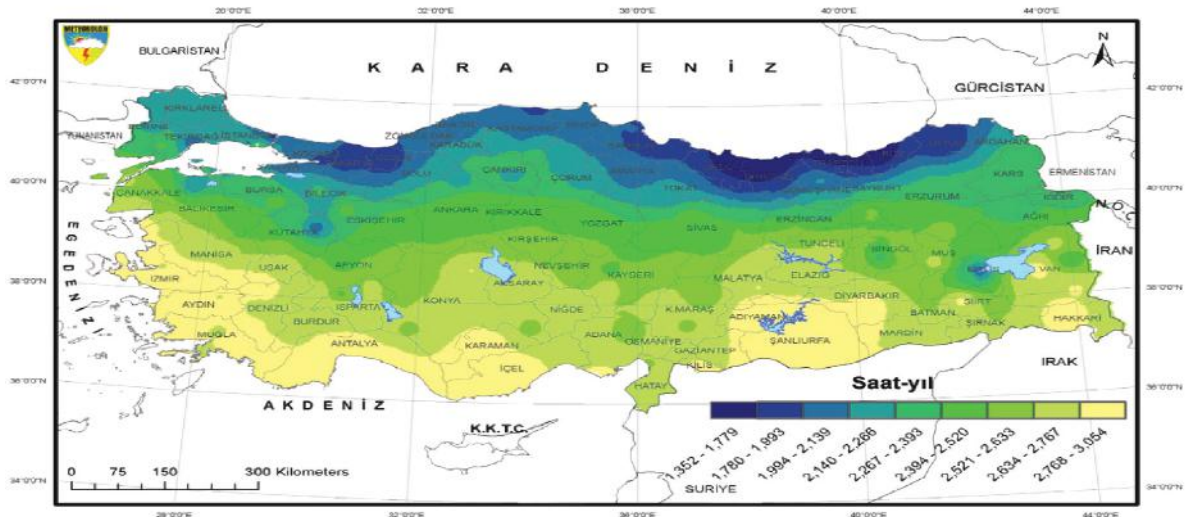


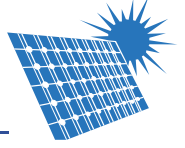
Çizelge 23: Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (Kaynak: DMI)

Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi		Güneşlenme süresi, Saat/ay
	KCal/cm ² -ay	kWh/m ² -ay	
Ocak	5,13	59,7	106,9
Şubat	6,59	76,6	135,2
Mart	10,04	116,8	170,2
Nisan	11,96	139,1	203,5
Mayıs	14,75	171,5	260,5
Haziran	16,07	186,9	318,1
Temmuz	16,63	193,4	339,3
Ağustos	15,03	174,8	322,3
Eylül	12,06	140,3	277,9
Ekim	8,6	100	200,6
Kasım	5,56	64,7	142
Aralık	4,3	50	96,3
Toplam	127	1474	2573
Ortalama	347 Cal/cm ² -gün	4 kWh/m ² -gün	7 Saat/gün

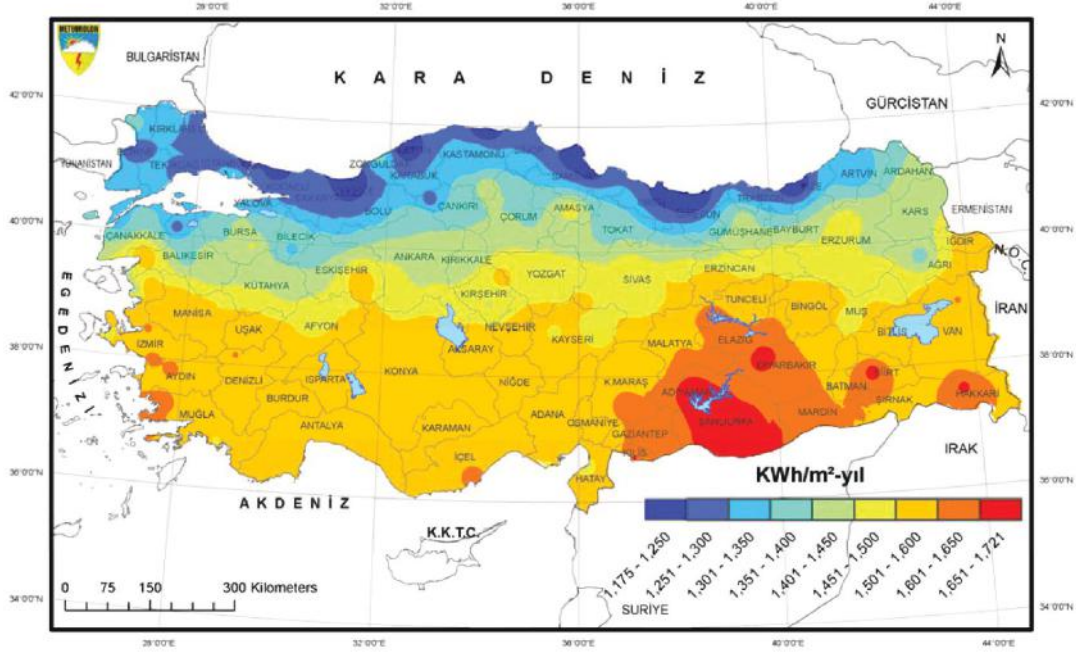
Bu çalışmada DMI'nin 1971-2000 iklim periyodunda güneşlenme verisi ölçülen 157 iklim istasyonunun güneşlenme şiddeti verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada uygulanan yaklaşım, coğrafi değişkenlerin belli bazı noktalarda ölçülüp ve tüm alana ait tahmin haritasının mekânsal enterpolasyon yöntemleri ile elde edilmesine dayanmaktadır. Coğrafi verinin mekansal dağılımının elde edilmesinde sadece o veriye ait ölçülen değerlerden yararlanarak tahmin haritası elde edilebileceği gibi, Bostan P.A. [94]'in 2007'deki makalesine göre, veriye mekansal ilişkisi olan ikincil verilerin kullanılması ve bu şekilde haritaların elde edilmesi de mümkündür. Haritalar, Lambert Conformal Conic projeksiyonunda ve ED50 Datumunda hazırlanmıştır. Bu haritada Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye, Konya, Denizli ve Van ile aynı kategoride yer almakta; güneşlenme süresi 2600 saat/yıl olarak gösterilmektedir (Şekil 57). Güneş ışıması kapasitesini gösteren CAR (Cloud-Aerosol Radiation Ensemble Modelling System) haritasında da yine Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye aynı sınıfta yer almakta; 1500-1600 kWh/m²-yıl'lık bir potansiyel aralığında yer almaktadır (Şekil 58).

Şekil 57: MGM Türkiye yıllık toplam güneşlenme süreleri [95]



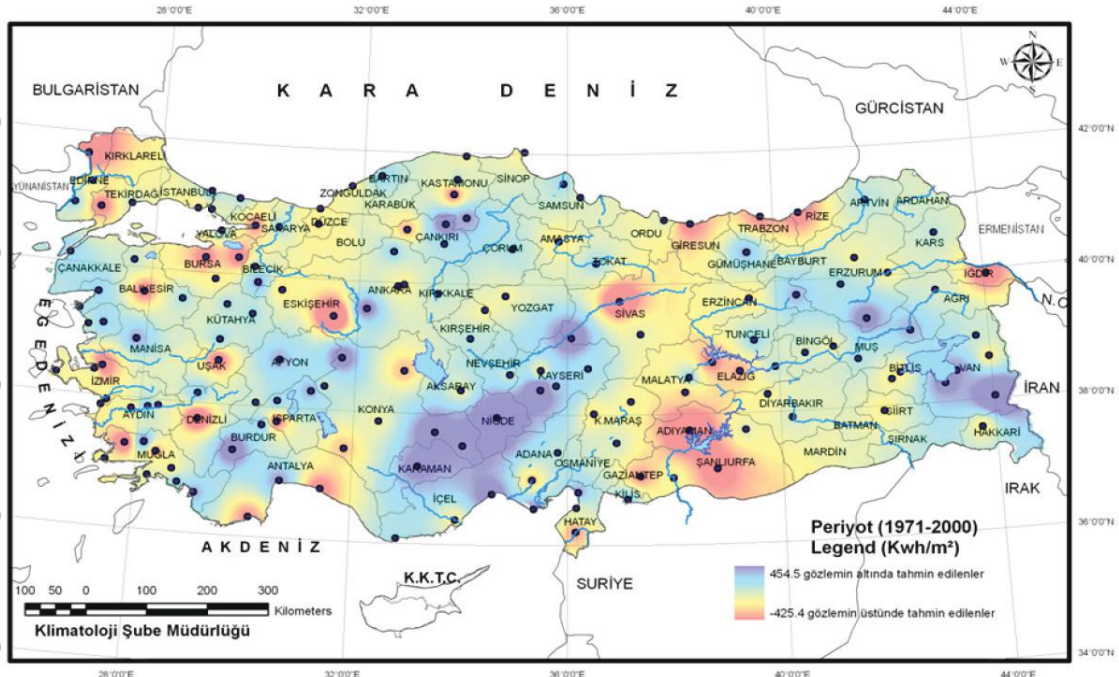


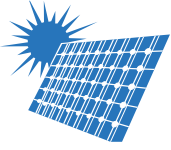
Şekil 58: MGM Türkiye yıllık toplam güneş radyasyonu (CAR modeline göre) [95]



Güneşlenme şiddetinin enterpolasyonu modellemesinde Coğrafi Ağırlıklı Regresyon (GWR) yöntemiyle ikincil parametrelerden Nispi Nem (%) ve Kapalılık (1-10) kullanılarak oluşturulan model sonucunda; Osmaniye, Niğde, Karaman, Van, Afyon ve Burdur'da gözlem değerlerinden daha düşük tahminler elde edilirken; Hatay, Kahramanmaraş, Kırklareli, Tekirdağ, Balıkesir, Bursa, Kocaeli, İzmir, Aydın, Denizli, Eskişehir, Kastamonu, Sivas, Giresun, Trabzon, Rize, Elazığ, Adıyaman, Şanlıurfa, Gaziantep, ve Iğdır'da gözlem değerlerinden daha yüksek tahminler elde edilmiştir. Diğer yerlerde ise model, gözlem değerlerine yakın veriler üretmiştir (Şekil 59).

Şekil 59: Gözlenen güneşlenme şiddeti ile GWR model çıktısı arasındaki kalıntı haritası [95]



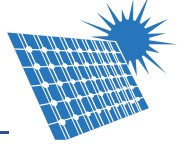


5.8.2. TR63 Bölgesi meteoroloji istasyonları güneş ışıması ölçümleri

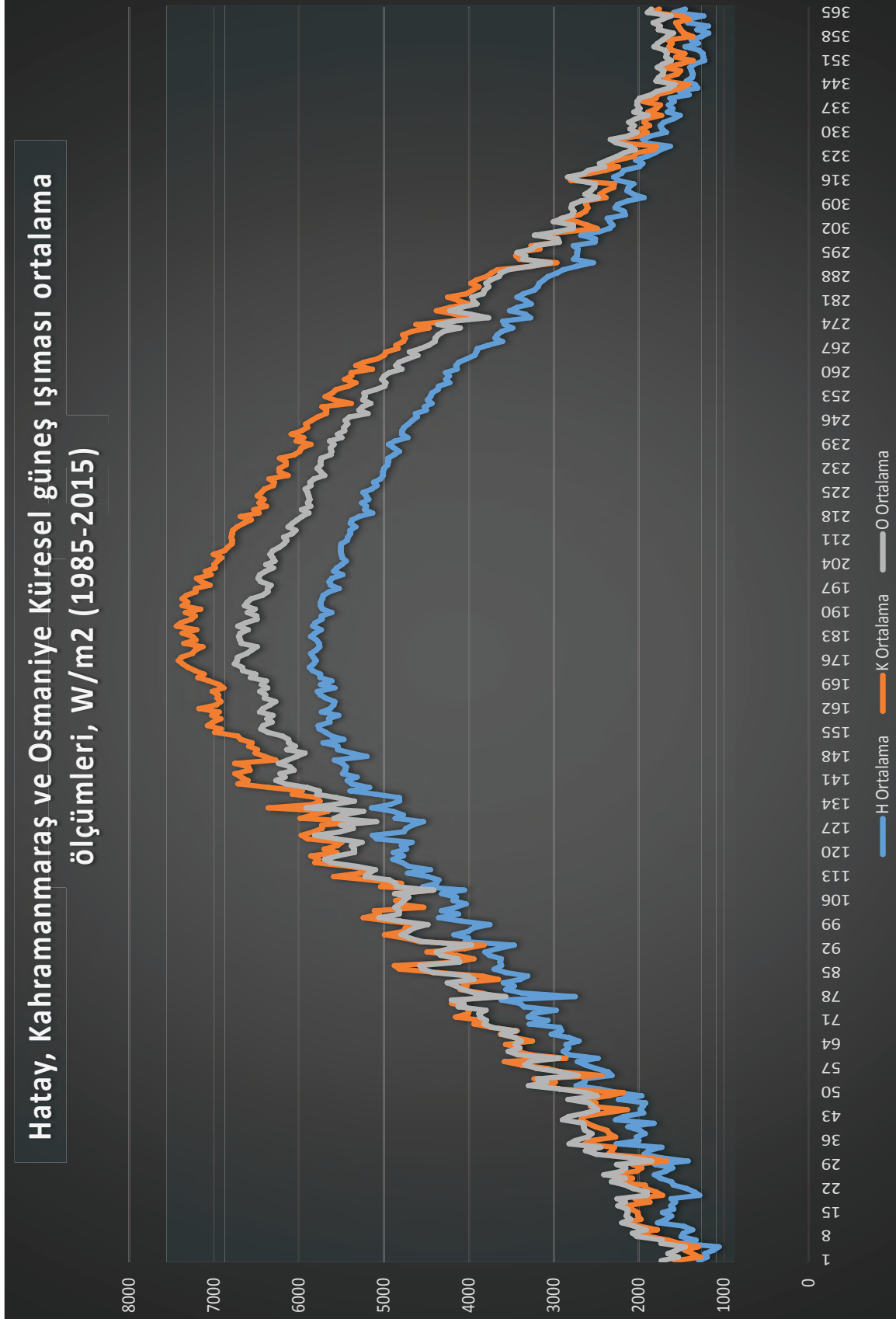
TR63 Bölgesi illerinde Hatay ve Kahramanmaraş'ta uzun yıllar süren meteorolojik ölçümler güneşlenme süresi ve güneş ışıması değişkenlerini de içermektedir. Ancak 1996'da il olan Osmaniye'de güneşlenme süresi ve güneş ışıması ölçümleri yapılmamıştır. Bu sebeple değerlendirmelerde bulunabilmek adına türetilmiş bir veri seti oluşturulmuştur. Osmaniye çevresinde bulunan Adana, Hatay, Kahramanmaraş, Göksun, Kilis, Kozan, Dört Yol, Karataş meteoroloji istasyonlarına ait güneş ışıması ölçümlerinden yararlanılarak yaklaşık bir veri seti oluşturulmuştur. Böylece üç il için de uzun yıllar ortalama, minimum ve maksimum değerlerini gösteren 3 ayrı veri seti değerlendirmeye alınabilmektedir. Burada minimum veri seti, uzun yıllar ölçülmüş günlük en düşük değerlerden oluşurken; maksimum veri seti uzun yıllar ölçülmüş günlük en yüksek değerler alınarak elde edilmiştir. Böylece ilgili şehri temsil edebilecek bir alt ve üst eşik belirlenme yoluna gidilmiştir. Ortalama veri seti ise uzun yıllar ölçülmüş günlük değerlerin ortalamasından elde edilmiştir (Çizelge 24). Nihayet TR63 Bölgesi için ortalama (Şekil 60), minimum (Şekil 61) ve maksimum (Şekil 62) veri setlerine göre en yüksek güneş ışıması değerlerinin sırasıyla Kahramanmaraş, Osmaniye ve Hatay'a ait olduğu görülmektedir.

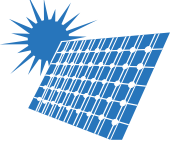
Çizelge 24: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması ortalama ölçümleri, W/m² (1985-2015)

		Maksimum	Ortalama	Minimum
Hatay	Günlük ortalama	4.707	3.608	1.955
Kahramanmaraş	Günlük ortalama	5.665	4.403	2.265
Osmaniye	Günlük ortalama	5.623	4.225	2.061
Hatay	Yıllık toplam	1.722.899	1.320.493	715.684
Kahramanmaraş	Yıllık toplam	2.073.321	1.611.371	828.908
Osmaniye	Yıllık toplam	2.058.128	1.546.441	754.180

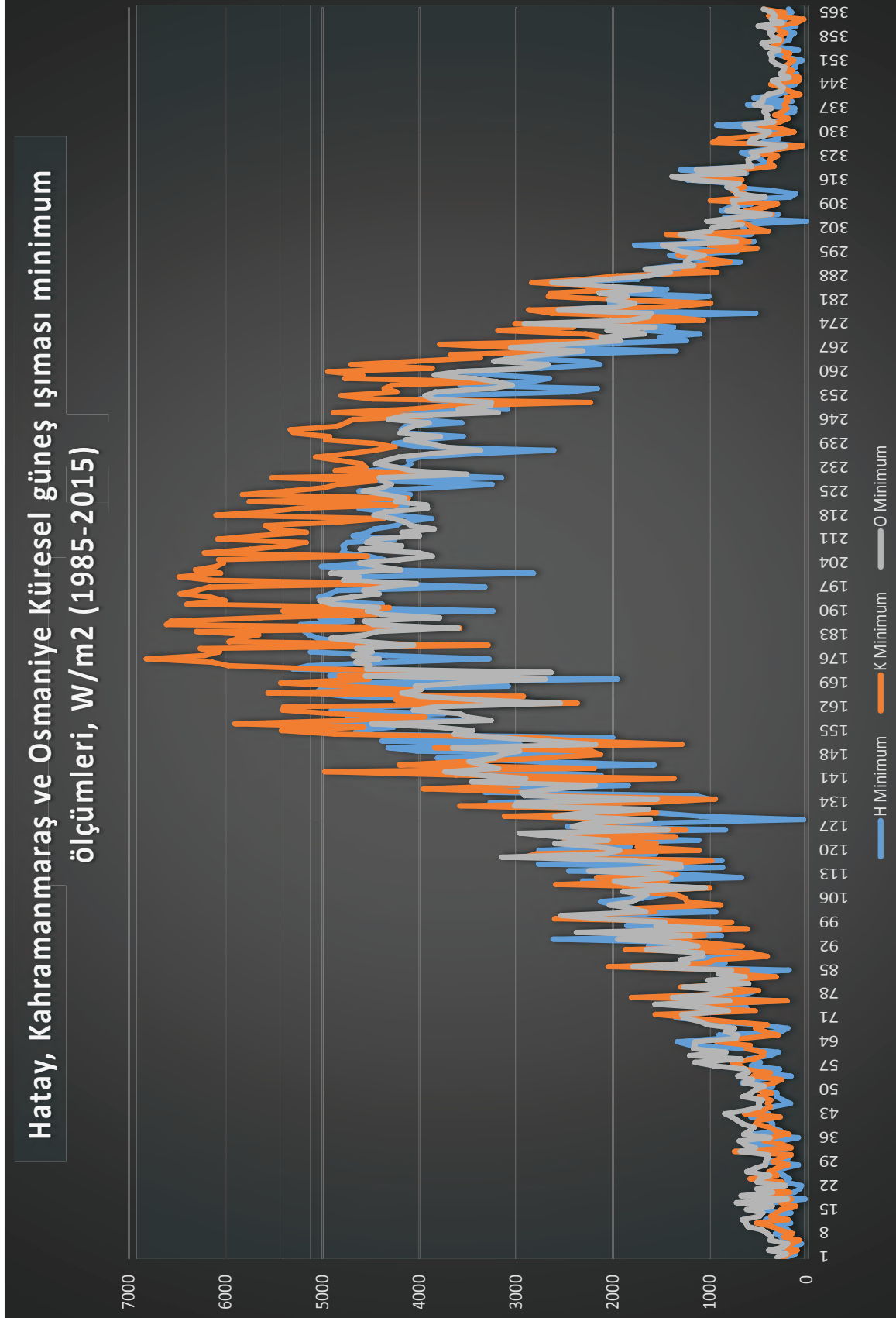


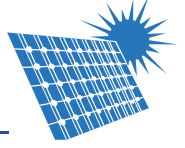
Şekil 60: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması ortalama ölçümleri



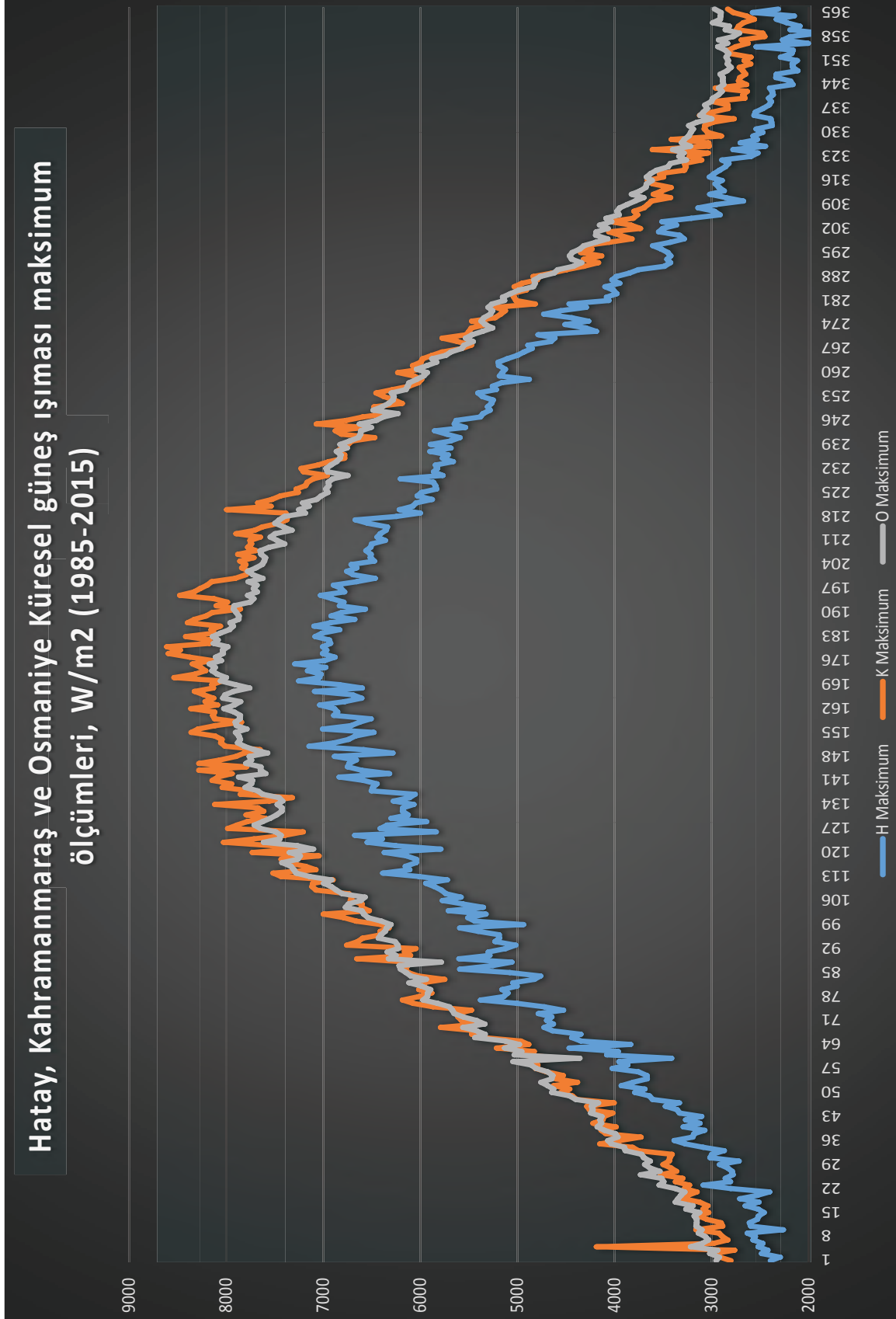


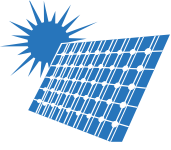
Şekil 61: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması minimum ölçümleri





Şekil 62: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması maksimum ölçümleri





5.8.3. Kahramanmaraş'ın teorik güneş enerjisi potansiyeli

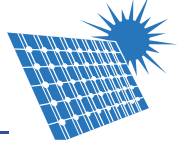
Bir bölgenin güneş enerjisi potansiyeli astronomik formülasyonlar ile kesin olarak hesaplanabilir. Yıl içerisinde ve gün içerisinde güneşin ilgili bölgeye hangi açıyla ve ne kadar süreyle, dolayısıyla ne miktarda güneş ışını gönderebileceği belirlidir. Nitekim atmosferin dışı kabul edilen bölgede güneşin ışıma şiddeti her daim 1367 W/m^2 'dir ve bu değer Güneş Sabiti olarak kabul edilir. Eğer atmosfer etkisi olmasa, dünya yüzeyindeki herhangi bir noktaya ulaşan güneş ışıması şiddeti de 1367 W/m^2 olacaktır. Ancak yerküremizi sarmalayan bu gaz ve partiküllerden oluşan katman, güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşması esnasında engellemeler, kırılmalar, sıçramalar, emmeler ve tekrar yansımalar yaparak durumu karmaşık bir hale sokar. Herhangi bir zamanda yere ulaşan güneş ışıma şiddetini hesaplamak imkansızlaşır. Yine de o bölge için eşikleri tanımak adına yapılacak bir teorik güneş enerjisi potansiyeli çalışması (atmosfer etkisi yok sayılarak-clear sky) sonraki çalışmaların anlaşılmasını ve yorumlanmasını kolaylaştırır.

Bu yaklaşımla hesaplanmış Kahramanmaraş'ın 365 gününü temsil eden günlük güneşlenme süreleri incelendiğinde en az güneş görülebilecek günlerin 9,5 saat/gün ile Aralık ayı, en çok güneş görülebilecek günlerin ise 14,5 saat/gün ile Haziran ayı olduğu görülür. Ortalama 11,8 saat/gün'lük bir güneşlenme süresi teorik potansiyeline sahip Kahramanmaraş'ın yıllık toplam teorik güneşlenme süresi ise 4395 saat'tir (Çizelge 25). Açık gökyüzü teorik güneşlenme süresinin yıl içerisindeki dağılım grafiği, atmosfer etkisi olmadığında, mevsimsel farklılıkları ortaya koymaktadır (Şekil 63).

Teorik güneş ışıma şiddeti için de benzer bir durum söz konusudur. Bird Clear Sky Modeline göre atmosfer etkisi olmaksızın Kahramanmaraş'a yılın 365 günü düşebilecek enerji miktarı hesaplanabilir. Beklenildiği üzere Aralık ayında $2,8 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$ olan en düşük değere karşılık Haziran ayında $8,7 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$ 'lük en yüksek değere ulaşılır. Yıllık ortalama $6,0 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$ 'lük ve yıllık toplam 2.174 kWh/m^2 'lik teorik güneş ışıma şiddeti potansiyeli hesaplanmıştır (Çizelge 26). Güneş ışımasının yıl içerisindeki dağılımı da mevsimsel olarak düzenli bir şekilde azalıp artmaktadır (Şekil 64).

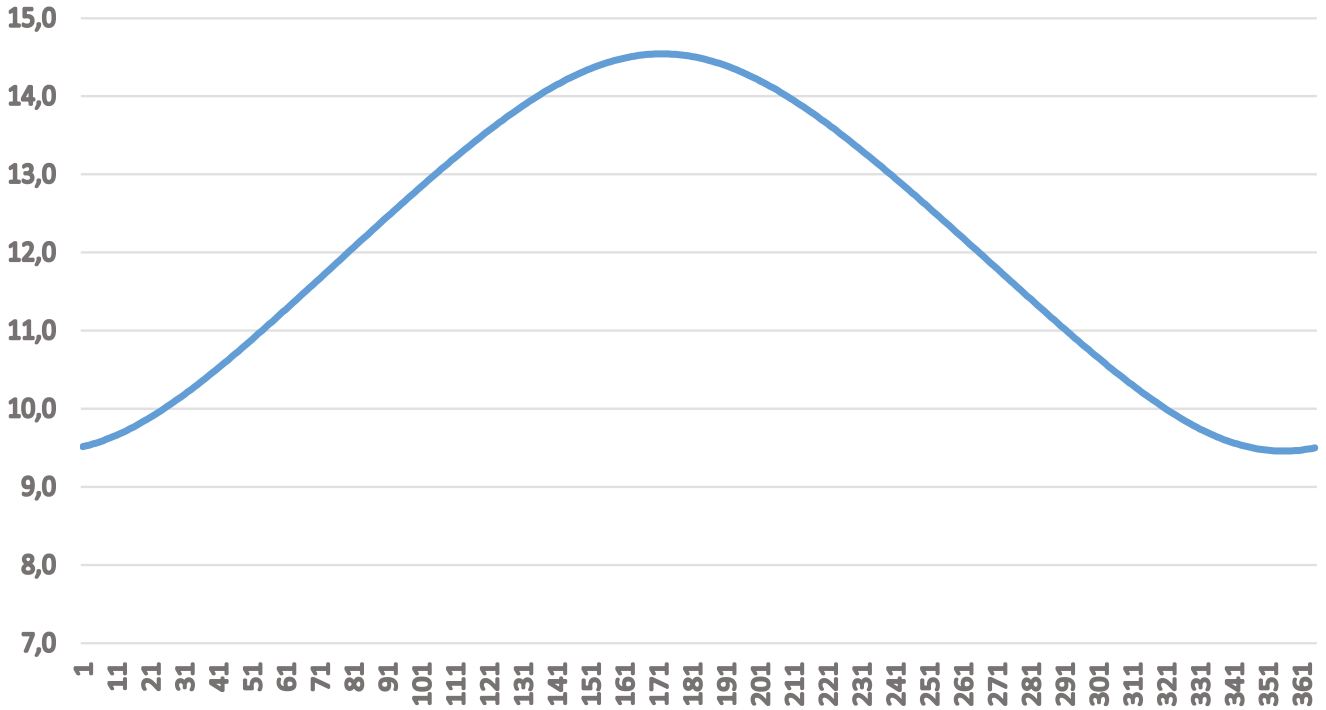
Çizelge 25: Kahramanmaraş açık gökyüzü teorik günlük güneşlenme süresi, saat/gün [96]

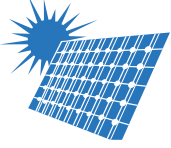
Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	9,5	10,2	11,2	12,5	13,6	14,4	14,5	13,9	12,8	11,7	10,5	9,7
2	9,5	10,2	11,3	12,5	13,6	14,4	14,5	13,9	12,8	11,6	10,5	9,6
3	9,5	10,3	11,3	12,5	13,6	14,4	14,5	13,8	12,8	11,6	10,4	9,6
4	9,5	10,3	11,4	12,6	13,7	14,4	14,5	13,8	12,7	11,6	10,4	9,6
5	9,6	10,3	11,4	12,6	13,7	14,4	14,5	13,8	12,7	11,5	10,4	9,6
6	9,6	10,4	11,4	12,7	13,7	14,4	14,4	13,7	12,6	11,5	10,3	9,6
7	9,6	10,4	11,5	12,7	13,8	14,5	14,4	13,7	12,6	11,4	10,3	9,6
8	9,6	10,4	11,5	12,7	13,8	14,5	14,4	13,7	12,6	11,4	10,3	9,5
9	9,6	10,5	11,5	12,8	13,8	14,5	14,4	13,6	12,5	11,4	10,2	9,5
10	9,6	10,5	11,6	12,8	13,8	14,5	14,4	13,6	12,5	11,3	10,2	9,5
11	9,7	10,6	11,6	12,8	13,9	14,5	14,4	13,6	12,5	11,3	10,2	9,5
12	9,7	10,6	11,7	12,9	13,9	14,5	14,4	13,5	12,4	11,2	10,1	9,5
13	9,7	10,6	11,7	12,9	13,9	14,5	14,3	13,5	12,4	11,2	10,1	9,5
14	9,7	10,7	11,7	13,0	14,0	14,5	14,3	13,5	12,3	11,2	10,1	9,5
15	9,7	10,7	11,8	13,0	14,0	14,5	14,3	13,4	12,3	11,1	10,1	9,5
16	9,8	10,7	11,8	13,0	14,0	14,5	14,3	13,4	12,3	11,1	10,0	9,5
17	9,8	10,8	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,4	12,2	11,1	10,0	9,5



Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18	9,8	10,8	11,9	13,1	14,1	14,5	14,2	13,3	12,2	11,0	10,0	9,5
19	9,8	10,8	11,9	13,1	14,1	14,5	14,2	13,3	12,1	11,0	9,9	9,5
20	9,9	10,9	12,0	13,2	14,1	14,5	14,2	13,3	12,1	10,9	9,9	9,5
21	9,9	10,9	12,0	13,2	14,1	14,5	14,2	13,2	12,1	10,9	9,9	9,5
22	9,9	11,0	12,1	13,3	14,2	14,5	14,2	13,2	12,0	10,9	9,9	9,5
23	9,9	11,0	12,1	13,3	14,2	14,5	14,1	13,2	12,0	10,8	9,8	9,5
24	10,0	11,0	12,1	13,3	14,2	14,5	14,1	13,1	12,0	10,8	9,8	9,5
25	10,0	11,1	12,2	13,4	14,2	14,5	14,1	13,1	11,9	10,8	9,8	9,5
26	10,0	11,1	12,2	13,4	14,3	14,5	14,1	13,1	11,9	10,7	9,8	9,5
27	10,1	11,2	12,3	13,4	14,3	14,5	14,0	13,0	11,8	10,7	9,7	9,5
28	10,1	11,2	12,3	13,5	14,3	14,5	14,0	13,0	11,8	10,7	9,7	9,5
29	10,1	0,0	12,3	13,5	14,3	14,5	14,0	12,9	11,8	10,6	9,7	9,5
30	10,2	0,0	12,4	13,5	14,3	14,5	13,9	12,9	11,7	10,6	9,7	9,5
31	10,2	0,0	12,4	0,0	14,4	0,0	13,9	12,9	0,0	10,5	0,0	9,5
4.395	303,7	299,3	355,4	377,8	420,3	420,5	427,5	401,6	355,6	332,5	291,3	285,2
11,8	9,8	10,7	11,8	13,0	14,0	14,5	14,2	13,4	12,3	11,1	10,0	9,5

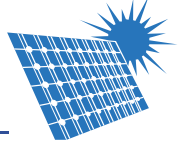
Şekil 63: Kahramanmaraş açık gökyüzü teorik güneşlenme süresi, saat/gün [96]



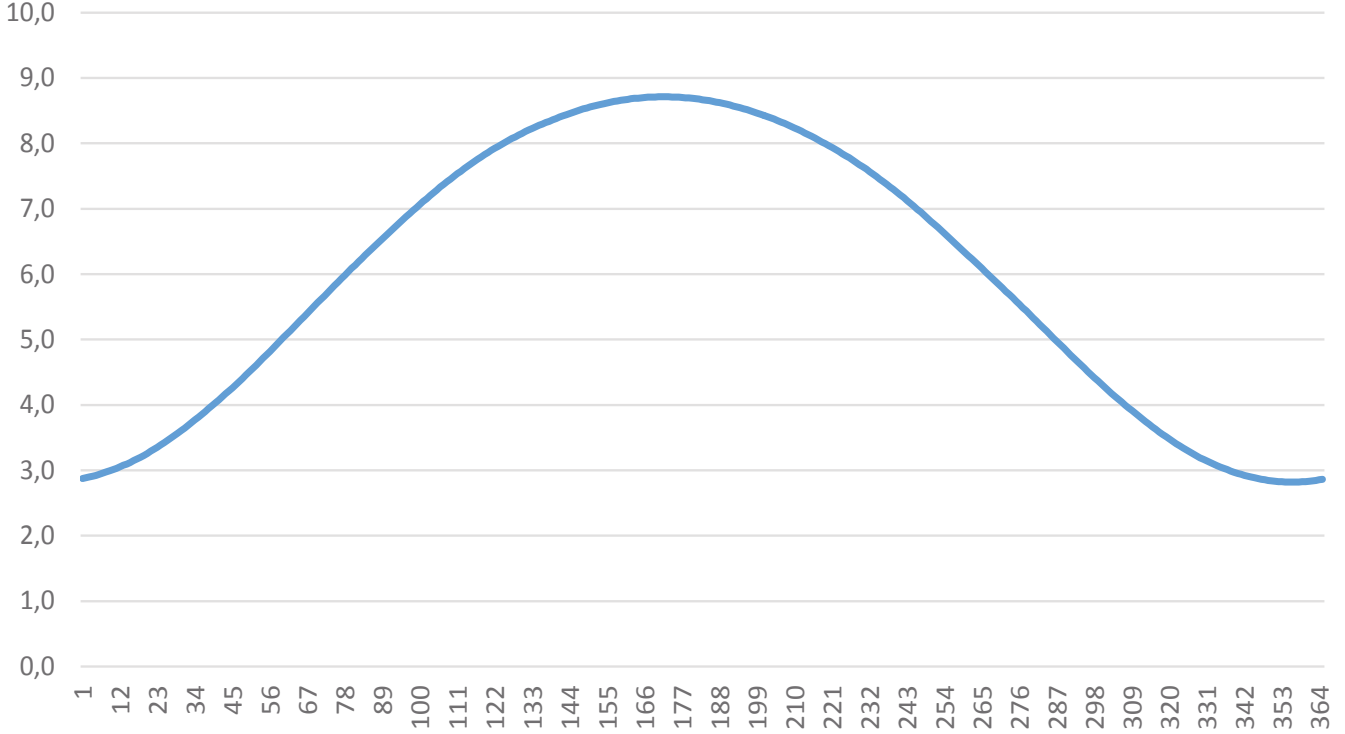


Çizelge 26: Kahramanmaraş Bird Clear Sky Modeline göre teorik günlük güneş ışıması, kWh/gün [97]

Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,9	3,7	5,0	6,6	7,9	8,6	8,7	8,2	7,1	5,6	4,1	3,0
2	2,9	3,7	5,1	6,7	7,9	8,6	8,7	8,1	7,0	5,6	4,0	3,0
3	2,9	3,8	5,1	6,7	8,0	8,6	8,7	8,1	7,0	5,5	4,0	3,0
4	2,9	3,8	5,2	6,8	8,0	8,6	8,6	8,1	6,9	5,5	4,0	3,0
5	2,9	3,9	5,2	6,8	8,0	8,6	8,6	8,0	6,9	5,4	3,9	3,0
6	2,9	3,9	5,3	6,9	8,0	8,6	8,6	8,0	6,9	5,4	3,9	3,0
7	3,0	3,9	5,3	6,9	8,1	8,6	8,6	8,0	6,8	5,3	3,8	2,9
8	3,0	4,0	5,4	7,0	8,1	8,7	8,6	8,0	6,8	5,3	3,8	2,9
9	3,0	4,0	5,5	7,0	8,1	8,7	8,6	7,9	6,7	5,2	3,7	2,9
10	3,0	4,1	5,5	7,1	8,2	8,7	8,6	7,9	6,7	5,2	3,7	2,9
11	3,0	4,1	5,6	7,1	8,2	8,7	8,6	7,9	6,6	5,1	3,7	2,9
12	3,1	4,2	5,6	7,2	8,2	8,7	8,6	7,8	6,6	5,1	3,6	2,9
13	3,1	4,2	5,7	7,2	8,2	8,7	8,5	7,8	6,5	5,0	3,6	2,9
14	3,1	4,3	5,7	7,2	8,3	8,7	8,5	7,8	6,5	5,0	3,6	2,9
15	3,1	4,3	5,8	7,3	8,3	8,7	8,5	7,7	6,4	4,9	3,5	2,8
16	3,1	4,4	5,8	7,3	8,3	8,7	8,5	7,7	6,4	4,9	3,5	2,8
17	3,2	4,4	5,9	7,4	8,3	8,7	8,5	7,7	6,3	4,8	3,4	2,8
18	3,2	4,5	5,9	7,4	8,3	8,7	8,5	7,6	6,3	4,8	3,4	2,8
19	3,2	4,5	6,0	7,5	8,4	8,7	8,4	7,6	6,2	4,7	3,4	2,8
20	3,3	4,6	6,0	7,5	8,4	8,7	8,4	7,6	6,2	4,7	3,3	2,8
21	3,3	4,6	6,1	7,5	8,4	8,7	8,4	7,5	6,1	4,6	3,3	2,8
22	3,3	4,7	6,1	7,6	8,4	8,7	8,4	7,5	6,1	4,6	3,3	2,8
23	3,4	4,7	6,2	7,6	8,4	8,7	8,4	7,5	6,0	4,5	3,2	2,8
24	3,4	4,8	6,2	7,6	8,5	8,7	8,3	7,4	6,0	4,5	3,2	2,8
25	3,4	4,8	6,3	7,7	8,5	8,7	8,3	7,4	5,9	4,4	3,2	2,8
26	3,5	4,9	6,3	7,7	8,5	8,7	8,3	7,3	5,9	4,4	3,2	2,8
27	3,5	4,9	6,4	7,8	8,5	8,7	8,3	7,3	5,8	4,3	3,1	2,8
28	3,5	5,0	6,4	7,8	8,5	8,7	8,3	7,3	5,8	4,3	3,1	2,8
29	3,6		6,5	7,8	8,5	8,7	8,2	7,2	5,7	4,2	3,1	2,8
30	3,6		6,5	7,9	8,6	8,7	8,2	7,2	5,7	4,2	3,1	2,9
31	3,6		6,6		8,6		8,2	7,1		4,1		2,9
2.174	98,8	120,5	175,4	211,9	248,6	251,7	254,0	230,1	184,8	145,4	101,7	86,3
6,0	3,2	4,3	5,8	7,3	8,3	8,7	8,5	7,7	6,4	4,8	3,5	2,9

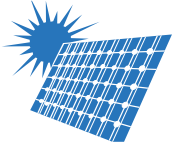


Şekil 64: Kahramanmaraş açık gökyüzü teorik güneş ışıması potansiyeli, kWh/gün [97]



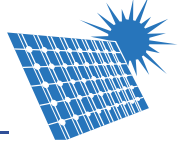
5.8.4. Kahramanmaraş'ın saha güneş enerjisi potansiyeli

Kahramanmaraş Meteoroloji Müdürlüğü rasat parkında 1985-2015 arası çalıştırılan helyograf (Şekil 37-a) ölçümlerine dayanan 30 yıllık güneşlenme süresi ölçüm sonuçlarının ortalama değerlerine göre Kahramanmaraş'ın 365 günlük periyotta ortalama günlük güneşlenme süresi 7,5 saat, yıllık ise 2738 saat/yıl'dır (Çizelge 27). Bu değerler, GEPA (Bkz.B:5.2) başta olmak üzere diğer tüm potansiyel hesaplama araçlarıyla karşılaştırıldığında oldukça düşük kalmaktadır. Aradaki bu ciddi farkın ana sebebi ölçüm cihazına düşen gölgelenme etkisidir. Şehir merkezinde kalmış bütün meteoroloji istasyonlarının ortak handikapı çevrelerini saran binaların ve ağaçların denetimsiz yükselişidir. Bu duruma mani olabilecek herhangi bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. İkinci sebep de mekanik birer cihaz olan helyograf ve aktinografin zamanla yetenek ve hassasiyetlerini yitirmeleridir. Servise alındıkları ilk zamanlardaki hızlı ve hassas tepki verme özellikleri yaşlanmayla birlikte azalmaktadır. İlgili periyotta meteorolojik ölçüm cihazlarına kalibrasyon uygulaması yapılmadığı da düşünüldüğünde, güneşlenme süresi ve güneş ışıması gibi parametrelerde eksik ölçüm alınması sorunları yaşanabilmektedir. Nitekim kış ile ilkbahar ve sonbahar aylarının güneşlenme sürelerinde olması beklenen artış gözlemlenememekte, yaz aylarındaki aşırı düşük değerler de ortalamanın düşük çıkmasına neden olmaktadır (Şekil 65).

