T.C. DOĞU AKDENİZ KALKINMA AJANSI • T.R. EASTERN MEDITERRANEAN DEVELOPMENT AGENCY

DOĞAKA

HATAY İLİ FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

2017

www.dogaka.gov.tr

T.C. DOĞU AKDENİZ KALKINMA AJANSI • T.R. EASTERN MEDITERRANEAN DEVELOPMENT AGENCY

DOĞAKA

HATAY İLİ FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

2017

www.dogaka.gov.tr

SUNUŞ

Türkiye'nin en güney ucu, ekvatora en yakın olanı, güneşi en dik alanı… Petrol onun üstünden akıyor, kömür onun üstüne geliyor. Ülkenin en büyük onuncu sanayi kuruluşuna enerji lazım. Nüfus artıyor, kişi başı elektrik tüketimi artıyor, arz güvenliği riski büyüyor; ancak öz kaynakları kullanma arzusu da gelişiyor, yerli yatırımcı öz kaynağa güveniyor, devlet FV GES'e teşvik veriyor, bankalar kredi veriyor, halk yeniliğe açık. Çalışmamız gösterdi ki Yerli, Yeterli, Yerinde, Yenilenebilir ve hatta Yenilebilir (5Y) enerji kaynaklarımız bol. Arazimiz yeterli. Yatırımcımız iştahlı. Yerli FV panel üretiyoruz. Yerli evirici üretiyoruz. Genç mühendisler yetişiyor. Güneş enerji sektörünün teknik alt yapı ve tecrübesi oluştu. Artık icra zamanı! Potansiyel ortada. Güneşin ısıl kullanımında yaptık; FV güneş elektriğinde de yapabiliriz. En küçükten başlayalım, çatıları donatalım. Şebeke kayıplarını azaltalım. Tüketilen yerde üretelim. Üret-Tüket sistemini oturtalım. Kuzeyimizde yaptılar. Almanya yaptı, tam 10 enlem kuzeyimizde, tam 1100 km kuzeyimizde güneşten elektrik üretiyor. Az uz değil, 40 GW'ın üzerinde! Biz de 100.000 çatımıza FV GES kuralım. KOBİ'miz, Sanayicimiz, Ziraatçimiz, Kamu idareleri bir olalım havamızı kirletmeyen, geleceğimizi riske etmeyen, dışa bağımlılığımızı azaltan, bütçemize kazanç sağlayan, tüketiciye üretim alışkanlığı yerleştirecek FV güneş elektriğine destek olalım! Seferberliğimiz hayırlı olsun…

Not: Bu yayında olabildiğince Türkçeleştirilmiş terimler önerilmiş ve ısrarla kullanılmıştır. "FV güneş elektriği", "FV GES", "güneş ışıması" özgün terimlerden bazılarıdır. Bu terimlerin enerji ilgililerince yaşatılması, yayınımızın 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 Elektriği Potansiyelinin Tespitine Yönelik Araştırma Geliştirme ve Fizibilite Çalışması kapsamında "*Hatay ve FV Güneş Elektriği",* "*Kahramanmaraş ve FV Güneş Elektriği" ve* "*Osmaniye ve FV Güneş Elektriği"* isimli 3 ayrı rapor hazırlanmıştır.

Dünya elektrik talebinin % 5'ini FV güneş elektriği 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 Tabi 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 belirlemişlerdir. 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 artırımına 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/m^2-yıl; Avrupa Güneş Atlası HelioClim'e göre 1804, 1792, 1717 kWh/m^2-yıl; NASA SSE'ye göre 1727, 1702, 1702 kWh/m^2-yıl; SolarGIS'e göre 1700, 1750, 1650 kWh/m^2-yıl; EİE 1983'e göre 1402, 1387, 1380 kWh/m^2-yıl; DMİ CAR projeksiyonuna göre 1600, 1650, 1600 kWh/m^2-yıl; DMİ GWR modeline göre 1625, 1625, 1600 kWh/m^2-yıl; bizzat bu araştırma dahilinde MGM verilerine dayandırılarak yapılan hesaplamalarda 1320, 1611, 1546 kWh/m^2-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/m^2-yıl, Kahramanmaraş'ta 1873 kWh/m^2-yıl ve Osmaniye'de 1800 kWh/m^2-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 konabilmiştir. Bu koşullarda üretilecek 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 elektriğine yatırım yapılabilir iller olarak tanımaları; 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. HATAY'DA FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ ARAŞTIRMASI ... 1
1.GİRİŞ VE GENEL BİLGİ ... 2
1.1. Dünyada FV Güneş Elektriği ... 4
1.2. Türkiye'de Elektrik ve FV Güneş Elektriği ... 8
1.3. Hatay'da FV Güneş Elektriği ... 15
1.4. FV Güneş Elektriği Mevzuatı ... 16
1.4.1. Uluslararası belgeler ... 16
1.4.2. Ulusal belgeler ... 17
1.4.3. Bölgesel belgeler ... 20
1.4.4. Kanun, yönetmelik, tebliğ ... 21
2.HATAY'IN GENEL YAPISI ... 26
2.1. Fiziki ve Coğrafi Yapı ... 26
2.1.1. Coğrafya ... 26
2.1.2. TR63 Bölgesi alt bölgeleri ... 27
2.1.3. Topoğrafya ve jeomorfoloji ... 29
2.1.4. Toprak yapısı ve arazi kullanımı ... 30
2.1.5. Korunan alanlar ... 30
2.2. Sosyo-ekonomik yapı ... 32
2.2.1. Nüfus ve idari yapı ... 32
2.2.2. Ekonomi ... 33
2.2.3. Ulaşım ... 34
3.HATAY'IN METEOROLOJİK ANALİZİ ... 37
3.1. İklim ... 37
3.2. Sıcaklık ... 37
3.3. Nispi nem ... 39
3.4. Rüzgar ... 40
3.5. Bulut kapalılığı ... 41
3.6. Güneşlenme süresi ... 42
3.7. Küresel güneş ışıması ... 43
4.FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ TEKNOLOJİSİ ... 44
4.1. FV İlke ... 44
4.2. FV Türleri ... 49
4.3. FV Sistem Bileşenleri ... 52
4.4. FV Standartları ... 54
4.5. FV GES istihdamı ... 57
4.6. FV GES saha seçimi ... 58
4.7. FV GES proje hazırlama ... 60
4.8. FV GES entegrasyon ... 62
5.HATAY'IN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ ... 63
5.1. GEPA ile Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ... 68
5.2. GEPA ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli ... 71

5.3. PVGIS ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli 73
5.4. HELIOCLIM ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli 76
5.5. NASA SSE ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli 77
5.6. SOLARGIS ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli 78
5.7. Global Solar Atlas ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli 79
5.8. MGM Verileri ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli 80
5.8.1. MGM güneş ölçümleri ve güneş enerjisi potansiyeli çalışmaları 80
5.8.2. TR63 Bölgesi meteoroloji istasyonları güneş ışıması ölçümleri 86
5.8.3. Hatay'ın teorik güneş enerjisi potansiyeli 90
5.8.4. Hatay'ın saha güneş enerjisi potansiyeli 93
5.9. Hatay'ın Uygulama Güneş Enerjisi Potansiyeli 99
B. HATAY'IN FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ FİZİBİLİTESİ 103
6.HATAY'IN FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİNE YAPISAL UYGUNLUĞU 104
6.1. Elektriksel Alt Yapı ve Trafo Merkezleri 104
6.2. Arazi uygunluğu ve yatırım kapasitesi 107
6.3. Potansiyel Enerji Bölgeleri ile Karşılaştırma 108
6.4. TR63 Bölgesi FV Güneş Elektriği Potansiyel Haritası 110
7.KAMUSAL İZİNLER, KARARLAR, UYGULAMALAR 115
7.1. TEİAŞ Uygulamaları 116
7.2. TEDAŞ Uygulamaları 116
7.3. Toroslar EDAŞ - AKEDAŞ Uygulamaları 118
7.4. YEGM Uygulamaları 119
7.5. İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü 119
7.6. İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 120
7.7. Orman Bölge Müdürlüğü uygulamaları 120
7.8. Belediye Uygulamaları 121
7.9. Diğer Kamusal Uygulamalar 121
8.HATAY'DA FV GES YATIRIM DEĞERLENDİRMELERİ İLE SENARYO VE SİMÜLASYONLAR 123
8.1. Senaryo ve Simülasyonlar 123
8.1.1. 10 kWp FV GES örnek projelendirme 125
8.1.2. 50 kWp FV GES örnek projelendirme 126
8.1.3. 1 MWp FV GES örnek projelendirme 128
8.2. Finansal Değerlendirme 129
8.2.1. 10 kWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi 130
8.2.2. 50 kWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi 131
8.2.3. 1 MWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi 133
8.3. Ekonomik Değerlendirme 134
8.3.1. Proje finansmanı 137
8.3.2. Teşvik ve destekler 139
9.TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER 141
Ekler 146
Kaynaklar 161
Hakkımızda 166
Yasal Uyarı 167
Teşekkür 167
Notlar 168

Şekiller Dizini

Şekil 1: FV güneş elektriği küresel kapasitesi ve yıllık artışlar, 2000-2016 5
Şekil 2: 2020'ye kadar küresel toplam FV güneş elektriği yıllık kurulum artış senaryoları 5
Şekil 3: Avrupa FV kurulu gücünün 2015 yılı elektrik talebine katkısı 6
Şekil 4: Avrupa Birliği'nde yenilenebilir enerjinin payı....7
Şekil 5: Elektrik üretiminden kaynaklanan karbon salımının yıllara göre dağılımı....11
Şekil 6: 2017 yılı Ocak ayı ve öncesi 24 aylık dönemde güneş enerjisi ile gerçekleştirilen elektrik üretimi 13
Şekil 7: FV GES başvurularının iller bazında dağılımı, Mayıs 2016....14
Şekil 8: Türkiye'de Hatay....26
Şekil 9: TR63 Bölgesi Gelişim Şeması 28
Şekil 10: İl Çevre Düzeni Planları doğrultusunda DOĞAKA tarafından hazırlan TR63 Bölgesi Deprem Haritası 29
Şekil 11: Hatay korunan alanlar....31
Şekil 12: TR63 Bölgesi İllerinin İdari Bölünüşü....32
Şekil 13: TR63 Bölgesi Ulaşım Ağı....35
Şekil 14: TR63 Bölgesi limanları ve limanların yakın çevresine ulaşım sistemi 36
Şekil 15: Hatay ortalama sıcaklık 4 on yıl....38
Şekil 16: Hatay minimum sıcaklık 1990'lar ve 2010'lar 38
Şekil 17: Hatay nispi nem 4 on yıl 39
Şekil 18: Hatay maksimum nispi nem 1980'ler ve 2010'lar 39
Şekil 19: Hatay ortalama rüzgar hızı 4 on yıl....40
Şekil 20: Hatay maksimum rüzgar hızı 4 on yıl 40
Şekil 21: Hatay ortalama kapalılık 3 on yıl....41
Şekil 22: Hatay maksimum kapalılık 3 on yıl 41
Şekil 23: Hatay ortalama güneşlenme süresi 3 on yıl....42
Şekil 24: Hatay maksimum güneşlenme süresi 3 on yıl 42
Şekil 25: Hatay ortalama güneş ışıması 4 on yıl 43
Şekil 26: Hatay maksimum güneş ışıması 4 on yıl 43
Şekil 27: Elektromanyetik spektrum 44
Şekil 28: Fotovoltaik etki 45
Şekil 29: Hücreler modülü, modüller dizeyi oluşturur 46
Şekil 30: FV hücrelerin seri bağlantısı 46
Şekil 31: FV modül hücrelerinin seri ve paralel bağlantı ile akım gerilim ayarlaması 47
Şekil 32: Bir hücrenin örnek akım-gerilim grafiği 48
Şekil 33: Tipik bir FV modül etiketi....49
Şekil 34: FV yapıların birim alanda yıllık elektrik üretebilme kapasiteleri, GEPA 50
Şekil 35: Tek kristalli FV yapı....50
Şekil 36: Çoklu kristal FV yapı....51
Şekil 37: Meteorolojik güneş ölçüm cihazları 64
Şekil 38: Yön (A), yükseklik (h) ve geliş (z) açılarının gösterimi....65
Şekil 39: Işınların atmosferde izlediği Yol 66
Şekil 40: YEGM Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)....69
Şekil 41: GEPA ay içerisindeki bir günlük toplam güneş radyasyonu....70
Şekil 42: Ay içerisindeki bir günlük toplam güneşlenme süresi 70
Şekil 43: Türkiye haritasında denizden yükseklik artışı ile güneş enerjisi potansiyel artışı ilişkisi....71
Şekil 44: GEPA Hatay güneş enerjisi potansiyeli....72
Şekil 45: GEPA Hatay ay bazlı günlük ortalama güneşlenme süreleri, saat....72
Şekil 46: GEPA Hatay ay bazlı günlük küresel radyasyon (güneş ışıması), 4 kWh/m^2 72
Şekil 47: GEPA Hatay PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh/m^2-Yıl) 72
Şekil 48: PVGIS-3 ve PVGIS-CMSAF arasındaki radyasyon değişimi, Avrupa 74
Şekil 49: PVGIS-3 ve PVGIS-CMSAF arasındaki radyasyon değişimi, Türkiye....74