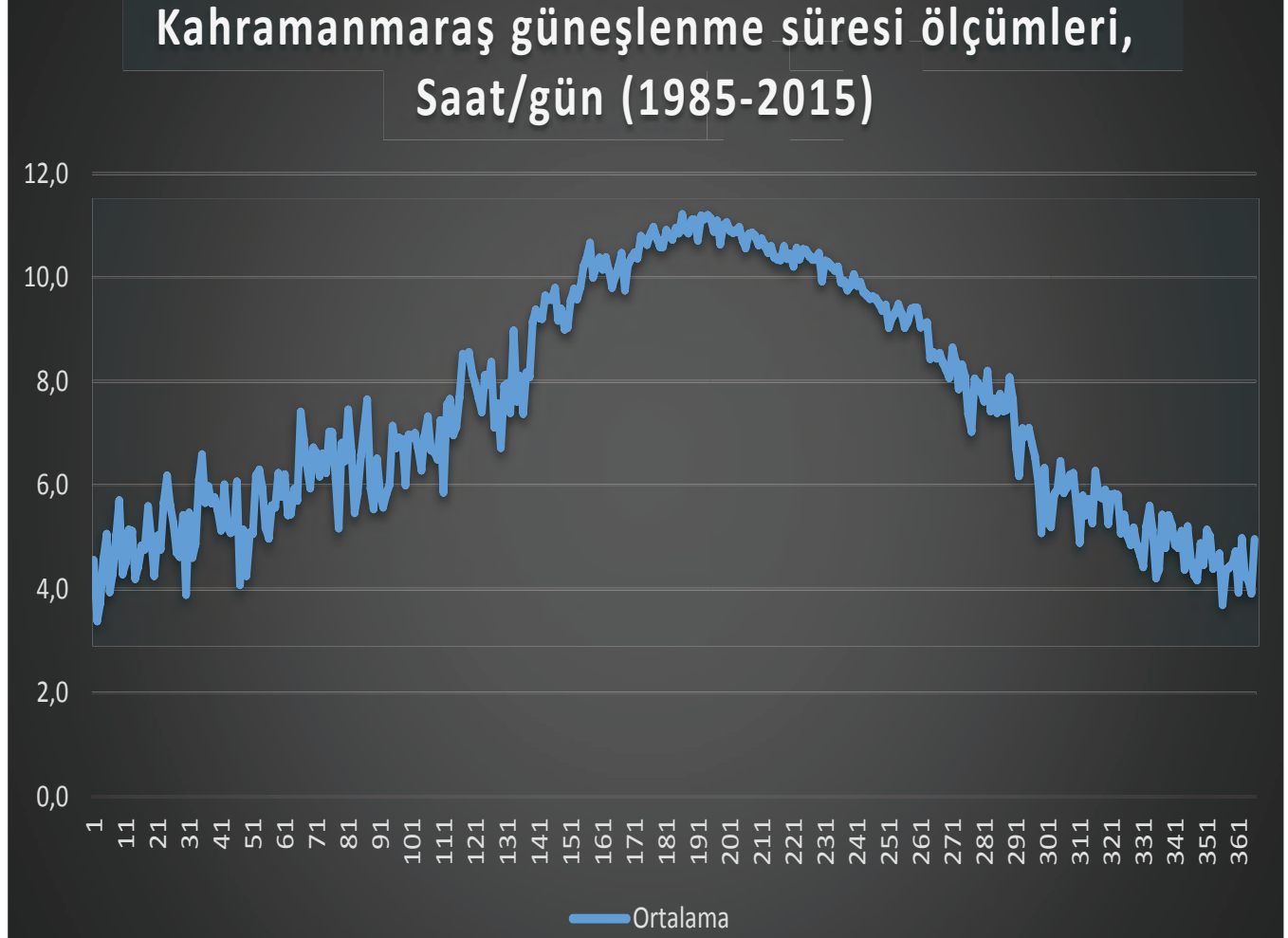


Çizelge 27: Kahramanmaraş güneşlenme süresi ölçümleri, Saat/gün (1985-2015)

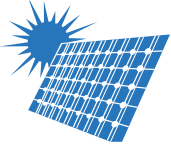
Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4,6	4,6	6,2	5,6	7,7	9,6	10,8	10,6	9,6	8,1	5,9	4,4
2	3,4	4,9	5,4	5,8	7,4	9,8	10,9	10,4	9,6	7,4	6,0	5,4
3	3,7	6,1	5,5	6,0	8,1	10,2	10,9	10,4	9,6	7,1	6,2	4,8
4	4,6	6,6	5,9	7,1	8,0	10,4	11,2	10,4	9,5	8,0	6,2	5,4
5	5,1	5,7	5,7	6,7	8,4	10,7	10,9	10,6	9,4	8,0	5,7	5,2
6	4,0	6,0	7,4	6,9	7,1	10,0	10,9	10,4	9,5	7,8	4,9	4,9
7	4,3	5,7	6,9	6,9	7,6	10,2	11,1	10,4	9,1	7,6	5,8	4,8
8	5,0	5,8	6,4	6,0	6,7	10,4	11,1	10,2	9,2	8,2	5,4	5,1
9	5,7	5,5	6,0	7,0	7,9	10,2	10,7	10,6	9,3	7,4	5,7	4,4
10	4,3	5,2	6,7	6,9	8,0	10,4	11,2	10,4	9,5	7,7	5,3	5,2
11	4,5	6,0	6,6	7,0	7,4	10,1	11,1	10,5	9,3	7,4	6,3	4,5
12	5,1	5,2	6,2	6,7	9,0	9,8	11,2	10,5	9,1	7,8	5,8	4,3
13	5,1	5,1	6,6	6,3	7,6	10,0	11,1	10,4	9,2	7,4	5,8	4,2
14	4,2	5,1	6,3	7,0	8,1	10,2	10,9	10,4	9,4	7,5	5,9	4,9
15	4,4	6,1	7,0	7,3	7,4	10,5	11,1	10,4	9,4	8,1	5,3	4,5
16	4,8	4,1	7,0	6,7	8,2	9,8	10,7	10,5	9,4	7,7	5,8	5,1
17	4,8	5,1	6,1	6,7	8,1	10,3	11,0	9,9	9,1	6,7	5,8	5,0
18	5,6	4,3	5,2	6,5	9,2	10,4	11,1	10,3	9,1	6,2	5,8	4,4
19	5,0	5,1	6,8	7,2	9,4	10,5	10,9	10,3	9,1	7,1	5,1	4,5
20	4,3	5,1	6,5	5,9	9,2	10,4	10,9	10,2	8,5	7,0	5,4	4,7
21	5,0	6,2	7,4	7,5	9,2	10,8	10,9	10,2	8,6	7,1	5,0	3,7
22	4,8	6,3	6,6	7,7	9,6	10,7	11,0	10,2	8,5	6,8	4,9	4,4
23	5,7	6,0	5,5	7,0	9,6	10,7	10,7	9,9	8,5	6,6	5,2	4,4
24	6,2	5,2	5,8	7,1	9,6	10,8	10,6	9,9	8,4	6,0	4,9	4,5
25	5,6	5,0	6,6	7,7	9,8	11,0	10,8	9,8	8,2	5,1	4,7	4,7
26	5,3	5,6	7,1	8,5	9,2	10,8	10,9	9,9	8,1	6,3	4,4	4,0
27	4,7	5,6	7,6	8,5	9,4	10,6	10,8	10,1	8,6	5,3	5,2	5,0
28	4,6	6,2	5,9	8,6	9,0	10,6	10,6	9,9	8,4	5,2	5,6	4,3
29	5,4	5,8	5,6	8,2	9,1	10,9	10,7	9,9	7,9	5,8	5,1	4,2
30	3,9		6,5	7,9	9,6	10,8	10,6	9,7	8,3	5,9	4,2	3,9
31	5,5		5,9		9,8		10,5	9,7		6,5		5,0
2.738	149,1	158,9	197,0	210,9	264,1	311,4	337,8	316,7	269,1	216,6	163,2	143,7
7,5	4,8	5,5	6,4	7,0	8,5	10,4	10,9	10,2	9,0	7,0	5,4	4,6



Şekil 65: Kahramanmaraş güneşlenme süresi ölçümleri, Saat/gün (1985-2015)

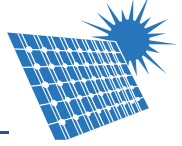


Kahramanmaraş Meteoroloji Müdürlüğü rasat parkında çalıştırılan aktinograf (Şekil 37-b) ile alınan 30 yıllık (1985-2015) global güneş radyasyon veya güneş ışıma şiddeti değerlerinin günlük ortalaması 4,4 kWh/m², yıllık toplamı ise 1611 kWh/m²—yıl çıkmaktadır (Çizelge 28). Bölüm (3.7)'de açıklandığı üzere küresel güneş ışıma ölçümlerinin de son 30 yılda dalgalı bir seyir tespit edilmiştir.

Çizelge 28: Kahramanmaraş MGM ortalama küresel güneş ışıması, kWh/m², 1985-2015

Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,6	2,4	3,3	4,0	5,6	6,7	7,3	6,8	5,9	4,2	2,7	1,9
2	1,3	2,3	3,4	3,8	5,5	6,7	7,4	6,7	5,9	4,0	2,6	1,8
3	1,4	2,3	3,4	4,6	5,9	7,0	7,2	6,7	5,8	4,2	2,6	1,8
4	1,5	2,6	3,6	4,8	6,0	6,9	7,4	6,6	5,7	4,4	2,6	1,9
5	1,3	2,6	3,3	5,0	5,8	7,1	7,4	6,7	5,7	4,2	2,6	1,8
6	1,5	2,3	3,5	4,8	5,7	7,0	7,3	6,5	5,7	4,0	2,4	1,8
7	1,7	2,3	3,6	4,7	5,7	6,9	7,2	6,5	5,4	4,1	2,5	1,6
8	1,9	2,4	3,4	4,6	5,3	7,0	7,3	6,4	5,6	4,3	2,4	1,5
9	2,0	2,5	3,7	4,9	6,0	6,9	7,2	6,5	5,7	4,0	2,3	1,4
10	1,8	2,6	3,9	5,2	5,8	7,2	7,4	6,4	5,6	4,0	2,3	1,7
11	2,0	2,7	3,8	5,1	5,7	7,0	7,3	6,5	5,6	3,9	2,8	1,7
12	2,2	2,7	4,2	5,1	6,4	6,9	7,4	6,4	5,4	4,0	2,8	1,5
13	2,0	2,4	4,0	4,5	5,8	7,0	7,3	6,4	5,3	3,9	2,6	1,5
14	2,0	2,1	4,0	4,8	5,8	7,0	7,2	6,3	5,5	3,8	2,4	1,7
15	2,0	2,6	4,0	4,9	5,8	7,0	7,2	6,3	5,4	3,7	2,2	1,5
16	2,1	2,5	4,2	4,7	6,1	6,9	7,1	6,4	5,4	3,7	2,5	1,4
17	2,2	2,7	4,1	4,8	6,0	6,9	7,2	6,1	5,1	3,3	2,2	1,6
18	1,9	2,4	3,7	4,4	6,4	7,1	7,2	6,2	5,3	3,0	2,1	1,5
19	2,0	2,2	3,9	5,0	6,7	7,2	7,0	6,2	5,2	3,4	2,0	1,6
20	1,7	2,9	4,1	4,8	6,6	7,1	7,1	6,2	5,1	3,4	1,8	1,6
21	1,8	3,1	4,0	5,2	6,7	7,2	7,0	6,2	5,0	3,4	1,8	1,6
22	1,9	3,0	4,1	5,6	6,8	7,3	7,0	6,2	5,0	3,2	2,2	1,7
23	1,9	3,2	3,7	5,3	6,6	7,4	7,0	6,1	4,8	3,3	2,3	1,4
24	2,3	2,4	3,8	5,2	6,6	7,4	6,9	6,0	4,9	3,0	2,0	1,5
25	2,1	2,9	4,4	5,4	6,8	7,4	7,0	6,0	4,8	3,0	1,9	1,5
26	2,4	3,1	4,8	5,8	6,3	7,3	6,9	5,9	4,8	3,1	2,0	1,5
27	2,0	3,4	4,9	5,8	6,4	7,2	6,8	6,0	4,8	2,9	1,9	1,6
28	2,0	3,6	4,2	5,9	6,5	7,1	6,8	5,9	4,7	2,5	1,9	1,4
29	2,1	2,9	3,9	5,6	6,5	7,4	6,8	6,1	4,5	2,6	1,9	1,5
30	1,7	0,0	4,1	5,7	6,6	7,2	6,8	6,0	4,6	2,7	1,7	1,8
31	1,9	0,0	4,5	0,0	6,6	0,0	6,8	5,9	0,0	2,9	0,0	1,8
1.611	57,9	77,0	121,5	150,1	190,6	212,4	220,8	195,0	158,0	110,0	68,1	50,1
4,4	1,9	2,7	3,9	5,0	6,1	7,1	7,1	6,3	5,3	3,5	2,3	1,6

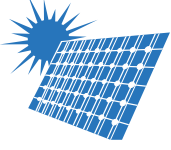
Küresel güneş ışıması günlük ölçümlerinin maksimumlarından elde edilen veri setine göre ise değerlerinin günlük ortalaması 5,7 kWh/m², yıllık toplamı ise 2073 kWh/m²—yıl çıkmaktadır (Çizelge 29). Ayrıca meteorolojik ölçümlerinin işlendiği ilgili bölümde de (Bkz.B:3) açıklandığı üzere % 10'luk bir düzeltme katsayısı uygulama gerekecektir.



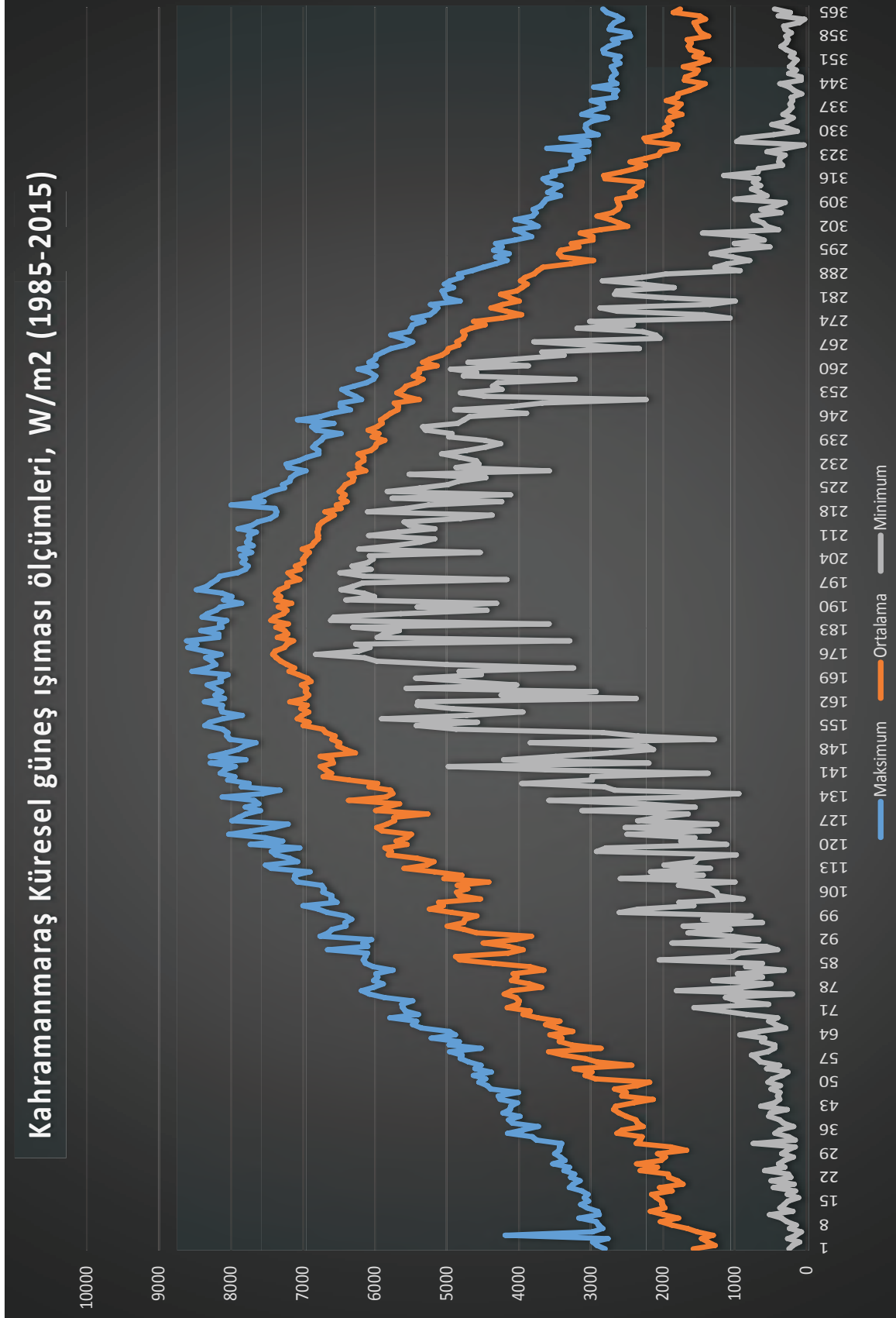
Çizelge 29: Kahramanmaraş MGM maksimum küresel güneş ışıması, kWh/m², 1985-2015

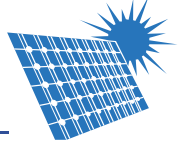
Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,8	3,4	5,0	6,0	7,5	8,0	8,4	7,7	7,1	5,5	3,8	3,0
2	2,9	3,8	4,8	6,8	8,0	8,1	8,1	7,6	6,8	5,2	3,8	2,8
3	3,0	3,8	5,2	6,6	7,7	8,4	8,2	7,5	6,6	5,2	3,7	2,8
4	2,8	4,2	4,9	6,6	7,4	8,3	8,1	7,4	6,3	5,1	3,7	3,0
5	4,2	3,9	5,0	6,4	7,2	8,1	8,4	7,4	6,5	5,2	3,6	2,7
6	3,0	3,7	5,4	6,4	8,0	7,8	8,3	7,4	6,5	4,8	3,4	2,7
7	2,8	4,1	5,5	6,3	7,9	8,1	8,2	8,0	6,2	5,0	3,6	2,6
8	2,9	4,1	5,4	6,4	7,8	8,1	8,1	7,5	6,3	5,0	3,5	3,0
9	2,9	4,0	5,8	6,7	7,6	8,1	7,9	7,7	6,4	5,1	3,4	2,6
10	3,2	4,2	5,4	6,8	7,8	8,4	8,1	7,5	6,5	4,9	3,6	2,7
11	2,9	4,1	5,6	7,0	7,6	8,1	8,0	7,4	6,3	5,0	3,7	2,7
12	2,9	4,1	5,6	6,5	7,7	8,2	8,1	7,3	6,1	5,0	3,5	2,7
13	3,0	4,0	5,6	6,6	8,1	8,1	8,5	7,3	6,0	4,8	3,5	2,7
14	3,1	4,3	5,5	6,6	7,6	8,2	8,3	7,2	6,0	4,8	3,3	2,7
15	3,0	4,3	5,9	6,7	7,3	8,3	8,3	7,2	6,1	4,6	3,3	2,6
16	3,1	4,0	6,1	6,7	7,9	8,1	8,2	7,1	6,2	4,5	3,3	2,7
17	3,0	4,4	6,2	6,7	7,8	8,1	8,2	7,0	6,0	4,3	3,1	2,6
18	3,1	4,4	6,0	7,1	8,0	8,0	7,9	7,2	6,1	4,2	3,2	2,8
19	3,3	4,6	5,9	7,1	7,9	8,5	7,8	7,2	6,0	4,3	3,0	2,8
20	3,2	4,5	6,0	7,1	8,1	8,3	7,8	7,1	6,0	4,1	3,6	2,8
21	3,2	4,6	6,0	6,9	8,1	8,2	7,8	6,9	5,9	4,3	3,0	2,6
22	3,3	4,4	6,0	7,4	7,9	8,3	7,8	6,8	5,8	4,2	3,0	2,7
23	3,2	4,6	5,8	7,5	8,3	8,3	7,9	6,8	5,6	4,3	3,4	2,5
24	3,4	4,5	6,0	7,1	7,8	8,1	7,7	6,9	5,5	4,1	2,9	2,5
25	3,3	4,7	6,1	7,2	8,3	8,4	7,9	6,8	5,6	3,8	3,0	2,7
26	3,5	4,8	6,2	7,4	8,1	8,6	7,7	6,7	5,8	3,9	3,1	2,7
27	3,4	4,8	6,1	7,4	7,9	8,5	7,8	6,7	5,5	4,1	3,1	2,7
28	3,4	5,0	6,1	7,0	7,8	8,6	7,7	6,5	5,5	3,7	3,0	2,6
29	3,5	4,5	6,7	7,7	7,7	8,2	7,8	6,8	5,5	3,8	2,8	2,6
30	3,4	0,0	6,1	7,3	8,0	8,2	7,7	6,9	5,3	4,0	3,1	2,8
31	3,4	0,0	6,2	0,0	8,1	0,0	7,9	6,6	0,0	3,8	0,0	2,8
2.073	98,3	123,8	177,8	206,2	242,8	247,1	248,4	221,9	181,7	141,0	100,1	84,2
5,7	3,2	4,3	5,7	6,9	7,8	8,2	8,0	7,2	6,1	4,5	3,3	2,7

Kahramanmaraş'ın 30 yıllık periyot için, maksimum, ortalama ve minimum değerlerden oluşturulan günlük bazda güneş ışıması yıllık veri setlerinin genel görünümü, iklimsel değişkenliğin yıldan yıla ne kadar büyük boyutta olabileceğinin güzel bir göstergesidir (Şekil 66).



Şekil 66: Kahramanmaraş Küresel güneş ışıması ölçümlerinin maksimum, ortalama ve minimum serileri



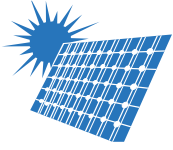


5.9. Kahramanmaraş'ın Uygulama Güneş Enerjisi Potansiyeli

Tüm kaynak ve yöntemlerden edinilen sonuçlar doğrultusunda bir noktanın veya bir bölgenin FV güneş elektriki potansiyelinden sayısal ifadelerle kati olarak bahsetmek mümkün olmasa da, referans kabul edilebilecek bir ifade de bulunulabilir. Meteorolojik ve iklimsel koşullara bağlı olarak bu sonuçta yıldan yıla salınım görülebilir. Yukarıda farklı tür kaynaklar, tek tek detaylıca incelenmiş ve Kahramanmaraş'a uygunlukları ve/veya uygunsuzlukları ışığında elde edilen sonuçlar derlenmiştir. (Çizelge 30).

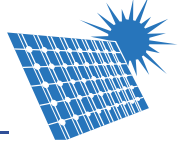
Bu sonuçlardan yatırımcı, karar verici, bürokrat, mevzuat düzenleyen, girişimci, akademisyen, araştırmacı vb sıfatlarla anılan tüm FV güneş elektriki ilgilileri için kullanışlı bir veri seti, oluşturulmaya çalışılmıştır. Tüm bu kaynaklar harmanlanarak oluşturulan veri seti baz bir senaryoyu yararlanıcılara gösterebilmeyi hedeflemektedir. 2010 yılında yayınlanan ve güneş atlaslarının performanslarının da değerlendirildiği çalışmada, FV sistemlerin elektrik üretimleri güneş atlaslarında sunulan değerlerden % 10 daha fazla çıkmaktadır [5]. Yerli bir firma tarafından Gaziantep'te üretime alınan, DC gücü 1040 kWp, AC gücü 1000 kW olan FV GES'in son 1 yıllık üretimi 1.820.000 kWh'e ulaşmıştır. 12 ayrı hesaplama (Çizelge 30) ile elde edilen değerlerin ortalamalarına, bu tecrübelerle dayanarak % 10'luk bir pay da eklenip, Kahramanmaraş için yatay yüzeyde yıllık ortalama küresel güneş ışıması 1873 kWh/m²-yıl olarak belirlenmiştir. Günlük bazda incelendiğinde Ekim – Nisan arasında günlük 2 kWh/m²'ye kadar düşen güneş ışıması Mayıs – Eylül arasında 4 katı kadar artarak günlük 8 kWh/m²'ye kadar yükselmektedir. (Çizelge 31). Özellikle yaz aylarında elektrik tüketimi yükselen ev ve işyerleri için FV GES uygulamaları oldukça verimli olacaktır. Nitekim tarımsal faaliyetlerin ve tarım ürünü işlemenin yoğun olduğu yaz aylarında FV GES üretimi de üst seviyededir. Yine ev, işyeri ve otel gibi klima ile havalandırmanın ihtiyaç duyulduğu yerlerde de elektrik talebi bu dönemde en üst seviyededir. Bu tip yerler için de FV GES kullanımı maksimum verim sağlayacaktır. Gün ve yıl içerisindeki fazla üretimin şebekede depo edilebilmesi ve dönem sonlarındaki mahsuplaşma sayesinde bölgedeki tüm elektrik tüketicilerin benzer tesisleri kurmaları teknik ve ekonomik açıdan yararlı görülmektedir.

GEPA'yı kaynak ve yöntem olarak esas alan ETKB'nin 2011 tarihli "Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Bağlanabileceği Trafo Merkezleri ve Kapasiteleri" duyurusundaki eşiğin, yalnızca Mardin, Karaman, Antalya, Van, Burdur, Mersin, Niğde ve Muğla gibi 8 il tarafından aşılabildiği ve duyuruda FV güneş elektriki yatırımı yapılabileceği bildirilen 28 ilin hiç birisinin 1620 kWh/m²-yıl eşiğini aşamadığı unutulmamalıdır.



Çizelge 30: Farklı kaynak ve farklı yöntemlere göre Kahramanmaraş'ın uygulamaya yönelik güneş enerjisi potansiyeli

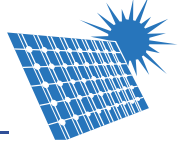
Veri kaynağı	Güneşlenme süresi, Saat/yıl	Güneş ışıması, kWh/m ² -yıl
NASA, Bird,	4395 (Açık gökyüzü)	2.174 (Teorik)
GEPA	2924 (Türkiye'de en yüksek 22.)	1611 (Türkiye'de en yüksek 13.)
		1800 (Dağlık alanlarda)
PVGIS		1856
		2098 (31° açıyla FV yüzey)
HelioClim		1785 (2005 yılı)
		1792 (2006 yılı)
NASA SSE	4452 (Açık gökyüzü)	1702 (ortalama)
		1862 (37° açıyla FV yüzey)
		2144 (Açık gökyüzü)
SOLARGIS		1750
		1859
Global Solar Atlas		20116 (32° açıyla FV yüzey)
		1571 kWh/kWp
DMİ-EİE, 1983	2956	1390 (Akdeniz Bölgesi)
		1387
DMİ, CAR modeli, 2009	2600	1650
DMİ, GWR modeli, 2009		>1625
MGM, 1985-2015	2738 (Ortalama)	829 (Minimum)
		1611 (Ortalama)
		2073 (Maksimum)
12 veri ortalaması		1702 kWh/m ² -yıl
Referans Senaryo (Saha tecrübelerinden % 10 artırımlı)		1873 kWh/m ² -yıl



Çizelge 31: Kahramanmaraş için referans FV GES projelendirme senaryosuna esas küresel güneş ışıması, kWh/m²

Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,8	2,4	3,7	5,0	6,5	7,6	8,4	7,9	6,9	5,3	3,2	2,2
2	1,8	2,4	3,7	5,1	6,6	7,7	8,4	7,8	6,8	5,2	3,2	2,2
3	1,8	2,5	3,8	5,1	6,7	7,8	8,4	7,8	6,8	5,1	3,1	2,2
4	1,8	2,5	3,9	5,1	6,7	7,8	8,4	7,8	6,8	5,0	3,1	2,1
5	1,8	2,6	3,9	5,1	6,6	7,9	8,4	7,7	6,7	5,0	3,0	2,1
6	1,8	2,6	3,9	5,2	6,6	7,9	8,5	7,7	6,7	4,9	3,0	2,1
7	1,8	2,6	3,9	5,3	6,6	8,0	8,4	7,7	6,6	4,9	3,0	2,0
8	1,8	2,7	4,1	5,4	6,6	8,1	8,5	7,6	6,6	4,8	2,9	2,0
9	1,8	2,8	4,1	5,5	6,7	8,1	8,5	7,6	6,6	4,8	2,9	2,0
10	1,9	2,9	4,2	5,7	6,8	8,1	8,5	7,5	6,5	4,8	2,9	1,9
11	2,0	2,9	4,3	5,6	6,7	8,1	8,5	7,5	6,5	4,7	2,9	1,9
12	2,1	2,9	4,3	5,7	6,7	8,1	8,5	7,5	6,4	4,7	2,9	1,9
13	2,1	2,8	4,4	5,6	6,7	8,1	8,4	7,4	6,4	4,6	2,9	1,9
14	2,2	2,8	4,5	5,6	6,8	8,1	8,4	7,4	6,4	4,6	2,9	1,8
15	2,3	2,9	4,6	5,6	6,8	8,1	8,4	7,4	6,3	4,5	2,8	1,8
16	2,3	2,9	4,6	5,6	6,9	8,1	8,4	7,4	6,3	4,3	2,8	1,8
17	2,3	2,9	4,6	5,6	7,0	8,1	8,4	7,3	6,2	4,2	2,8	1,8
18	2,3	2,9	4,6	5,6	7,1	8,1	8,3	7,3	6,2	4,2	2,7	1,8
19	2,3	2,9	4,7	5,6	7,2	8,1	8,3	7,3	6,1	4,1	2,6	1,8
20	2,3	3,0	4,6	5,7	7,2	8,2	8,3	7,2	6,1	4,0	2,5	1,8
21	2,3	3,0	4,6	5,7	7,3	8,2	8,2	7,2	6,0	4,0	2,5	1,8
22	2,3	3,1	4,6	5,8	7,4	8,3	8,2	7,2	5,9	3,9	2,4	1,8
23	2,3	3,1	4,6	5,8	7,5	8,3	8,2	7,1	5,9	3,8	2,4	1,8
24	2,3	3,2	4,7	6,0	7,6	8,4	8,1	7,1	5,8	3,7	2,4	1,8
25	2,3	3,2	4,8	6,1	7,6	8,4	8,1	7,1	5,8	3,7	2,3	1,8
26	2,3	3,3	4,8	6,3	7,6	8,4	8,1	7,0	5,7	3,6	2,3	1,8
27	2,3	3,5	4,9	6,3	7,6	8,4	8,0	7,0	5,6	3,5	2,3	1,8
28	2,3	3,6	4,9	6,4	7,6	8,4	8,0	7,0	5,5	3,4	2,3	1,8
29	2,3	3,6	4,9	6,5	7,6	8,5	8,0	7,0	5,4	3,4	2,3	1,8
30	2,3		4,9	6,4	7,6	8,5	7,9	6,9	5,3	3,3	2,2	1,8
31	2,4		4,9		7,6		7,9	6,9		3,2		1,8
1.873	66	85	137	170	219	244	257	228	187	133	82	65
5,1	2,1	2,9	4,4	5,7	7,1	8,1	8,3	7,4	6,2	4,3	2,7	2,1

B. KAHRAMANMARAŞ'IN FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ FİZİBİLİTESİ



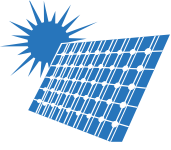
6. KAHRAMANMARAŞ'IN FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİNE YAPISAL UYGUNLUĞU

6.1. Elektriksel Alt Yapı ve Trafo Merkezleri

Kahramanmaraş enerji iletim hatları bakımından TEİAŞ 17. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü sorumluluğundadır. Güneydoğu'da kurulu termik ve hidroelektrik santrallerinin elektrik üretimlerini hem yerel yerleşimler ile İsdemir gibi büyük sanayi tesislerine hem de Akdeniz'e ve iç kesimlere ulaştıran iletim hatları bölgeyi kat etmektedirler (Şekil 67).

Şekil 67: TEİAŞ Türkiye elektrik (enterkonnekte) iletim sistemi, 2004

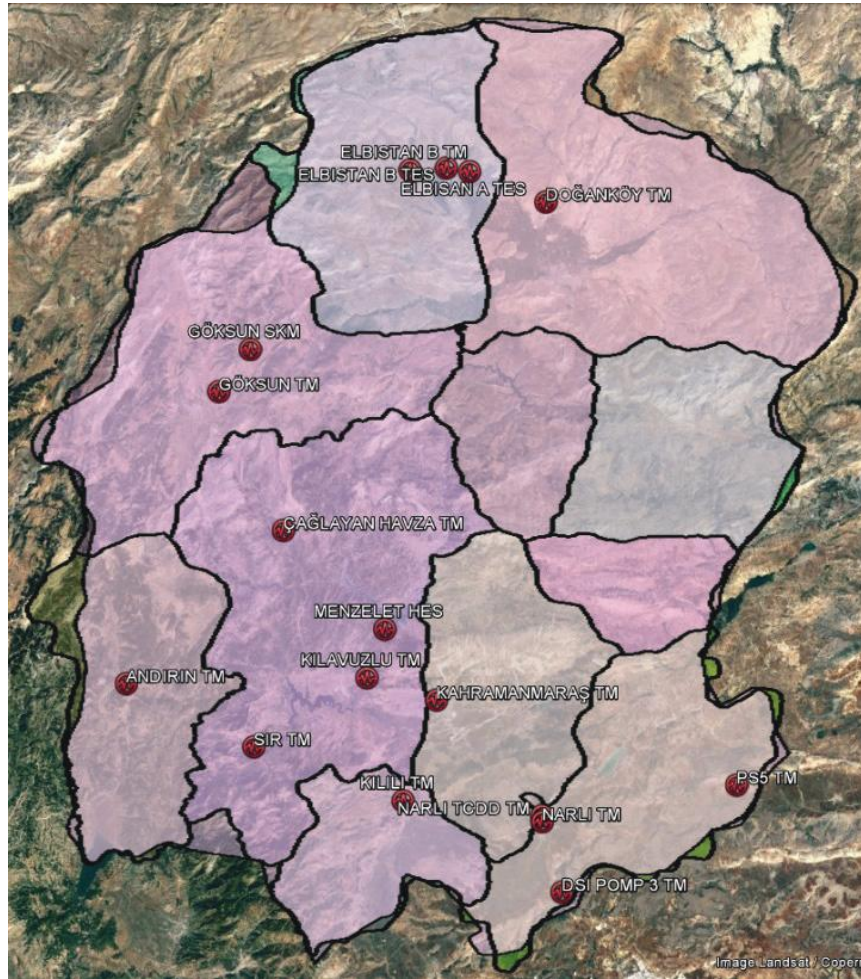




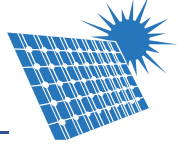
TEİAŞ'ın gelecek yatırımlarına yön vermesi amacıyla hazırladığı, 2016 - 2026 dönemini kapsayan elektrik sistemi bölgesel bağlanabilir üretim kapasitelerini gösteren Türkiye İletim Sistemi Bağlantı Kapasitesi Raporu'na göre 2021'e kadar 14.400 MW; 2026'ya kadar 9.500 MW'lık bir kapasite beklentisi söz konusudur. Bunun yanında yenilenebilir ve yerli kaynak elektrik üretim santrallerinin açıklanan bağlanabilir kapasite miktarlarının dışında değerlendirileceği unutulmamalıdır. Kapasite analizi sonuçlarına göre Kahramanmaraş'ı içine alan 13. Bölge mevcut iletim yatırımları ile üretim yatırımına uygundur. 13. Bölge'de 2016 yaz puant saatinde talep 3293 MW iken, 2021'de % 32 artışla 4239 MW; 2026'da % 64 artışla 5152 MW'a olması beklenmektedir [98].

Mevcut durumda ise Kahramanmaraş'ta 16 tane TEİAŞ tarafından işletilen Trafo Merkezi (TM) bulunmaktadır (Şekil 68).