Şekil 50: PVGIS Avrupa güneş enerjisi potansiyel haritası 75
Şekil 51: PVGIS 5 beta ile Türkiye ve TR63 Bölgesi'nin FV Güneş Elektriği Potansiyeli 76
Şekil 52: SolarGIS Avrupa ve Türkiye güneş ışıma potansiyeli 78
Şekil 53: SolarGIS Türkiye küresel yatay radyasyon (güneş ışıması) haritası 79
Şekil 54: Global Solar Atlas Türkiye güneş enerjisi potansiyeli 79
Şekil 55: Türkiye güneş enerjisi alansal ve zamansal dağılımı, 10^7 TET....82
Şekil 56: Türkiye yıllık ışıma şiddeti haritası, cal/cm^2-gün 83
Şekil 57: MGM Türkiye yıllık toplam güneşlenme süreleri 84
Şekil 58: MGM Türkiye yıllık toplam güneş radyasyonu (CAR modeline göre) 85
Şekil 59: Gözlenen güneşlenme şiddeti ile GWR model çıktısı arasındaki kalıntı haritası....85
Şekil 60: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması ortalama ölçümleri 87
Şekil 61: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması minimum ölçümleri....88
Şekil 62: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması maksimum ölçümleri....89
Şekil 63: Hatay açık gökyüzü teorik güneşlenme süresi, saat/gün 91
Şekil 64: Hatay açık gökyüzü teorik güneş ışıması potansiyeli, kWh/gün 93
Şekil 65: Hatay güneşlenme süresi ölçümleri, Saat/gün (1985-2015)....95
Şekil 66: Hatay Küresel güneş ışıması ölçümlerinin maksimum, ortalama ve minimum serileri 98
Şekil 67: TEİAŞ Türkiye elektrik (enterkonnekte) iletim sistemi, 2004 104
Şekil 68: Hatay TEİAŞ trafo merkezleri 105
Şekil 69: TR63 Bölgesi Enerji Sektörü Gelişim Haritası 107
Şekil 70: Hatay'da FV GES kurulumuna uygun saha önerisi 108
Şekil 71: TR63 Bölgesi aylık güneş ışıması değerleri haritalaması.... 111
Şekil 72: TR63 Bölgesi yıllık güneş ışıması değerleri haritalaması 114

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 10
Çizelge 4: Elektrik lisansları 10
Çizelge 5: Elektrik Üretim Tesisi İstatistikleri 11
Çizelge 6: Yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli, 2015 12
Çizelge 7: 2017 Şubat ayı sonu itibariyle lisanssız elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı, MWe 12
Çizelge 8: Şubat 2017 döneminde lisanssız elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı, MWh 13
Çizelge 9: FV GES başvurularında son durum 14
Çizelge 10: Hatay FV GES tesisleri 15
Çizelge 11: TEİAŞ Hatay FV GES kapasite tahsisi 16
Çizelge 12: Hatay'da tarım [58] ve ormanlık alanların dağılımı, Ha 30
Çizelge 13: Hatay'da yer alan OSB'ler 33
Çizelge 14: Fotovoltaik kabloların karakteristik özellikleri ve gereksinimleri EN 50618 standardı 53
Çizelge 15: FV güneş elektrik sistemleri için standartlar 54
Çizelge 16: 15 °C sıcaklıkta bazı yükseklik değerlerine ait hava basıncı ve yoğunluğu 66
Çizelge 17: Hatay PVGIS küresel güneş ışıması değerleri, kWh/m² 76
Çizelge 18: Hatay için HelioClim uydu izlemeli FV güneş elektrik potansiyeli, kWh/m²-yıl 77
Çizelge 19: SSE Hatay güneş enerjisi potansiyeli 77
Çizelge 20: Global Solar Atlas Hatay güneş enerjisi potansiyeli 80
Çizelge 21: Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli 81
Çizelge 22: Türkiye coğrafi bölgeler güneşlenme süresi ve güneş ışıması 81
Çizelge 23: Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli 84
Çizelge 24: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması ortalama ölçümleri, W/m² (1985-2015) 86
Çizelge 25: Hatay açık gökyüzü teorik günlük güneşlenme süresi, saat/gün 90
Çizelge 26: Hatay Bird Clear Sky Modeline göre teorik günlük güneş ışıması, kWh/gün 92
Çizelge 27: Hatay güneşlenme süresi ölçümleri, Saat/gün (1985-2015) 94
Çizelge 28: Hatay MGM Ortalama küresel güneş ışıması, kWh/m², 1985-2015 96
Çizelge 29: Hatay MGM maksimum küresel güneş ışıması, kWh/m², 1985-2015 97
Çizelge 30: Farklı kaynak ve farklı yöntemlere göre Hatay'ın uygulamaya yönelik güneş enerjisi potansiyeli 100
Çizelge 31: Hatay için referans FV GES projelendirme senaryosuna esas küresel güneş ışıması, kWh/m² 101
Çizelge 32: Hatay elektrik üretim tesisi istatistikleri 106
Çizelge 33: Ocak 2017 Döneminde Faturalanan Elektrik Tüketiminin İl ve Tüketici Türü Bazında Dağılımı, MWh 106
Çizelge 34: Faturalanan elektrik tüketiminin tüketici türü bazında dağılımının dönemler arası karşılaştırılması 106
Çizelge 35: Karapınar YEKA-1 GES ve Hatay için dikkate alınan güneş enerjisi yatırım parametre değerleri 109
Çizelge 36: Güneş Enerjisi için Finansman Modelleri GZFT matrisi 110
Çizelge 37: TEDAŞ elektrik tesislerinin proje onayı ve kabul hizmet bedellerine ait 2017 yılı güncellenmiş hizmet satış listesi 116
Çizelge 38: FV GES yatırım mühendislik, tedarik ve kurulum (EPC) fiyatlandırması derlemesi, $/Wp 124
Çizelge 39: Hatay 10 kWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-1) 125
Çizelge 40: Hatay 10 kWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-1) 126
Çizelge 41: Hatay 50 kWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-2) 127
Çizelge 42: Hatay 50 kWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-2) 127
Çizelge 43: Hatay 1 MWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-3) 128
Çizelge 44: Hatay 1 MWp FV GES (Referans) proje finansal bilgileri (Ek-3) 129
Çizelge 45: Hatay 10 kW Referans senaryo finansal veriler özeti 131
Çizelge 46: Hatay 50 kW Referans senaryo finansal veriler özeti 132
Çizelge 47: Hatay 1 MW Referans senaryo finansal veriler özeti 134
Çizelge 48: Lisanssız üreticiler için yıllık işletim ücretleri 135
Çizelge 49: Senaryoların karşılaştırılması 136
Çizelge 50: Hatay 1 MW FV GES projesi için karbon kredisi hesaplaması 136
Çizelge 51: TR63 Bölgesi için yararlanılabilecek kamusal teşvik ve destekler 140

Simgeler ve Kısaltmalar

$	ABD Doları
A	Azimut (yön açısı)
AA	Alternatif Akım
AFD	Fransa Kalkınma Bankası
AG	Alçak gerilim
AKEDAŞ	Adıyaman Kahramanmaraş Elektrik Dağıtım A.Ş.
AM	Hava Kütlesi (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/cm^2	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 (Cupper Indium Selenid)
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
FV	Fotovoltaik
FV GES	Fotovoltaik Güneş Elektriği 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 Elektriği 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
kfW	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 Laboratuarı (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. HATAY'DA 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 kılabilmek adına elektrik enerjisi arzını da doğru orantıda büyütmek zorunluluğu vardır. Dünya sanayi devriminden 20. Yüzyıl sonlarına kadar bu ihtiyacını 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 arzı mal ve hizmet üretimi yanında cari açığı da büyütmüştür. 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 açıktaki 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 (EPİAŞ) 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 yenilenebilen 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 elektriğinden elektrik üretimine dair yapılmış çalışmaların hassasiyetlerinin artırımına 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 Elektriği 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 m^2 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).

Hatay kendisine has coğrafik ve meteorolojik özellikleri ile bilinmektedir. 2005 yılını, YEK kanununun çıkışını bir milat kabul edersek, geride kalan 12 yıllık dönemde Hatay'da lisanslı bir Fotovoltaik Güneş Elektriği Santrali (FV GES)'e rastlanmazken, lisanssız arazi veya çatı FV GES kurulu gücü 0,8 MW'ta kalmıştır. Münferit teklif ve girişimler ise GEPA haritasının "yeşil" olan düşük potansiyelinden dolayı ilgili kişi ve kurumlar tarafından reddedilmiştir (Şekil 40).

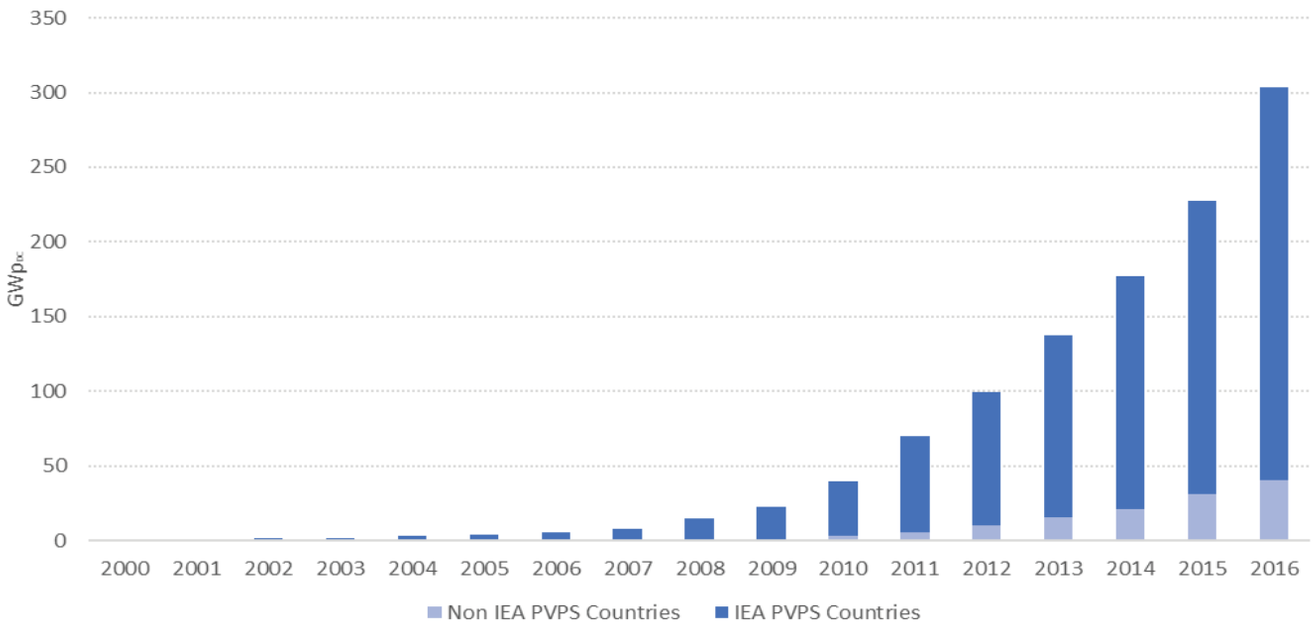
Bu çalışmadaki amaç, Hatay'da FV yöntemle güneşten elektrik üretiminin teknik ve ekonomik olarak uygunluğunun ortaya çıkarılması ve ETKB tarafından düzenli olarak yayınlanan "Sisteme Bağlanabilecek Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kapasitesi İller Listesi"nde Hatay İli'nin yer alabilirliğinin teknik olarak analizinin yapılmasıdır. Çalışmanın çıktılarının tüm ilgilileri daha doğru kararlar almaya iteceği kaçınılmazdır. Sonuç ve önerilerin etkisi olarak, Kamu karar vericilerinin Hatay'ı FV güneş elektriğine yatırım yapılabilir bir il olarak tanımaları; Hataylı girişimciler ve Hatay'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 Elektriği konusundaki ulusal ve uluslararası 100'den fazla literatür ve birincil kaynak titizlikle taranmış, güncel veri tabanlarına ulaşılıp FV Güneş Elektriği ile ilgili karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Yine uluslararası bağlayıcılığı olan konuyla ilgili sözleşmeler, anlaşmalar ile ulusal yasa, yönetmelik, tebliğ ve genelgeler incelenmiştir. Lisanslı ve lisanssız 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 elektriği potansiyel çalışmasında Hatay'ın görünümü incelenip; Hatay'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 gerçekleyebilme 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 Elektriği