Şekil 68: Kahramanmaraş TEİAŞ trafo merkezleri



Kahramanmaraş'a Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'ne göre kayıtlı 48 tane üretim lisansı, 2 tane de OSB Dağıtım Lisansı, 3 tane tedarik lisansı, 1 tane de dağıtım lisansı bulunmaktadır. Elektrik üretimine dair lisans almış tesis sayısı, kurulu güçleri, öngörülen üretim miktarları ise EPDK verilerine göre Mayıs 2017 itibarıyla Çizelge 32'de gösterilmiştir. Toplam 61 tesis içerisinde güneş kaynaklı elektrik üretim lisansı bulunmamaktadır. Ancak 29.12.2016-29.6.2019 ve 23.2.17-23.08.2019 tarihleri arasında geçerliliği olan biri 10 MW diğeri 7 MW gücünde iki GES önlisans tahsis yapılmıştır. Hidroelektrik ve termik ağırlığı dikkat çekmektedir. Ancak buradaki tesis sayısının tamamının faaliyette olmadığı, lisansları tahsis edilen projeler olduğu gözden kaçırılmamalıdır.



Çizelge 32: Kahramanmaraş elektrik üretim tesisi istatistikleri (Kaynak: EPDK)

Tesis Bilgisi	Tesis Sayısı	Elektrik Öngörülen Yıllık Üretim Miktarları	Elektrik Mekaniksel/ Elektriksel Kurulu Güç		Elektrik İşletmedeki Mekanik/ Elektriksel Kapasite	
		Öngörülen Üretim Miktarı	Kurulu Güç MWm	Kurulu Güç MWe	İşletmedeki Kapasite MWm	İşletmedeki Kapasite MWe
Güneş						
Termik	19	18.014.436.800	2.962	2.958	2.902	2.899
Rüzgar	2	389.818.641	118	118		
Biyokütle	1	33.600	5	5	5	5
Hidroelektrik	39	2.569.990.959	1.313	1.289	815	1.206
Toplam	61	20.974.280.000	4.397	4.369	3.722	4.110

Kahramanmaraş'ın elektrik tüketimi Türkiye'nin % 1,7'sine tekabül etmektedir. Meskenler tüketimde % 13'lik pay sahibi iken sanayi toplam tüketimin % 65'ini oluşturmaktadır. Türkiye tüketiminde de sanayinin ağırlığı dikkat çekicidir (Çizelge 33).

Çizelge 33: Ocak 2017 Döneminde Faturalanan Elektrik Tüketiminin İl ve Tüketici Türü Bazında Dağılımı, MWh (Kaynak: EPDK) [99]

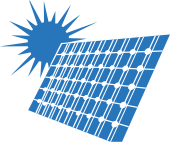
İller	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Tarımsal Sulama	Ticarethane	Genel Toplam	Payı (%)
Kahramanmaraş	7.162	43.151	208.717	997	61.898	321.924	1,7
%	2	13	65	0	19	100	
Türkiye	430.893	5.345.823	7.474.233	84.486	5.741.074	19.076.511	100
%	2	28	39	0	30	100	

Kahramanmaraş'ta faturalandırılan elektrik tüketimi son bir yılda Tarımsal sulama ve sanayi sektörlerinde artış kaydedilirken aydınlatma ve mesken tüketiminde önemli düşüşler kaydedilmiştir(Çizelge 34).

Çizelge 34: Faturalanan elektrik tüketiminin tüketici türü bazında dağılımının dönemler arası karşılaştırılması (Kaynak: EPDK) [99]

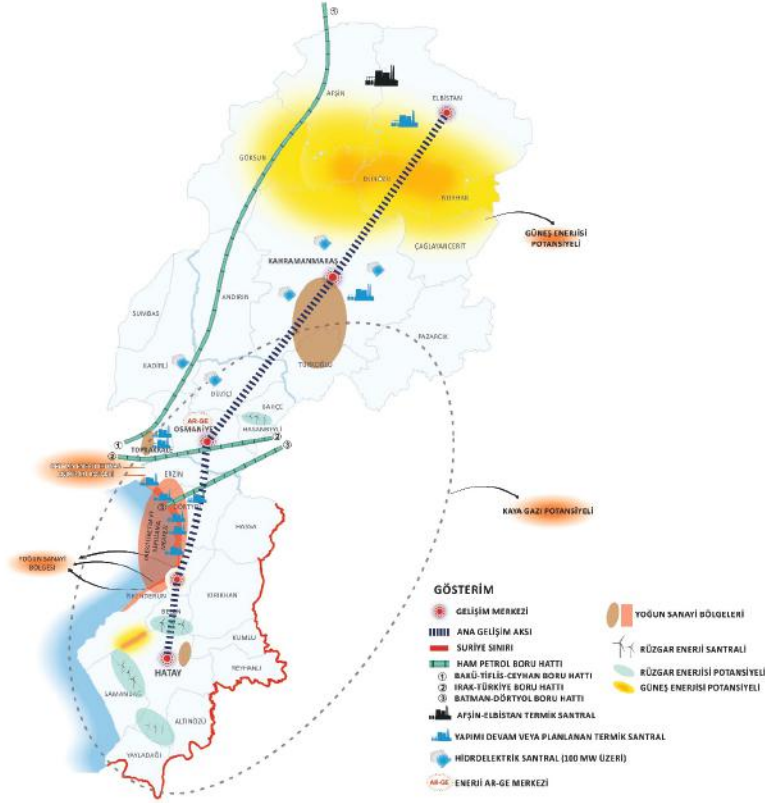
Tüketici türü	2016 Ocak			2017 Ocak			Tüketici Değişim %	Tüketim Değişim %
	Tüketici sayısı	Miktar, MWh	Türkiye payı %	Tüketici sayısı	Miktar, MWh	Türkiye payı %		
Aydınlatma		13.762	0,076		7.161	0,038		-47,96
Mesken		78.676	0,432		43.151	0,226		-45,15
Sanayi		172.329	0,945		208.717	1,094		21,12
Tarımsal sulama		676	0,004		997	0,005		47,53
Ticarethane		58.220	0,319		61.898	0,324		6,32
Toplam	426.416	323.663	1,776	427.814	321.924	1,687	0,33	-0,54

Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye'yi içerisine alacak şekilde tüm TR63 Bölgesi'ni kapsayan detaylı bir Enerji Sektörü Gelişim Haritası DOĞAKA tarafından hazırlanmıştır. Bu haritada da görüleceği üzere petrol boru hattından, rüzgar enerji



santraline kadar geniş bir yelpazede enerji trafiği olduğu görülmektedir. Hazırlanan bu çalışmada ortaya konan bölgenin iller ve ilçeler bazındaki güneş enerjisi potansiyeli dağılımı da bu çalışmaya destek olacak niteliktedir. Güzel bir özet denebilecek Ana Gelişim Aksı, kuzeyden güneye doğru dört büyük yerleşim merkezini birleştirirken, aynı zamanda yatırımların kesişim sahasını ve yönünü de sembolize etmektedir (Şekil 69).

Şekil 69: TR63 Bölgesi Enerji Sektörü Gelişim Haritası (Kaynak: DOĞAKA) [43]

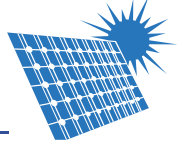


6.2. Arazi uygunluğu ve yatırım kapasitesi

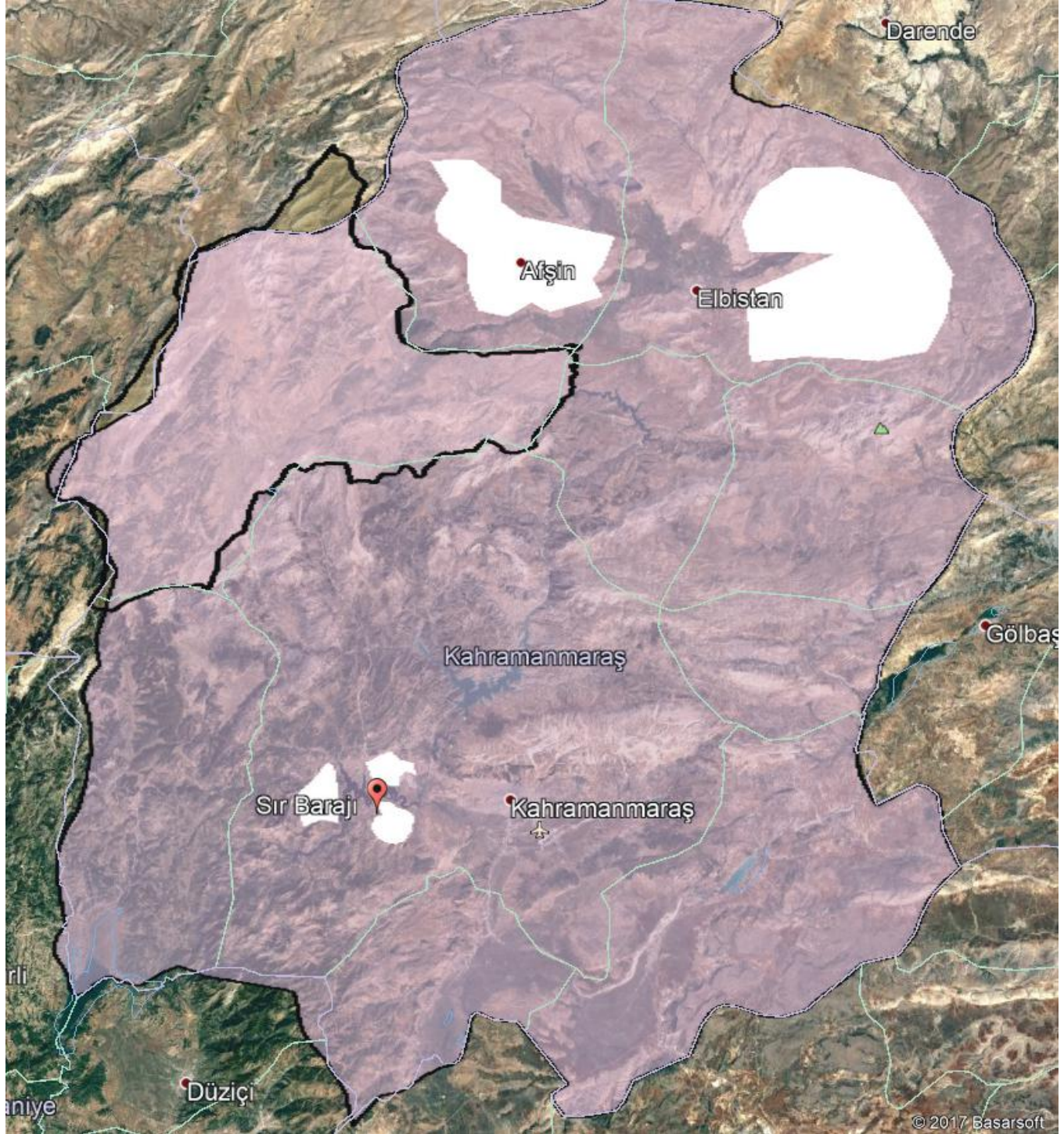
FV GES kurulumları binaya bütünlük veya arazi üzerinde olabilmektedir. Binaya bütünlük FV GES'ler çatı ve yüzey olarak ikiye ayrılabilir. Kahramanmaraş'ta 2013 yapı ruhsatlarına göre toplam 1.612 adet bina bulunmaktadır. Bunların 1.316'sı ikamet amaçlı; ikamet dışı 296 binanın 42'si işyeri, 115'i ticaret, 1'i iletişim, 54'ü sanayi, 33'ü kamu, 12'si otel ve 38'i de diğer tür binalardır [61]. Yaklaşık 1.600 binanın ortalama 100 m² FV kurulumuna uygun çatı ve/veya yüzey alanı olduğu varsayıldığında 160.000 m²'lik bir FV alan potansiyelinden bahsedilebilir. 1 kW için 8 m² alan ihtiyacı olması koşuluyla Kahramanmaraş için 20 MW'lık FV GES çatı kapasitesi hesaplanmaktadır.

FV GES kurulumunun arazide tasarlanması durumunda ise öncelikle 2011 tarihli TEİAŞ Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Bağlanabileceği Trafo Merkezleri ve Kapasiteleri kapsamında Kahramanmaraş için belirlenmiş alan büyüklüğüne bakılabilir.

Bu rapora göre Kahramanmaraş'ın doğu, batı ve kuzeyinde dağınık olmak üzere toplam 6.500 km²'den büyük FV GES arazisi verimli olarak belirlenmiştir [4]. Sır Barajı etrafında bulunan 17, 28 ve 21 km²'lik 3 ayrı alan ile Afşin'de 300 ve Elbistan'da 600 km²'lik üzerinde tarım yapılamayan alanlar da FV GES kurulumuna uygun görülmektedir. Gerekli kamu-sal görüş ve izinler alınmak kaydıyla Enerji Endüstri Bölgesi ve/veya YEKA arazisi olarak tahsis edilebilecek toplam 1.000 km²'lik bir proje sahasının varlığından söz edilebilir (Şekil 70).

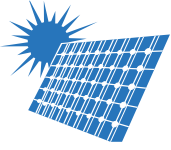


Şekil 70: Kahramanmaraş'ta FV GES kurulumuna uygun saha önerileri (Beyaz taralı)



6.3. Potansiyel Enerji Bölgeleri ile Karşılaştırma

Türkiye'nin ilk YEKA projesi olan Karapınar YEKA-1 GES proje sahası için hazırlanan parametre cetveli esas alınarak Kahramanmaraş için uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu yaklaşımla Kahramanmaraş'ın yıllık toplam güneş ışınımı değerinde % 12'lik bir azlık olmasına rağmen güneşlenme süresi değerinde yalnızca % 8'lik bir fark olduğu görülmektedir. Bunun ana sebebinin de 3,6/8'lik bulut kapallılığı ve % 60'lara ulaşan nem değeri olduğu söylenebilir (Çizelge 35).

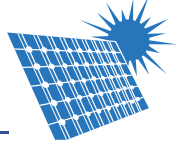


Çizelge 35: Karapınar YEKA-1 GES ve Kahramanmaraş için dikkate alınan güneş enerjisi yatırım parametre değerleri [77]

Yatırım kriteri	Parametre	Karapınar YEKA'daki değer	Kahramanmaraş'daki değer
Konum	Yıllık toplam güneşlenme süresi	2964 saat/yıl	2738 saat/yıl
	Yıllık toplam güneş ışıması**	2100 kWh/m ² -yıl	1873 kWh/m ² -yıl
İklim özellikleri	Atmosfer yoğunluğu (Bulut kapallılığı)	Düşük, 0-2 Okta*	Düşük, 3,6/8
	Akarsu yataklarına uzaklık	Akarsu yok	< 20 km
	Hava kirliliği	Çok Düşük Derece	Yoğun
	Rüzgar potansiyeli	Orta, 5,5 m/s/yıl	Düşük, 1,0-1,8 m/s
	İklim yapısı	Yarı kurak-Soğuk	Soğuk, yarı kurak
	Nem oranı	% 21	% 60
	Denize uzaklık	265 km/Akdeniz	Uzak
	Hava sıcaklığı	11,8 °C/yıl	16,5 – 17,5 °C/yıl
Konumsal özellikler	Arazi eğimi	1° – 1,5°	Doğusunda kalan dağlar haricinde düzlükler
	Deprem riski	5. derece deprem bölgesi	3. derece deprem bölgesi
	Korunan alan	Koruma alanı olmayan araziler	Korçoban Tabiatı Koruma Alanı; Hançerdersi Yaban Hayatı Geliştirme Sahası; Kapıçam ve Yavşan yaylası Tabiat Parkları
	Orman bölgesi	Orman niteliği olmayan araziler	Ormanlık alanı % 35
	Tarım bölgesi	Tarım bölgesi olmayan araziler	Tarım: 345.183, Ekilen alan: 236.382, Nadas: 42.971, Sebze: 9.718, Meyve: 56.110, Süs: 2
	Mera sahası	Mera vasfından çıkarılacak araziler	Çayır-mera 174.804 ha
	Karayolu durumu	Demiryolu, karayolu geçmeyen araziler	Devlet karayolu, Demiryolu
	Havaalanı yakınlığı	110 km/ortalama	Yakın mesafe
	Askeri alan	Askeri tatbikat alanına yeterli derecede uzak araziler	Askeri alan etkisi yok
	Yerleşime uzaklık	Yerleşim alanına yeterli uzaklıktaki araziler	Yerleşim alanına yeterli uzaklıktaki araziler
	Maden sahası	Maden, petrol vb. arama alanı olmayan araziler	Maden, petrol vb. arama alanı olmayan araziler
	Yükseltilere uzaklık	Yükseltilerden uzak araziler	Torosların etekleri
	Kuş göç yolları	Kuşların göç yönüne yeterince uzak araziler	Kuşların göç yönüne yeterince uzak araziler
Diğer	Yatırım izinleri	Endüstri bölgesi ilan gündemdedir	5. teşvik bölgesi
	Trafo ve iletim şebeke kısıtları	Mevcut 75 MW'lık trafo kapasitesi	Tahsis edilen maksimum GES+RES kapasitesi: 220,9 MW

* x/8 üzerinden [77]'ye uyumlu olarak.

**Karapınar YEKA-1 GES için derlenen yatırım parametre değerlerinin, FV yöntemle elektrik üretimine doğrudan etki edecek en önemli iki değişkeni, güneşlenme süresi ve güneş ışımasıdır. Rapor incelendiğinde dayanak olarak GEPA'nın çıktılarının kullanıldığı anlaşılmaktadır. Nitekim GEPA'da araştırma yapıldığında Karapınar bölgesi için güneşlenme süresinin 2964 saat/yıl çıktığı teyit edilebilmektedir. Ancak aynı teyit güneş ışıması değerinde yapılamamıştır. Karapınar'ın GEPA'da yıllık toplam güneş ışıması değeri 1632 kWh/m²-yıl olarak hesaplanmaktadır. Ek bir hesaplama veya veri kaynağı yöntemi belirtilmediğinden, raporda duyurulan 2100 kWh/m²-yıl değerine nasıl ulaşıldığı anlaşılamamıştır. Bu değer in açılı yerleştirilmiş FV panel yüzeyine gelen güneş ışıması olduğu ihtimali üzerinde durulabilir [Bu tip hesaplamalarda genel kabul görmüş olan, yatay yüzeye gelen güneş ışıması değerleri ile çalışılmasıdır! Dr.LY].



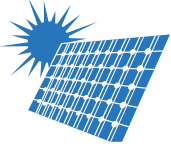
GÜNDER'in 2016 tarihli Türkiye'de Güneş Enerjisi için Finansman Modelleri çalışmasına göre GZFT (güçlü ve zayıf yönler ile fırsat ve tehditler) matrisi ile FV pazarın büyüme sürecinde proje ve yatırımları doğrudan etkileyecek olan başlıca içsel (güçlü ve zayıf yönler) ve dışsal (fırsatlar ve tehditler) unsurlar ve etkenler en temel düzeyde saptanmıştır. Bu tespitlerin TR63 Bölgesi için de genel itibarıyla geçerli olduğu söylenebilir (Çizelge 36).

Çizelge 36: Güneş Enerjisi için Finansman Modelleri GZFT matrisi (Kaynak: GÜNDER) [16]

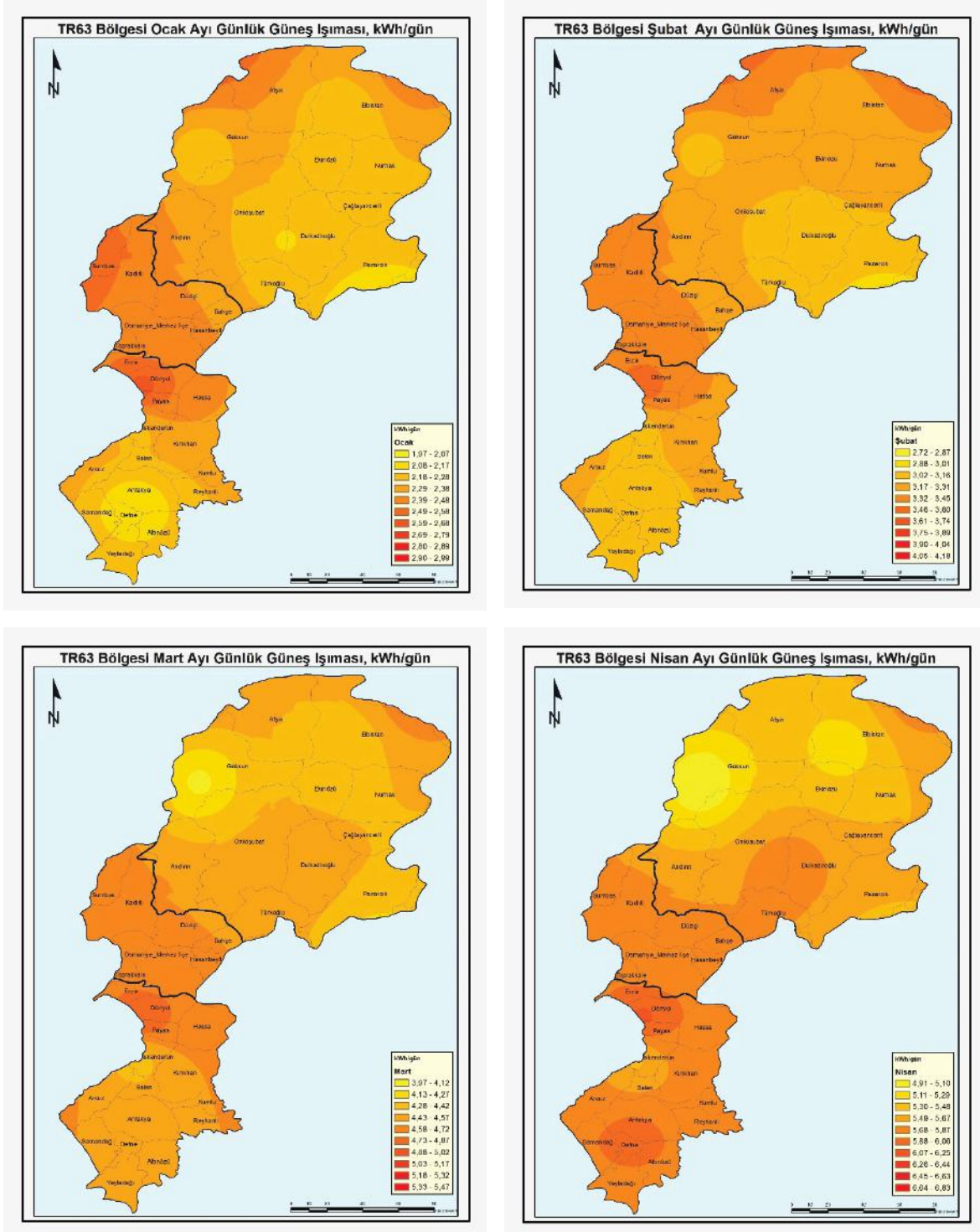
GÜÇLÜ - Yüksek güneş potansiyeli - Gelişme potansiyeli yüksek Pazar - Azalan ekipman maliyetleri - Diğer YE'lere kıyasla nispeten daha yüksek destek tarife fiyatı	ZAYIF - Bilim ve teknoloji - Yasal düzenlemeler - Teknik altyapı - Diğer ülkelere kıyasla daha düşük destek ve tarife fiyatı
FIRSATLAR - Sürekli artan elektrik talebi ile yeni kurulu güç kapasitesi gerekliliği - Ülkenin sera gazı salımını düşürme gereksinimi - Jeopolitik durum - Yatırımların finansal cazibesini arttıran karbon pazarının gelişmesi - Büyüyen ekonomi ve sunduğu olumlu hava ile şahıs veya tüzel kişilerin enerji verimliliği yatırımlarına başlamaya niyetlenmesi - Finans sektörünün enerji finansmanına etkin ilgi göstermesi - Enerjide yüksek dışa bağımlılık	TEHDİTLER - Elektrik dağıtımının liberalleşmesi - Haksız rekabet - Düşen enerji fiyatları - Standart dışı ekipmanların çokluğu - Uygun fonların diğer YE yatırımlarına kayabilme ihtimali

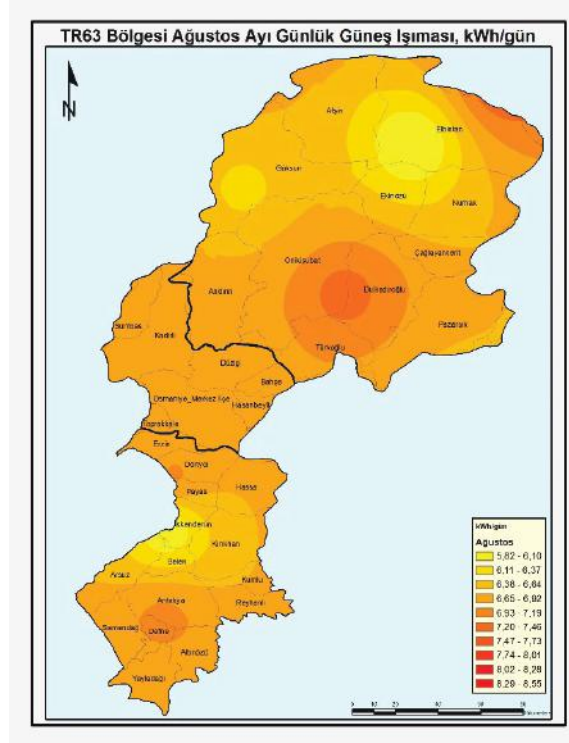
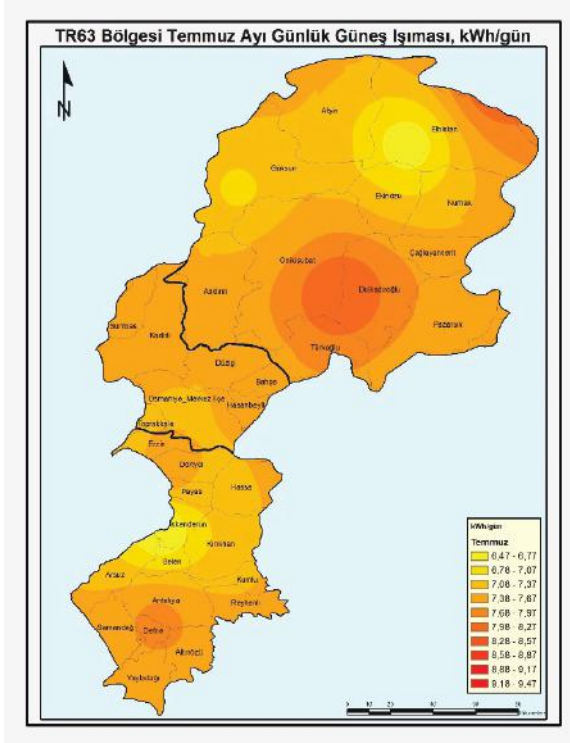
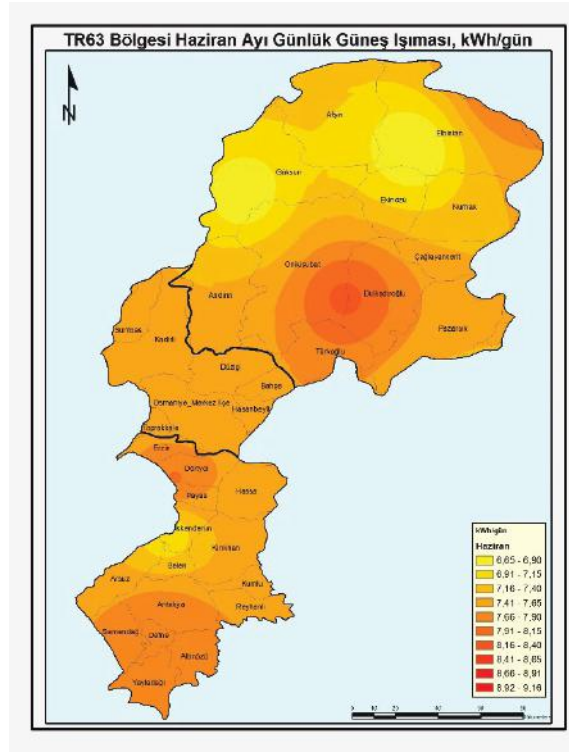
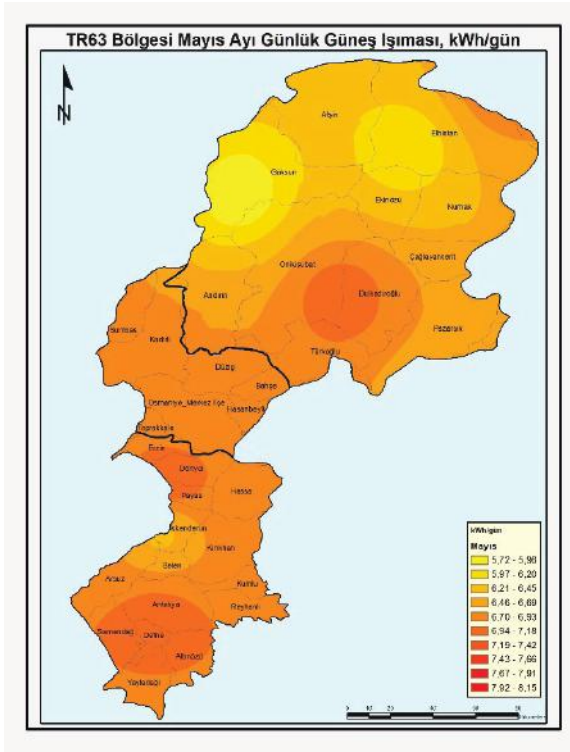
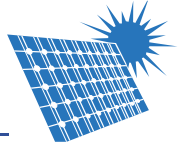
6.4. TR63 Bölgesi FV Güneş Elektrik Potansiyel Haritası

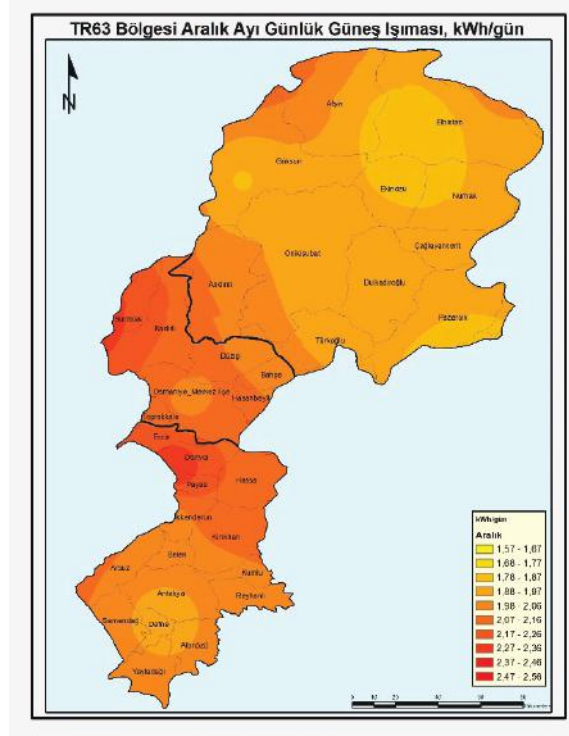
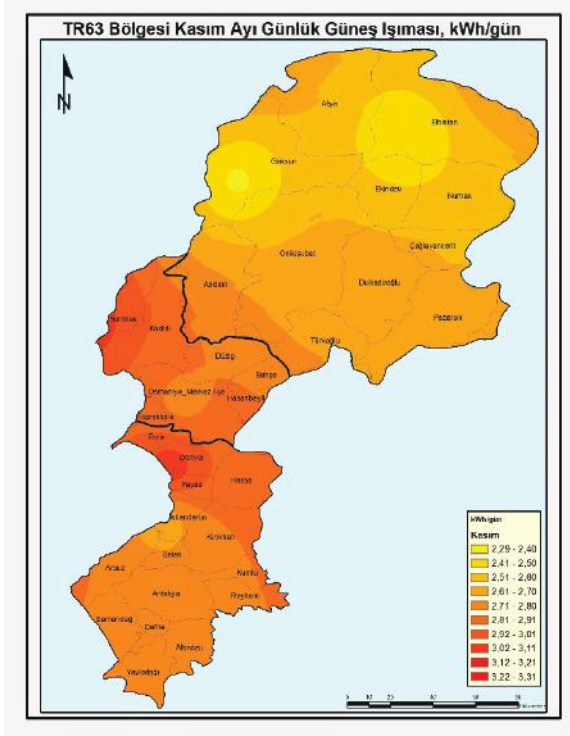
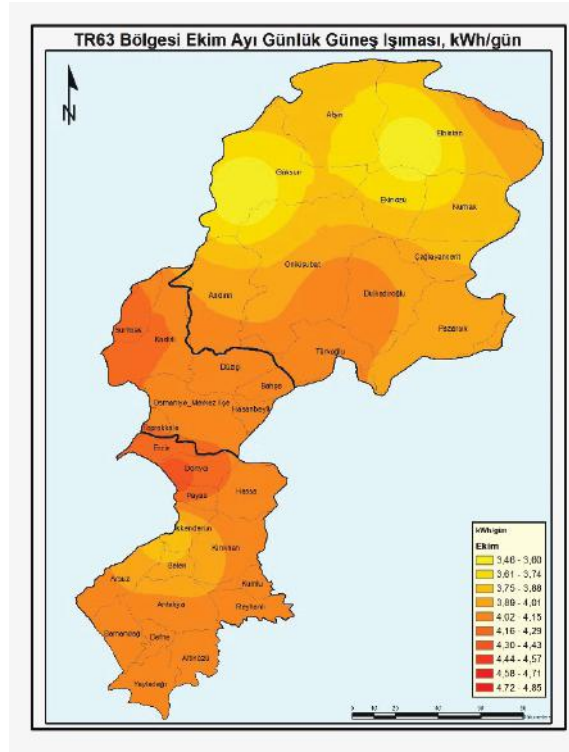
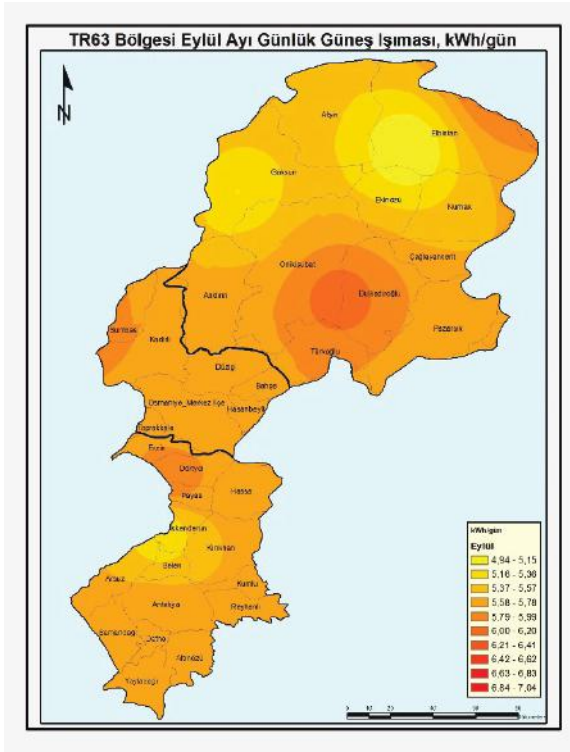
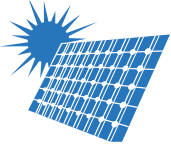
Bölgesel koşullar ve meteorolojik analizler neticesinde bölgenin iller bazında güneş enerji teknolojilerine uyumluluğu konusu işlenmiştir. Meteorolojik ölçümlerin il merkezinde olması sebebiyle ilgili analizler il merkezlerini temsil etmektedirler. TR63 Bölgesi'nin tamamında güneş enerji potansiyelinin ne seviyede olduğu, göreceli olarak potansiyeli yüksek olan yörelerin izlenebilmesi amacıyla ArcMAP programı aracılığıyla aylık bazda, her bir ayı temsil edecek günlük güneş ışıması değerleri kWh/gün cinsinden konum bazlı haritalanmıştır. Bölgeye özgü yapılmış bu çalışmanın anlamlı olabilmesi için yalnızca bölge içi ölçümler değil çevre istasyonların (Sivas, Gemerek, Kayseri, Malatya, Kahramanmaraş, Gaziantep, Kilis, Adıyaman, Adana, Osmaniye, İskenderun, Hatay, Suşehri, Divriği, Kangal, Pınarbaşı, Develi, Tomarza, Darand/Balaban, Göksun, Elbistan, Kozan, Dörtöl, Karataş) uzun yıllar güneş ışıması ölçümleri de haritalara aktarılmıştır. Değerleri sayısallaştırmak için her bir haritanın sağ altındaki lejant dikkatlice okunmalıdır. Lejanttaki sayısal büyüklükler kurulu gücü belli bir FV GES'in ilgili ayda günlük ortalama ne kadar elektrik üreteceğini göstermektedir. Önemli bir not olarak, haritaların birbirleriyle değil, harita içerisinde yörelerin birbirleriyle karşılaştırılarak değerlendirme yapılması gerekmektedir. Zira lejant eşik değerleri aylara göre farklılık göstermektedir! (Şekil 71). Yıllık bazda kurulu gücü belirli bir FV GES'in ne kadar elektrik üreteceğinin cevabı da Şekil 72'de verilmiştir. Haritadan görüleceği üzere TR63 Bölgesi'nde 1.600-2.200 kWh/yıl aralığında bir güneş enerjisi potansiyelinden bahsedilebilir. Topoğrafyanın göz ardı edildiği bu görselleştirme çalışmasında Kahramanmaraş ve Dörtöl merkezlerinin en yüksek potansiyele sahip olduğu, Göksun ve Elbistan merkezlerinin de göreceli olarak en düşük güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Kullanılan yazılımın eşik değerlerinin dışında yer aldığı için Hatay'ın güney ucu haritalarda işlenememiştir. Haritalamada topoğrafya etkisi göz ardı edildiğinden Göksun ve Elbistan gibi GEPA'da çevresine göre yüksek güneş ışıması potansiyeli sahip ilçeler, göreceli düşük potansiyelde kalmışlardır. Mevcut kurulu FV GES'lerin üretim verileri kamuoyu ile paylaşıldıkça haritaların doğruluklarının sağlanması da yapılabilecek olacaktır.