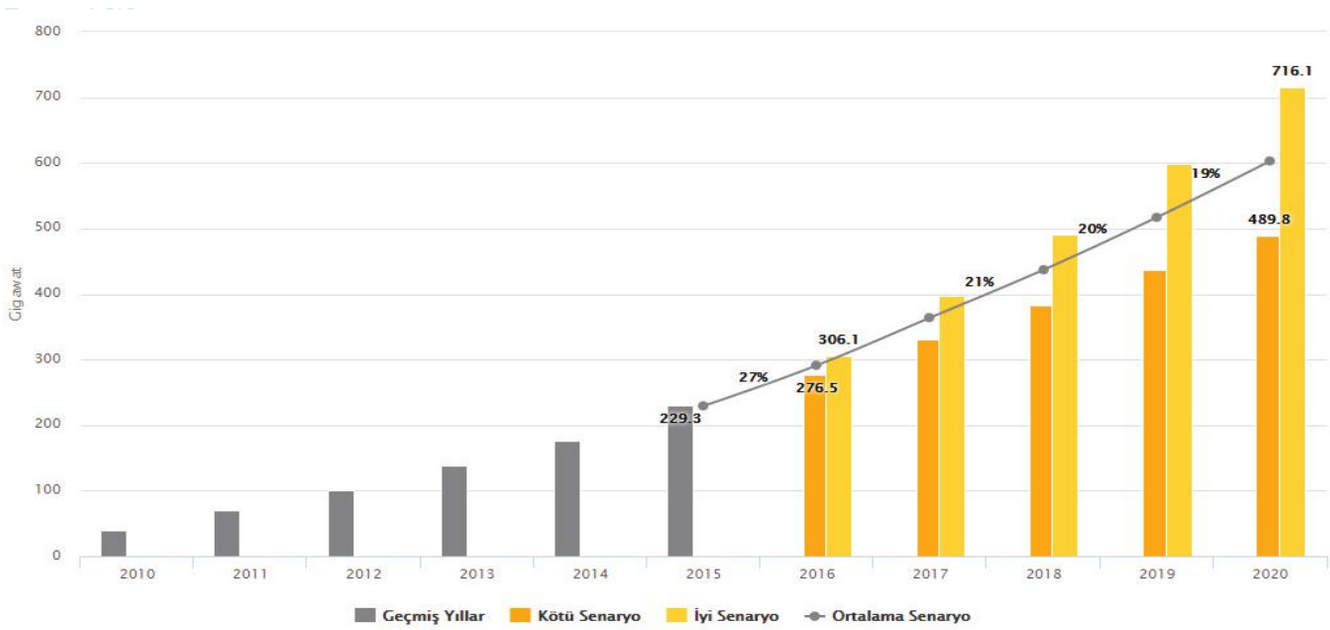
FV güneş elektriğinin elektrik kurulu güç ve üretim pastalarında yer alması 2000'li yılların başına tekabül etmektedir. Yıldan yıla özellikle Almanya önderliğinde hızlı bir yükseliş eğilimine giren ve 2014 yılında 177 GW (Giga Watt) olan dünya FV pazarı, 2015'de 227 GW; 2016'da bir önceki yıla göre % 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 elektriği değerlendirilmesi yapılmalıdır.

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



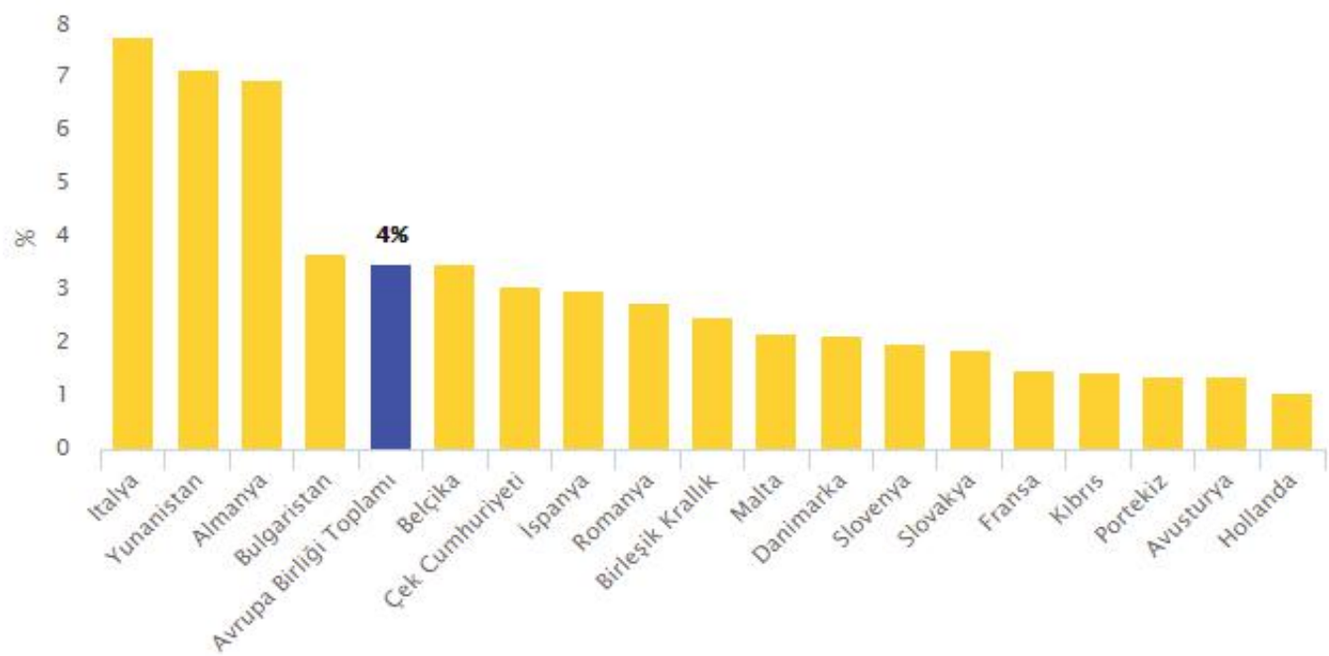
Solar Power Europe'un 2020'ye kadar üç ayrı seyirdeki beklentilerine göre dünya FV güneş elektrik kurulu gücü her yıl bir önceki yıla göre yaklaşık % 20 oranında büyüyecek; 5 yıl sonra toplam kurulu güç en düşük ihtimalle 490 GW'a, en yüksek ihtimalle 716 GW'a ulaşacaktır. Orta seviye beklenti ise bugünkü eğilimle 600 GW'ı göreceğimizdir. 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 çıkılmıştır.

Şekil 2: 2020'ye kadar küresel toplam FV güneş elektriği yıllık kurulum artış senaryoları (Kaynak: Solar Power



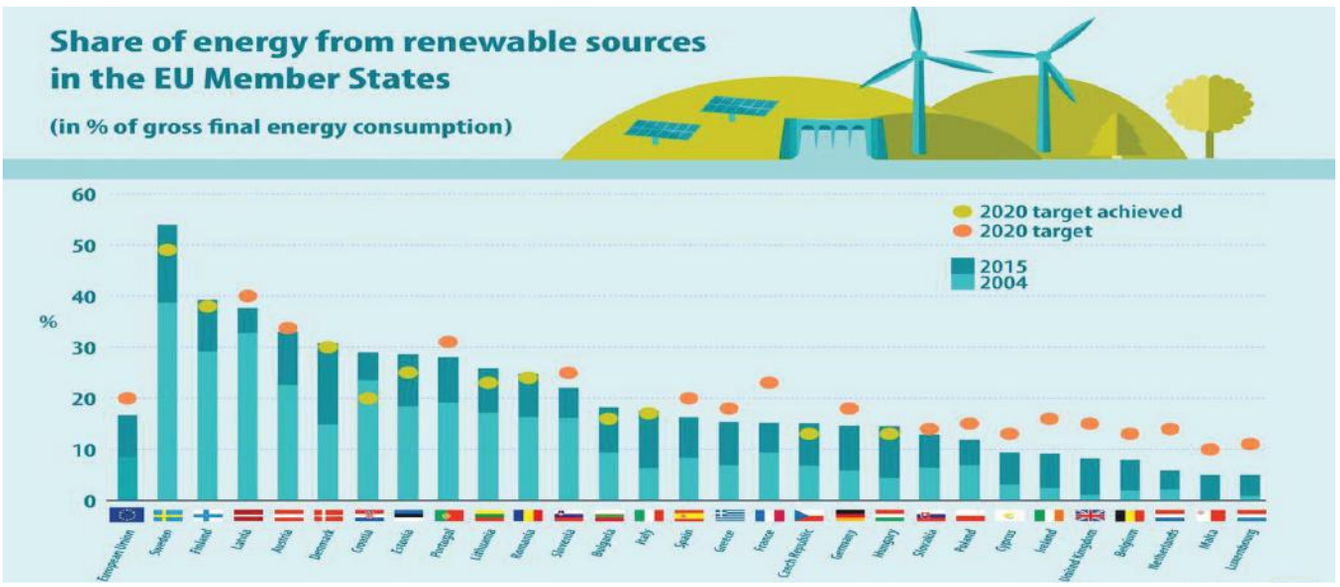
2015'te Avrupa genelinde elektrik tüketiminin % 4'ü FV'den sağlanırken, İtalya, Yunanistan ve Almanya'da % 7'nin üzerine çıkmıştır (Şekil 3). Avrupa Birliği'nin koyduğu hedefler doğrultusunda 2020 yılında bu oranın % 10-15'lere kadar çıkacağı beklenmektedir. Bu beklentilerin oluşmasında geride kalan 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 elektriği 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 elektriği 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 elektriği kurulumları geçtiğimiz yıl, ülkenin toplam tüketiminin yüzde 3,7'sine denk olacak şekilde 3,7 TWh elektrik üretimi sağlamıştır. Kişi başına düşen güneş elektriği 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 elektriği 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 indirme 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 elektriği 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 Finansta 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 Elektriği

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 itibariyle 15 ayrı teknik ve kaynaktan ibarettir. Elektrik üretim lisanslı arz portföyümüzde güneş enerjisinin 12,9 MW olması dikkat çekicidir. Türkiye'de tahsisi 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 yansımasında 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

Nisan 2016'da açıklanan, enerji arz güvenliğini sağlamak, enerjiyi yerlileştirmek ve enerji piyasası oluşturmak ilkelerine dayanan Milli Enerji ve Maden Politikası'nda da vurgulandığı üzere elektrik iletim ve dağıtımına yapılacak yatırımların yanı sıra elektrik üretim yatırımları değerlendirilirken bölgedeki arz-talep dengesine bakılacağı esastır. Ülkemiz için bölgesel arzdan kastedilebilecek olan ise yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Mevcut kurulu güç ve üretim durumunun bu ilke doğrultusunda değişmesi kaçınılmazdır (Çizelge 3). Ayrıca Küresel ısınmayla gittikçe daha belirgin hale gelen yağış rejimi değişimi ve hava sıcaklığındaki artış, elektrik tüketimine olan talebi açık şekilde büyütmektedir. Nitekim TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü) verilerinden derlenen bilgilere göre hava sıcaklığının mevsim normallerinin oldukça üzerinde seyrettiği 9 Ağustos 2016 Çarşamba günü 902 milyon 692 bin kWh elektrik tüketilerek rekor kırılmıştır.

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	171	16.000	5,7
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	1045		
Genel toplam	77.699,94	100	2.321	275.000	100

*Lisanslı ve lisanssız birlikte

Ülkemizdeki elektriğin üretiminden tedariğine 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)

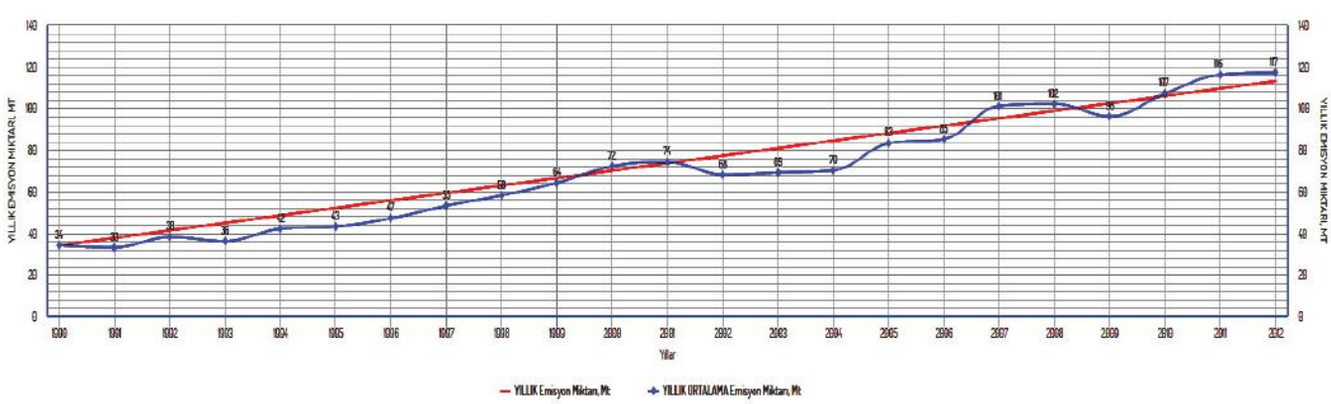
Lisans Türü	Adet
Dağıtım	21
İletim	1
OSB Dağıtım	162
Otoprodüktör	1
Tedarik	217
Üretim	1641
Toplam :	2043

Çizelge 5: Elektrik Üretim Tesisi 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 elektriğinde ise sistematik olarak harekete geçilmesi 2011 yılında lisanslama süreciyle başlar. Gelinen noktada FV güneş elektriğinde 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 itibariyle 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].