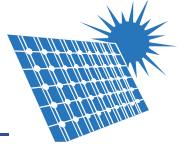


Şekil 71: TR63 Bölgesi aylık güneş ışıması değerleri haritalaması

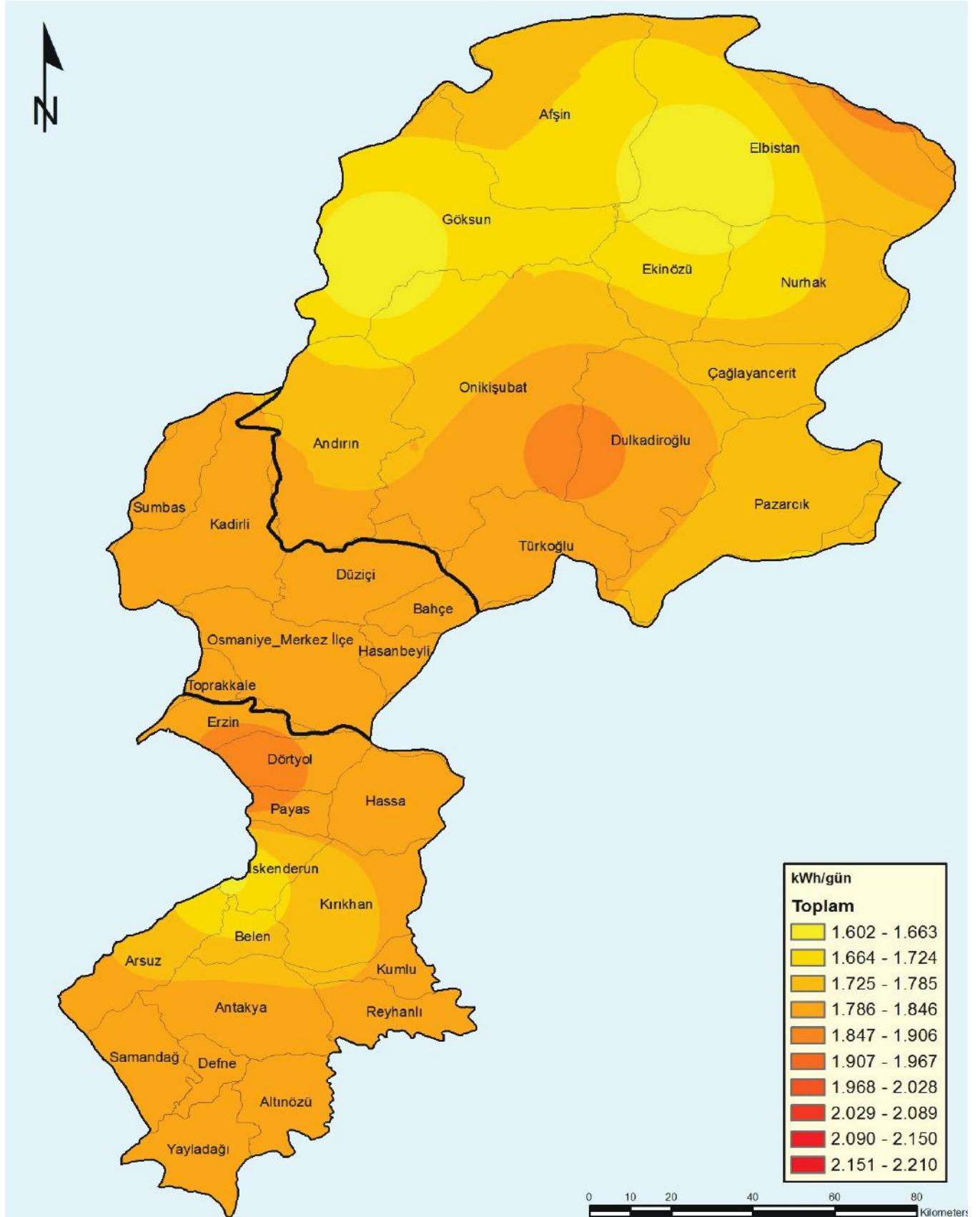


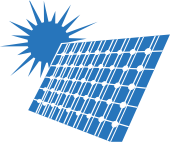






Şekil 72: TR63 Bölgesi yıllık güneş ışıması değerleri haritalaması





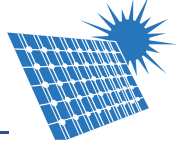
7. KAMUSAL İZİNLER, KARARLAR, UYGULAMALAR

Ülkemizde yasalara göre FV güneş elektrik santralleri lisanslı ve lisanssız diye iki ayrı statüde ele alınmaktadır. Lisanslı süreçte 2013 yılında EPDK tarafından toplanan taleplerin ardından yeni bir yöntem denenmeye başladığı için bu kısımda fazlaca lisanslı tarafın işleyişinden bahsedilmeyecektir. Bölüm daha çok lisanssız, öz tüketimin karşılanmasına yönelik FV GES yatırım ve girişimlere odaklanmıştır. FV GES tesislerinin kurulumu için idari olarak hangi bilginin derleneceği, hangi belgenin hazırlanacağı, hangi bürokratik süreçlerin yürütüleceği ulusal olarak belli bir çerçeveye oturtulmuş değildir. Bölge ve kurumlara göre farklılık gösterebilmektedir. TR63 Bölgesi'nde il bazında bu süreçlerin nasıl yürütüleceğinin asgari seviyede belirlenebilmesi adına bu çalışma kapsamında, DOĞAKA ile muhtemel ilgili kurum ve kuruluşlardan resmi yazışma ile görüş istenmiştir. Kurumlarca bildirilen cevaplar ve sektör paydaşlarından edinilen tecrübeler derlenerek bu bölümde paylaşılmıştır.

Yaygın bir yaklaşım olarak FV GES kurulumunda öncelikle imar planının ve yapı ruhsatının ilgili idarelerden onaylanması gerekir. Bürokratik ve mali gerekliliklerde ise tam bir tarif yapılmış değildir. Asgari hangi kurumlardan görüş alınması gerektiği, harita ve etütlerin tam olarak hangi kurumlarca ve hangi yetki seviyesinde onaylanacağı, harç ve/veya bağış bedelleri, işlem sırası, cevaplama süreleri, ret gerekçeleri, dosya evrak içerikleri, FV GES'in hangi yapı sınıfında yer aldığı, modüler olup olmadığı henüz açıklık kazanabilmiş konular değildir. Bu da işgücü ve zaman maliyeti, bazı hakların kaybı vb sonuçlar doğurabilmektedir. Ayrıca FV GES yapılarının mevzuatımızda yapısal bir sınıfa dahil edildiğine dair açık bir ifade bulunmamaktadır. Ancak Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü'nün görüşüne göre, yapının "herhangi bir yapı sınıfında yer almaması halinde benzer yapılara bakılması gerektiği" ifade edilmektedir. Buna göre GES projeleri en uygun haliyle 2-C sınıfında (Sanayi yapıları, tek katlı, bodrum, asma katı da olan prefabrik beton, betonarme ve çelik yapılar ve bu gruptaki benzer yapılar...) değerlendirilebilir. Çünkü FV GES projeleri prefabrik çelik yapıyla son derece benzerlik göstermektedir. Yerinden sökülüp başka bir yere nakledilebilir [100].

GÜNDER'in GES Tesisleri için Kurum Rollerinin Tanımlanması Projesi'nin çıktısı olan Mayıs 2017 tarihli Almanya Deneyiminden Yararlanılarak Türk Kurum ve Kuruluşlarının Rol ve Sorumluluklarının Tekrar Tanımlanması Öneri Raporuna göre, güneş enerjisine dayalı lisanssız elektrik üretimi başvurularında şu belgeler gerektiği derlenmiştir:

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik'e göre başvuru
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ'e göre başvuru
- EPDK'nın 19.04.2016 tarihli duyurusuna göre başvuru
- Başvuruda sunulması gereken bilgi ve belgelere ilişkin açıklamalar:
- Lisanssız üretim bağlantı başvuru formu
- Üretim tesisinin kurulacağı yere ait tapu kaydı veya kira sözleşmesi veya kullanım hakkını gösterir belge
- Başvuru ücretinin ilgili şebeke işletmecisinin hesabına yatırıldığına dair makbuz veya dekont
- Kurulacak tesisin teknik özelliklerini de gösteren tek hat şeması
- YEGM tarafından hazırlanacak teknik değerlendirme formu
- Koordinatlı aplikasyon krokisi
- Çatı uygulaması haricindeki güneş enerjisine dayalı başvurular için, mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri, dikili tarım arazileri, sulu tarım arazileri, çevre arazilerde tarımsal kullanım bütünlüğünü bozan alanları kapsamadığına dair belge
- Kurulacak olan tesise ilişkin ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) raporu veya ÇED gerekli değil raporu
- Tüzel kişiyi temsil ve ilzama yetkili şahıs/shahısların "Yetki Belgeleri"



Bugüne kadar çıkarılmış mevzuat, oluşturulmuş içtihat, yapılmış yazışmalar, yaşanmış tecrübeler ve edinilmiş kanaatlere göre bir FV GES projesinin tasarlanıp sonlandırılmasına kadar geçecek sürede ilişkide olunması muhtemel kurumlar ve bu kurumların projeyi değerlendirme asgari koşulları kurum bazlı aktarılmıştır. Proje özelinde daha detaylı bilgi talep etme ve değerlendirme inisiyatifi ilgili kurumda kalmak üzere bu bilgilendirme hazırlanmıştır.

7.1. TEİAŞ Uygulamaları

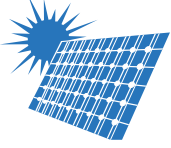
TEİAŞ'ın proje sahasında ve sürecinde uygulanacak “FV GES Bağlantı Görüşü” ve “FV GES Çağrı Mektubu” alma; “sistem kullanım ve sistem bağlantı anlaşmaları” imzalama ve “Trafo, Dağıtım Merkezi, Kesici Ölçü Kabini, Enerji Nakil Hattı vb” inşaatı uygulama işlerinde engel teşkil edecek durumu veya planlaması olup olmadığı sorulabilir. Bunun yanı sıra proje sahası koordinatları belirtilerek 1/5.000 ölçekli nazım imar planı ve 1/1.000 ölçekli uygulama imar planı yapılmasına dair görüşleri alınabilir. Ayrıca TEİAŞ, lisanssız GES ve RES bağlantı kapasiteleri listesini her ayın ilk haftasında güncelleyerek kendi internet sitesinde yayımlamaktadır.

7.2. TEDAŞ Uygulamaları

YEGM 2012 yılında elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretimi kapsamında gerçekleştirilecek olan projelerin onay ve tesislerin kabul işlemlerinin TEDAŞ tarafından yerine getirilmesine karar vermiştir [101]. TEDAŞ, bölge müdürlükleri aracılığıyla lisanssız FV GES projelerinin onay ve tesis kabul işlemlerinden sorumludur. Bölge müdürlükleri Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği ve Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği'ni esas alarak bu görevlerini yerine getirirler. Hatay ve Osmaniye illeri TEDAŞ Toroslar Koordinatörlüğü; Kahramanmaraş TEDAŞ Göksu Koordinatörlüğü sorumluluk alanındadır. TEDAŞ tarafından “Elektrik Proje Onay bedeli+Statik Proje Onay Bedeli”nin 1/2'si alınarak fiyatlandırma uygulanmaktadır. Ayrıca LÜY kapsamında 1-50 kWe (50 kWe dahil) GES Tesislerinden proje onay bedeli alınmayacaktır (Çizelge 37).

Çizelge 37: TEDAŞ elektrik tesislerinin proje onayı ve kabul hizmet bedellerine ait 2017 yılı güncellenmiş hizmet satış listesi, [102]

Satışı yapılan hizmet adı	Bedel +KDV TL
10 kWe - 100 kWe (100 kWe dahil) LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin elektrik proje onayı	1.391
10 kWe - 100 kWe (100 kWe dahil) LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin kabul bedeli	2.789
300 kWe - 500 kWe (500 kWe dahil) LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin elektrik proje onayı	5.562
300 kWe - 500 kWe (500 kWe dahil) LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin kabul bedeli	5.578
700 kWe - 1000 kWe (1000 kWe hariç) LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin elektrik proje onayı	9.844
700 kWe - 1 MWe (1 MWe hariç) LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin kabul bedeli	9.492
1 MWe üzeri LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin beher mwe için elektrik proje onayı	4.922
1 MWe üzeri LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin beher mwe için kabul bedeli	4.746
LÜY kapsamında GES üretim tesislerinin inşaat/statik proje onayı	2.781
Bağlantı hattı olmayan FV GES tesisi proje onay bedeli (6.1.2017 - E.1277)	1.397



TEDAŞ kabul işlemleri sırasında [Asgari hazırlanması gereken paftalar](#) [103]:

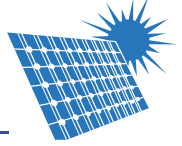
- Santral genel yerleşim planı: Santral saha sınırları, proje onay kapsamındaki tüm yapılar, elektrik üretimine esas ana ekipman (güneş paneli, evirici, trafo), yönler, kotlar ve koordinatların gösterimi
- İnşaat projeleri: Santral genel yerleşim planında gösterilen yapılar için. Üniversitelerin inşaat mühendisliği bölümlerince onaylanmış
- Onay kapsamındaki yapıların görünüşleri, kot planları, kesitleri, temellerinin projeleri ve tek hat şeması (tesisin ilgili trafo merkezi bağlantı noktaları, bağlantı fider dönüşümleri; ölçü, zati koruma, senkronizasyon sistemi, kilitlemeler ve jeneratör ile hücre üzerindeki röle koruma fonksiyonlarının ANSI kodları; güç metraj ve kesitler; kısa devre hesaplarına göre belirlenmiş primer teçhizat malzemelerinin liste ve karakteristikleri; imdat grupları...)
- Tesis bilgi formu
- Tesis yeri uygunluk belgesi (imar mevzuatına uygunluk)
- Yetki yazısı ve ekleri

[Asgari hazırlanması gereken belgeler ve hesaplar](#) [103]:

- EPDK Lisansı
- Sistem bağlantı görüşü
- Sistem bağlantı anlaşması (lisanssız üretim tesislerinde istenmez)
- ÇED belgesi ("ÇED olumlu", "ÇED gerekli değil" veya "ÇED muafiyet" belgeleri)
- Jeolojik /zemin etüt raporu (konut uygulamalarında istenmez)
- Standartlar listesi (lisanssız üretim tesislerinde istenmez)
- Elektronik teçhizat için sözleşme ve ekleri (elektromekanik yüklenicisi ile imzalanmış; teçhizatın marka, model, karakteristik, standart kodları ile fabrika ve saha test prosedürlerini içerir. Lisanssız üretim tesislerinde istenmez)

Uygunluk belgeleri

- Tıp proje onay yazısı
- Tıp sertifikası
- Dizayn sertifikası
- TSE kritere uygunluk belgesi
- Uygunluk raporu
- İnşaat tasarım hesapları (bir yapıya entegre kurulacak ekipmanın taşıyıcı yapılarına ilişkin statik, stabilite ve dinamik hesapları ile betonarme, çelik vb tasarım hesapları)
- Standart ünitelerin performans eğrileri
- Kısa devre hesapları (ilgili mevzuat ve IEC 60909 standardına uygun)
- Primer teçhizat seçim hesabı
- Röle koordinasyon ve selektivite hesabı
- İletken/kablo seçim hesapları (YG/AG kablo hesapları ile iletkenlerde güç kaybı, gerilim dönüşümü, akım taşıma ve kısa devre kontrolü hesapları dahil)
- Topraklama ve yıldırımdan korunma hesabı (topraklama yönetmeliği ve IEEE 80 2000 standardına göre hesaplanmış)
- Panel, evirici uyumluluk hesapları (maksimum ve minimum dizi ve MPPT gerilim ve akım hesaplarının uygunluğu gösterilir).



Elektrik Dağıtım A.Ş. ile “Geçici Kabule Hazır Tutanağı” düzenlenir. “İtfaiye Raporu” ve “Topraklama Ölçüm Raporu” hazırlanır. Geçici Kabul Kurulu, FV GES’te kullanılan FV modül, evirici, toplama panosu, alçak gerilim toplama panosu, beton transformator merkezi, yük ayırıcılı giriş ve ölçü hücreleri, kesicili trafo koruma hücresi, transformator karakteristikleri, kablolar ve diğer donanım ile yüksek gerilim hattı ve müşterek direkli şebeke için projeye uygunluk denetlemesi yaparak “Geçici Kabul Tutanağı” düzenler. Mevzuat gereği alınması gereken izin ve belgeler ile işletme süreci yüklenici sorumluluğundadır. Şebekeye paralel şekilde elektrik verilebildiği denir. FV GES’in işletme sorumlusu belirlenir. Geçici Kabul Kurulu tesisleri mahallinde tetkik etmiş ve tesise sürekli enerji verilmesinde bir sakınca bulunmadığına kanaat getirmiş ise kararlaştırılan tarihten itibaren enerji tatbik edileceği ve tesislere dokunmanın tehlikeli olacağı yöre halkına tesis sahibi veya yüklenici tarafından ilan edilir. Geçici Kabul Kurulu Başkanı imzasıyla ilgili kaymakamlığa gönderilir.

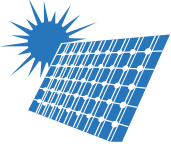
7.3. Toroslar EDAŞ - AKEDAŞ Uygulamaları

Toroslar EDAŞ’ın aktardığı bilgiye göre, FV GES kurulum süreci Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik’in 7. Maddesi doğrultusunda başvuru sahipleri tarafından hazırlanan belgelerin, başvuru dosyası olarak EDAŞ’a sunulmasıyla başlar. Tüm ay boyunca EDAŞ’a başvuruda bulunulmuş başvuru dosyaları derlenerek ve içinde bulunulan ayı takip eden ayın 20’sine kadar TEİAŞ başkanlığında TEDAŞ ve EDAŞ üyelerince oluşturulan komisyonda evrak bazında değerlendirmeye alınır. Eksik evrakı olduğu tespit edilen başvurulara üst yazı ile eksik evrak bildirimi yapılır ve 10 gün içerisinde eksik olan evrakın tamamlanması istenir. Evrakı tam olan başvurular takip eden bir sonraki ayın 20’sine kadar yeniden oluşturulan TEİAŞ başkanlığındaki komisyonca Teknik Hesapları yapılmak üzere değerlendirmeye alınır. Teknik Hesaplamalar sonucunda uygun bulunan başvurular Teknik Değerlendirme Raporu (TDR) alabilmesi için YEGM’nün onayına sunulur. YEGM onaylı TDR sonrasında “Bağlantı Anlaşmasına Çağrı Mektubu” verilir ve yasal süreç başlamış olur. Daha sonra sırasıyla:

- İlk 90 gün içerisinde projenin onaylatılmak üzere Bakanlıkça yetkilendirilen TEDAŞ onayına sunulması gerekir.
- TEDAŞ proje onay süreci ile birlikte toplamda 90+90=180 günün sonunda onaylı proje ile EDAŞ’a Dağıtım Sistemine Bağlantı Anlaşması imzalamak üzere başvuruda bulunulmalıdır.
- 30 gün içerisinde EDAŞ ile başvuru sahibi arasında “Dağıtım Sistemine Bağlantı Anlaşması” imzalanır. Bağlantı Anlaşması AG (alçak gerilim) başvuruları için 1 yıl, YG (yüksek gerilim) başvuruları için 2 yıl geçerli olup süre sonunda tesislerin Geçici Kabullerinin tamamlanması gerekir.
- Süresi içerisinde tesis çalışmaları tamamlanan projeler, Ön Kabul için EDAŞ’a başvurmalıdır.
- EDAŞ’ça yapılan kontroller sonucunda uygun görülen tesisler için “Geçici Kabule Uygun” belgesi verilir.
- Ön kabulü uygun olarak tamamlanan tesisler Geçici Kabul için TEDAŞ’a başvurur.
- Tesise ait Geçici Kabulün onaylanması sonrası EDAŞ ile Dağıtım Sistem Kullanım Anlaşması imzalanması gerekir.

EDAŞ’a bağlantı ve sistem kullanım anlaşmalarını yapmak üzere şu bilgi ve belge ile başvurulmalıdır: Abone no, Kullanıcı adı ve adresi, Ticaret sicil gazetesini, Kaşe, Yetkili imza sirküleri, Kimlik, Tapu veya yapı kullanım izni, Tesis adresi, İrtibat noktası tarifi, TEDAŞ onaylı santral bağlantı hattı projesi, Mülkiyet durumu, Kullanım, işletim ve bakım durumu, Enerjinin ölçüm noktası, Ölçüm noktası ve koruma sistemi tek hat şemaları, Sisteme bağlanma tarihi, Kurulu güç, Anlaşma gücü (üretim), Tahsis edilen güç, Bağlantı gücü.

Mevzuatta dengeleme mekanizmasının gerektirdiği haberleşmeyi sağlayabilecek çift yönlü ölçüm yapabilen saatlik sayaç takılır. Şebekeye bağlı her bir üretim tesisinin üretimini ölçmek amacıyla ayrı bir sayaç bulundurulması zorunludur. Kurulu gücü 50 kW’ın üzerinde olan tesisler için otomatik sayaç okuma sistemine uyumluluk aranır.



EDAŞ'lar başvuru sahiplerine lisanssız üretim tesisleri için çağrı mektubu göndererek, uygun göreceği bir yerde tayin ettiği donanımda bir KÖK (Kesici ölçü kabini) tesis edilmesini isteyebilir ve ENH'a hangi şekilde bağlantı yapılabileceğini tarif edebilir. Ayrıca elektrik dağıtım sistemine verilen enerjinin tespiti, izlenmesi ve kayıt altına alınması amacıyla, başvuran-dan uzaktan sayaç okuma cihazlarının temini ve tesisi ile haberleşmesinin gerekli test ve devreye alma işlemlerinin ta-mamlanması istenebilir. Ölçü hücresinde yer alacak sayacın çift yönlü sayaç tesis edilerek üretim tesisi tarafından sisteme verilen ve tüketimin fazla olduğu durumda sistemden çekilen enerjinin ölçülebilmesi sağlanmalıdır.

FV GES kısa devre arızası veya dağıtım sisteminin enerjisiz kalması durumunda, bağlantı noktası itibarıyla dağıtım sisteminden izole hale gelebilmeli ve şebekeye enerji vermemelidir. Dağıtım şebekesinin bir bölümünü içerecek şekilde adalanmayı engellemek üzere ilgili mevzuatta [51] geçen koruma sistemleri (Loss of Main –LOM- ANSI KOD:78 yada ANSI KOD:81 roles) tesis edilerek, FV GES'in sistemden ayrılması ve sisteme enerji verilene kadar hiçbir şekilde sistemle paralele girmemesi sağlanmalıdır. Sistemin alçak gerilim bağlantısı TSE 50438 standardına ve bu standartta yer verilen diğer referans standartlara uygun olmalıdır. FV GES ve bağlantı ekipmanı mevzuatta geçen güç kalitesi standartlarını sağlamalı ve raporlanması için gerekli teçhizat tesis edilmelidir.

7.4. YEGM Uygulamaları

LÜY kapsamında kurulacak FV GES için imar planı teklifine yönelik YEGM görüşü talep edilebilir. Böylece ilgili şebeke iş-leticisi tarafından bağlantı başvurusu uygun bulunmuş GES başvurularına ilişkin YEGM tarafından anılan alanda başvuru günü itibarıyla GES için lisanslı ve/veya lisanssız herhangi bir başvuru olup olmadığı dikkate alınarak teknik değerlendir-me yapılabilir. Değerlendirme sonucu olumlu ise "teknik değerlendirme raporu" imar planını onaylamaya yetkili makamlara LÜY'deki süreler içerisinde iletilir. Raporda tesise ait teknoloji, uygulama yeri, donanım içeriği, koordinatları ve kurulu gücü DC kWp ile AC kWe veya kVA olarak verilir. Ayrıca tercih edilen trafo merkezinin bağlantı noktası da bildirilmelidir. "Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerine İlişkin Teknik Değerlendirme Formu"nun ve koordinatlı aplikasyon krokisinin YEGM'e gönderilmek üzere yazılı ve CD ortamında EDAŞ'a iletilmesi gerekmektedir.

7.5. İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü

Kahramanmaraş İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü yazısına göre FV GES kurulacak alanın 3621 sayılı Kıyı Kanunu ve 5543 sayılı İskan Kanunu kapsamına giren yerlerden olup olmadığı hakkında Müdürlükten görüş alınmalıdır.

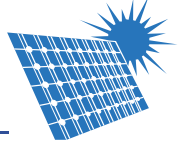
3194 sayılı İmar Kanunu'nun 8. Maddesinin (ğ) bendinde "kamuya ait bir yaya veya taşıt yoluna cephe sağlanmadan yapı inşa edilemez, parsel oluşturulamaz" hükmü gereği kamu eline geçmiş yola cephesi olmalıdır.

644 sayılı KHK'nın 7. Maddesinin 1. Fıkrasının (a) bendinde belirtilen "ulusal ve bölgesel nitelikteki fiziki planları Bakanlık yapar, yaptırır ve onaylar.

Büyükşehir Belediyeleri sınırları içerisindeki çevre düzeni planlarını büyükşehir belediyeleri, büyükşehir olmayan illerde ise Bakanlık yapar, yaptırır ve onaylar" hükmü gereği talep edilen FV GES için büyükşehir belediyesi sınırları içerisinde büyükşehirden, büyükşehir olmayan illerde Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nden Çevre Düzeni Planı ile ilgili gerekli gö-rüşün alınması gerekir.

Proje sahasının herhangi bir SİT alanı ve tabiat varlığı, ÇED Yönetmeliğinin Ek-V'inde değerlendirilen duyarlı yöre ya da korunan alan kapsamında kalıp kalmadığı hakkında Müdürlükten görüş sorulmalıdır.

FV GES kapasitesinin 1 MWe'nin altında olması halinde kapsam dışı olarak değerlendirilir ve Müdürlüğe başvuru gerek-tirir. Kurulu güç 1-10 MWe (çatı ve cephe sistemleri hariç) ise ÇED Yönetmeliği Ek-2 Listesi eşik değerleri üzerinde oldu-



ğundan Bakanlıkça yeterlik verilmiş kurumlara Proje Tanıtım Dosyası hazırlattırılarak e-ÇED sistemi üzerinden Müdürlüğe sunulur. Kurulu güç 10 MWe ve üzeri ise ÇED Yönetmeliği Ek-1 Listesi eşikleri üzerinde olduğundan ÇED Başvuru Dosyası, ÇED Raporu hazırlatılarak e-ÇED sistemi üzerinden bakanlığa sunulur ve taahhütlere uyum yükümlülüğü esastır. Ayrıca “ÇED olumlu / ÇED gerekli değildir” kararı alınmadıkça projeye hiçbir teşvik, onay, izin, yapı ve kullanım ruhsatı verilemez; proje için yatırıma başlanamaz, ihale edilemez. ÇED sürecinde “ÇED muafiyet başvuru formu”, “vaziyet planı”, “imza sirküleri”, “yetki ile ilgili vekaletname”, “tapu veya kira kontratı” ile başvuru yapılmalıdır.

Müdürlüğe başvuru sırasında: Yerin mülkiyetine ilişkin belge (tapu, kira kontratı veya mera, hazine ve orman arazisi ise ilgili kurumdan alınacak belge); Faaliyet yerinin 1/25.000 ölçekli haritası ile koordinatları; Proje özeti; Faaliyet sahibinin veya vekilinin noter tasdikli imza sirküleri; Taahhütname (kapasite belirtilerek imzalanacak); Kapasite raporu; İşyeri açma ve çalıştırma ruhsatı [104].

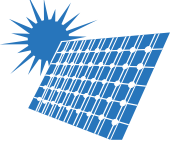
7.6. İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü

Proje sahası belirtilerek 1/5.000 ölçekli “nazım imar planı” ve 1/1.000 ölçekli “uygulama imar planı” yapılmasına dair görüş sorulabilir. Tarım Arazisinin Korunması ve Değerlendirilmesi Teknik Talimatına göre değerlendirme yapılır. Böylece “tarım dışı kullanım izni” verilebilir.

Proje sahası için LÜY kapsamında arazi sınıfı ve tarım dışı amaca uygunluğuna yönelik görüş talep edilebilir. Böylece FV GES projesine başlamadan önce proje sahasının yeri, mevkii, büyüklüğü, yerleşim yerine uzaklığı, düz veya yamaç oluşu, eğim yüzdesi, toprak derinliği, toprak yüzeyi, toprak profil durumu, yöresel tarımı yapılan bitkiler, sahada tarımı yapılan bitkiler, ıslah durumu, arazi sınıfı, sulu ve kuru şartlarda üretim verimliliği, yöre ortalamasıyla karşılaştırma, bitki deseninin çeşitlendirilebilirliği, sulama durumu, toplulaştırma durumu, potansiyel kullanım imkanları, sahanın yöre için önemi, tarım dışı kullanımda çevre arazilere ve tarımsal üretime muhtemel etkisi, toprak koruma projesine ihtiyaç durumu, tarımsal kullanım bütünlüğüne etkisi etüt ettirilir.

Ayrıca müdürlüğün Arazi Toplulaştırması Projesi başlatıp başlatmayacağı öğrenilmelidir. Başlatılacak ise taşınmazlardan % 10’a kadar “katılım payı” kesilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Genel itibariyle “arazi vasfı ve kullanım durumu”, “arazi ve toprak sınıfı”, “arazi toplulaştırma ve parselasyon çalışması”, “lisanssız güneş enerjisi elektrik üretim santrali kurma amaçlı tarım dışı kullanım izni verilebilirliği” vb konularda yazılı görüş alınmalıdır.

Kahramanmaraş İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü’nün cevabi yazısına göre 4342 sayılı Mera Kanunu’nun vasıf değişikliğini içeren 14.maddesi kapsamında mera sayılan alanlara lisanssız FV GES kurulmasına izin verilmemektedir. 3083 sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu ve 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu kapsamında ise FV GES için müracaat edildiğinde, önce arazinin sınıfının tespiti yapılmakta, ilgili kurumdan gerekli izin alınıp yatırım için müracaat edildiğinde ise tarım dışı izinlendirme yapılmaktadır. FV GES kurulması planlanan arazi 5403 sayılı kanunun uygulama alanı içerisinde ise sınıf tespiti için yatırımcıdan dilekçe, koordinat, kroki ve etüt ücretinin yatırıldığına dair makbuz (2017 yılı için 150 TL) istenmekte, tarım dışı izinlendirme için ise imar planı yapılmasına esas olmak üzere ilgili belediye başkanlığına görüş bildirilmektedir. Çatıya kurulacak GES’lerde gerekli inceleme ve kontrol yapıldıktan sonra izinlendirme yapılmaktadır. GES kurulması planlanan arazi 3083 sayılı Tarım Reformu Kanunu uygulama alanı içerisinde ise yatırımcıdan istenilen belgeler arazi sınıf tespiti ve tarım dışı izinlendirme için ayrı ayrı olmak üzere şu şekildedir [105]:



Arazi sınıf tespiti için istenilen belgeler:

- 1- Müracaat dilekçesi
- 2- Tapu senedi / Tapu kaydı
- 3- Kira ise sözleşme (Adi sözleşme)
- 4- Aplikasyon krokisi
- 5- Etüt ücreti
- 6- İmza sirküleri (Tüzel kişilik ise)

Tarım dışı izin için istenilen belgeler

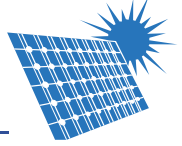
- 1- Müracaat dilekçesi (imar planı yapmaya yetkili kurum 7 kişi müracaatı)
- 2- Tapu senedi / Tapu kaydı
- 3- Kira ise sözleşme (Noterden)
- 4- Aplikasyon krokisi
- 5- Sınıf tespiti görüş yazısı
- 6- İmza sirküleri
- 7- Arazi Büyük Ovada ise;
 - İl Toprak Koruma Kurulu Kararı,
 - Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı izni,
 - İlgili her iki bakanlık tarafından alınan kamu yararlı kararı

7.7. Orman Bölge Müdürlüğü uygulamaları

Kurum'a, Proje sahası belirtilerek 1/5.000 ölçekli nazım imar planı ve 1/1.000 ölçekli uygulama imar planı yapılmasına dair görüş sorulabilir. Ayrıca "orman veya ormanlık alanlarla ilgisi", "orman tahdit ve orman kadastro veya planlaması", "ağaçlandırma veya orman olarak kullanılacak alan durumu" sorgulanabilir.

Genel bir yaklaşım olarak, Orman Genel Müdürlüğü'nün 19.09.2012 tarih ve 840 sayılı talimatında; "Lisanssız elektrik üretim tesisleri ve lisanslı güneş enerjisinden elektrik üretim tesislerinin orman sayılan alanlarda inşasında; zaruret olmadığı, sayıca çok fazla alan olarak toplamda geniş alanları kaplayacağı, orman bütünlüğünü bozacağı, sürdürülebilir ormancılığı olumsuz etkileyeceği, ormanlık alanları azaltacağı, ekolojik dengeyi bozacağı, lisanslı güneş enerjisinden elektrik üretim tesislerinin dünyadaki uygulamalarında orman sayılmayan yerlerde tesis edildiği, ülkemizde orman varlığımızın zor şartlarda devamlılığının sağlandığı hususları değerlendirilmektedir. Bu nedenle; orman sayılan alanların üstün kamu yararı olması ve bu tesislerin orman sayılan alanlarda yapılmasında zaruret oluşmadığından, lisanssız elektrik üretim tesisleri ile lisanslı güneş enerjisinden elektrik üretim tesislerine orman sayılan alanlarda izin verilmesi uygun görülmemektedir." denilmektedir.

Yukarıda açıklandığı üzere, orman sayılan alanlarda GES tesislerine izin verilmemekte olup, GES projelendirmelerinde bu husus dikkate alınmalıdır [106].



7.8. Belediye Uygulamaları

Belediyeye FV GES kurmak için sakınca olup olmadığı sorulduğunda, 1/1.000 ve 1/5.000 ölçekli imar planı olup olmadığı, yok ise ilgili Planlama Bölgesine ait 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planında parselin hangi vasıfta olduğu, “tarım” alanı içerisinde kalıp kalmadığı sorgulanabilir. Bu durumda plan hükümleri gözetilerek ilgili kurum ve kuruluşların görüşleri doğrultusunda 1/1.000 ve 1/5.000 ölçekli imar planları hazırlatılarak büyükşehir belediyesince onayı gerekir. Ayrıca çevre kanunu, ÇED yönetmeliği hükümleri uyarınca gerekli çevresel tedbirlerin alınması ve ekolojik dengenin korunmasına dikkat edilir. İlgili parsel için YEK ve LÜY kapsamında “yenilenebilir enerji üretim tesisi kurmak amacıyla TEDAŞ’a verilmek üzere imar planı çalışmaları yapılmak kaydıyla” uygunluk yazısı talep edilir. 1/1.000 ölçekli uygulama imar planı sınırları dışında ve parsel için herhangi bir planlama yok ise “Belediyece sakınca yoktur” ibaresiyle izin alınabilir.

Proje sahası imar planı sınırları içerisinde kalıyorsa “GES yapılmasına ait 1/1000 ölçekli uygulama imar planı” ve “1/5000 ölçekli nazım imar planı” belediye meclisinde değerlendirmeye sunulmalı ve 30 gün süreyle ilan panosunda askıya çıkarılmalıdır. Bu süreçte itiraz olmaması koşuluyla “plan işlem uygulamasında kesinleşti” olarak kaydedilebilir. Yine belediyeden ilgili parsel için FV GES amaçlı mevzi imar planı çalışmasına yönelik jeolojik etüdün Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından kontrol ettirilmesi istenebilir. Konumlandırmaya ve çekme mesafelerine özen göstermek kaydıyla belediyeye bilgi verilebilir, izin alınabilir. Ek olarak “nazım imar planı”, “uygulama imar planı”, “inşaata engel tesis durumunuz” konularında da görüş alınabilir.

Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi’nin FV GES projelendirme aşamalarında girişimci ve yatırımcıların hazırlaması gereken asgari bilgi ve belgeler, alması gereken izinler ve örnek başvuru dilekçesi ve yürütmesi gereken süreçlere ilişkin hazırladığı rapor Ek-1 [107]’de sunulmuştur.

FV GES yapılmasına ilişkin Uygulama İmar Planı’nın, Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği’nde belirtilen, plana esas ilgili kurum ve kuruluş görüşleri alındıktan sonra belediye meclisine teklif edilmesi ve Nazım İmar Planı olarak kabul edilmesi ile FV GES sahası “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Üretim Tesis Alanı (YDE)” olarak tanımlanır.

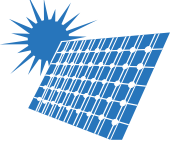
7.9. Diğer Kamusal Uygulamalar

Kültür ve Turizm Bakanlığı veya Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu, “Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgesi veya Turizm Merkezi durumu veya planlaması” konularında görüş alınabilir.

Türk Telekom İl Müdürlüğü’ne, “inşaata engel tesis durumunuz”, “elektronik sistemlerin sinyal performansı” vb konularında görüş sorulabilir.

DSİ “inşaata engel tesis durumunuz veya planlamanız”, “taşkın durumu”, “sulama projesi durumu veya planlaması” vb konularda bilgi istenebilir.

Su ve kanalizasyon idaresine görüş sorularak, Su Havzaları Koruma Yönetmeliği hükümlerince değerlendirme yapılarak herhangi bir baraj koruma havzası, dere ve su kaynaklarının mutlak koruma alanına girip girmediğinin denetlenmesi istenebilir. Ayrıca proje sahası ve sınırlarından 50 m mesafede içme ve kullanma suyu amaçlı yüzeysel ve yeraltı su (keson kuyusu, sondaj kuyusu, kaptaj, toplama odası ve drenaj vb) kaynaklarını içme suyu isale hattı ve depolarının kanalizasyon hattının bulunup bulunmadığı, var ise koordinatlı değerlerinin bildirilmesi istenebilir. Böylece sahanın içme ve kullanma suyu temini, kullanılmış suların uzaklaştırılması ve su havzalarının korunması noktasında ilişkili olup olmadığı değerlendirilmiş olur.



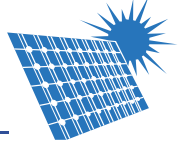
Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü'nden FV GES'lerin projelendirilmesi aşamasında 2918 sayılı "Karayolu Kenarında Yapılacak ve Ayılacak Tesisler Hakkındaki Yönetmelik" hükümlerine uyulması, ve buna müteakip inşaat aşamasına geçilmeden önce projelendirilen her tesis için "proje parsellerinin karayolları ağında bulunma durumu"; "inşaata engel tesis durumu veya planlaması" vb konular da ayrıca görüş alınması gerekmektedir [108].

Milli Savunma Bakanlığı görüşü sorularak proje sahası içerisinde askeri alan, NATO akaryakıt boru hattı, askeri yasak ve güvenlik bölgesi bulunup bulunmadığı belirlenebilir. "inşaata engel tesis durumu", "elektronik sistemlerin sinyal performansı", "askeri alanlar ve bölgeler açısından kısıtlılık", "askeri enerji veya iletişim güzergahı" vb gizlilik arz eden konular için proje bazlı sorgu yapılması; lisanslı girişimler için ise EPDK'dan önlisans alınmasını müteakip talep sahibi firma tarafından MSB Adana İnşaat Emlak Bölge Başkanlığına gerekli bilgi ve belgelerle başvuruda bulunulması gerekmektedir [109].

DHMI'den görüş alınarak proje sahasının Havaalanları Çevresinde Yapılaşma Kriterleri Hakkındaki Genelge, ICAO Annex-14 ve SHT-HES kriterlerine uygulduğu ile "havalimanları mania planları", "yapılaşma planlamaları", "Havaalanları çevresinde yapılaşma kriterleri hakkındaki genelge", "elektronik sistemlerin sinyal performansı"nı nasıl etkileyeceği sorgulanabilir. Bu amaçla projenin yapılacağı alana ait bölgenin köşe (WGS84 formatında, derece/dakika saniye cinsinden) koordinatları, bölgenin deniz seviyesine göre metre cinsinden maksimum zemin kotu, tüm müstemilat dahil zemin ve deniz seviyesinden itibaren metre cinsinden planlanan maksimum yapı yüksekliği ile bahse konu bölgenin köşe koordinatlarının izlendiği ".kmz" uzantılı Google Earth görüntü dosyasının gönderilmesi gerekmektedir [110].

MTA, İller Bankası, Doğalgaz dağıtım, BOTAŞ, İl Sağlık Müdürlüğü'ne de Proje sahası belirtilerek 1/5.000 ölçekli nazım imar planı ve 1/1.000 ölçekli uygulama imar planı yapılmasına dair görüş sorulabilir.

Tüm bu kurumlardan alınacak görüşler ve jeolojik etüde istinaden GES nazım ve uygulama imar planları hazırlanması uygun olacaktır. Proje sahası içerisinde GES ile birlikte idari ve sosyal tesisler, elektrik kontrol odası, trafo, lojistik destek tesisleri planlanabilir. Güvenlik şeridi, saha içi yollar, otopark, trafo, bekçi barakası vb temelsiz yapılar, belediye görüşü alınarak inşa edilebilir.



8. KAHRAMANMARAŞ'TA FV GES YATIRIM DEĞERLENDİRMELERİ İLE SENARYO VE SİMÜLASYONLAR

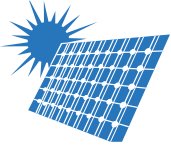
8.1. Senaryo ve Simülasyonlar

Kahramanmaraş'ta muhtemel FV GES yatırımlarına dayanak teşkil edecek şekilde yapılan meteorolojik analizler sonucunda düzenleyici, yatırımcı, girişimci ve denetleyicilere yol gösterecek senaryo ve simülasyonlar hazırlanması kararlaştırılmıştır. Bu nedenle FV yöntemle elektrik üretmeye etki eden meteorolojik parametrelerden güneş ışınması, sıcaklık ve rüzgarı içeren bir baz veri seti belirlenmiştir. Güneş ışınması ortalama referans değerleri günlük olarak çıkarılmıştır (Çizelge 31). Bu veri setinden yararlanarak 10 kWp (Ek-1), 50 kWp (Ek-2) ve 1 MWp (Ek-3) büyüklüğünde üç ayrı FV GES proje senaryosu simule edilmiştir. Ülkemizde FV GES kurulumuna uygun konut ve ticari yaklaşık 85 milyon m² çatı alanı bulunmaktadır. 10-50 kW büyüklüğündeki örneklemelerimiz çatı FV GES'lerin, 1 MW örneklememiz ise arazi FV GES yaygınlaşmasını teşvik eder niteliktedir.