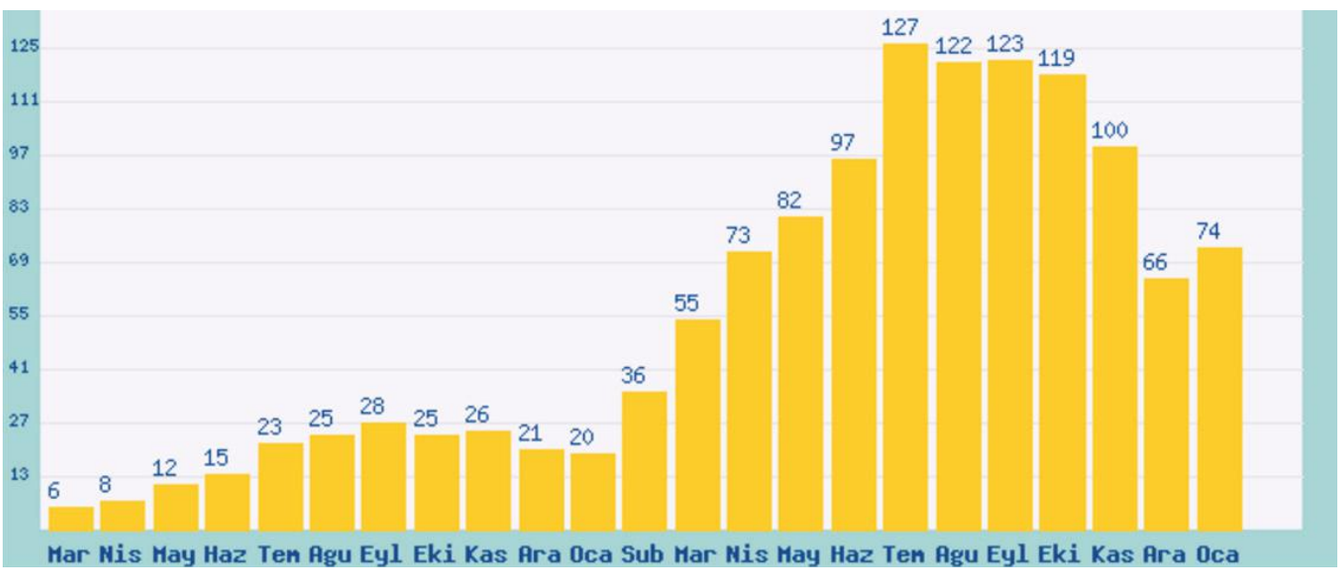
Çizelge 7: 2017 Şubat ayı sonu itibariyle lisanssız elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı, MWe (Kaynak: ETKB) [20]

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)



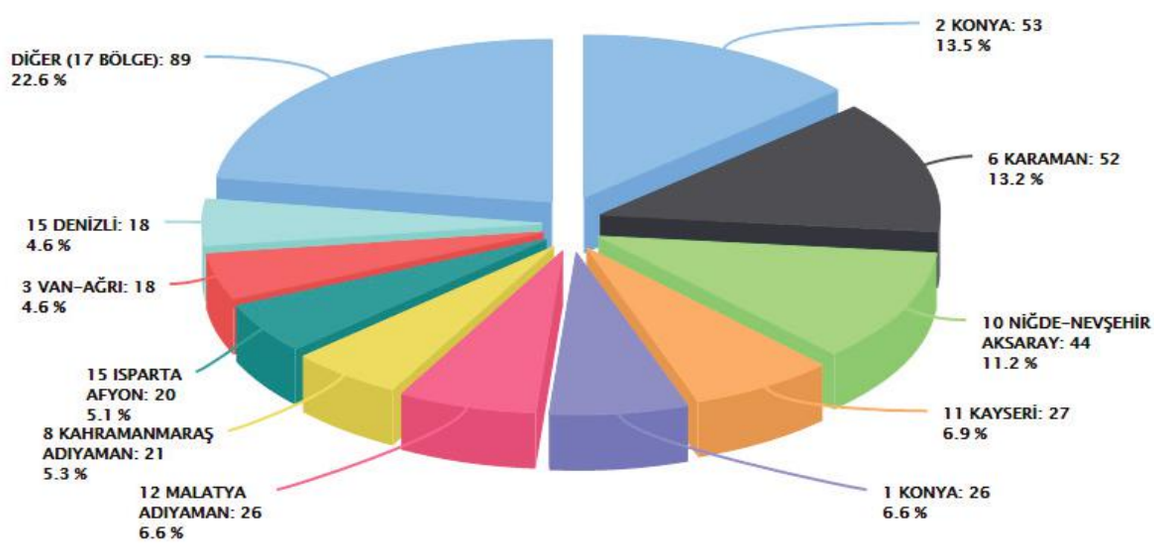
LÜY kapsamındaki FV GES projeleri, standart bir tarifi oluşturulmamış proje geliştiriciler tarafından arazi temin edilerek, kamusal izinleri alınarak, elektriksel hesaplamaları yapılarak ve EPC (Mühendislik, Tedarik, Kurulum, MTK) hizmeti verilerek yürütülmeye çalışılmaktadır. 1 Mayıs 2016 itibariyle 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 eksiğini göstermek adına önemlidir. Tam 1601 yetersiz, eksik veya uygulanamaz proje, tüm harcanan parasal ve iş gücü kaynağına rağmen gerçekleşemeden 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 Elektriği 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, yerlileştirme, yerli üretim ve Ar-Ge başta olmak üzere rekabetçi şekilde özel sektör vasıtasıyla yürütülecektir. Bu ihaleyle birlikte FV güneş elektriğinin maliyeti 6,99 $c/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. Hatay'da FV Güneş Elektriği