Bu amaçla FV sektöründe 20 yıldır tercih edilen bir simülasyon yazılımından yararlanılmıştır. Daha önce Türkiye koşullarında denenmiş [5], [72] olan PVsyst, çok fazla türde FV GES sistem özelliği seçme şansı tanıyan ve FV GES sistemin hemen tüm donanımı için detaylı bir veri bankasını bünyesinde bulunduran iyi tasarlanmış bir araçtır. FV GES sistemlerin ve ilgili donanımın geniş bir yelpazede detaylandırılarak tutulduğu veri bankalarından oluşur. Bünyesindeki algoritmalar (işlemsel süreçler) sıcaklık ve rüzgar gibi meteorolojik değişkenlerin yanı sıra, kablo omik kayıpları, geliş açısı değiştiricisi (incidence angle modifier, IAM) kayıpları, albedo, gölgelenme ve ufuk çizgisi etkilerinin tümünü dikkate alır. Şebeke bağlantılı, bağımsız, su pompaj ve DA şebekeli FV GES sistem türlerinde uzmanlaşmış güneş enerjisi araçlarının yanı sıra, gelişmiş meteoroloji ve FV GES sistem donanım veri bankalarına sahiptir. Çalıştırdığı algoritmalar, sıcaklık ve rüzgar etkisini, omik ve ışıınım geliş açısından kaynaklı kayıpları, albedo ve ufuk değerlerini hesaba katmaktadır [111]. Yazılım mimarlar, mühendisler ve araştırmacılar için bu anlamda ideal bir araç ve görüntüleme arayüzüdür. Eğitim amaçlı yardımcı materyal olarak da kullanımı tavsiye edilmektedir. Hem dünyada hem de ülkemizde birçok akademik, ticari ve uygulama çalışmasında kullanım yaygınlığına ulaşmıştır [5].

Bu çalışmanın bir çıktısı niteliğinde olacak 3 farklı büyüklükte tasarlanmış FV GES projeleri lisanslı PVsyst V6.62 versiyonuna göre asgari donanım üzerinden incelenmiştir. Meteorolojik veri seti MGM istasyon ölçümlerine dayandırıldığından dolayı, proje sahası olarak yine MGM istasyon noktaları esas alınmıştır. Tüm senaryolar için saha ve projelendirme tercihleri aynı kalmak koşuluyla büyüklüğe ve birim fiyat farklılığına göre FV GES elektrik üretim performansı karşılaştırılmıştır. Tüm senaryolarda FV panellerin optimum kurulum açısı (çevresel engeller olmadığı ve zemin düz olduğu şartlarda sürekli geçerli) 35° hesaplanmıştır. GES sahasına gölgeleme etkisi yapacak ufki, doğal ve beşeri engel olmadığı kabul edilmiştir. Bu kabullerin yanı sıra, senaryoları karşılaştırabilmek adına tüm durumlar için aynı marka ve model donanım kullanılmıştır. Yine donanım seçiminde Türkiye menşeli veya Türkiye'de şirketleşmiş olanlara öncelik tanınmıştır. FV panel için 250 W gücündeki çoklu kristal silisyum paneli, evirici için de Kaco'nun Powador 2502xi, Powador 12.0 TL3 ve Powador 36 TL3 XL modelleri tercih edilmiştir. Referans teşkil edebilmesi açısından birim değerler (10, 50, 1000 kW) üzerinden örnek çalışma yapmanın teknik ve finansal anlaşılabilirliği bulunmaktadır (Ek-1, Ek-2, Ek-3). Ön analizler neticesinde, simülasyonu yapılmış 3 projenin de ekonomik, teknik ve finansal açıdan yapılabilir olduğu düşünülmektedir.

Senaryoların ekonomik girdilerini oluşturabilmek adına sektörün yerli ve Türkiye yerleşikli ileri gelen firmalarıyla görüşmeler yapılmış, güncel mühendislik, tedarik ve kurulum (EPC) fiyatlandırması derlenmiştir (Çizelge 38). Yerli ürünler ile -kaliteleriyle orantılı olarak- uzak doğu menşeli ürünler arasında % 10-30 arasında fiyat farkı oluşabilmektedir. Tüm finansal hesaplamalar bu fiyatlandırma baz alınarak yapılmıştır. Yerel şartlar ile ulusal ve uluslararası piyasa koşullarına göre tutarlarda değişiklik olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.



Çizelge 38: FV GES yatırım mühendislik, tedarik ve kurulum (EPC) fiyatlandırması derlemesi, \$/Wp

1 \$ = 3,6 TL	FV panel	Altlık & Bağlanma	Evirici	Kablolama	Nakliye, lojistik	Altyapı, yol	Kamusal	Mühendislik, işçilik	Yatırım toplamı
10 kW	0,90	0,12	0,18	0,12	0,14	0,07	0,05	0,12	1,69
50 kW	0,65	0,16	0,10	0,08	0,12	0,09	0,05	0,12	1,37
1 MW	0,48	0,11	0,08	0,06	0,09	0,08	0,02	0,09	0,99

Cari açığın azaltılması amacıyla ithalat bağımlılığı yüksek ürünlerin üretimine yönelik, uluslararası rekabet gücümüzü artırma potansiyeline sahip projeler için yatırım teşvik belgesi alınabilmektedir. Üretilen elektrik ve FV GES tesisi bu tarife uygun olduğundan, senaryolarımızdaki yatırımlar için yatırım teşvik belgesi alındığı varsayılmıştır. Böylece en azından % 18 uygulanması gereken KDV muafiyetinden yararlanılabilir. Daha önce Ekonomi Bakanlığı tarafından verilen yatırım teşvik belgesi, Temmuz 2017’de yapılan yönetmelik değişikliği ile lisanssız elektrik üretimi yatırımları için yerel birimlerce düzenlenebilir hale getirilmiştir. Yönetmelik değişikliği ile genel ve bölgesel teşvik uygulamaları kapsamında yer alan ve sabit yatırım tutarı 10 milyon TL’yi aşmayan yatırımlar için hazırlanan listeye lisanssız elektrik üretimi yatırımları da eklenmiştir. Böylece firmaların tercihine bağlı olarak yatırımın yapılacağı yerdeki yerel birimlere de teşvik belgesi için müracaat edilebilecektir. Finansal hesaplamalarımız bu kapsamda yapılmıştır [112].

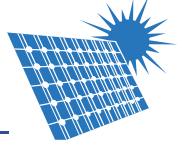
FV GES kurulacak çatının veya arazinin belirsiz olması nedeniyle bedelsiz tahsis edileceği öngörülerek hesaplamalar yapılmıştır. Öngörülen donanım fiyatları, taşıma-sigorta, ithalat-gümrükleme ve montaj giderleri dâhil anahtar teslimi olarak düşünülmüştür.

FV panel üreticileri ilk on yıl % 90, ikinci on yıl % 80 performansla üretim garantisi vermektedirler. Bu sebeple FV GES teknik ömrü PVsyst simülasyonlarında 30 yıl olmasına rağmen finansal analizlerde 20 yıl olarak alınmıştır. Her bir yıl % 1 verim kaybı olacağı varsayılarak ilk 10 yılın sonunda % 90; ikinci 10 yılın sonunda % 80 performansla elektrik üretimi yapılacağı öngörülmüştür. Teknik ömür uygulamada 30 yıl ve üzerine çıkabilmekte, yıpranma da yıllık 0,004-0,01 aralığında alınabilmektedir. Hesaba katamadığımız giderler olabileceği düşünülmüş paylı hesaplama tercih edilmiştir.

FV GES’te üretilen elektriğin öz tüketim haricinde kalan kısmı, serbest tüketicilere satılabilmesinin yanında alım garantisi kapsamındadır. Dolayısıyla üretildiği halde satılamayacak elektrik miktarı oluşmayacaktır. Piyasa şartlarına, rakip firmalara, satış ve rekabet olanaklarına bağlı tüketici bulma arayışı; üretilen elektriğin nasıl satılabileceğine ilişkin değil, ne kadar daha yüksek fiyata satılabileceğine ilişkindir. Ekonomik anlamda, yapılacak satış miktarlarında piyasa payı kısıdı yoktur, tek kısıt FV GES’in üretim miktarıdır. Dolayısıyla proje için ayrıca ekonomik kapasite kullanım oranı öngörülmektedir. Bu itibarla, sektördeki gerçekleştirmeler ve gelecekte oluşacak potansiyel göz önünde bulundurularak **kapasite kullanım oranlarının**, yıllar itibarıyla % 100 gerçekleştirileceği öngörülmüştür.

TEİAŞ’ın uyguladığı Sistem Kullanım ve Sistem İşletim Bedelleri her yıl güncellenmekte ve FV GES için bir gider unsuruna dönüşmektedir. Sistem işletim tarifesini üretilen miktar üzerinden TL/MWh olarak alınmaktadır. Hatay ve Osmaniye’nin içinde bulunduğu 10. Bölge’de 2017 yılı için sistem kullanımında sabit kısım 23.280 TL/MW-yıl, değişken kısım ise 6,26 TL/MWh iken sistem işletim bedeli 3,19 TL/MWh’tir. Kahramanmaraş’ın içinde bulunduğu 13. Bölge’de 2017 yılı için sistem kullanımında sabit kısım 26.664 TL/MW-yıl, değişken kısım ise 6,26 TL/MWh iken sistem işletim bedeli 3,19 TL/MWh’tir.

Dağıtımdan bağılı lisanssız üreticilerin sisteme verdiği elektriğe 10,25 kr/kWh dağıtım bedeli uygulanmaktadır. Bu üreticilerin sisteme verdiği elektrik için çift terimli tarifeyi tercih etme hakları yoktur. Bu üreticilerden 31 Aralık 2017 tarihinden önce geçici kabulü yapılan tesisler 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’da belirlenen teşvik fiyatlarından faydalandıkları süre zarfında dağıtım bedelini yüzde 75 indirimli öderler. Mevcut tarifeler dikkate alındığında, indirimli tarife 2,56 kr/kWh’tir. Yıllık işletim bedeli de ilgili şebeke işletmecisine ödenecektir. 1 MW kurulu gücü bulunan, yıllık üretimi 1.600.000 kWh olan lisanssız bir FV GES 2017 yılında bu bedelleri ödemekle yükümlüdür.



Hesaplamalarda bu giderler projeye bağlı olarak farklılık gösterebileceğinden dolayı, bir ön fizibilite kapsamında daha fazlası olmayan bu çalışmada ayrı bir kalem olarak işlenmemiştir. Ayrıca amortisman, stopaj, KDV, kurumlar ve gelir vergisi gibi kalemler de abonenin özel veya tüzel kişi oluşuna bağlı olarak değişebileceği için çizelgelerde yer ayrılmamıştır. Projeye özel hazırlanacak detaylı bir fizibilite raporunda ise bu kalemlerin tümünün göz önünde bulundurulması gerekir. Senaryolarda 10 kW FV GES bir evsel kullanım öz tüketimine işaret ettiğinden işletme gideri öngörülmemiştir. 50 kW FV GES'in muhtelif işletme gideri ise 500 \$/yıl, 1 MW FV GES'in ise 57.921 \$/yıl olarak kabul edilmiştir. Piyasa koşulları gereği ABD Doları (\$) esas alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Temmuz 2017 itibarıyla 1 \$ = 3,6 TL. paritesi geçerlidir.

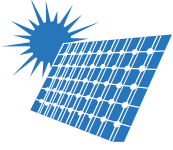
8.1.1. 10 kWp FV GES örnek projelendirme

Ev, tarımsal işletme ve KOBİ ölçeğindeki elektrik tüketim aboneleri öz tüketimlerini karşılayabilmek adına çatı ve/veya arazilerine 10 kWp ve altı büyüklükte FV GES kurabilirler. PVsyst ile işlenen bu senaryo ile Hatay il merkezi güneş ışıması ile optimum FV panel açısı (35°) belirlenmiş; birbiriyle uyumlu FV panel ve evirici seçilerek referans bir proje tasarlanmıştır. kWp başına üretilmesi beklenen elektrik yıllık 1.754 kWh'tir. 16.900 \$ ilk yatırım maliyeti olan projede yıllık maliyet 2.296 \$, birim yatırım maliyeti 1,69 \$/Wp ve enerji maliyeti 0,13 \$/kWh hesaplanmaktadır (Çizelge 39).

Çizelge 39: Kahramanmaraş 10 kWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-1)

Proje adı	Kahramanmaraş 10 kW FV GES (Referans)
Konum	38.00° N - 37.00° E
Denizden yükseklik	572 m
Referans güneş ışıması	1873,3 kWh/m ²
Albedo	0,20
FV panel açısı, dikey/yatay	35° / 0°
FV panel	Poly 250 w 60 Cells
FV yapısı	Çoklu kristal (Si-poly)
FV panel gücü	250 W
FV diziliş ve sayı	4 dizi X 10 seri = 40 adet
Anma gücü	10 kWp
Anma gerilimi	270 V
Anma akımı	33 A
FV alan	65,1 m ²
Evirici	Kaco Powador 2502 xi
Anma gücü	4 x 2,5 kWac = 10 kWac
Üretilen enerji	17.543 kWh/yıl
Birim üretilen enerji	1.754 kWh/kWp/yıl
Yatırım	16.900 \$
Birim yatırım	1,69 \$/Wp
Yıllık maliyet	2.296 \$/10 yıl
Enerji maliyeti	0,13 \$/kWh

Genel itibarıyla 10 kWp büyüklüğünde bir FV GES'in % 53 maliyetini FV paneller oluştururken, ikinci büyük ödeme kalemi % 10 ile evirici olmaktadır. Altlık (konstrüksiyon), kablolama gibi donanım ürünlerinin yanı sıra mühendislik, işçilik, lojistik ve kamusal izinler gibi ödeme kalemleri de böyle bir projenin ilk yatırım maliyetini etkileyen unsurlardır. Burada işletme, bakım ve Arıza gibi kalemler göz ardı edilebilecek etkiye sahiptirler. Birim kWp başına maliyet ise 1.690 \$'dır (Çizelge 40).

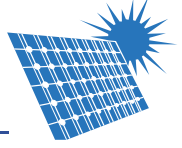


Çizelge 40: Kahramanmaraş 10 kWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-1)

Ödeme kalemi	Maliyet \$	Maliyet \$/kWp	Maliyetteki payı	Maliyet TL
FV	9.000	900	53%	32.400
Altlık & Bağlanma	1.200	120	7%	4.320
Evirici	1.700	170	10%	6.120
Kablolama	1.200	120	7%	4.320
Nakliye & Lojistik	1.400	140	8%	5.040
Altyapı	700	70	4%	2.520
Kamusal	500	50	3%	1.800
Mühendislik & İşçilik	1.200	120	7%	4.320
Yatırım toplamı	16.900	1.690	100%	60.840
Yıllık Bakım & Arıza & İşletim	0,00	0,00	0%	-

8.1.2. 50 kWp FV GES örnek projelendirme

KOBİ veya hayvancılık üretimi yapan orta ölçekli elektrik tüketim aboneleri öz tüketimlerini karşılayabilmek adına çatı ve/veya arazilerine 50 kWp ve altı büyüklükte FV GES kurabilirler. Elektrik tüketimini ve üretimini senkronize edebilmek, güneşten elektrik üretiminde oldukça zordur. Bu sebeple toplam tüketimi karşılayabilmek adına paylı bir tasarıma gidilerek, bazı zamanlar talepten daha fazla üretim yapabilecek bir proje geliştirilmesi gerekebilir. Bu durumda ulusal şebeke fazla üretilen elektriği, aynı mahsuplaşma döneminde tekrar ihtiyaç duyulduğunda arz edebilmek adına şebekenin depolama gibi kullanılmasına olanak tanır. Üretilmesine rağmen aynı dönem içerisinde kullanılmayan elektrik ise şebeke tarafından satın alınır. PVsyst ile işlenen bu senaryo ile Kahramanmaraş il merkezi güneş ışıması ile optimum FV panel açısı (35°) belirlenmiş; birbiriyle uyumlu FV panel ve evirici seçilerek referans bir proje tasarlanmıştır. kWp başına üretilmesi beklenen elektrik yıllık 1.727 kWh'tir. 68.500 \$ ilk yatırım maliyeti olan projede yıllık maliyet 9.807 \$, birim yatırım maliyeti 1,37 \$/Wp ve enerji maliyeti 0,11 \$/kWh hesaplanmaktadır (Çizelge 41).



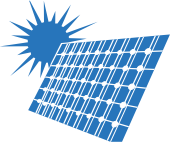
Çizelge 41: Kahramanmaraş 50 kWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-2)

Proje adı	Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)
Konum	38.00° N - 37.00° E
Denizden yükseklik	572 m
Referans güneş ışıması	1873,3 kWh/m ²
Albedo	0,20
FV panel açısı, dikey/yatay	35° / 0°
FV panel	Poly 250 w 60 Cells
FV yapısı	Çoklu kristal (Si-poly)
FV panel gücü	250 W
FV diziliş ve sayı	10 dizi X 20 seri = 200 adet
Anma gücü	50 kWp
Anma gerilimi	539 V
Anma akımı	83 A
FV alan	325 m ²
Evirici	Kaco Powador 12.0 TL3
Anma gücü	9 x 10 kWac (MPPT 50 %) = 45 kWac
Üretilen enerji	86.364 kWh/yıl
Birim üretilen enerji	1.727 kWh/kWp/yıl
Yatırım	68.500 \$
Birim yatırım	1,37 \$/Wp
Yıllık maliyet	9.807 \$/10 yıl
Enerji maliyeti	0,11 \$/kWh

Genel itibariyle 50 kWp büyüklüğünde bir FV GES'in % 47 maliyetini FV paneller oluştururken, ikinci büyük ödeme kalemi % 12 ile altlık ve bağlanma olmaktadır. Evirici, kablolama gibi donanım ürünlerinin yanı sıra mühendislik, işçilik, lojistik ve kamusal izinler gibi ödeme kalemleri de böyle bir projenin ilk yatırım maliyetini etkileyen unsurlardır. Burada işletme, bakım ve arıza gibi kalemlere 500 \$/yıl'lık bir meblağ öngörülmüştür. Birim kWp başına maliyet ise 1.370 \$'dır (Çizelge 42).

Çizelge 42: Kahramanmaraş 50 kWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-2)

Ödeme kalemi	Maliyet \$	Maliyet \$/kWp	Maliyetteki payı	Maliyet TL
FV	32.500	650	47%	117.000
Altılık & Bağlanma	8.000	160	12%	28.800
Evirici	5.000	100	7%	18.000
Kablolama	4.000	80	6%	14.400
Nakliye & Lojistik	6.000	120	9%	21.600
Altyapı	4.500	90	7%	16.200
Kamusal	2.500	50	4%	9.000
Mühendislik & İşçilik	6.000	120	9%	21.600
Yatırım toplamı	68.500	1.370	100%	246.600
Yıllık Bakım & Arıza & İşletim	500	10	0,0	1.800



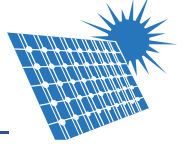
8.1.3. MWp FV GES örnek projelendirme

Sanayi ve hayvancılık üretimi yapan veya OSB ile üniversite gibi büyük ölçekli elektrik tüketim aboneleri öz tüketimlerini karşılayabilmek adına çatı ve/veya arazilerine 1.000 kW ve altı büyüklükte FV GES'i lisans almaksızın kurabilirler. Tüketimlerinin tamamını veya bir kısmını kendi ürettikleri elektrik ile karşılayabilirler. Hatta OSB ve üniversite gibi yapılar üretimin tamamını tüketmek koşuluyla 1.000 kW üstü proje sunabilirler. Üretilmesine rağmen aynı dönem içerisinde kullanılamayan elektrik ise şebeke tarafından satın alınır. PVsyst ile işlenen bu senaryo ile Hatay il merkezi güneş ışıması ile optimum FV panel açısı (35°) belirlenmiş; birbiriyle uyumlu FV panel ve evirici seçilerek referans bir proje tasarlanmıştır. kWp başına üretilmesi beklenen elektrik yıllık 1.768 kWh'tir. 992.050 \$ ilk yatırım maliyeti olan projede yıllık maliyet 192.709 \$, birim yatırım maliyeti 1,0 \$/Wp ve enerji maliyeti 0,11 \$/kWh hesaplanmaktadır (Çizelge 43).

Çizelge 43: Kahramanmaraş 1 MWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-3)

Proje adı	Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)
Konum	38.00° N - 37.00° E
Denizden yükseklik	572 m
Referans güneş ışıması	1873,3 kWh/m ²
Albedo	0,20
FV panel açısı, dikey/yatay	35° / 0°
FV panel	Poly 250 w 60 Cells
FV yapısı	Çoklu kristal (Si-poly)
FV panel gücü	250 W
FV diziliş ve sayı	250 dizi X 16 seri = 4000 adet
Anma gücü	1000 kWp
Anma gerilimi	432 V
Anma akımı	2070 A
FV alan	6508 m ²
Evirici	Kaco Powador 36 TL3 XL
Anma gücü	80 x 30 kWac (MPPT 33 %) = 800 kWac
Üretilen enerji	1.768.000 kWh/yıl
Birim üretilen enerji	1.768 kWh/kWp/yıl
Yatırım	992.050 \$
Birim yatırım	1,0 \$/Wp
Yıllık maliyet	192.709 \$/10 yıl
Enerji maliyeti	0,11 \$/kWh

Genel itibariyle 1.000 kWp büyüklüğünde bir FV GES'in % 48 maliyetini FV paneller oluştururken, ikinci büyük ödeme kalemi % 11 ile altlık ve bağlanma olmaktadır. Evirici, kablolama gibi donanım ürünlerinin yanı sıra mühendislik, işçilik, lojistik ve kamusal izinler gibi ödeme kalemleri de böyle bir projenin ilk yatırım maliyetini etkileyen unsurlardır. FV GES kurulu gücü büyüdükçe diziler de genişlemekte, buna paralel evirici boyutları da büyümektedir. Burada işletme, bakım ve sigortalama gibi kalemlere 57.921 \$/yıl'lık bir meblağ öngörülmüştür. 1 MW FV GES'in işletme gideri hesaplamasında aylık maliyeti 1.000 \$ olan 3 personel (3 x 1000 x 12); ilk yatırım maliyetinin % 1'i oranında bakım (992.050 \$ x 0,01) ve aylık 1.000 \$'lık temizlik ve arıza gideri varsayılmıştır. Simülasyonda birim kWp başına maliyet ise 992 \$ hesaplanmıştır (Çizelge 44).



Çizelge 44: Kahramanmaraş 1 MWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-3)

Ödeme kalemi	Maliyet \$	Maliyet \$/kWp	Maliyetteki payı	Maliyet, TL.
FV	476.320	476	48%	1.714.752
Altlık & Bağlanma	107.360	107	11%	386.496
Evirici	79.012	79	8%	284.443
Kablolama	55.066	55	6%	198.238
Nakliye & Lojistik	88.106	88	9%	317.182
Altyapı	77.093	77	8%	277.535
Kamusal	20.000	20	2%	72.000
Mühendislik & İşçilik	88.106	88	9%	317.182
Yatırım toplamı	992.050	992	100%	3.571.380
Yıllık Bakım & Arıza & İşletim	57.921	58	6%	208.516

8.2. Finansal Değerlendirme

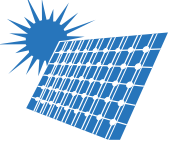
Ülkemizde güneş enerjisine dayalı bir santral yatırımının kuruluş izinlerinin artık düzenli bir şekilde alınabilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yatırımlara devletin sağladığı teşvik ve destekler birçok girişimciyi güneş enerjisi santrali kurmaya yöneltmiştir. Ayrıca santralin ilk yatırım tutarında önemli yer tutan FV panellerin yerli üretimlerinin yapılmaya başlanması, maliyetlerinin giderek düşmesi ve panel verimlerinin teknolojik gelişme ile birlikte artması, bu alanda hizmet veren yerli mühendislik firma sayısının artması gibi faktörler de yatırımın cazibesini artırmaktadır.

Bir FV GES'te üretimi yapılan ana ürün elektrik enerjisidir (büyük kurulumlar için karbon piyasası da dikkate alınmalıdır, Dr.LY). Lisanslı FV GES'ler tüm üretimlerini ulusal elektrik şebekesine (YEKDEM veya serbest piyasa) satarken; lisanssız FV GES'ler üretilen enerjinin bir kısmını ilişkili tüketim biriminde tüketip, ihtiyaç fazlası kısmını ise şebekeye satarlar. Lisanssız FV GES'lerde üretilen elektrik enerjisinin pazarlanmasında herhangi bir sıkıntı bulunmamaktadır.

Güneş enerjisine dayalı bir santralde ihtiyaç duyulan ana girdi güneş ışığıdır. Bu nedenle güneş enerjisine dayalı elektrik üretim santrallerinde hammadde maliyeti sıfırdır. Güneş panellerinin temizlenmesinde yardımcı malzeme olarak su ve diğer maddeler kullanılmaktadır. Bu yardımcı malzemelerin maliyeti de çok düşüktür.

Lisanssız bir FV GES için öz tüketim talebine, arazi veya çatı alanına veya mevzuatın izin verdiği maksimum kapasiteye göre kurulu kapasitenin seçilmesi karlılık açısından en iyi sonucu verir. Lisanslı bir FV GES için kapasite seçimi yapılırken, TEİAŞ tarafından tahsis edilen bağlantı noktası ve/veya bölgesel bazda belirlenen ve EPDK tarafından yayınlanan kapasite sınırlamaları geçerlidir. Ön lisans başvurusu için de belirtilen sınırlamalar ve diğer teknik kriterler dikkate alınarak uygun bir kapasite seçimi yapılır.

Yatırım kararı, yatırım projesinin değerlendirilmesi sonucunda yatırım yapılıp yapılmayacağı hususunda verilen bir karardır. Yatırım kararını etkileyen birçok faktör mevcuttur. Bir yatırımın değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler yatırım için alınacak kararın doğruluğu açısından önem arz etmektedir [113]. Yatırım değerlemelerinde kullanılan yöntemlere göre senaryo ve simülasyonlar şu şekilde irdelenebilir.



8.2.1. 10 kWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi

Kahramanmaraş'da kurulacak 10 kWp FV GES projesinin 2018 yılında projelendirilip, idari izinleri alınıp 2019 itibarıyla elektrik üretimine başladığı varsayımıyla **nakit akım** tablosu oluşturulmuştur. Referans güneş ışması günlük değerlerine göre aylık bazda üretilecek elektrik simülasyonu hazırlanmıştır (). FV panel üreticilerinin taahhüdü olan 1. on yılda % 90; 2. on yılda % 80 performansla çalışma garantisi doğrultusunda her yıl % 1'lik (bu oran bazı projelerde % 0,004 alınabilmektedir) bir **verim düşüşü** öngörülmüştür. 10 kWp gibi küçük bir kurulumla **işletme gideri** tahsis yapılmamıştır. Öz tüketim amaçlı olması beklenen bu FV GES'in üreteceği elektriğin parasal değeri ise 2017 elektrik tarifesine göre hesaplanarak 0,31 TL/kWh karşılığı 0,086 \$ kWh olarak alınmıştır. Tesisin 20 yılda üreteceği enerji toplamı 317.528 kWh'tir. Çizelge yöntemiyle finansal büyüklüklerin hesaplanması ve yorumlanması sağlanmıştır (Çizelge 45). Farklı kabullere göre bir FV GES 20-30 yıl ekonomik ömre sahiptir. 10 kWp'lik bir FV GES 30 yıl çalışması durumunda 204,9 tCO₂ (ton karbon-dioksit) salımını engelleyerek atmosferi korur, çevresel bir fayda da sağlar.

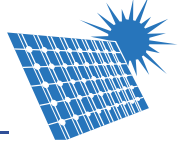
İç Karlılık Oranı (İKO): Literatürde "iç verim oranı", "iç getiri oranı", "sermayenin marjinal verimliliği", "yatırımın marjinal verimliliği" olarak da adlandırılan iç karlılık oranı, yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir orandır. İKO, bir yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen diğer bir deyişle nakit girişlerinin bugünkü değerini nakit çıkışlarının bugünkü değerine eşitleyen iskonto oranı olarak tanımlanır. İç karlılık oranı aynı zamanda yatırımın ne oranda katma değer yaratacağını ifade eder.

Geri Ödeme Süresi (GÖS): Bir yatırım için geri ödeme süresi, yatırım için harcanan toplam sermayenin ne kadar sürede geri alınabildiğini gösteren sayısal bir değerdir. Bir diğer ifade ile yatırımın sağlayacağı net nakit girişlerinin yatırım tutarını karşılayabilmesi için geçmesi gereken süredir. Yatırımın geri ödeme süresi hesaplanırken yatırımdan elde edilen yıllık net nakit akışları kümülatif olarak toplanır. Net nakit akışlarının kümülatif toplamının ilk yatırım tutarına eşit olduğu yıl, yatırımın geri ödeme süresidir. Aynı miktarda getiri sağlayan projelerden, geri ödeme süresi daha kısa olan proje, yatırım açısından daha tercih edilen yatırımdır. GÖS, yatırımcıya projeler arası kıyaslama şansı verir. İlk maliyet için ayrılan bütçenin tekrar ne zaman elinde olacağını kestirebilir. Projenin ne kadar süreyle karlılıkla çalışacağını da bir göstergesidir.

Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (SEM): Sistemin kullanım ömrü boyunca ortaya çıkan maliyetlerin, sistemin kullanım ömrü boyunca üreteceği toplam enerji miktarına oranıdır. SEM, yatırımcılar açısından farklı santral teknolojilerinin değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir.

Proje bütçesinin % 20'si öz sermaye ile karşılanırken, % 80'lik kısmı için 10 yıl süreyle % 6 faiz ile kredi kullanımına gidilmiştir. FV GES'te yaşanacak yaşlanma etkisi de göz önünde bulundurularak üretim seyri 20 yıllık hesaplanmıştır. Amacı evsel öz tüketim olması beklenen projede gerçekte para girişi olmayacaktır. Ancak ödenmesi muhtemel elektrik faturaları ikame edileceğinden dolayı, elektrik satış fiyatı kısmında bugünkü değerle elektrik faturası birim fiyat bedeli kullanılmıştır. Böylelikle nakidin yıllara sair akışı bulunmuş ve net gelir hesaplanmıştır. Evsel FV GES'te işletme gideri öngörülmemiştir. Ticari bir işletme söz konusu olmadığından vergilendirme de göz ardı edilmiştir. 13.520 \$'a tekabül eden % 80 kredinin 10 yıl sonunda 4.462 \$ faiziyle birlikte toplam ödemesi 17.982 \$'dır (Çizelge 45).

20 yıllık işletme geliri 27.307 \$ olan projede ortalama işletme geliri yıllık 1.441 \$ ve projenin geri ödeme süresi 11,7 yıldır. İç karlılık oranı ise % 5'te kalmaktadır. 10 kWp'lik bu FV GES tesisinde kazanç öz tüketilen elektriğe ücret ödememe kaynaklı olduğundan dolayı, projenin üretimi olan elektrik birim satış fiyatı düşük kalmaktadır. Herhangi bir yatırım teşviki ve/veya satın alım desteği olmaması halinde proje karlılığı düşük çıkmaktadır. Bu nedenle yalnızca bölgesel değil ulusal boyutta da bu büyüklükteki öz tüketim tesislerine kamusal destek ve teşviklerin kurgunlaması yaygınlaşma açısından önemlidir. Diğer elektrik üretim projeleriyle kıyaslanmak istendiğinde yararlanılacak seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 0,086 \$'dır (Çizelge 45).

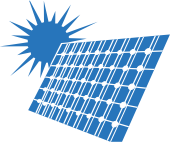


Çizelge 45: Kahramanmaraş 10 kW Referans senaryo finansal veriler özeti

Üretim, kWh	20 yıl	317.528
Elektrik satış fiyatı, \$/kWh	İlk 10 yıl	0,086
Elektrik satış fiyatı, \$/kWh	İkinci 10 yıl	0,086
Nakit akışı, \$	20 yıl	27.307
İşletme gideri, \$	20 yıl	-
Net gelir, \$	20 yıl	27.307
İlk yatırım maliyeti		\$16.900
Öz sermaye, % 20		\$3.380
Kredi, % 80		\$13.520
Kredi süresi		10 yıl
Kredi faiz oranı		6%
İnşaat dönemi faiz		\$811
İşletme dönemi faiz		\$3.650
Toplam Faiz		\$4.462
Anapara + Faiz Ödemeleri, \$		\$17.982
Ortalama İşletme Geliri, 10 yıl		\$1.441
Ortalama İşletme Gideri, 10 yıl		\$0
Proje Geri dönüş oranı		8,5%
Proje Geri Ödeme Süresi (GÖS), yıl		11,7
20 yıllık işletme geliri		\$27.307
20 yıllık işletme gideri		\$0
20 yıllık vergi ödemesi		\$0
Yatırım gideri (faizle beraber)		\$21.362
20 yıl sonunda kasa bakiyesi		\$5.946
Özsermaye İç Karlılık Oranı (İKO)		5%
Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (SEM)		\$0,086

8.2.2. 50 kWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi

Kahramanmaraş'ta kurulacak 50 kWp FV GES projesinin 2018 yılında projelendirilip, idari izinleri alınıp 2019 itibarıyla elektrik üretimine başladığı varsayımıyla **nakit akım** tablosu oluşturulmuştur. Referans güneş ışınması günlük değerlerine göre aylık bazda üretilen elektrik simülasyonu hazırlanmıştır (). FV panel üreticilerinin taahhüdü olan 1. on yılda % 90; 2. on yılda % 80 performansla çalışma garantisi doğrultusunda her yıl % 1'lik bir verim düşüşü öngörülmüştür. 50 kWp gibi orta ölçekli bir kurulum için işletme gideri 500 \$/yıl öngörülmüştür. Yarı üretimi öz tüketim, yarı üretimi de YEKDEM'e veya serbest piyasaya satma amaçlı olan bu FV GES'in üreteceği elektriğin öz tüketim kısmı için parasal değeri 2017 elektrik tarifesine göre hesaplanarak 0,31 TL/kWh karşılığı 0,086 \$/kWh olarak; YEKDEM için parasal değeri de YEK'da göre 0,133 \$/kWh olarak alınmıştır. YEKDEM ilk on yıl geçerli olacağından, birinci on yıl için elektrik satış fiyatı 0,1095 \$/kWh; ikinci on yıl tahmini olarak serbest piyasa elektrik fiyatının 0,065 \$/kWh olacağı öngörülerek elektrik satış fiyatı 0,0755 \$/kWh hesaplanmıştır. Tesisin 20 yılda üreteceği enerji toplamı 1.563.188 kWh'tir. Çizelge yöntemiyle finansal büyüklüklerin hesaplanması ve yorumlanması sağlanmıştır (Çizelge 46). 50 kWp'lik bir FV GES 30 yıl çalışması durumunda 962,6 tCO₂ salımını engelleyerek atmosferi korur, çevresel bir fayda da sağlar.

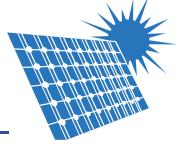


Proje bütçesinin % 20'si öz sermaye ile karşılanırken, % 80'lik kısmı için 10 yıl süreyle % 6 faiz ile kredi kullanımına gidilmiştir. FV GES'te yaşanacak yaşlanma etkisi de göz önünde bulundurularak üretim seyri 20 yıllık hesaplanmıştır. Amacı öz tüketim ve tüketim fazlasının şebekeye satışı olması beklenen projede kısmi para girişi olacaktır. Öncelikle ödenmesi muhtemel elektrik faturaları ikame edilecektir. Öz tüketime yönlendirilmeyeceği varsayılan kısım ise önce YEKDEM daha sonra da serbest piyasa fiyatından satılacaktır. Böylelikle nakidin yıllara sair akışı bulunmuş ve net gelir hesaplanmıştır. FV GES için işletme gideri 500 \$ ön görülmüştür. Ticari bir işletme söz konusu olduğundan % 20 vergilendirme uygulanmıştır. 54.800 \$'a tekabül eden % 80 kredinin 10 yıl sonunda 18.084 \$ faiziyle birlikte toplam ödemesi 72.884 \$'dır (Çizelge 46).

20 yıllık işletme geliri 146.063 \$ olan projede ortalama işletme geliri yıllık 9.031 \$ ve projenin geri ödeme süresi 8 yıldır. İç karlılık oranı ise % 10'da kalmaktadır. 50 kWp'lik bu FV GES tesisinde kazancın bir kısmı öz tüketilen elektrığe ücret ödememe bir kısmı da YEKDEM ve serbest piyasa satışı kaynaklı olduğundan dolayı, projenin üretimi olan elektrik birim satış fiyatı orta düzeyde kalmaktadır. Ek bir yatırım teşviki olması halinde proje karlılığı daha da yükselebilecektir. Bu büyüklükteki öz tüketim tesislerine bölgesel değil ulusal boyutta da kamusal destek ve teşviklerin kurgulanması yaygınlaşma açısından önemlidir. Diğer elektrik üretim projeleriyle kıyaslanmak istendiğinde yararlanılacak seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 0,093 \$'dır (Çizelge 46).

Çizelge 46: Kahramanmaraş 50 kW Referans senaryo finansal veriler özeti

Üretim, kWh	20 yıl	1.563.188
Elektrik satış fiyatı, \$/kWh	İlk 10 yıl	0,1095
Elektrik satış fiyatı, \$/kWh	İkinci 10 yıl	0,0755
Nakit akışı, \$	20 yıl	146.063
İşletme gideri, \$	20 yıl	10.000
Net gelir, \$	20 yıl	136.063
İlk yatırım maliyeti		\$68.500
Öz sermaye, % 20		\$13.700
Kredi, % 80		\$54.800
Kredi süresi		10 yıl
Kredi faiz oranı		6%
İnşaat dönemi faiz		\$3.288
İşletme dönemi faiz		\$14.796
Toplam Faiz		\$18.084
Anapara + Faiz Ödemeleri, \$		\$72.884
Ortalama İşletme Geliri, 10 yıl		\$9.031
Ortalama İşletme Gideri, 10 yıl		\$500
Proje Geri dönüş oranı		12,5%
Proje Geri Ödeme Süresi (GÖS), yıl		8,0
20 yıllık işletme geliri		\$146.063
20 yıllık işletme gideri		\$10.000
20 yıllık vergi ödemesi		\$12.842
Yatırım gideri (faizle beraber)		\$86.584
20 yıl sonunda kasa bakiyesi		\$36.637
Özsermaye İç Karlılık Oranı (İKO)		10%
Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (SEM)		\$0,093

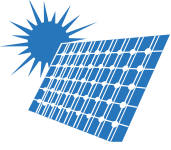


8.2.3. 1 MWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi

Kahramanmaraş'ta kurulacak 1 MWp FV GES projesinin 2018 yılında projelendirilip, idari izinleri alınıp 2019 itibariyle elektrik üretimine başladığı varsayımıyla **nakit akım** tablosu oluşturulmuştur. Referans güneş ışması günlük değerlerine göre aylık bazda üretilecek elektrik simülasyonu hazırlanmıştır (). FV panel üreticilerinin taahhüdü olan 1. on yılda % 90; 2. on yılda % 80 performansla çalışma garantisi doğrultusunda her yıl % 1'lik bir **verim düşüşü** öngörülmüştür. 1 MWp gibi büyük bir güce sahip bu tesisin **işletme gideri** 57.921 \$/yıl öngörülmüştür. YEKDEM'e ürettiği elektriği satması beklenen FV GES'in üreteceği elektriğin YEKDEM için parasal değeri de YEK'na göre 0,133 \$/kWh olarak alınmıştır. Tesisin 20 yılda **üreteceği enerji** toplamı 32.002.610 kWh'tir. Çizelge yöntemiyle finansal büyüklüklerin hesaplanması ve yorumlanması sağlanmıştır (Çizelge 47). 1 MW'lık bir FV GES 30 yıl çalışması durumunda 20.663 tCO₂ salımını engelle-yerek atmosferi korur, çevresel bir fayda da sağlar.

Proje bütçesinin % 20'si öz sermaye ile karşılanırken, % 80'lik kısmı için 10 yıl süreyle % 6 faiz ile kredi kullanımına gidil-miştir. FV GES'te yaşanacak yaşlanma etkisi de göz önünde bulundurularak üretim seyri 20 yıllık hesaplanmıştır. Amacı tüketim fazlasının şebekeye satışı olması beklenen projede para girişi olacaktır. Üretilen elektrik önce YEKDEM daha sonra da serbest piyasa fiyatından satılacaktır. Böylelikle nakidin yıllara sair akışı bulunmuş ve net gelir hesaplanmıştır. Ticari bir işletme söz konusu olduğundan % 20 vergilendirme uygulanmıştır. 793.640 \$'a tekabül eden % 80 kredinin 10 yıl sonunda 261.901 \$ faiziyle birlikte toplam ödemesi 1.055.541 \$'dır (Çizelge 47).

20 yıllık işletme geliri 3.228.374 \$ olan projede ortalama işletme geliri yıllık 224.575 \$ ve projenin geri ödeme süresi 6,0 yıldır. İç karlılık oranı ise % 21'lere çıkabilmektedir. 1 MWp'lik bu FV GES tesisinde kazanç ürün satışı kaynaklı oldu-ğundan dolayı, projenin üretimi olan elektrik birim satış fiyatı önce YEKDEM daha sonra serbest piyasa koşullarındadır. Mevcut satın alım desteği proje karlılığını yüksek çıkarmaktadır. Yine de bölgesel veya ulusal boyutta FV GES tesislerine kamusal verilecek destek ve teşvikler projeyi yatırımcı için cazip kılacaktır. Diğer elektrik üretim projeleriyle kıyaslanmak istendiğinde yararlanılacak seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 0,101 \$'dır (Çizelge 47).

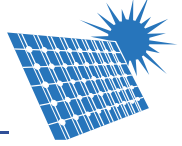


Çizelge 47: 1 MW Referans senaryo finansal veriler özeti

Üretim, kWh	20 yıl	32.002.610
Elektrik satış fiyatı, \$/kWh	İlk 10 yıl	0,133
Elektrik satış fiyatı, \$/kWh	İkinci 10 yıl	0,065
Nakit akışı, \$	20 yıl	3.228.374
İşletme gideri, \$	20 yıl	1.158.410
Net gelir, \$	20 yıl	2.069.964
İlk yatırım maliyeti		\$992.050
Öz sermaye, % 20		\$198.410
Kredi, % 80		\$793.640
Kredi süresi		10 yıl
Kredi faiz oranı		6%
İnşaat dönemi faiz		\$47.618
İşletme dönemi faiz		\$214.283
Toplam Faiz		\$261.901
Anapara + Faiz Ödemeleri, \$		\$1.055.541
Ortalama İşletme Geliri, 10 yıl		\$224.575
Ortalama İşletme Gideri, 10 yıl		\$57.921
Proje Geri dönüş oranı		16,8%
Proje Geri Ödeme Süresi (GÖS), yıl		6,0
20 yıllık işletme geliri		\$3.228.374
20 yıllık işletme gideri		\$1.158.410
20 yıllık vergi ödemesi		\$177.952
Yatırım gideri (faizle beraber)		\$1.253.951
20 yıl sonunda kasa bakiyesi		\$638.060
Özsermaye İç Karlılık Oranı (İKO)		21%
Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (SEM)		\$0,101

8.3. Ekonomik Değerlendirme

Girişimcilerin iş veya proje fikirleri için objektif bir şekilde yatırım kararı alabilmeleri detaylı bir fizibilite çalışması gerektirir. Fizibilite çalışması ile yapılacak yatırımın ekonomik, teknik, finansal ve hukuki açıdan analizi yapılır. Değerlendirme sonucunda söz konusu yatırımın girişimci açısından karlı veya yapılabilir olup olmadığı hususunda doğru karar verilmiş olur. Fizibilite yapılmaması veya eksik bir fizibilite çalışması yapılması durumunda yanlış bir yatırım kararı alınabilir. Böyle bir durumda girişimci hem maddi hem de manevi olarak zarar görmüş olur. Bu çalışma, FV GES yatırımı için bölgesel ve sektörel bir ön fizibilite niteliğindedir. Özgün projeler için bu çalışma çerçevesinde detaylandırmaya ihtiyaç duyulacaktır. Herhangi bir FV GES yatırım fikri için fizibilite çalışması yapılırken yukarıda işlenen temel başlıklar altında değerlendirme yapılması yaygın olarak kabul görmektedir. FV GES'lerde yatırım ve sonrasındaki işletme ve bakım-onarım maliyetlerinden oluşan sabit ve değişken giderler, proje ömrü, enerji üretimi ve kullanılabilirliği ile üretilen enerjinin piyasadaki değeri ve satılabilirliği gibi pek çok parametre yatırım kararını belirlemektedir. Bu etkilerin yatırım sahibi kurum veya kişiler açısından değeri ile toplum açısından değeri farklı olup farklı şekilde hesaplanırlar. Projelerin yatırımcı kurum veya kişi açısından ve pazar fiyatlarını kullanarak yapılan analizine Finansal Değerlendirme, maliyet ve faydaların toplum açısından değerlerinin hesaplandığı analize Ekonomik Değerlendirme denir. Simülasyonlarla sayısal büyüklüklere aktarılmış senaryoların ekonomik değerlendirmesi yapılırken aşağıdaki piyasa bilgisi de göz önünde bulundurulmalıdır.



2011 yılı başı itibarıyla arazi hariç FV GES ilk yatırım maliyetinin 2,5 \$/Wp [77], 2014'te 1,1 \$/Wp [114] iken buradaki örnek projelerde yatırım maliyetinin 1 \$/Wp'e düştüğü görülmektedir. 6 yıllık dönemde 2,5 kat maliyet düşüşü oldukça etkileyicidir. Ancak önümüzdeki dönemde maliyet düşüşünün bu hızla gitmeyeceği, bir miktar daha düşüp durağan bir sürece gireceği tahmin edilmektedir. Yine bir diğer gider kalemi olan işletme ve bakım maliyetlerinde ise son 6 yılda önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Yani maliyet tarafındaki fiyat düşüşü yalnızca ilk yatırım maliyetinde gerçekleşmiştir. Küresel olarak yatırımcılar için veri ve analiz hizmeti sunan IHS'nin Türkiye'de FV GES pazarı için hazırladığı rapora göre, ilk yatırım maliyeti (CAPEX) 1,4 \$/Wp'ten küçük olan yatırımlar, yatırım yapılabilir olarak nitelendirilmektedir [115].

İlk yatırımla beraber işletme ve bakım giderleri düşünülürken, **dağıtım ve işletim bedelleri** de artık dikkate alınmalıdır. Lisanssız üretim yapan FV GES'lerden 2018 öncesinde geçici kabul alan tesislere 2,5628 Kr/kWh; 2018 tarihinden itibaren geçici kabul yapılacak tesislerine ise 10,2510 Kr/kWh "dağıtım bedeli" uygulanacaktır. Bunun yanında, yıllık "işletim bedeli" adı altında görevli tedarik şirketine ve dağıtım şirketine de ödeme yapılması gerekmektedir (Çizelge 48).

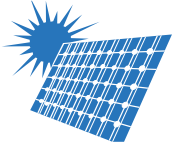
Çizelge 48: Lisanssız üreticiler için yıllık işletim ücretleri

250-1000 kW	2017	2018
Dağıtım bedeli	2,5628 Kr/kWh	10,2510 Kr/kWh
Sistem işletim bedeli (Görevli tedarik şirketi)	1072,80 TL	1073,80 TL/yıl
Sistem işletim bedeli (Dağıtım şirketi)	1500,00 TL	1500,00 TL/yıl

Her ne kadar yerli üretim yapan 20 civarında FV üreticisi olsa da, fiyat avantajı sebebiyle uzak doğudan özellikle Çin'den FV panel alımı oldukça yaygındır. Çin'in FV panel sektörüne damping uygulaması sebebiyle, yerli üreticiyi korumak adına Türkiye Cumhuriyeti de Çin'den ithal edilen FV panellere **anti-damping vergisi** uygulamasına gitme kararı almıştır. İthalatta Haksız Rekabeti Değerlendirme Kurulu tarafından 8541.40.90.00.14 Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) altında sınıflandırılan "fotovoltaik (solar) panel ve modüller" ürününün Çin Halk Cumhuriyeti (ÇHC) menşeli olanlarına yönelik damping soruşturması raporuna göre, 1 Nisan 2017 tarihi itibarıyla, Gümrük İdareleri bazı Çinli firmaların FV güneş panellerine metrekare başına 20-25 \$ tutarında önleyici vergi uygulamaktadırlar. Çin menşeli panel markalarından 16'sının ithalatında metrekare başına 20 \$, bunların dışındakilerin ithalatında ise metrekare başına 25 \$ vergi alınmaya başlanmıştır. Konuya ilişkin düzenlemede vergi miktarı için kullanılan ölçü, metrekaredir [116]. Bu metrekare ve tutarlar dikkate alındığında standart bir güneş panelinin fiyatının yaklaşık 13-14 \$ kadar arttığı söylenebilir.

FV GES projesinin lisanssız olması durumunda karşılaşılmaması muhtemel bir diğer gider kalemi de **başvuru bedeli**'dir. 22 Aralık 2016 tarih ve 6783-7 sayılı Kurul Kararı gereğince Lisanssız Elektrik Üretimi Başvuru Bedeli güncellenerek, 1 Ocak 2017 tarihinden itibaren kurulu güçleri 250 kW (250 kW dahil)'a kadar olan üretim tesisleri için 0 TL; 250 kW üstü tesisler için ise KDV dahil 632,96 TL olmuştur.

Üç ayrı büyüklükte (10 kWp, 50 kWp, 1 MWp) hazırlanmış senaryo ve simülasyonların çıktıları birbiri ile karşılaştırarak genel durum izlenebilir. Öncelikle vurgulamak gerekir ki FV teknolojide diğer enerji dönüşüm yöntemlerinde olduğu gibi doğru orantılı ölçek ekonomisi koşulları beklenmemelidir. Her ne kadar **birim yatırım maliyetlerinde** ölçek büyüdükçe fiyat düşüyor olsa da, ekonomik ömür süresince işletme gideri maliyetini barındıran **seviyelendirilmiş enerji maliyetinde** bu doğrusallık ters orantı olarak görülür. İşletme gideri de kurulum büyüdükçe açık şekilde artmaktadır. **Birim üretilen enerjide** ise farklı boyutlar için aynı çıktı elde edilebilmektedir. Ancak yatırım kararını doğrudan etkileyecek projenin **geri ödeme süresi, iç karlılık oranı ve enerji maliyeti** değerlerinde açık şekilde büyük kurulumların karlılığı söz konusudur. FV sektöründe bu durumun en önemli sebebi üretilen elektriğin destek kapsamında yüksek fiyattan alım garantisine tabi olmasıdır. Yalnızca öz tüketim karşılamayla kazanç sağlanacak projelerin bir müddet daha teşvik ve desteğe ihtiyaç duyduğundan bahsedilebilir. Bir yenilenebilir enerji projesi olan FV GES'lerde tek faydanın, özellikle de kamusal ihtiyaçlar için, parasal getiri olmadığı, sayısal büyüklüğe dönüştürülemeyecek sosyal, çevresel ve stratejik kaygılar da olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Çizelge 49).



Çizelge 49: Senaryoların karşılaştırılması

Senaryo	Birim yatırım, \$/kWp	Birim üretilen enerji, kWh/kWp/yıl	Birim işletme gideri, \$/kWh	Enerji maliyeti, \$/kWh	Proje Geri Ödeme Süresi, yıl	İç Karlılık Oranı, %	Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti, \$
10 kWp	1.690	1.754	0	0,13	11,7	5	0,086
50 kWp	1.370	1.727	10	0,11	8,0	10	0,093
1 MWp	992	1.768	58	0,11	6,0	21	0,101

Güneşten elektrik üretme teknolojisi yatırımı yaparak fosil yakıtlardan elektrik üretimi azaltılmaktadır. Bu gerekçeyle dünyada uygulamaya geçen ve bir menkul değere dönüşen **Karbon Kredileri** söz konusudur. Güneş enerji santrali yatırımcılarının diğer yenilenebilir enerji santrali yatırımcıları gibi yararlanabileceği bir diğer teşvik mekanizması da karbon kredisi satışlarıdır. Yatırımcılar elektrikle birlikte karbon kredisi de üretebilirler. Bu kredileri uluslararası piyasalarda karbon ayakizlerini azaltmak veya sınırlamak isteyen işletmelere satarak ek gelir elde edebilirler. Bu teşvik mekanizmasının kuraları Birleşmiş Milletler Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism-CDM) kapsamında belirlenmiştir.

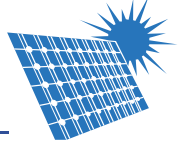
Yatırımcılar için örnek teşkil etmesi açısından karbon danışmanlığı hizmetleri veren Green Consult and Finance [117] tarafından Kahramanmaraş'ta kurulacak 1 MW gücündeki FV GES senaryosuna göre hazırlanan karbon kredisi gelir hesaplamaları (Çizelge 50) verilmiştir. Çizelgede kullanılan emisyon faktörünün (EF) hesaplanması için güncel CDM araçları ve TEİAŞ verileri kullanılmıştır. Karbon kredisi birim fiyatı da Türkiye'nin ilk karbon kredileri ticaret platformu olan Carbomart [117] tarafından sağlanan güncel verilerle ışığında belirlenmiştir. Karbon kredisi fiyatları standart türü, onay yılı, proje ölçeği, lokasyon ve sağladığı çevresel, sosyal ve ekonomik katma değere göre belirlenmektedir. Yatırımcıların piyasa değeri en yüksek standart olan Gold Standard kapsamında proje geliştirebilmeleri için yatırım ve inşaat aşamasından önce başvuru yapmaları gerekmektedir. Bu hesaplamalar 1MW kapasiteli bir tesis baz alınarak yapılmış olup 5 MW ve üzeri kapasiteli yatırımlarda karbon kredisi için başvuru yapılması tavsiye edilir.

Çizelge 50: Kahramanmaraş 1 MW FV GES projesi için karbon kredisi hesaplaması

Üretilen Elektrik (MWh/yıl)	EF	Elde Edilen Karbon Kredisi Miktarı (tCO ₂ /yıl)	Karbon Kredisi Ortalama Birim Fiyat (EUR)	Toplam Piyasa Değeri (EUR)
1.768,00	0,59	1.043,12	4,50	4.694,04

FV GES yatırım projelerinde tarifi yapılmış muhtemel gider kalemlerinin yanı sıra genel bazı **risk unsurlarına** da dikkat etmek gerekir:

- Elektrik fiyatı riski: Elektrik fiyatının dalgalanması sonucu elektrik üreticilerinin nakit akımlarının farklılık göstermesi
- Talep riski: Sözleşmede belirtilen elektrik üretimi için yeterli talebin oluşmaması durumu
- Performans riski: Üreticinin sözleşmede belirtilen zamanda ve miktarda elektrik üretememesi
- Çevresel uyum riski: Çevre ile ilgili yasal düzenlemelerin ve bu düzenlemeler hakkında geleceğe yönelik belirsizliğin elektrik üreticilerine yüklediği risk
- Düzenleyici risk: Gelecekteki kanun ve düzenlemelerin üreticilerin getirilerini ve maliyetlerini değiştirmesi yoluyla oluşabilecek risk



- İletim sisteminden kaynaklanan riskler: Elektrik üreticilerinin iletim sistemine bağlanmada yaşayacağı sıkıntılardan kaynaklanan riskler
- Dengeleme riski: Piyasa katılımcılarının, uzlaştırma dönemi bazında enerji dengesizlikleri ve dengesizliklerinin uzlaştırılması için finansal sorumluluktan kaynaklanan riskler
- Finansal risk: Kur, faiz ve enflasyon gibi finansal ve ekonomik parametrelerde yaşanan olumsuz değişikliklerden kaynaklanan riskler

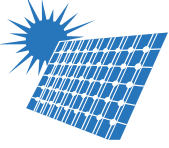
Yenilenebilir enerji kanunumuza uyumlu olarak 2 Ekim 2013 tarihinde çıkmış olan LÜY, alçak gerilimden bağlantı talebinde bulunan elektrik tüketicilerini, kendi elektriklerini üretmeleri yolunda hiçbir kapasite ve benzeri engelle karşı karşıya bırakmamıştır. Orta gerilim iletim hatlarını kullanmamak, öz tüketim ağırlıklı kalmak, alçak gerilim üzerinden bağlanmak ve kurulu gücü kadar başvuru yapmak kaydı ile herkes kendi elektriğini üretebilir, mahsuplaşabilir ve fazlasını ilgili şebeke işletmecisine satabilir! Hali hazırda TEDAŞ'ta tadilat projeleri dahil 7.288 proje onaylanmış durumdadır. Tekrar revize edilen proje sayısı 5.723; ilk onayları ile bekleyen proje sayısı 1.565; Kabulü yapıp devreye alınmış proje sayısı 1.120; Kabul işlemleri için bekleyen proje sayısı ise 81'dir. 4.000'den fazla projenin 2017 yılı içerisinde tamamlanması beklenmektedir.

8.3.1. Proje finansmanı

Güneş enerjisi ile elektrik üretimi yatırımcılar tarafından büyük rağbet görmektedir. Ancak bankalar daha geleneksel sayılabilecek su ve rüzgâr gücü uygulamalarına alışkındırlar. Güneş enerjisi ile elektrik üretiminde tesisler birkaç yıldır üretimdedirler. Henüz karlılık ve yatırım geri dönüş süreleri konusunda kendilerini kanıtlamadıklarından, finans kurumları bu konuda ihtiyatlı davranmaktadır. Bu belirsizliği gidermek ve muhtemel yatırımcıları bilgilendirmek adına sektörün sivil toplum kuruluşlarından GÜNDER, 2016 yılında Güneş Enerjisi için Finansman Modelleri Raporu [16] yayınlamıştır. Bu kısımdaki bilgilendirmelerde bu rapordan faydalanılmıştır.

Hibeler: YE projelerinde hibeler, genellikle projenin amortisman süresini aşağı çekerek projenin nihai finansal maliyetini düşürmeyi amaçlar. Hibe veren tarafın yatırımcının üzerindeki kontrolü özellikle ekipman, malzeme seçimi, MTK'nin belirlenmesi gibi süreçler de azalır. Hibe veren kurumlarda bu yeni teknolojiye yanıt verecek teknik satınalma şartnamesi oluşturma yetkinliği olgunlaşma sürecindedir. Yatırımcı firma yatırımının bir kısmında hibe kullandığı için hibe aldığı miktarın finansal yükünü çekmeyecek, geri ödeme sorumluluğu ve nakit akış yönetimi baskısı hissetmeyecektir. Sonuç olarak, finansal açıdan hibeler bir projeyi daha makul kılar, yönetsel ve sistem kurulumu açısından daha basite indirgenmiş bir yapıya büründürür. Bu yapı, finansal geri dönüş açısından da daha kolay bir senaryo çizer. Bu noktada projenin hedeflerinin hibe şartlarına uyması gerekliliği çok önemli bir koşuldur. Nispeten basit bir uygulama olduğu ve finansal yönetiminin kolaylığından bahsedilebilir. Ancak kalite/maliyet oranı yerine sadece maliyete göre işin ihale edilme koşulu risk unsuru. Hibeler, finans kurumlarının sağlanan fonlar üzerindeki kontrol hakkını kaybettirmekte ve rücu imkânını da ortadan kaldırmaktadır. Bu risk artışını dengelemek amacıyla finans kurumlarınca başvuru alan ilk seçenek, yatırımcıdan önemli ölçekte bir fiziki teminat talep etmektir. Bu nedenle de hibe destekleri pek çok ülkede diğer finansman mekanizmaları ile karşılaştırıldığında daha az tercih edilen destekler olmaktadır.

Uluslararası Finansal Kuruluşlar ve Programları: Çeşitli gelişmiş ülkelerin bir araya gelerek kurmuş oldukları ve destekledikleri uluslararası finansal kuruluşlar, üye ülkelerinin verdiği destekler ile gelişmekte olan pek çok ülkede kalkınma projelerine destek sağlamakta, avantajlı finansman olanakları sunmaktadırlar. Birçok ülkenin desteklediği EBRD (Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası) veya Asya Kalkınma Bankası gibi kıta ve çevresi özelinde hizmet veren kalkınma bankaları, yine tüm dünyada sözü geçebilen Dünya Bankası, Fransa Kalkınma Bankası (AFD), Almanya Kalkınma Bankası (KfW), Japonya Kalkınma Bankası (JBIC) gibi gelişmiş ülkelerin kendi kalkınma bankaları pek çok kalkınma projesini desteklemeyi amaçlamaktadır. Uluslararası finansman kuruluşları, fonlarını farklı yollar ile son kullanıcıya ulaştırabilirler. Genellikle bu tür fonlar, üçüncü bir ticari finansman kanalı ile yani çoğunlukla yerel bankalar ile yatırımcıya ulaştırılırken, doğrudan



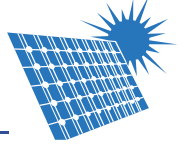
finansman seçenekleri de mevcuttur. Türkiye’de faal olan bu kuruluşlar özellikle büyük ölçekteki enerji santrallerine finansman desteğini doğrudan sağlamışlardır. Ancak, FV GES proje uygulamalarının ağırlıklı oranda lisanssız boyutta kalması ve ticari olanakların yeterli görülmemesi nedeniyle henüz doğrudan finansman seçeneğini devreye almamışlardır. Dünya Bankası, EBRD kredileri ve pek çok fon, yerel ticari bankalar aracılığı ile Türkiye’deki yatırımcılarla buluşmaktadır.

TurSEFF: Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF), EBRD’nin özel sektörde KOBİ ölçeğindeki şirketlere, uygun bulunan enerji verimliliği ve küçük ölçekli YE yatırımlarının finanse edilmesi için katılımcı bankalar aracılığıyla sağladığı yaklaşık 500 milyon Avro tutarındaki kredi paketidir. 2010 yılından bu yana yürütülmekte olan program için müşteriler kredi kullanmaya uygun finansal özellikler taşımalı, katılımcı bankaların kredi kriterlerini karşılamalı ve bu bankaların kredi onay süreçlerinden geçmelidirler. 2015 sonu itibarıyla bu program kapsamında çeşitli lisanssız projelerde yaklaşık 152 MW’lık FV GES finansmanı sağlanmıştır.

Banka Kredileri: Kredi, belirli miktardaki satın alma gücünün belirli bir süre için (vade), belirlenmiş bir bedel (faiz) üzerinden geri verilmesi şartıyla gerçek veya tüzel kişiliklere borç edilmesidir. Türkiye lisanssız FV GES pazarı özellikle Ekim 2013’ten sonra hareketlenmeye başlamış ve pek çok proje hayata geçirilmiştir. Bu projelerin gerçekleştirilmesi aşamasında bankaların sağlamış olduğu kredi desteği ön plana çıkmaktadır. Her ne kadar Türkiye’de proje finansmanı tartışılıyor olsa da özellikle 1 MW ve altı büyüklükteki projelerde yani lisanssız sistemlerde, kredilendirme daha çok firmaların teminatları baz alınarak gerçekleşmektedir. Doğmamış alacağın temliği yani devletin 10 yıllık garantisinin banka tarafından temlik edilmesi uygulaması hiç uzak görünmese de, gerçekte karşılaşılan senaryo, projelerin bankalar tarafından ihtiyaç kredisi gibi değerlendirilmesi olmaktadır. Bunun sebebi projelerin hala Türkiye’de yeni bir sektöre ait olması ve taşıdıkları risk değerinin yüksek görülmesidir. Öte yandan lisanslı pazarda ise henüz bir gelişme olmamıştır. Banka kredilerinin en önemli avantajı Kaldıraç etkisi yapması, Proje-kredi bileşeninin kendi kendini ödeyen bir yapıda olup, sonrasında sadece kazanca dönüşmesi ve Proje ve yatırımcı özelinde farklılıklar gösterebilmesidir. Dezavantaj olarak da Piyasa dalgalanmalarının faiz oranlarına yansiyabilmesi ve teminat güçlüğü gösterilebilir.

Leasing/Finansal Kiralama: Leasing, FV GES’lerde, sistemin satın alınması yerine, yatırımcı firma tarafından uzun vadeli kiralanarak kullanılmasını sağlar. Bu sayede yine kredilendirmede olduğu gibi firmanın işletme sermayesini diğer ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanması ile verimliliğin ve kârlılığın artmasında önemli rol üstlenir. Ancak sistemin sahipliği genellikle 10 yıl kadar yani sistemin ödemesi bitene kadar leasing kuruluşunda kalır. Ülkemizde birçok proje finansmanı sağlayan bankanın leasing iştirakleri, imtiyazlı yurtdışı kaynaklı kredi programları, finans kuruluşları ve bazı leasing firmalarının sunduğu bu finansman olanağından FV GES yatırımcıları yararlanabilmektedir. Leasing seçeneği Türkiye’de sektörün daha sağlıklı ilerlemesinde büyük pay sahibi olabilir. Buna rağmen FV sektöründe leasing firmaları sadece FV GES’in ekipmanlarını kiralayabilmekte; tam anlamıyla sistem kurulumu ile bakım onarım süreçlerini üstlenememektedirler. Bu yöntemde KDV oranı % 1 uygulanır ve amortisman payı ayırma gereği yoktur. Ancak sistem ekipman seçim hakkı ve mülkiyet leasing firmasında kalmakta bu sebeple fiyatlar nispeten yüksek olabilmektedir.

Ek Teknik Destek Paketi: Teknik destek mekanizması aslında doğrudan bir finansman sağlamasa da ek olarak finansmana yardımcı olan bir pakettir. Bu destek, avantajlı finansman seçenekleri sunan kuruluşların, hem kendilerini hem de yatırımcılarını korumak, doğru projelere kaynaklarını aktarmak amacı ile sağladıkları bir pakettir. Bu tip teknik destek paketlerinde genel olarak yatırımcı bir MTK marifetiyle geliştirdiği projenin fizibilitesini katılımcı finans kurumu üzerinden teknik yardım danışmanlık ekibi ile paylaşır. Yatırım risklerini en aza indirmek üzere mühendislik ve finansal anahtar performans kriterleri önceden her teknoloji için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Tanımlanan kriterler baz alınarak projeler değerlendirilir. Buradaki en önemli amaç yatırımcıyı ve finansman kurumunu en güvenli tarafta tutacak şekilde olabilecek en karamsar performans senaryolarını dikkate almaktır.



8.3.2. Teşvik ve destekler

Yatırım kavramı değişik anlamlarda kullanılmaktadır. Ekonomide yatırım, milli gelirin yeni imalat üniteleri kurmak veya eskiyen üniteleri yenilemek için ayrılan kısmıdır. Girişimci için yatırım, parasal sermayenin ve imkanların **üretim** yapacak bina, makine ve teçhizata dönüştürülmesidir. Finansman dilinde yatırım, gelir getirmeyen parasal varlığın daha az likit hale çevrilerek gelir getirir şekle dönüştürülmesidir.

Bir finansörün herhangi bir yatırıma finansal destek sağlayabilmesi belirli kriterlere bağlıdır. Bu kriterlerin başında finansman talep edilen yatırım önerisinin talep edilen borcu ve faizini zamanında ödeyebileceğinden emin olunması gelmektedir. Dolayısıyla en az riskle en iyi sürede yatırımın geri dönüşünün sağlanması finansör açısından en önemli kriter olarak ortaya çıkmaktadır. Bu risklerin tek başına girişimci tarafından karşılanmasını engellemek ve ihtiyaç duyulan bölgeye yeni yatırımlar çekebilmek adına kamusal teşvik ve destekler işletilmektedir.

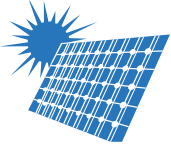
Ekonomik anlamda teşvik kavramı, belirli ekonomik faaliyetlerin diğer faaliyetlere oranla daha fazla ve hızlı gelişmesini sağlamak amacıyla devlet tarafından sağlanan maddi veya gayri maddi destekler veya özendirme olarak tanımlanmaktadır. Teşviklerin çeşitli amaçları olmakla birlikte temel amacı ekonomik refah seviyesinin yükseltilmesidir. Teşvik sistemi, ülke sanayinin kurulması, geliştirilmesi, rekabet edebilir konuma gelmesi ve korunması açısından çok önemli bir işleve sahiptir. Kamu kaynaklarının ülke ekonomisi açısından önemli görülen alanlara ve uygun tedbirler aracılığıyla aktarılması, teşvik sisteminin etkinliği açısından önem taşımaktadır [118]. Teşvik sistemi aynı zamanda bölgeler arası gelişmişlik farklılıklarını gidermek, istihdam artışı sağlamak ve işletmelerde yaratılan katma değeri yükseltmek amacıyla bir uygulama aracı olarak görülmektedir. 19 Haziran 2012 tarihinde yürürlüğe giren Yeni Yatırım Teşvik Sistemi; Genel Teşvik Uygulamaları, Bölgesel Teşvik Uygulamaları, Öncelikli Yatırımların Teşviki, Büyük Ölçekli Yatırımların Teşviki ve Stratejik Yatırımların Teşviki olmak üzere 5 bileşenden oluşmaktadır. Söz konusu bileşenler kapsamında yatırımcılara;

- KDV İstisnası
- Gümrük Vergisi Muafiyeti
- Vergi İndirimi
- Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği
- Faiz Desteği
- Yatırım Yeri Tahsis
- Gelir Vergisi Stopajı Desteği (Yalnızca 6. Bölgede)
- KDV İadesi (Yalnızca 6. Bölgede) destekleri sağlanmaktadır.

Güneş Elektrikçi üretiminin de dahil olduğu yenilenebilir enerji yatırımları Teşvik Sistemi kapsamında “Genel Teşvik Uygulamaları”ndan faydalanmaktadır. Buna göre teşvik sistemi kapsamında güneş elektrikçi yatırımları

- KDV İstisnası ve
- Gümrük Vergisi Muafiyetinden (FV panelleri hariç) faydalanmaktadır.

Teşvik sistemi uygulamaları haricinde ilde yer alan çeşitli destek mekanizmaları da bulunmaktadır. Farklı tarihlerde farklı kapsamlarda farklı sektörlerin (sanayi, tarım, hizmet gibi) bir parçası olarak düşünülen güneş elektrikçi yatırımlarına uygulanan bu teşvik ve desteklerin güncel olarak ilgili kurumdan takip edilmesi uygun olacaktır (Çizelge 51).



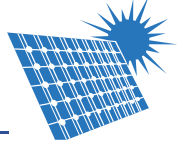
Çizelge 51: TR63 Bölgesi için yararlanılabilecek kamusal teşvik ve destekler

Kurum	Teşvik / Destek	İletişim
DOĞAKA*	Mali Destekler: - Doğrudan Finansman Desteği - Faiz Desteği ve Faizsiz Kredi Desteği	www.dogaka.gov.tr
	Teknik Destek	
KOSGEB	KOBİ Proje Destek Programı	www.kosgeb.gov.tr
	Tematik Proje Destek Programı	
	İşbirliği Güçbirliği Destek Programı	
	AR-GE, İnovasyon ve Endüstriyel Uygulama Destek Programı	
	Genel Destek Programı	
	Girişimcilik Destek Programı	
	Gelişen İşletmeler Piyasası KOBİ Destek Programı	
	Kredi Faiz Desteği	
İŞKUR	Aktif İşgücü Piyasası Hizmetleri	www.iskur.gov.tr
	İşgücü Piyasası Enformasyon Hizmetleri	
	Pasif İşgücü Piyasası Hizmetleri	
Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Destekleri		www.tarim.gov.tr
Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı		www.sanayi.gov.tr
TÜBİTAK		www.tubitak.gov.tr
Aras EDAŞ	YEKDEM: 0,133 – 0,2 \$/kWh alım garantisi (10 yıl)	www.arasedas.com

* DOĞAKA tarafından önceki dönemlerde uygulanan Mali Destek Programları kapsamında Yenilenebilir enerji kaynaklarının (rüzgâr, güneş, su, biyokütle) kullanılarak üretimde tüketilen enerjinin karşılanmasına yönelik 500 Kw'nin altındaki projeler desteklenmiştir.

YEKDEM, 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girmiş ya da girecek olan FV GES'lere 10 yıl süre ile uygulanabilmektedir. YEKDEM'in senelik işleyen bir mekanizmadır. YEKDEM'den faydalanmak isteyen üretim lisansı sahipleri 31 Ekim tarihine kadar EPDK'ya başvuruda bulunmak zorundadır.

Sadece lisanslı değil lisanssız FV GES'ler de ürettiği elektriği 10 yıl süre ile görevli tedarik şirketlerine satabilmektirler. Görevli tedarik şirketleri, Hatay ve Osmaniye için Toroslar EDAŞ, Kahramanmaraş için AKEDAŞ ihtiyaç fazlası elektriği 0,133 \$/kWh fiyata satın alır. Ayrıca üretim tesisinde yerli aksam kullanılması ile bu fiyatlara YEK Kanunu Ek-II sayılı cetvelinde yer alan fiyatlar beş yıl süreyle ilave edilir. Bu şekilde Yerli Katkı İlavesi \$ sent/kWh olarak sırasıyla a) PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı: 0,8; b) PV modülleri: 1,3; c) PV modülünü oluşturan hücreler: 3,5; d) İnvertör: 0,6; e) PV modülü üzerine güneş ışığını odaklayan malzeme: 0,6'dır. Böylece toplamda güneş elektriğinin şebekeye 200 \$/MWh fiyatla satılma olanağı bulunmaktadır.



9. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya elektrik talebinin % 5'ini FV güneş elektrikli ile karşılayan ülke sayısı hızla artmaktadır. Avrupa Birliği'nde de bu oran 2020 yılında % 10'ların üzerine çıkacağı hedeflenmiştir. Ülkemizde ise 2017 Yaz'ı itibariyle FV GES kurulumu 1 GW'ın üzerine çıkarak, elektrik kurulu gücü pastasında % 1'ler mertebesine yükselmiştir. Mart 2017'de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca yapılan 1 GW kapasiteli YEKA-1 GES ihalesi ise bu konudaki iştahımızı tüm dünyaya göstermiştir. Dünya elektrik tüketimi sıralamasında, yıllık % 6'lık artış hızı ve 273 bin GWh/yıl ile ilk 20'de bulunan ülkemiz, birincil enerji arzını % 75 oranında fosil kaynakların ithalatıyla karşılamaktadır. Oysa Türkiye, enerji kaynaklı karbon salımını kişi başı 3,7 ton'dan, 2050'de 0,6 tona düşürmeyi taahhüt etmektedir. Bu dışa bağımlılık ve yüksek karbon salımı ekonomik, stratejik ve çevresel sorunlara sebep olmaktadır/olacaktır.

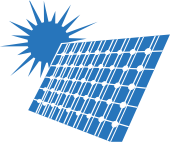
Türkiye hem taraf olduğu İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (TBMM'den geçmemekle birlikte Paris Anlaşması'nı da imzalamıştır, Dr.LY) gereği politik ve hukuki olarak hem de sosyo-ekonomik ve stratejik olarak genelde yenilenebilir enerji, özelde ise güneş enerjisine ilgi duymalıdır. Dünya bu yöne gitmektedir. Konvansiyonel enerji kaynağı yoksunu bir ülke olarak Türkiye, her yıl büyüyen enerji talebini karşılamak adına yerli, yeterli, yeni, yenilenebilir (hatta yenilebilir ile 5Y, Dr.LY) enerji kaynaklarının arzını sağlamak durumundadır.

Uluslararası sözleşmeler gereği yayınladığımız ulusal belgelerde, yani iç politikamızda, "temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırarak düşük karbon yoğunluğu sunan bir ülke olma"yı hedeflemekteyiz. Bu hedefe ulaşmak adına "Yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının artırılması; güneş kaynağının elektrik üretiminde kullanılmasına yönelik potansiyelin tam olarak tespit edilmesi; Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)'nın güncellenmesi; güneş kaynaklarının birincil enerji amacıyla değerlendirilmesi için mevcut potansiyelin harekete geçirilmesi; yatırımcı farkındalığının artırılması; özel sektörün önünü görmesi, yatırımcılara ışık tutması ve arz güvenliği açısından planlama çalışmalarının yapılması" doğrultusunda 2016 Mayıs ayında yayınlanan 65. Hükümet Programı'nda yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızın mümkün olan en üst düzeyde değerlendirileceği ilgili kurum ve kuruluşlara ödev olarak verilmiştir. 2019 ulusal hedefimiz "Güneş enerjisine dayalı kurulu gücün 3.000 MW'a çıkarılması"dır. 6 Nisan 2017 tarihinde ETKB'nin kamuoyuna duyurduğu strateji, "arz güvenliği", "yerileştirme" ve "öngörülebilir piyasa"dan ibarettir. Güneşte ise önümüzdeki 10 yılda 10 bin MW'ı devreye almak hedeflenmektedir.

TR63 Bölge Planı (2014-2023)'nda bölgenin tamamının güneş enerjisine elverişli olduğu, bu alanda aktif rol alması gerektiği, yatırımların artırılması amacıyla yatırımcılara yönelik özendirici tedbirlerin alınması planlanmıştır. İşletmelerin kendi elektrik ihtiyaçlarını karşılamalarının desteklenmesi, kaynak çeşitliliği yaratılması, yeni sahaların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretime kazandırılabilmesine yönelik araştırma, analiz ve fizibilite çalışmaları yapılarak sonuçlarının yatırımcılarla paylaşılacağı taahhüt edilmiştir. Böylece başlatılan TR63 Bölgesi FV Güneş Elektrik Potansiyelinin Tespitine Yönelik Araştırma Geliştirme ve Fizibilite Çalışması kapsamında "Hatay ve FV Güneş Elektrik", "Kahramanmaraş ve FV Güneş Elektrik" ve "Osmaniye ve FV Güneş Elektrik" isimli 3 ayrı kitap hazırlanmıştır.

ETKB 2011 yılında, Türkiye'de ilk kez, güneşten elektrik üretme için lisans sürecini, Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Bağlanabileceği Trafo Merkezleri ve Kapasiteleri'ni açıklayarak başlatırken, 600 MW'lık toplam kapasiteyi 36 ayrı il'e tahsis etmiş; GEPA verilerine göre Türkiye güneş ışınımı sıralamasında Kahramanmaraş 1611 kWh/m²-yıl ile 13. Sırada, güneşlenme süreleri sıralamasında 2924 saat/yıl ile 22. sırada yer almaktadır.

Güneş enerjisinin zaman boyutundaki sayısal büyüklüğünün söylenebilmesi için tahmin yöntemleri, uydudan uzaktan erişim, coğrafi bilgi sistemleri, modelleme, hesaplama ve doğrudan ölçüm yöntemlerinden en az birisine ihtiyaç vardır. Tartışılmaz bir gerçektir ki hiçbir tahmin yöntemi gerçek ölçümlerin yerini tutamayacaktır. Ölçüm haricinde geliştirilen yöntemler, gözlem ve ölçümün doğrudan yapılamayacağı şartlarda veri ihtiyacını karşılamaya yöneliktir. Güneş enerjisinden yüksek verimli faydalanabilmek için belirtilen yer ve zaman aralığını temsil edecek doğru ve uygun güneş enerjisi verisine



ihtiyaç vardır. Geçmiş döneme ait uzun süreli günlük ve hatta saatlik bazdaki güneş ışıması ölçümlerinden elde edilen analiz sonuçları FV sistem tasarımı için doğru bir öngörü sağlar. Ayrıca analizler sonucunda gelecek işletme dönemleri için seyrin ne yönlü olduğu da ortaya konabilmektedir.

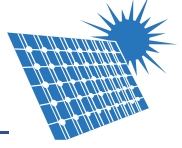
Nitekim Kahramanmaraş'ta yapılmış küresel güneş ışıması ölçümlerine dayalı, günlük toplamaların ortalamalarına göre 1980'lerde 4.347 W/m²'lik değer önce artarak 1990'larda 4.531 W/m²'ye yükselmiş, 2000'lerde ise 4.314 W/m² tekrar düşerek bir salınım sergilemiştir. Günlük değerlerin maksimumlarının yıllık ortalamaları temelinde incelendiğinde de yine 1980'lerdeki 8.269 W/m²'lik değer 1990'larda 8.611 W/m²'ye önce artıp, 2000'lerde tekrar 8.536 W/m²'ye düştüğü izlenebilmektedir. Hem ortalama hem de maksimum değerlerdeki bu salınımın iklimsel olduğu, iklim normallerini temsil ettiği söylenebilir.

Çevre meteoroloji istasyonları ölçümlerinden yararlanmanın yanı sıra büyük kurulumlar için sahada meteorolojik istasyon vasıtası ile olabildiğince uzun süreli ölçüm almak hem saha potansiyelini ortaya çıkarmada hem de FV GES işletimi sırasında panellerin performansını denetlemede yardımcı olacaktır. FV GES işleticisi ile FV panel üreticisi arasında oluşabilecek muhtemel performans ve garanti ihtilaflarının çözümünde de bu ölçümlerden yararlanılabilir. FV güneş elektrikçi üretim sistemlerinin boyutlandırılmasında, enerji üretim tahmininde, gölgeleme etkisinin belirlenmesinde, eğim açısı optimizasyonunda da bu saatlik veya günlük güneş ışıması ölçümleri esas teşkil etmektedir.

Güneşin ışık, ısı ve mekanik bir enerji kaynağı olması sebebiyle güneş enerjisi tabiri, dolayısıyla güneş enerjisi potansiyeli ifadesi oldukça geniş manada kullanılmaktadır. Güneş enerjisi potansiyeli kavramı farklı amaçlar için farklı yöntemler ve detaylarda farklı araçlar ve birimlerle ifade edilebilmektedir. Bu çalışma, gayesi doğrultusunda FV yöntemle güneşten elektrik üretim enerjisi ve potansiyeline odaklanmıştır. Türkiye'nin ilk güneş enerjisi potansiyeli çalışması 1983 tarihli ve FV güneş elektrikçiden ziyade ısı (termal) yöntemle güneşten enerji sağlamaya yöneliktir. Piyasaya yön verme ciddiyetinden uzak, daha küçük çaplı hedefler güdülerken yapılmış çalışmalar da mevcuttur. En derli toplu yerel çalışma ise YEGM tarafından 2010 yılında hazırlanan GEPA'dır. Ayrıca ülkemizi de içerisine alan kıtasal çapta daha çok uzaktan algılama teknikleri kullanılarak hazırlanmış çalışmalar da mevcuttur.

GEPA, her ne kadar iller bazında güneş enerjisi potansiyelini kWh/m²-yıl cinsinden ortaya koysa da, hazırlanış tarzıyla bir ulusal projedir. Uluslararası kabul görmüş bir model olan "ESRI Güneş Radyasyon Modeli" kullanılarak elde edilen GEPA aracılığıyla, güneş kaynak bilgileri ve güneş kaynak alanları kolaylıkla görülebilmekte, bu amaca yönelik ön fizibilite çalışmaları yapılabilmekte, güneş kaynak alanı arama amacıyla yapılan çalışmalar ortadan kaldırılarak zaman ve mali tasarruf sağlanmaktadır. GEPA'nın hazırlanmasında noktasal bazda ortalama % ± 10 hata payı ile bilgi üretilmiş ve bu bilgiler DMI'nin 148 adet ve EİE'nin 8 adet uzun dönemli güneş ölçüm verileri ile doğrulanmış ve kalibre edilmiştir.

GEPA'yı üreten algoritma rakım yükseldikçe atmosfer tabaka kalınlığının azalacağı dolayısıyla doğrudan güneş ışımasının atmosferde kat edeceği yolun kısıllanacağı varsayımıyla çalışmaktadır. Bunun yanında üst seviyelerden deniz seviyesine yaklaştıkça atmosfer yoğunluğunun artması sebebiyle düşük rakımlarda atmosferin güneş ışınlarını emme, sıçratma ve yayma özelliğinin artacağı da bilimsel bir kabuldür. Nasıl ki rakımın azalmasıyla tabakanın kalınlaşması, kat edilen yolun uzayacağı ve güneş ışınlarının FV paneller üzerine erişiminde bir kısıtlama olacağı teknik olarak doğru ve güneş enerjisi potansiyelini düşürücü bir unsur ise; atmosfer yoğunluğunun artmasıyla yayılan ışıma da bir artış olacağı da doğrudur. Bilimsel olarak kompleks bir durum söz konusudur. Rakımdaki bu değişikliğin tek başına artı veya eksi etki göstereceğine yönelik bir çıkarımda bulunmak yanıltıcı olabilir. Nitekim harita üzerinde Kahramanmaraş gibi denizden yüksekliği yalnızca 568 m'lerde olan bir bölge için GEPA'da hesaplanan güneş enerjisi potansiyeli gerçek değerlerden çok düşük görünmektedir.



Denizden yüksekliği 2000 m'ler ve daha yukarısında olan Van-Hakkari ile Orta Toroslar bölgeleri yalnızca güney enlemlerinde ve yüksek rakımda olmalarından dolayı güneş enerjisi potansiyelleri en yüksek olarak değerlendirilmişlerdir. Oysa bu bölgeler yılın 6 ayı yoğun kar yağışına ve bulutluluğa maruz kalmaktadırlar. Kar birikintilerinin FV panel yüzeylerinden uzaklaştırılmasının önemli bir güçlük olduğu Türkiye tecrübeleriyle sabittir. Kahramanmaraş İl sınırları içerisinde rakıma bağlı potansiyel değişimi GEPA'da izlenebilir. Türkoğlu ve Pazarcık gibi alçak rakımlı güney bölgelerdeki sarı, düşük değer gösterimi, Nurhak ve Göksun gibi dağlık bölgelerde kırmızı, yüksek değer gösterimine dönüşmektedir.

TR63 Bölgesi genelini kapsayan bu çalışmanın özgün bir çıktısı niteliğindeki haritalamada meteorolojik ölçümler etken olarak değerlendirilmişlerdir. Kahramanmaraş ve Dörtöyl'ün merkezleri başta olmak üzere Hatay merkez ile Osmaniye'nin tamamının bölge için en yüksek potansiyele sahip olduğu; Göksun, Elbistan ve İskenderun'un ise nispeten daha düşük potansiyelde kaldığı gözlemlenmiştir. Aylık güneş ışıması haritaları incelendiğinde bu sıralamanın aylara göre değişebildiği görülmektedir. Öz tüketimin aylar bazında farklılık gösterdiği durumlarda ise FV GES proje tasarımının aylık potansiyel büyüklüklerine göre yapılmasında fayda vardır.

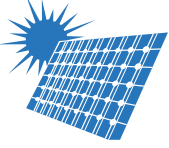
FV güneş elektrikçi potansiyeline yönelik politik karar vericiler için ulusal boyutta; yatırımcı ve girişimciler için de il bazında olmak üzere, sektörde kabul görmüş farklı FV güneş elektrikçi kapasite belirleme araçları bulunmaktadır. Bu Araştırma-Geliştirme ve fizibilite çalışmasında farklı kaynak ve yöntemle geliştirilmiş araçlar tek tek irdelenerek hem TR63 Bölgesi hem de Kahramanmaraş özelinde bir potansiyel kanaati oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bir FV sistem performans tahmini yapabilmek için güneş ışıması verisine ihtiyaç vardır. Dünyada farklı güneş ışıması veri kaynakları bulunur. Hiç biri kusursuz değildir. Her birini incelerken güçlü ve zayıf yönlerini iyi ayırt etmek gerekir. 2010 sonbaharında çıkan PVGIS'in son versiyonu PVGIS-CM-SAF'a göre solar radyasyon kaynakları Sahada doğrudan ölçümler ve Uydu verisinden hesaplamalar olmak üzere iki türdür. Bu veri CM-SAF tarafından sağlanan uydu görüntüleriyle hesaplamalara dayanmaktadır. Bu veri bankası 12 yıllık veriyi temsil eder. İlk Nesil Meteosat ve İkinci Nesil Meteosat uydularından temin edilmiştir. Kahramanmaraş için yatay yüzeyde güneş ışıması 1.856 kWh/m²-yıl iken tüm aylar için optimum açı olan 31 derecede FV paneller yerleştirildiği takdirde yıllık maruz olacağı güneş ışıması şiddeti 2.098 kWh/m²-yıl olacaktır.

Avrupa Komisyonu'nun DG XII, Joule II Programı kapsamında yürütülen bir Avrupa Güneş Atlası çalışması olan HelioClim FV güneş elektrikçiden ziyade güneş mimarisi ve mühendisliğine veri üretmeyi hedeflemektedir. Veri kaynağı Meteosat (Avrupa), GOES (ABD) ve GMS (Japonya) gibi meteorolojik uydulardır. Doğrudan ölçüme dayanmamakla birlikte uydu verisiyle türetilmiş güneş haritalarının oluşturulmasında güneş ölçümleri ve diğer meteorolojik veriyi enterpolasyon doğrultayıcısı olarak kullanılmaktadır. Ortaya çıkan tabloda yıllar özelinde uydu izlemelerine dayanan FV güneş elektrik potansiyelleri hesaplamak mümkündür. Kahramanmaraş'ın yatay yüzeye gelen küresel güneş ışıması 2005 yılı için 1.785 kWh/m²-yıl, 2006 yılı için 1.792 kWh/m²-yıl çıkmaktadır.

NASA SSE 200'den fazla uydu temelli meteorolojik ve güneş enerjisi parametresinden yararlanarak, 22 yılı (1983 - 2005) temsil eden ortalama aylık kWh/m²/gün cinsinden solar radyasyon verisi üreten bir sistemdir. Kahramanmaraş için ortalama yatay yüzeye gelen küresel güneş ışıması 1702 kWh/m²/yıl'lık bir potansiyel ortaya çıkmaktadır. Bu değeri anlamlandırmak için Almanya'nın en güneyinde bulunan FV GES kurulumlarıyla meşhur, Almanya'nın toplam kurulumunun % 30'a yakınına barındıran Bavyera eyaletinin güneş enerjisi potansiyeli ortalamasının 1300 kWh/m²/yıl olduğunu hatırlatmak yeterli olacaktır. Kahramanmaraş'ta 37 derece optimum açıyla yerleştirilmiş FV dizelerinin muhtemel elektrik üretimleri ise 1862 kWh/m²/yıl gibi oldukça doyurucu bir kapasiteye işaret etmektedir.

SolarGIS 1994-2013 yılları arası yer ölçümlerini esas alan güneş ışıma verisine dayanarak hazırlanmış, FV güneş elektrikçi üretimine yönelik ışıma şiddetini atmosfer etkisini dikkate alarak hesaplamaya odaklanan internet tabanlı bir araçtır. Kahramanmaraş için 1.750 kWh/m²/yıl değerlerinde bir gösterim söz konusudur. Bu hesaplama yönteminde de denizden



olan yüksekliğin bölgelerin ayırt edilmesinde etkili olduğu izlenebilmektedir. Ayrıca uydu temelli çalışan bu yöntemlerde yararlanılan uyduların konumları da önemlidir. Avrupa menşeli meteorolojik sabit yörüngeli uyduların konumu Afrika'nın kuzeybatı kıyılarıdır. Bu sebeple Türkiye'yi parallax hatası ile izleyebildikleri gözden kaçırılmamalıdır.

Global Solar Atlas (Küresel Güneş Atlası), güneş enerjisi çalışmalarının keşif, araştırma, saha seçimi ve ön fizibilite aşamalarında araştırmacılara ortalama güneş enerjisi potansiyeli bilgisi sunabilmek adına World Bank Group (Dünya Bankası Grubu: Dünya Bankası ve Uluslararası Finans Kurumu, IFC) tarafından geliştirilmiş ESMAP'in finanse ettiği bir ara yüzdür. FV güneş elektrikli açısından yataya ve açılı yüzeye gelen küresel güneş ışıması değişkenlerine odaklanmaktadır. İkincil olarak sıcaklık ve rakım büyüklüklerini hesaba katar. Çatı tipi, orta ölçekli öz tüketim ve ticari büyük ölçekli santraller için, SolarGIS'in geliştirdiği veri, harita ve simülasyonlardan yararlanarak, ayrı ayrı günlük ve yıllık olarak FV üretim tahmini yapar. Ana veri kaynağı doğrudan meteorolojik ölçüm ve uydu tabanlı meteorolojik modellerdir. Veri sıklığı zaman boyu-tunda 30 dakika ve coğrafik olarak 250 m'dir. Türkiye için 1994-2015 aralığı ortalamalarına göre hesaplanan kWp başına yıllık toplam elektrik üretim tahmini 1.095-1.826 kWh'tir. Kahramanmaraş özelinde bakılınca, yatayda bir metre kareye yılda 1.859 kWh enerji taşıyan güneş ışıması 32° optimum açıda yerleştirilmiş FV panellerle 2.116 kWh'lik enerjiye ulaşmaktadır. FV sistem kayıpları da göz önünde bulundurulduğunda, FV güneş elektrik üretiminin kWp başına 1.571 kWh olabileceği görülmektedir.

MGM verileriyle yapılan çalışmalarda ise genel olarak 40 yıldan beri güneşlenmeye etki eden parametrelerin etkisinde düzenli bir azalma, güneşlenme süresi ve güneş ışıması değerlerinde de düzenli bir artma tespit edilmiştir. 1983 yılında EİE ve DMİ tarafından hazırlanan, Türkiye için güneş enerjisi potansiyeli belirleme çalışmasını derli toplu ilk yapan araştırma, ülkemiz güneş enerjisi potansiyelinin zamansal ve alansal dağılımının belirlenmesi konularını kapsamaktadır. Güneşlenme süresi ve şiddeti ölçümü yapan 54 istasyonun ölçüm verilerinin kullanılabilir olduğu tespit edilmiş, kalan 32 istasyon için Angström yöntemiyle veri türetilmesine gidilmiştir. Türkiye güneşlenme süresi 2.640 saat/yıl iken ortalama ışıma şiddeti yıllık 1311 kWh/m²'ye, Kahramanmaraş için de, yıllık 1.387 kWh/m²'ye tekabül etmektedir.

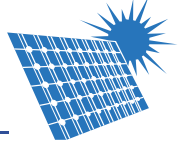
DMİ CAR modeli, DMİ'nin 1971-2000 iklim periyodunda güneşlenme verisi ölçülen 157 iklim istasyonunun aktinograf verileri kullanılarak çalıştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada uygulanan yaklaşım, coğrafi değişkenlerin belli bazı noktalarda ölçülüp ve tüm alana ait tahmin haritası mekânsal enterpolasyon yöntemleri ile elde edilmesine dayanmaktadır. Haritalar, CAR modelinde ve ED50 Datumunda hazırlanmıştır. Güneş ışıması kapasitesini gösteren haritada Kahramanmaraş için 1.650 kWh/m²-yıl'lık bir potansiyelden bahsedilmektedir.

DMİ GWR modeline göre hazırlanmış haritada ise Kahramanmaraş'ın güneş ışıması değeri 1.625 kWh/m²-yıl'dan yüksek çıkmaktadır.

Kahramanmaraş'ın astronomik hesaplama, yıllık toplam teorik güneşlenme süresi ise 4.395 saattir. Atmosfer etkisi olmaksızın Hatay'a yılın 365 günü düşebilecek enerji miktarı yıllık toplam 2.174 kWh/m²; günlük 6 kWh/m²'dir.

Bu araştırma için yapılan analizlere göre ise Kahramanmaraş'ın 1985-2005 arası güneşlenme süresi yıllık ortalaması 2.738 saat, günlük ortalaması ise 7,5 saattir. Ölçüm noktasındaki çevresel olumsuz etkiler, bölgede çalıştırılmış FV GES'lerden sağlanan performans bilgileri ve tecrübeleri göz önünde bulundurularak Kahramanmaraş için yataya gelen küresel güneş ışıması referans değeri 1.873 kWh/m²-yıl olarak tespit edilmiştir.

Kahramanmaraş İli'ne özel bu araştırmayla birlikte elde edilen sonuçlardan yararlanılarak yatırımcı, karar verici, bürokrat, mevzuat düzenleyen, girişimci, akademisyen, araştırmacı vb sınıflarla anılan tüm FV güneş elektrikli paydaşları için 10 kWp, 50 kWp ve 1 MWp'lik üç ayrı simülasyon geliştirilmiştir. Böylece ev kullanıcıları (10 kWp), KOBİ ve tarımsal işletmeler (50 kWp) ile üniversite, OSB veya büyük ölçekli işletmeler (1 MWp) için örnek kurulum tasarımları ve ekonomik analizleri ortaya konabilmektedir.



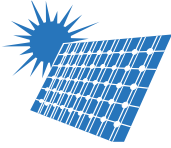
Kahramanmaraş'ta 10 kW gücündeki bir FV GES, 16.900 \$ ilk yatırım maliyeti ile kurulup, 17,5 MWh/yıl enerji üretirken, birim yatırım maliyeti 1.690 \$/kWp, enerji maliyeti de 0,13 \$/kWh olmaktadır. % 20'si öz sermaye, % 80'i % 6 yıllık faiz ile kredi olmak koşuluyla İç karlılık oranı % 5, proje geri ödeme süresi 11,7 yıl ve Seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 0,086 \$ hesaplanmaktadır.

FV GES kurulu gücü 50 kW olduğunda 68.500 \$ ilk yatırım maliyeti ile kurulup, 86,4 MWh/yıl enerji üretirken, birim yatırım maliyeti 1.370 \$/kWp, enerji maliyeti de 0,11 \$/kWh olmaktadır. % 20'si öz sermaye, % 80'i % 6 yıllık faiz ile kredi olmak koşuluyla İç karlılık oranı % 10, proje geri ödeme süresi 8,0 yıl ve Seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 0,093 \$ hesaplanmaktadır.

FV GES kurulu gücü 1 MW olduğunda 992.050 \$ ilk yatırım maliyeti ile kurulup, 1.768 MWh/yıl enerji üretirken, birim yatırım maliyeti 992 \$/kWp, enerji maliyeti de 0,11 \$/kWh olmaktadır. % 20'si öz sermaye, % 80'i % 6 yıllık faiz ile kredi olmak koşuluyla İç karlılık oranı % 21, proje geri ödeme süresi 6,0 yıl ve Seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 0,101 \$ hesaplanmaktadır.

Üç ayrı büyüklükte (10 kWp, 50 kWp, 1 MWp) hazırlanmış senaryo ve simülasyonların çıktıları birbiri ile karşılaştırarak genel durum izlenebilir. Öncelikle vurgulamak gerekir ki FV teknolojide diğer enerji dönüşüm yöntemlerinde olduğu gibi doğru orantılı ölçek ekonomisi koşulları beklenmemelidir. Her ne kadar birim yatırım maliyetlerinde ölçek büyüdükçe fiyat düşüyor olsa da, ekonomik ömür süresince işletme gideri maliyetini barındıran seviyelendirilmiş enerji maliyetinde bu doğrusallık ters orantı olarak görülür. İşletme gideri de kurulum büyüdükçe açık şekilde artmaktadır. Birim üretilen enerjide ise farklı boyutlar için aynı çıktı elde edilebilmektedir. Ancak yatırım kararını doğrudan etkileyecek projenin geri ödeme süresi, iç karlılık oranı ve enerji maliyeti değerlerinde açık şekilde büyük kurulumların karlılığı söz konusudur. FV sektöründe bu durumun en önemli sebebi üretilen elektriğin destek kapsamında yüksek fiyattan alım garantisine tabi olmasıdır. Yalnızca öz tüketim karşılamayla kazanç sağlanacak projelerin bir müddet daha teşvik ve desteğe ihtiyaç duyduğundan bahsedilebilir. Bir yenilenebilir enerji projesi olan FV GES'lerde tek faydanın, özellikle de kamusal ihtiyaçlar için, parasal getiri olmadığı, sayısal büyüklüğe dönüştürülemeyecek sosyal, çevresel ve stratejik kaygılar da olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmanın bir çıktısı niteliğinde olan senaryo ve simülasyonların maliyet analizlerinde hesaplanan 9-10 \$c/kWh'lik FV güneş elektrikli maliyetinin önümüzdeki yıllarda düşmesi beklenmektedir. Nitekim IRENA'nın Değişimin Gücü, Güneş ve Rüzgar Maliyet Düşüş Potansiyeli raporunda öngördüğü 2025 yılı FV güneş elektrik maliyet tahmini 5-6 \$c/kWh'tir. Bunun yanında, FV GES yatırımcılarının diğer yenilenebilir enerji yatırımcıları gibi yararlanabileceği bir diğer gelir mekanizması da karbon kredisi satışlarıdır. Yatırımcılar elektrikle birlikte karbon kredisi de üretebilir ve bu kredileri uluslararası piyasalarda karbon ayak izlerini azaltmak veya sıfırlamak isteyen işletmelere satarak ek gelir elde edebilirler. 5 MW ve üzeri kapasiteli yatırımlar için karbon kredisi başvurusu yapılması tavsiye edilir.

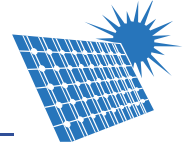


Ekler

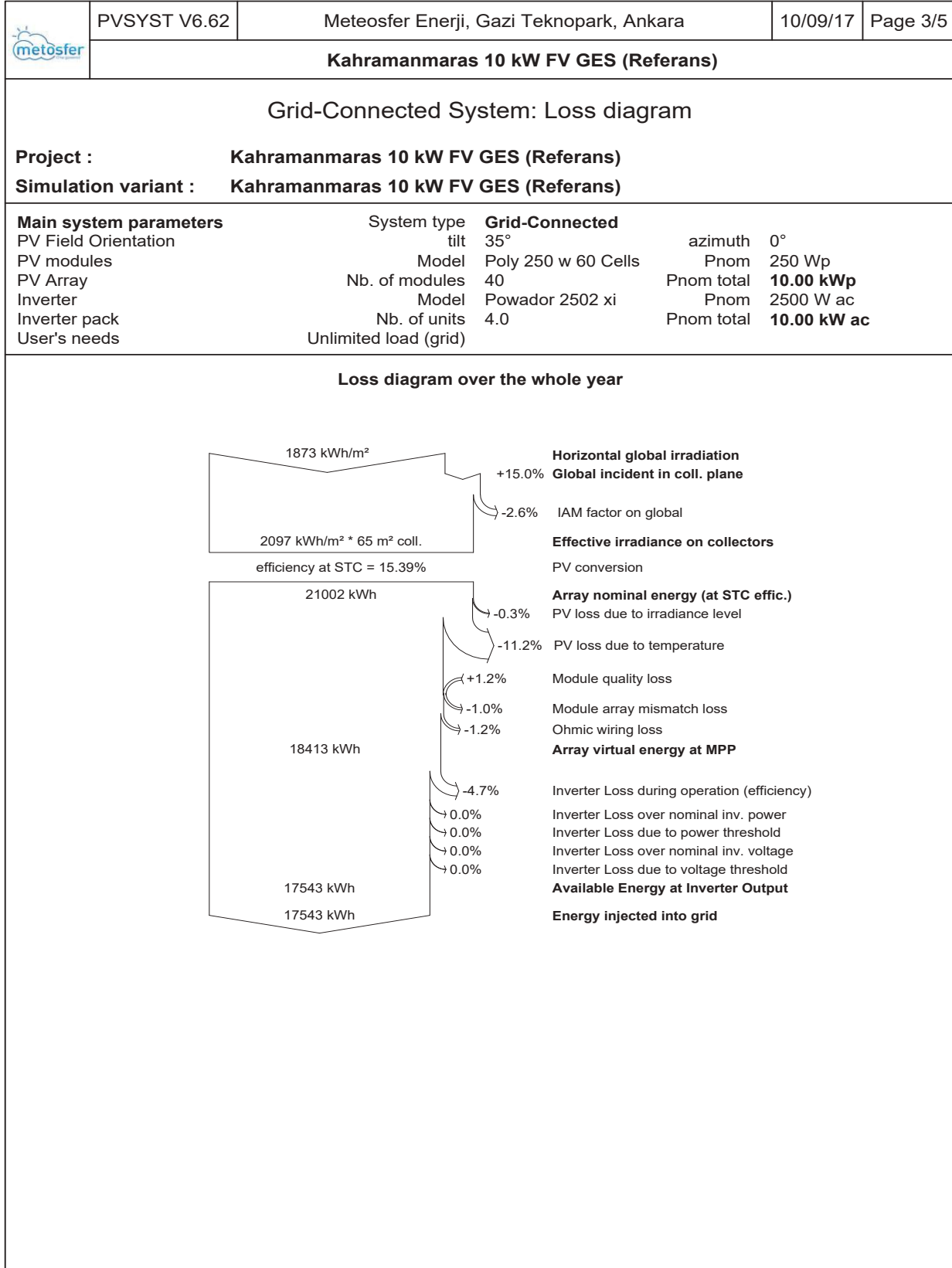
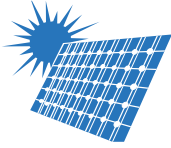
Ek-1 : Kahramanmaraş 10 KW FV GES (Referans)

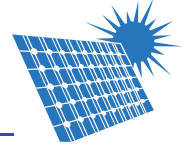
	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara		10/09/17	Page 1/5
Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)					
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project : Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)					
Geographical Site		Kahramanmaras		Country	Turkey
Situation Time defined as	Latitude	38.00° N	Longitude	37.00° E	
	Legal Time	Time zone UT+3	Altitude	572 m	
	Albedo	0.20			
Meteo data:		Kahramanmaras	MGM_Maras_Ay - Synthetic		
Simulation variant : Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)					
		Simulation date	10/09/17 19h32		
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt	35°	Azimuth	0°
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly	Model	Poly 250 w 60 Cells	
Custom parameters definition		Manufacturer	Solarturk Energy		
Number of PV modules		In series	10 modules	In parallel	4 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	40	Unit Nom. Power	250 Wp
Array global power		Nominal (STC)	10.00 kWp	At operating cond.	8.93 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	270 V	I mpp	33 A
Total area		Module area	65.1 m²	Cell area	58.4 m²
Inverter					
Original PVsyst database		Model	Powador 2502 xi		
Characteristics		Manufacturer	Kaco new energy		
Inverter pack		Operating Voltage	200-450 V	Unit Nom. Power	2.50 kWac
		Nb. of inverters	4 units	Total Power	10.0 kWac
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	138 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	-1.3 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	1.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param.	0.05
User's needs :		Unlimited load (grid)			

PVsyst Licensed to : Meteosfer enerji muhendislik ve meteoroloji hiz. tic.ltd.sti.(Turkey)

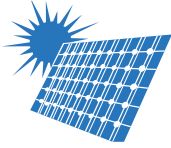


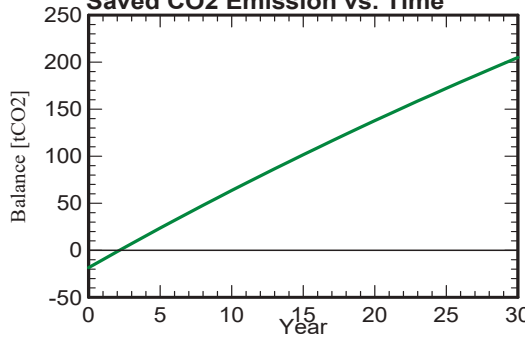
PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	10/09/17	Page 2/5
Kahramanmaraş 10 kW FV GES (Referans)			
Grid-Connected System: Main results			
Project : Kahramanmaraş 10 kW FV GES (Referans)			
Simulation variant : Kahramanmaraş 10 kW FV GES (Referans)			
Main system parameters		System type	
PV Field Orientation		tilt	
PV modules		Model	
PV Array		Nb. of modules	
Inverter		Model	
Inverter pack		Nb. of units	
User's needs		Unlimited load (grid)	
Main simulation results		Grid-Connected	
System Production		35°	
Investment		azimuth 0°	
Yearly cost		Pnom 250 Wp	
Energy cost		Pnom total 10.00 kWp	
Produced Energy		Pnom 2500 W ac	
Performance Ratio PR		Pnom total 10.00 kW ac	
Global incl. taxes		Specific prod. 1754 kWh/kWp/year	
Annuities (Loan 6.0%, 10 years)		16900 US\$	
Energy cost		2296 US\$/yr	
Global incl. taxes		Specific 1.69 US\$/Wp	
Energy cost		Running Costs 0 US\$/yr	
Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 10.00 kWp		Performance Ratio PR	
Normalized Energy [kWh/kWp/day] Legend: Lc : Collection Loss (PV-array losses) 0.86 kWh/kWp/day Ls : System Loss (inverter, ...) 0.24 kWh/kWp/day Yf : Produced useful energy (inverter output) 4.81 kWh/kWp/day		PR : Performance Ratio (Yf / Yr) : 0.814	
Kahramanmaraş 10 kW FV GES (Referans)		Balances and main results	
	GlobHor	DiffHor	T Amb
	kWh/m²	kWh/m²	°C
January	66.3	27.29	5.10
February	84.6	35.77	6.40
March	137.2	54.17	10.60
April	170.1	64.75	15.60
May	218.7	66.00	20.40
June	244.0	53.48	25.40
July	257.2	45.15	28.80
August	228.4	44.08	29.00
September	186.8	32.93	25.30
October	133.1	34.48	18.90
November	81.5	28.54	11.50
December	65.4	24.23	6.79
Year	1873.3	510.88	17.04
	GlobInc	GlobEff	EArray
	kWh/m²	kWh/m²	kWh
January	108.9	106.2	1024
February	121.1	118.3	1125
March	172.0	167.6	1550
April	181.3	176.2	1583
May	207.7	201.2	1753
June	221.3	214.5	1815
July	238.5	231.3	1910
August	235.8	229.5	1885
September	226.8	221.8	1843
October	190.1	185.9	1625
November	132.7	129.7	1198
December	118.1	115.3	1103
Year	2154.3	2097.4	18413
	E_Grid	PR	
	kWh		
January	974	0.895	
February	1071	0.885	
March	1477	0.858	
April	1508	0.832	
May	1670	0.804	
June	1728	0.781	
July	1819	0.763	
August	1797	0.762	
September	1757	0.775	
October	1550	0.815	
November	1142	0.860	
December	1051	0.890	
Year	17543	0.814	
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation			
DiffHor Horizontal diffuse irradiation			
T Amb Ambient Temperature			
GlobInc Global incident in coll. plane			
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings			
EArray Effective energy at the output of the array			
E_Grid Energy injected into grid			
PR Performance Ratio			



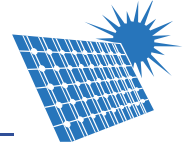


	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara		10/09/17	Page 4/5
Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)					
Grid-Connected System: Economic evaluation					
Project :		Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)			
Simulation variant :		Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)			
Main system parameters		System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation		tilt	35°	azimuth	0°
PV modules		Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom	250 Wp
PV Array		Nb. of modules	40	Pnom total	10.00 kWp
Inverter		Model	Powador 2502 xi	Pnom	2500 W ac
Inverter pack		Nb. of units	4.0	Pnom total	10.00 kW ac
User's needs		Unlimited load (grid)			
Investment					
PV modules (Pnom = 250 Wp)		40 units	225 US\$ / unit	9000 US\$	
Supports / Integration			30 US\$ / module	1200 US\$	
Inverters (Pnom = 2.5 kW ac)		4 units	425 US\$ / unit	1700 US\$	
Settings, wiring, ...				1200 US\$	
Nakliye & Lojistik				1400 US\$	
Altyapi				700 US\$	
Kamusal				500 US\$	
Mühendislik & İşçilik				1200 US\$	
Substitution underworth				0 US\$	
Gross investment (without taxes)				16900 US\$	
Financing					
Gross investment (without taxes)				16900 US\$	
Taxes on investment (VAT)		Rate 0.0 %		0 US\$	
Gross investment (including VAT)				16900 US\$	
Subsidies				0 US\$	
Net investment (all taxes included)				16900 US\$	
Annuities		(Loan 6.0 % over 10 years)		2296 US\$/year	
Annual running costs: maintenance, insurances ...				0 US\$/year	
Total yearly cost				2296 US\$/year	
Energy cost					
Produced Energy				17.5 MWh / year	
Cost of produced energy				0.13 US\$ / kWh	



	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	10/09/17	Page 5/5
Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)				
Grid-Connected System: CO2 Balance				
Project :		Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)		
Simulation variant :		Kahramanmaras 10 kW FV GES (Referans)		
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation		tilt	35°	azimuth 0°
PV modules		Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom 250 Wp
PV Array		Nb. of modules	40	Pnom total 10.00 kWp
Inverter		Model	Powador 2502 xi	Pnom 2500 W ac
Inverter pack		Nb. of units	4.0	Pnom total 10.00 kW ac
User's needs		Unlimited load (grid)		
Produced Emissions		Total:	18.43 tCO2	
		Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions		Total:	257.4 tCO2	
		System production:	17.54 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation:	1.0 %
		Grid Lifecycle Emissions:	489 gCO2/kWh	
		Source:	IEA List	Country: Turkey
CO2 Emission Balance		Total:	204.9 tCO2	
System Lifecycle Emissions Details:				
Item	Modules		Supports	
LCE	1713 kgCO2/kWp		3.26 kgCO2/kg	
Quantity	10.0 kWp		400 kg	
Subtotal [kgCO2]	17127		1305	
Saved CO2 Emission vs. Time 				

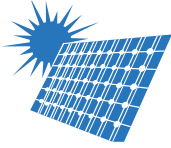
PVsyst Licensed to Meteosfer enerji muhendislik ve meteoroloji hiz. tic.ltd.sti.(Turkey)



Ek-2 : Kahramanmaraş 50 KW FV GES (Referans)

	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara		10/09/17	Page 1/5
Kahramanmaras 50 kW FV GES (Referans)					
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project : Kahramanmaras 50 kW FV GES (Referans)					
Geographical Site		Kahramanmaras		Country	Turkey
Situation		Latitude	38.00° N	Longitude	37.00° E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+3	Altitude	572 m
		Albedo	0.20		
Meteo data:		Kahramanmaras	MGM_Maras_Ay - Synthetic		
Simulation variant : Kahramanmaras 50 kW FV GES (Referans)					
		Simulation date	10/09/17 20h31		
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt	35°	Azimuth	0°
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly	Model	Poly 250 w 60 Cells	
Custom parameters definition		Manufacturer	Solarturk Energy		
Number of PV modules		In series	20 modules	In parallel	10 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	200	Unit Nom. Power	250 Wp
Array global power		Nominal (STC)	50.0 kWp	At operating cond.	44.7 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	539 V	I mpp	83 A
Total area		Module area	325 m²	Cell area	292 m²
Inverter					
Original PVsyst database		Model	Powador 12.0 TL3		
Characteristics		Manufacturer	Kaco new energy		
		Operating Voltage	200-800 V	Unit Nom. Power	10.0 kWac
Inverter pack		Nb. of inverters	9 * MPPT 50 %	Total Power	45 kWac
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	110 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	-1.3 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	1.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param.	0.05
User's needs :		Unlimited load (grid)			

PVsyst Licensed to : Meteosfer enerji muhendislik ve meteoroloji hiz. tic.ltd.sti.(Turkey)



	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	10/09/17	Page 2/5
Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)				

Grid-Connected System: Main results

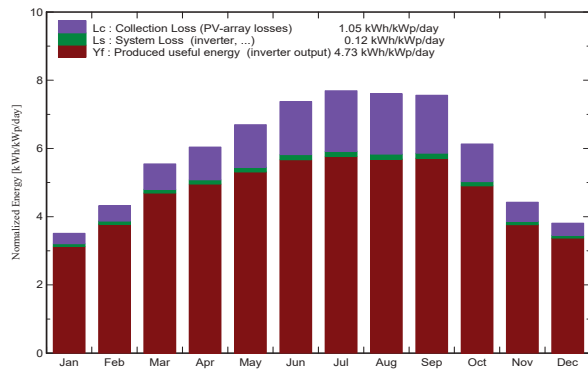
Project : Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)
Simulation variant : Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	35°	azimuth 0°
PV modules	Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom 250 Wp
PV Array	Nb. of modules	200	Pnom total 50.0 kWp
Inverter	Model	Powador 12.0 TL3	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4.5	Pnom total 45.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

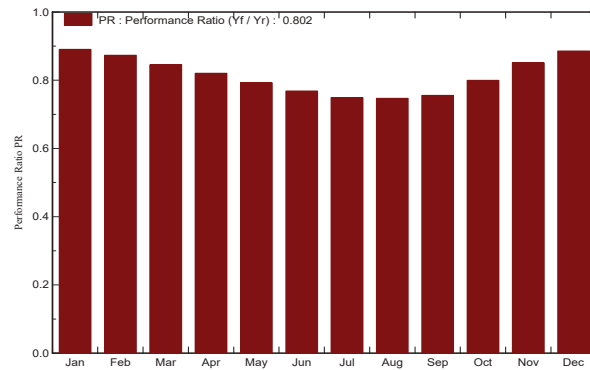
Main simulation results

System Production	Produced Energy	86364 kWh/year	Specific prod.	1727 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	80.18 %		
Investment	Global incl. taxes	68500 US\$	Specific	1.37 US\$/Wp
Yearly cost	Annuities (Loan 6.0%, 10 years)	9307 US\$/yr	Running Costs	500 US\$/yr
Energy cost		0.11 US\$/kWh		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 50.0 kWp



Performance Ratio PR

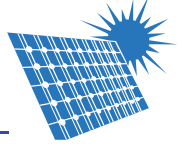


Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)

Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	
January	66.3	27.29	5.10	108.9	106.2	4970	4849	0.891
February	84.6	35.77	6.40	121.1	118.3	5417	5287	0.873
March	137.2	54.17	10.60	172.0	167.6	7450	7271	0.845
April	170.1	64.75	15.60	181.3	176.2	7623	7435	0.820
May	218.7	66.00	20.40	207.7	201.2	8441	8229	0.793
June	244.0	53.48	25.40	221.3	214.5	8729	8502	0.768
July	257.2	45.15	28.80	238.5	231.3	9172	8934	0.749
August	228.4	44.08	29.00	235.8	229.5	9041	8808	0.747
September	186.8	32.93	25.30	226.8	221.8	8790	8568	0.756
October	133.1	34.48	18.90	190.1	185.9	7794	7603	0.800
November	81.5	28.54	11.50	132.7	129.7	5787	5648	0.851
December	65.4	24.23	6.79	118.1	115.3	5359	5231	0.886
Year	1873.3	510.88	17.04	2154.3	2097.4	88573	86364	0.802

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings
	DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	E_Grid	Energy injected into grid
	GlobInc	Global incident in coll. plane	PR	Performance Ratio



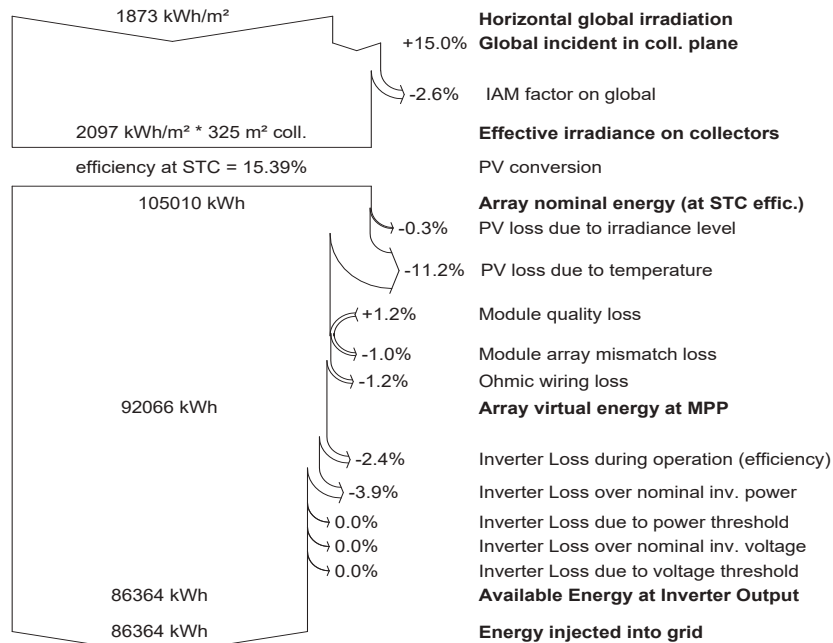
PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	10/09/17	Page 3/5
Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)			

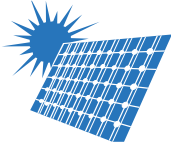
Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)
Simulation variant : Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)

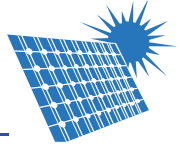
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	35°	azimuth 0°
PV modules	Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom 250 Wp
PV Array	Nb. of modules	200	Pnom total 50.0 kWp
Inverter	Model	Powador 12.0 TL3	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4.5	Pnom total 45.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

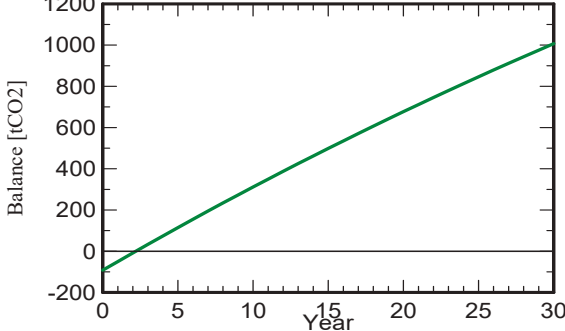
Loss diagram over the whole year

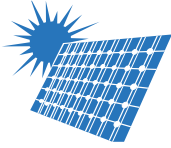




	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	10/09/17	Page 4/5
Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)				
Grid-Connected System: Economic evaluation				
Project : Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)				
Simulation variant : Kahramanmaraş 50 kW FV GES (Referans)				
Main system parameters				
PV Field Orientation	System type	Grid-Connected	azimuth	0°
PV modules	tilt	35°	Pnom	250 Wp
PV Array	Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom total	50.0 kWp
Inverter	Nb. of modules	200	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Model	Powador 12.0 TL3	Pnom total	45.0 kW ac
User's needs	Nb. of units	4.5		
	Unlimited load (grid)			
Investment				
PV modules (Pnom = 250 Wp)	200 units	163 US\$ / unit	32500 US\$	
Supports / Integration		40 US\$ / module	8000 US\$	
Inverters (Pnom = 10.0 kW ac)	4 units	1000 US\$ / unit	4500 US\$	
Settings, wiring, ...			4000 US\$	
Nakliye & Lojistik			6000 US\$	
Altyapi & Yol			4500 US\$	
Kamusal			2500 US\$	
Mühendislik & İşçilik			6000 US\$	
Substitution underworth			0 US\$	
Gross investment (without taxes)			68500 US\$	
Financing				
Gross investment (without taxes)			68500 US\$	
Taxes on investment (VAT)	Rate 0.0 %		0 US\$	
Gross investment (including VAT)			68500 US\$	
Subsidies			0 US\$	
Net investment (all taxes included)			68500 US\$	
Annuities	(Loan 6.0 % over 10 years)		9307 US\$/year	
Annual running costs: maintenance, insurances ...			500 US\$/year	
Total yearly cost			9807 US\$/year	
Energy cost				
Produced Energy			86.4 MWh / year	
Cost of produced energy			0.11 US\$ / kWh	



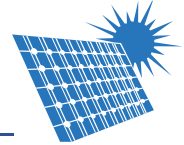
	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara		10/09/17	Page 5/5
Kahramanmaras 50 kW FV GES (Referans)					
Grid-Connected System: CO2 Balance					
Project :		Kahramanmaras 50 kW FV GES (Referans)			
Simulation variant :		Kahramanmaras 50 kW FV GES (Referans)			
Main system parameters		System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation		tilt	35°	azimuth	0°
PV modules		Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom	250 Wp
PV Array		Nb. of modules	200	Pnom total	50.0 kWp
Inverter		Model	Powador 12.0 TL3	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	4.5	Pnom total	45.0 kW ac
User's needs		Unlimited load (grid)			
Produced Emissions		Total:	92.16 tCO2		
		Source:	Detailed calculation from table below		
Replaced Emissions		Total:	1267.0 tCO2		
		System production:	86.36 MWh/yr	Lifetime:	30 years
				Annual Degradation:	1.0 %
		Grid Lifecycle Emissions:	489 gCO2/kWh		
		Source:	IEA List	Country:	Turkey
CO2 Emission Balance		Total:	1007.1 tCO2		
System Lifecycle Emissions Details:					
Item	Modules		Supports		
LCE	1713 kgCO2/kWp		3.26 kgCO2/kg		
Quantity	50.0 kWp		2000 kg		
Subtotal [kgCO2]	85636		6523		
Saved CO2 Emission vs. Time 					



Ek-3 : Kahramanmaraş 1 NW FV GES (Referans)

	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara		11/09/17	Page 1/5
Kahramanmaras 1 MW FV GES (Referans)					
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :		Kahramanmaras 1 MW FV GES (Referans)			
Geographical Site		Kahramanmaras	Country	Turkey	
Situation		Latitude	38.00° N	Longitude	37.00° E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+3	Altitude	572 m
		Albedo	0.20		
Meteo data:		Kahramanmaras	MGM_Maras_Ay - Synthetic		
Simulation variant :		Kahramanmaras 1 MW FV GES (Referans)			
		Simulation date	11/09/17 02h12		
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt	35°	Azimuth	0°
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly	Model	Poly 250 w 60 Cells	
Custom parameters definition		Manufacturer	Solarturk Energy		
Number of PV modules		In series	16 modules	In parallel	250 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	4000	Unit Nom. Power	250 Wp
Array global power		Nominal (STC)	1000 kWp	At operating cond.	893 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	432 V	I mpp	2070 A
Total area		Module area	6508 m²	Cell area	5842 m²
Inverter					
Original PVsyst database		Model	Powador 36 TL3 XL		
Characteristics		Manufacturer	Kaco new energy		
		Operating Voltage	200-800 V	Unit Nom. Power	30.0 kWac
Inverter pack		Nb. of inverters	80 * MPPT 33 %	Total Power	800 kWac
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	3.5 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	-1.3 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	1.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param.	0.05
User's needs :		Unlimited load (grid)			

PVsyst Licensed to : Meteosfer enerji mühendislik ve meteoroloji hiz. tic.ltd.sti.(Turkey)



PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	11/09/17	Page 2/5
Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)			

Grid-Connected System: Main results

Project : Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)

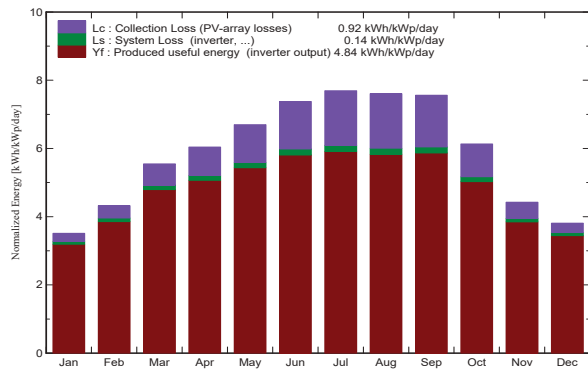
Simulation variant : Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)

Main system parameters	System type	Grid-Connected
PV Field Orientation	tilt	35°
PV modules	Model	Poly 250 w 60 Cells
PV Array	Nb. of modules	4000
Inverter	Model	Powador 36 TL3 XL
Inverter pack	Nb. of units	26.7
User's needs	Unlimited load (grid)	
	azimuth	0°
	Pnom	250 Wp
	Pnom total	1000 kWp
	Pnom	30.0 kW ac
	Pnom total	800 kW ac

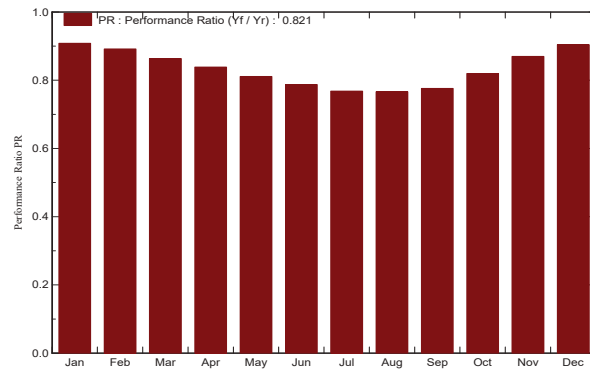
Main simulation results

System Production	Produced Energy	1768 MWh/year	Specific prod.	1768 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	82.07 %		
Investment	Global incl. taxes	992050 US\$	Specific	0.99 US\$/Wp
Yearly cost	Annuities (Loan 6.0%, 10 years)	134788 US\$/yr	Running Costs	57921 US\$/yr
Energy cost		0.11 US\$/kWh		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1000 kWp



Performance Ratio PR

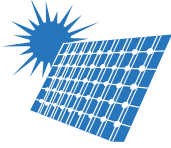


Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)

Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
January	66.3	27.29	5.10	108.9	106.2	101.5	98.9	0.908
February	84.6	35.77	6.40	121.1	118.3	110.9	108.0	0.892
March	137.2	54.17	10.60	172.0	167.6	152.6	148.6	0.864
April	170.1	64.75	15.60	181.3	176.2	156.3	152.0	0.839
May	218.7	66.00	20.40	207.7	201.2	173.3	168.4	0.811
June	244.0	53.48	25.40	221.3	214.5	179.6	174.3	0.787
July	257.2	45.15	28.80	238.5	231.3	188.9	183.2	0.768
August	228.4	44.08	29.00	235.8	229.5	186.2	180.7	0.766
September	186.8	32.93	25.30	226.8	221.8	181.4	176.0	0.776
October	133.1	34.48	18.90	190.1	185.9	160.3	155.9	0.820
November	81.5	28.54	11.50	132.7	129.7	118.6	115.4	0.870
December	65.4	24.23	6.79	118.1	115.3	109.6	106.8	0.904
Year	1873.3	510.88	17.04	2154.3	2097.4	1819.1	1768.1	0.821

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings
	DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	E_Grid	Energy injected into grid
	GlobInc	Global incident in coll. plane	PR	Performance Ratio



	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	11/09/17	Page 3/5
Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)				

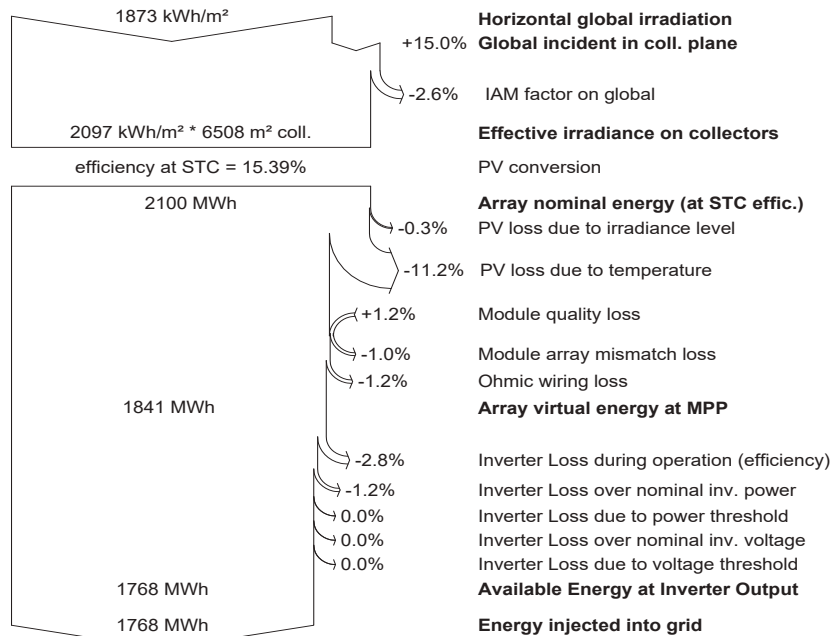
Grid-Connected System: Loss diagram

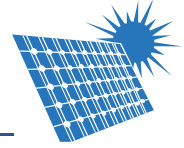
Project : Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)

Simulation variant : Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)

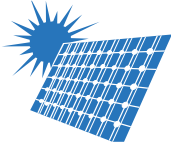
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	35°	azimuth 0°
PV modules	Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom 250 Wp
PV Array	Nb. of modules	4000	Pnom total 1000 kWp
Inverter	Model	Powador 36 TL3 XL	Pnom 30.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	26.7	Pnom total 800 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year

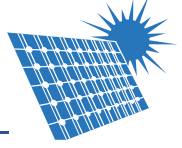




	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	11/09/17	Page 4/5
Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)				
Grid-Connected System: Economic evaluation				
Project : Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)				
Simulation variant : Kahramanmaraş 1 MW FV GES (Referans)				
Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	35°	azimuth	0°
PV modules	Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom	250 Wp
PV Array	Nb. of modules	4000	Pnom total	1000 kWp
Inverter	Model	Powador 36 TL3 XL	Pnom	30.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	26.7	Pnom total	800 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			
Investment				
PV modules (Pnom = 250 Wp)	4000 units	119 US\$ / unit	476320 US\$	
Supports / Integration		27 US\$ / module	107360 US\$	
Inverters (Pnom = 30.0 kW ac)	27 units	2963 US\$ / unit	79012 US\$	
Settings, wiring, ...			55066 US\$	
Nakliye & Lojistik			88106 US\$	
Altyapi & Yol			77093 US\$	
Kamusal			20000 US\$	
Mühendislik & İşçilik			88106 US\$	
Substitution underworth			0 US\$	
Gross investment (without taxes)			992050 US\$	
Financing				
Gross investment (without taxes)			992050 US\$	
Taxes on investment (VAT)	Rate 0.0 %		0 US\$	
Gross investment (including VAT)			992050 US\$	
Subsidies			0 US\$	
Net investment (all taxes included)			992050 US\$	
Annuities	(Loan 6.0 % over 10 years)		134788 US\$/year	
Annual running costs: maintenance, insurances ...			57921 US\$/year	
Total yearly cost			192709 US\$/year	
Energy cost				
Produced Energy			1768 MWh / year	
Cost of produced energy			0.11 US\$ / kWh	

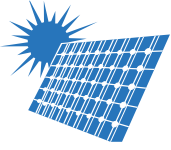


<

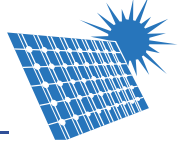


Kaynaklar

- [1] Enerji Atlası İnternet sitesi, Türkiye elektrik tüketim istatistiği, Erişim Tarihi: 15 Mayıs 2017, Link: <http://www.enerjiatlas.com/elektrik-tuketimi/>
- [2] TEPAV, Türkiye'nin enerji ithalatı, Enerji Politikaları ve Yatırımlar Üzerine Etkisi Raporu, 2016.
- [3] YEGM, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, Erişim Tarihi: 1 Haziran 2017 Link: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
- [4] ETKB TEİAŞ, Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Bağlanabileceği Trafo Merkezleri ve Kapasiteleri, 11 Ağustos 2011
- [5] Levent Yalçın, 2010. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Güneş Enerjisinden Yararlanabilme Olanakları. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [6] ISES-IRENA, Güneş enerjisi veri kaynakları, Erişim Tarihi: 14 Haziran 2017 Link: <http://solar.ist/ises-irena-gunes-kaynaklarini-haritalamayi-tartisacak/>
- [7] TBMM, Resmi Gazete, Yerli Kaynaklara Dayalı Enerji Üretim Programı Eylem Planı, Onuncu Kalkınma Planı (2014 - 2018), 2 Temmuz 2013
- [8] Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)- Fotovoltaik Güç Sistem Programı (PVPS), Dünya FV pazarı, Küresel Görünüm Raporu, 2017.
- [9] Solar Power Europe, FV market projeksiyonu, Global Market Outlook, 2016.
- [10] Dünya Bankası, Yenilenebilir enerji yatırımları, Erişim Tarihi: 5 Nisan 2017, Link: <https://ppi.worldbank.org/~media/giawb/ppi/documents/global-notes/global2015-ppi-update.pdf>
- [11] Yeşil Ekonomi, Avrupa FV pazarı, Erişim Tarihi: 7 Mart 2017, Link: <http://yesilekonomi.com/ingiltere-gunes-te-116-gwi-asti>
- [12] APERE, Yeşil Ekonomi aracılığıyla, Belçika yenilenebilir enerji hedefi, Erişim Tarihi: 6 Mart 2017, Link: <http://yesilekonomi.com/belcika-catida-2-gwi-asti>
- [13] Avrupa Komisyonu, AB'de yenilenebilir enerji, Erişim Tarihi: 7 Mart 2017 Link: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Infographic_REN-2004-2015.png
- [14] IRENA, Dünyada FV ihaleler, Rethinking Energy 2017, ISBN: 978-92-95111-06-6, Abu Dabi
- [15] IRENA, TENVA aracılığıyla, Yenilenebilir enerji istihdamı, Yenilenebilir Enerji ve İstihdam Yıllık 2017 Raporu, Erişim Tarihi: 13 Temmuz 2017, Link: <http://www.tenva.org/kuresel-yenilenebilir-enerji-istihdami-10-milyona-yaklasti/>
- [16] GÜNDER, FV finansmanı, Güneş Enerjisi için Finansman Modelleri, Şubat 2016, Ankara.
- [17] EPİAŞ, Türkiye elektrik üretimi, 2016 Yılı Elektrik Piyasası Özet Bilgiler Raporu, 2017, İstanbul.
- [18] ETKB, Türkiye enerji ithalatı, 2014 Yılı Genel Enerji Dengesi Tablosu, Erişim Tarihi: 15 Haziran 2017, Link: <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Denge-Tablosu-2014>
- [19] TEİAŞ, Türkiye puant güç ve enerji bilgisi, Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2015-2019), Temmuz 2015
- [20] EPDK, Elektrik Piyasası Sektör Raporu, Şubat 2017, Ankara, Erişim Tarihi: 15 Haziran 2017, Link: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/YayinlarRaporlar/AylikSektor>
- [21] ETKB, Türkiye Elektrik üretimi, Erişim Tarihi: 1 Nisan 2017, Link: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>



- [22] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Enerji kullanımı kaynaklı karbon salımı, İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (2011-2020), Temmuz 2011, Ankara.
- [23] ETKB-EİGM, Elektrik üretiminden kaynaklanan karbon salımı, Erişim Tarihi: 5 Nisan 2017, Link: <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik-Uretiminden-Kaynaklanan-Emisyon-Raporlari>
- [24] ETKB, Yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli, Mavi Kitap, 2016, Ankara.
- [25] TEDAŞ, Lisanssız üretim, Erişim Tarihi: 1 Mayıs 2017, Link: http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_lisanssizedelektrikuretimi
- [26] TEİAŞ, Lisanssız üretim, Lisanssız Tahsis Edilen GES-RES Kapasiteleri Raporu, Nisan 2017
- [27] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim değişikliği, Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı (2021-2030) - The_INDC_of_TURKEY_v_15_19_30-TR, 1 Ekim 2015
- [28] TÜİK, Sera gazı Emisyon Envanteri, Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2015, Link: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18744>
- [29] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal belgeler, İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011-2023, 2012, Ankara
- [30] Kalkınma Bakanlığı, Enerji yatırımları, Orta Vadeli Program (2016-2018)(Revize)
- [31] ETKB, Enerji arzı, Strategic Plan (2015-2019)
- [32] Yüksek Planlama Kurulu ve ETKB, Elektrik arz güvenliği, Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi, Mayıs 2009
- [33] Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Enerjide Ar-Ge, Türkiye Elektrik ve Elektronik Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2012-2016, Ocak 2013
- [34] ETKB, Yenilenebilir enerji yatırımları, 2016 Yılı Bütçe Sunumu, 03 Mart 2016
- [35] ETKB-YEGM, Çevre dostu binalar, Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2010-2023
- [36] TEİAŞ, Elektrik arz-talep dengesi, Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu 2012 – 2021, Temmuz 2012
- [37] TETAŞ, Elektrik piyasaları, Sektör Raporu, 2014
- [38] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Sera gazı salımı, İklim Değişikliği ve Buna Bağlı Afetlere Yönelik Yol Haritası Belgesi 2014-2023
- [39] T.C. Başbakanlık, Enerjide kaynak ve bölge çeşitlendirme, 65. Hükümet Programı, 24 Mayıs 2016
- [40] ETKB, Enerjide yerleşme, Milli Enerji ve Maden Politikası, Erişim Tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Bakanlik-Haberleri/Milli-Enerji-Ve-Maden-Politikasi-Tanitim-Programi>
- [41] DOĞAKA, Bölgesel yenilenebilir enerji politikası, TR63 Bölge Planı (2014-2023)
- [42] DOĞAKA, Bölgesel yenilenebilir enerji politikası, TR63 Bölge Planı 2014-2023 Strateji Metni
- [43] DOĞAKA, Bölgesel öncelikli sektörler, Enerji Sektör Raporu 2014
- [44] EPDK-ETKB, Elektrik piyasası, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6446.pdf>
- [45] ETKB-YEGM, Yenilenebilir enerji, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5346.pdf>
- [46] EPDK, Elektrik lisanslama, Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.18985&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Elektrik%20Piyasas%C4%B1%20Lisans%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi>
- [47] EPDK, Lisanssız elektrik üretimi, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik, Erişim tarihi:



1 Haziran 2016, Link: <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.18911&sourceXmlSearch=Lisans-s%C4%B1z&MevzuatIliski=0>

[48] EPDK, Yenilenebilir elektrik üretimi, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.18907&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Yenilenebilir%20Enerji%20Kaynaklar%C4%B1>

[49] EPDK, Yerli aksam destekleme, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.22600&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Yenilenebilir%20Enerji%20Kaynaklar%C4%B1ndan%20Elektrik%20Enerjisi%20%C3%9Creten>

[50] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel değerlendirme, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.20235&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=%C3%87evresel%20Etki%20De%C4%9Ferlendirmesi%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi>

[51] EPDK, Lisanssız elektrik üretimi, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliği, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.18914&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Elektrik%20Piyasas%C4%B1nda%20Lisans%C4%B1z%20Elektrik%20%C3%9Cretimine%20%C4%B0li%C5%9Fkin%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fin>

[52] EPDK, Lisanslı elektrik üretimi, Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Önlisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.19796&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=R%C3%BCzgar%20ve%20G%C3%BCne%C5%9F%20Enerjisine%20Dayal%C4%B1%20%C3%96nlisans%20Ba%C5%9Fvurular%C4%B1%20%C4%B0%C3%A7in%20Yap%C4%B1lacak%20R%C3%BCzgar%20ve%20G%C3%BCne%C5%9F%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCmleri>

[53] Ekonomi Bakanlığı, FV panel ithalatı, İthalatta Gözetim Uygulanmasına İlişkin Tebliğ, Tebliğ No: 2015/9, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/11/20151119-35.htm>

[54] Ekonomi Bakanlığı, FV panel ithalatı, İthalatta Haksız Rekabetin Önlenmesine İlişkin Tebliğ, Tebliğ No: 2016/29, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/07/20160701-18.htm>

[55] Kahramanmaraş Valiliği, Kahramanmaraş coğrafyası, Erişim Tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <http://www.kahramanmaraş.gov.tr>

[56] DOĞAKA, Bölgesel sosyo-ekonomik değerlendirme, TR63 Bölgesi Alt Bölgeleme Analizi, Haziran 2015

[57] Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 5403 Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.5403&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Toprak%20Koruma%20ve%20Arazi%20Kullan%C4%B1m%C4%B1%20Kanunu&Tur=1&Tertip=5&No=5403>

[58] TÜİK, İllere göre tarım alanları istatistikleri, 2016, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001

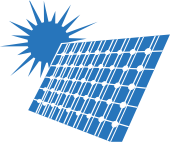
[59] Orman Genel Müdürlüğü, Orman alanları, Orman Atlası, 2013

[60] T.C. Başbakanlık, Büyükşehir kararı, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121206-1.htm>

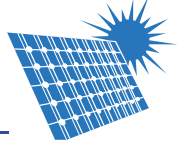
[61] TÜİK, Seçilmiş Göstergelerle Kahramanmaraş, 2013

[62] DOĞAKA, Bölgesel sosyo-ekonomik değerlendirme, TR63 Bölgesi Kırsal Kentsel Bölgeler Analizi, ISBN 978-605-64717-1-1, Mart 2015

[63] Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, OSB Bilgi Sitesi, Erişim Tarihi: 26.10.2017, Link: <https://osbbs.sanayi.gov.tr/search.aspx?param=hatay&ref=search>



- [64] SERKA, Güneşlenme ölçümleri, Iğdır ve FV Güneş Elektrik-Dr. Levent YALÇIN, 2016, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: <http://www.serka.gov.tr/store/file/common/3220439a14e63fd49922b44f7af3ebc8.pdf>
- [65] Patel, R. 1999. *Wind and Solar Power Systems*. CRC Press, 350 s., New York.
- [66] Soto, W.D. 2004. *Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance*. Master of Science. Solar Energy Laboratory University of Wisconsin, 235 s., Madison.
- [67] DelftX Solar Energy Course ET3034TUX-4.5-slides
- [68] Paatero, J.V. and Lund, P.D. 2006. *Impacts of energy storage in distribution grids with high penetration of photovoltaic power*. *International Journal of Distributed Energy Resources*, 3 (1); 31 - 45.
- [69] Paatero, J. 2009. *Computational studies on variable distributed energy systems*. Ph.D. thesis. Helsinki University of Technology, 86 s., Espoo.
- [70] Luque, A. and Hegedus, S. 2002. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. John Wiley & Sons Ltd., 1179 s., Madrid.
- [71] Anonymous. 2009b. *Study guide for photovoltaic system installers*. NABCEP, 77 s., ABD.
- [72] Levent Yalçın, 2013. *Performance comparison of c-Si, mc-Si and a-Si thin film PV by PVsyst simulation*. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* Vol. 15, No.3 - 4, March – April 2013, p. 326 – 334
- [73] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE with support of PSE AG, Silisyum dilimleme, 2016-06-06_Photo-voltaics_Report, 6 Haziran 2016, Freiburg
- [74] TEDAŞ, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik Kapsamında Kurulu Gücü 30 kWp'e (30 kWp dahil) Kadar Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesislerinin Tip Şartnamesi v2, 29 Kasım 2014, Erişim tarihi: 1 Haziran 2016, Link: http://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/img/30kWpTipSartname_29112014_v2.pdf
- [75] MYK, FV Ulusal Meslek Standardı, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: https://portal.myk.gov.tr/index.php?dl=2015%2F12%2F18%2F0.421059001450426388_fotovoltai_k_guc_sistemleri_s3_uyrev_son.pdf&option=com_yeterlilik
- [76] MEVKA, Konya İli Karapınar İlçesi'nde Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi Yatırımları İçin Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi Kurulmasına Yönelik Fizibilite Çalışması Raporu aracılığıyla, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi, Yayını, 2009, Ankara
- [77] MEVKA, FV saha değerlendirme, Konya İli Karapınar İlçesi'nde Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi Yatırımları İçin Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi Kurulmasına Yönelik Fizibilite Çalışması Raporu-Doç. Dr. Yakup KARA, 10.11.2010, Konya.
- [78] TEDAŞ, LÜY kapsamında 50 kWe kadar güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin tip şartnamesi, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <http://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/lisanssizelektrikuretimi/B-50kW-TipSartname.pdf>
- [79] Metosfer, Meteorolojik Ölçüm Koleksiyonu
- [80] Anonim. 1983. *Türkiye güneş enerjisi potansiyeli - zamansal ve alansal dağılımı*. DMI, (83 - 29), 83 s., Ankara.
- [81] Alnaser, W. E., Eliagoubi, B., Al-Kalak, A. and Trabelsi, H. 2004. *First solar radiation atlas for the Arab world*. *Renewable Energy*, (29), 1085–1107., Isa Town
- [82] Şen, Z. 2007. *Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques: Atmosphere, Environment, Climate Change and Renewable Energy*. Springer-Verlag London Limited, 280 s., İstanbul.
- [83] Hoogwijk, M. 2004. *On the global and regional potential of renewable energy sources*. *Universiteit Utrecht*, 256 s., Utrecht.
- [84] EİE, Türkiye'nin Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süreleri, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <http://www.eie.gov.tr/>



[yenilenebilir/g_enj_calismalari.aspx](#)

[85] YEGM, Türkiye Güneş Enerjisi Dinamik Tekno-Ekonomik Modeli KAMAG projesi önerisi-F. Birsen TURGU Alaçakır, Güneş-Elektrik Dönüşüm Sistemlerinde Yasa, Yönetmelik Ve Standartlar-Fotovoltaik Çalıştay, Fizik Mühendisleri Odası, 18 Ocak 2013

[86] Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi, PVGIS, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

[87] Avrupa Komisyonu DG XII, Joule II Programı, HelioClim, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <http://www.soda-is.com/esra/>

[88] NASA Surface meteorology and Solar Energy, NASA SSE, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

[89] SolarGIS, Güneş ışıma potansiyeli, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: http://solargis.info/doc/_pics/free-maps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Turkey-tr.png

[90] World Bank Group ESMAP, Güneş ışıma potansiyeli, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <http://globalsolaratlas.info/>

[91] MGM, Türkiye’de meteoroloji, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojitarhi.aspx>

[92] Aksoy, B. 1996. Estimated monthly average global radiation for Turkey and its comparison with observations. Renewable Energy, 10 (4), 625-633., Ankara.

[93] Yılmaz ve ark., 2007 Statistical Analysis of Solar Radiation Data

[94] Bostan P.A., Akyürek Z., 2007, İkincil Veriler Kullanılarak Türkiye Ortalama Yıllık Yağış Değerlerinin Mekansal Dağılımının Modellenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon

[95] DMI, Türkiye Güneşlenme Potansiyeli Atlası v1, 2010, Ankara.

[96] NREL Bird Clear Sky Model, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: <https://midcdmz.nrel.gov/solpos/solpos.html>

[97] Richard E. Bird Clear Sky Broadband Solar Radiation Model “A Simplified Clear Sky model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal Surfaces” by R.E. Bird and R.L. Hulstrom, SERI Technical Report SERI/TR-642-761, Feb 1991. Solar Energy Research Institute, Golden, CO.

[98] TEİAŞ, Trafo kapasiteleri, Türkiye İletim Sistemi Bağlantı Kapasitesi Raporu 2016 - 2026, 2016

[99] EPDK, Elektrik Piyasası Sektör Raporu, Ocak 2017, Ankara, Erişim Tarihi: 15 Haziran 2017, Link: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/YayinlarRaporlar/AylikSektor>

[100] Hasan Yiğit ile görüşme tutanakları

[101] ETKB-YEGM, Lisanssız Proje Onay ve Kabul işlemleri Yetkisi 1 Haziran 2012 tarih 422 sayılı olur

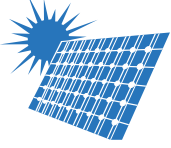
[102] TEDAŞ, Onay ve kabul hizmet bedelleri, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link: http://www.tedas.gov.tr/uploads/TE-DAS_2017_y%C4%B1l%C4%B1_Hizmet_Bedelleri.pdf

[103] ETKB, Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.20383&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=ELEKTR%C4%B0K%20TES%C4%B0SLER%-C4%B0%20PROJE%20Y%C3%96NETMEL%C4%B0%C4%9E%C4%B0>

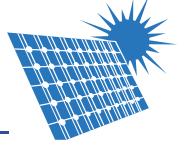
[104] Kahramanmaraş Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü’nün 08.06.2017 tarih ve 3270 sayılı yazısı

[105] Kahramanmaraş Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü’nün 23.05.2017 tarih ve 1272936 sayılı yazısı

[106] Orman Genel Müdürlüğü Adana Orman Bölge Müdürlüğü İzin ve İrtifak Şube Müdürlüğü’nün 18.05.2017 tarih ve 766 sayılı yazısı



- [107] Kahramanmaraş Büyükşehir Belediye Başkanlığı İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı Planlama Şube Müdürlüğü'nün 23.05.2017 tarih ve 9708 sayılı yazısı
- [108] Karayolları Genel Müdürlüğü 5. Bölge Müdürlüğü'nün 17.05.2017 tarih ve 150655 sayılı yazısı
- [109] MSB'nın 16.05.2017 tarih ve 7203 sayılı yazısı
- [110] DHMİ İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı'nın 09.05.2017 tarih ve 40589487-752.01-E.47961 sayılı yazısı
- [111] PVSyst, FV projelendirme ve simülasyon, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link: <http://www.pvsyst.com/en/about-us>
- [112] Ekonomi Bakanlığı, Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ (2012/1)'de Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ (No: 2017/1), Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.16251&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Yat%C4%B1r%C4%B1mlarda%20Devlet%20Yard%C4%B1mlar%C4%B1%20Hakk%C4%B1nda>
- [113] Yatırım internet bloğu, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link: <http://www.fizibilite.info>
- [114] DSİ 20. Bölge Müdürlüğü, Adıyaman güneş enerjisi santrali proje tanıtım dosyası, Temmuz 2015
- [115] IHS, FV yatırım, Three Year Outlook For Solar Energy Cost Developments, Josefin Berg, Solar Now Turkey, İstanbul, 2013
- [116] İthalat Genel Müdürlüğü, FV ithalatı, Damping Soruşturması Nihai Bildirim Raporu, Şubat 2017, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link: <https://www.ekonomi.gov.tr/portal/ShowProperty?nodeId=%2FUCM%2FEK-242048>
- [117] Green Consult and Finance, Karbon kredileri, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Linkler: www.green-cf.com ve www.carbomart.com
- [118] T.C. Hazine Müsteşarlığı, Teşvik ve Uygulama Genel Müdürlüğü, Yeni Yatırım Teşvik Sistemi 1. Yıl Uygulama Sonuçları, 2010, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link <https://www.hazine.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FDi%C4%9Fer+Bas%C4%B1n+Duyurusu%2F8aralik2.pdf>



Hakkımızda

Kahramanmaraş İli FV Güneş Elektrikçi Fizibilite Çalışması

ISBN NO: 978-605-64717-6-6

Proje sahibi

Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (DOĞAKA)

Proje

DOĞAKA tarafından geliştirilen bu **TR63 Bölgesi FV Güneş Elektrikçi Potansiyelinin Tespitine Yönelik Araştırma Geliştirme ve Fizibilite Çalışması** Metosfer Enerji Mühendislik ve Meteoroloji Hizmetleri Ticaret Limited Şirketi'ne yaptırılmıştır.

Hazırlayan

Metosfer Enerji Mühendislik ve Meteoroloji Hizmetleri Ticaret Limited Şirketi

Gazi Üniversitesi Teknoloji Geliştirme Bölgesi'nde kurulu bir Ar-Ge firmasıdır.

Bahçelievler M. 320 S. 3/B Gazi TeknoPark CZ06 06830 Gölbaşı Ankara

T&F: +903124849070

info@metosfer.com.tr

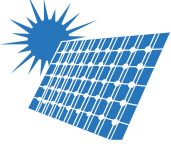
www.metosfer.com.tr

Metnin yazarı

Araştırmacı Dr. Levent YALÇIN, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde FV amaçlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Belirleme ve Yararlanabilme Olanakları konusunda doktora derecesine sahiptir. Muhtelif ortamlarda yenilenebilir enerji üzerine eğitim, makale ve konuşma faaliyetleri yürütmektedir. Meteorolojinin Sesi Radyosu'nda hazırlayıp sunduğu YEŞİL RADYO programı ile sürdürülebilir bir yaşamı toplum geneline yayma çabasıdadır.

Aşağıdaki tablo bu raporun geçirdiği değişiklikleri, tarih ve versiyon numarası ile birlikte içermektedir. Lütfen, raporun son versiyonunu kullandığınızdan emin olun.

Versiyon Numarası	Versiyon Tarihi	Yapılan Değişiklik
V01	Ekim 2017	Rapor yazımı



Yasal Uyarı

Bu çalışmada teknik, idari ve yasal alıntılar olabildiğince kaynak kişi, kurum ve yayın ismi belirtilerek oluşturulmuştur. Kahramanmaraş özelinde uzun yıllara dayanan, dakikalar mertebesinde emek içeren meteorolojik verilerden Meteoroloji Genel Müdürlüğü izniyle yararlanılmıştır. FV proje senaryoları için hazırlanmış simülasyonlar lisanslı PVSYST 6.6.2 versiyonu ile oluşturulmuştur. Metosfer Enerji bu hizmeti sunarken kullanılan bilgilerin güvenilir kaynaklardan geldiğine inanmakta, ancak herhangi bir bildirimde bulunmaksızın değişebilecek bu bilgilerin doğruluğunu ya da eksiksizliğini garanti etmemektedir. Bu dokümandaki hiçbir ifade böyle bir garanti olduğu şeklinde yorumlanmamalıdır.

Yayında geçen ifadeler, çalışmayı yapan ve yayını kaleme alan uzmanların mevcut değerlendirmelerini yansıtmaktadır. Proje Sahibi DOĞAKA'nın görüşlerini ve kurumsal yaklaşımını yansıtmayabilir. DOĞAKA ve Metosfer Enerji, bu hizmetin, yayının ve/veya yayının içeriğinin kullanılmasından kaynaklanabilecek herhangi bir sorumluluğu üstüne almamaktadır.

Bu yayında yer alan hiçbir bilgi, herhangi bir yatırım ya da stratejiye ilişkin bir mali teklif, yatırım tavsiyesi veya önerisi olarak yorumlanmamalıdır. Bu hizmet vasıtasıyla sunulan bilgiler, okuyucuya özgü şartların değerlendirilmesi üzerine dayandırılmış değildir ve herhangi bir yatırım kararı için tek başına yeterli olarak değerlendirilmemelidir.

Teşekkür

Çalışmanın başlatılması, sürdürülmesi ve tamamlanmasında yapıcı yaklaşımları ile güven ve desteklerini esirgemeyen DOĞAKA'ya ve Metosfer Enerjiye;

Yerel meteorolojik veriler için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne;

Teknik bilgi ve motivasyonumuzun üst düzeyde kalmasını sağlayan YEGM'ne;

Kurumsal görüşlerini sözlü ve yazılı olarak bizimle paylaşan tüm kamu kuruluşlarına;

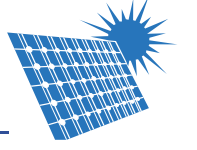
Kaynaklar kısmında özenle atıfta bulunduğumuz tüm kaynak araştırması destekçilerimize;

Veri çalışması için Yusuf ÇALIK'a; Haritalama için Murat GÜLER'e; Finansal analiz için Aykan BATU'ya; Düzenleme için Cem DALGÜN'e;

Teşekkürlerimizi sunarız...

Dr. Levent YALÇIN

Ankara, Ekim 2017



Notlar



DOĞU AKDENİZ KALKINMA AJANSI

Telefon : +90 (326) 225 14 15

Faks : +90 (326) 225 14 52

E-Posta : bilgi@dogaka.gov.tr

Web : www.dogaka.gov.tr

Adres : Haraparası Mh. Yavuz Sultan Selim Cd.
Birinci Tabakhane Sk. No:20 Antakya / HATAY

HATAY YATIRIM DESTEK OFİSİ

Telefon : +90 (326) 212 25 76

Faks : +90 (326) 225 14 52

E-Posta : hydo@dogaka.gov.tr

Web : www.hataydayatirim.com

Adres : Haraparası Mh. Yavuz Sultan Selim Cd.
1. Tabakhane Sk. No:20 Antakya / HATAY

KAHRAMANMARAŞ YATIRIM DESTEK OFİSİ

Telefon : +90 (344) 231 14 17

Faks : +90 (344) 231 14 18

E-Posta : kydo@dogaka.gov.tr

Web : www.kahramanmarastayatirim.com

Adres : Yenişehir Mahallesi 74.002 Sokak No: 3
Dulkadiroğlu / KAHRAMANMARAŞ

OSMANİYE YATIRIM DESTEK OFİSİ

Telefon : +90 (328) 888 00 00

Faks : +90 (328) 888 00 01

E-Posta : oydo@dogaka.gov.tr

Web : www.osmaniyeedayatirim.com

Adres : Rauf Bey Mh. 9545. Sk. Lider Plaza
İş Merkezi Kat: 4 Daire: 14 Merkez/OSMANİYE