TEİAŞ'ın 11 Ağustos 2011'de yayınladığı Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Bağlanabileceği Trafo Merkezleri ve Kapasiteleri duyurusunda Hatay ili yatırım yapılabilir bir merkez olarak değerlendirilmediğinden yer almamıştır. Buna rağmen lisanslı FV GES yatırımı için bir ön koşul olan 12 ay süresince meteorolojik olarak güneş ölçüm istasyonu (GÖİ) çalıştırma gerekliliği neticesinde Hatay'da 4 ayrı noktada GÖİ kurulmuştur. Her ne kadar Hatay ilindeki trafo merkezleri için lisans ayrılmamış olsa da 28 Nisan 2015'te yapılan yarışma ihalesi ile Adana-Osmaniye bölgesine ayrılan 9 MW lisans kapasitesi Aten Elektrik Üretim A.Ş.'nin Hatay'ın Hassa ilçesindeki sahası için tahsis edilmiştir. Yakın zamanda proje sahasında lisanslı bir 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 (Adıyaman Kahramanmaraş Elektrik Dağıtım A.Ş.) 40,4 MW lisanssız FV GES işletmeye alınmıştır [26]. Kurulan bazı lisanssız FV GES tesisleri Çizelge 10'da gösterilmiştir.

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

	Kurulu güç MW
Hatay Önesa AVM Güneş Enerjisi Santrali	0,26
Antakya Ottoman Otel Güneş Enerjisi Santrali	0,25
Kemal Altunay GES	0,01
Diğer	0,3
Toplam	0,82

TEİAŞ'ın üretim tesisinin sadece YG-yüksek gerilim (33 kV) seviyesinden sisteme irtibatlandırılmış projeleri gösteren Nisan 2017 kapasite tahsislerine göre Hatay'da 10 trafo merkezinde çağrı mektubu verilen FV GES kapasitesi 27,05 MW'tır (Çizelge 11).

Çizelge 11: TEİAŞ Hatay FV GES kapasite tahsisi

TM	OG (orta gerilim) Bara Dağıtım şirketi	Çağrı mektubu verilen FV GES kapasite MW
Antakya-2	Bara B	0
	Bara C (OSB)	3
	Bara C (Toroslar EDAŞ)	9,9
Antakya-23	Bara A	0,2
	Bara B	4,49
Erzin		0
İkizler	Toroslar EDAŞ	1
	Osmaniye OSB	0
İskenderun-1		0
İskenderun-2	Toroslar EDAŞ	0
	OSB	1
İskenderun-3		0
Kuzeytepe		0,9
Payas	Toroslar EDAŞ	0,2
	OSB	0
Reyhanlı		6,36
Toplam		27,05

1.4. FV Güneş Elektriği 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)'nı 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 CO_2 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. Ulusal Yenilenebilir Enerji Politikamızı bağlayan ve oluşturan unsurlardan bazıları:

Türkiye İklim Değişikliği Eylem Planı Değerlendirme Raporu 2011-2023

Enerji Sektöründe Amaç E2. *Temiz enerjinin üretim ve kullanımdaki 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 arttırılması* [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 gerçekleşmelerine 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 Kısmında 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 artırılacaktır* [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 arttırılmasına 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 arttırılması 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 düş*ürül*mesi 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 arttırılması,

• Enerji ve tabii kaynaklar alanındaki faaliyetlerin çevreye duyarlı şekilde yürütülmesinin sağlanması,

• Yerli doğal kaynakların ülke ekonomisine katkısının arttırılması,

• Serbest piyasa koşullarına tam işlerlik kazandırılması ve yatırım ortamının iyileştirilmesidir [34].

FV güneş elektriği çalışmalarının 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 çalışmalarına önem 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, sağlıksız, 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 Rolleri ve Sorumlulukları Kısmında *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", "yerlileştirme" 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 ekseni (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 elektriği 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), "elektriğin 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"nı amaçlar. 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 önlisans ve lisanslama süreçleri başlamıştır. Lisansa tabi olmadan yürütülebilecek faaliyetler de Lisanssız olarak tanımlanmıştır. YEK ile üretilecek elektriğin 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 EPİAŞ da bu kanuna dayanarak kurulmuştur [44].

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun 2005 tarihlidir, 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 elektriği 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 Uzlaştırma 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 elektriği görevli tedarik şirketlerine satabilmektir. 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 belgelenmesi halinde 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 itibariyle 15.577 MW'lık YEK kurulu gücü YEKDEM yararlanıcısıdır.

FV güneş elektriğine 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 itibariyle 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-Eleme 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 itibariyle 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 Tebliği'n 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 Müdürlüğünce 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 Müdürlüğünce 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 damping 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/m^2-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/m^2-yıl olan yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu alt sınır değerini 1620 kWh/m^2-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 görünüşlere 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 Elektriğe 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. HATAY'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 güneyinde, Akdeniz'in doğu ucunda yer alan ve bir sınır ili olan Hatay'ın yüz ölçümü 5.867 km²'dir. Şehir merkezinin denizden yüksekliği 89 m'dir. İl, doğu ve güneyde Suriye, kuzeydoğuda Gaziantep'in İslahiye ilçesi, kuzey ve kuzeybatıda Adana ve Osmaniye illeri, batıda da İskenderun Körfezi ile çevrilidir (Şekil 8).

Şekil 8: Türkiye'de Hatay

Dağlar: İl topraklarının en önemli yükseltisini kuzey-güney hattında uzanan Nur Dağları oluşturur. Bu sıradağların en yüksek noktası 2.240 m ile Hassa'nın batısındaki Mığırtepe'dir. Yüksek, dik ve kolay geçit vermeyen bir yapı gösteren Amanos Dağları, Samandağ İlçesi sınırları içinde Asi Vadisi ile kesintiye uğrar. Yayladağı ilçesinde Ziyaret Dağı ile 1.739 m yükseklikteki Keldağ iki önemli yükselti olarak göze çarpar.

Platolar: Hatay'da plato alanları Amanos Dağları'nın eteklerinde oluşmuştur. Platolar üzerinde, Belen, Atik ve Güzelyayla gibi yaz kış kullanılan yaylalık alanlar bulunmaktadır. İlin güneyinde, Asi nehri ile Suriye sınırı arasında kalan ve yükseltisi 400-900 m'ler arasında değişen alan Kuseyr Platosunu oluşturur.

Ovalar: Amanos Dağları'nın doğusunda, dağların uzanışına paralel Amik Ovası bulunur. Bu ova ilin en önemli ve en verimli tarım alanını oluşturur. İldeki diğer önemli ovalar ise; İskenderun körfezinin doğu ve kuzeydoğu kesiminde sıralanmış olan İskenderun, Dörtyol, Payas ve Erzin Ovaları ile Asi Nehri'nin denize döküldüğü yerde bulunan Asi Delta Ovası'dır.

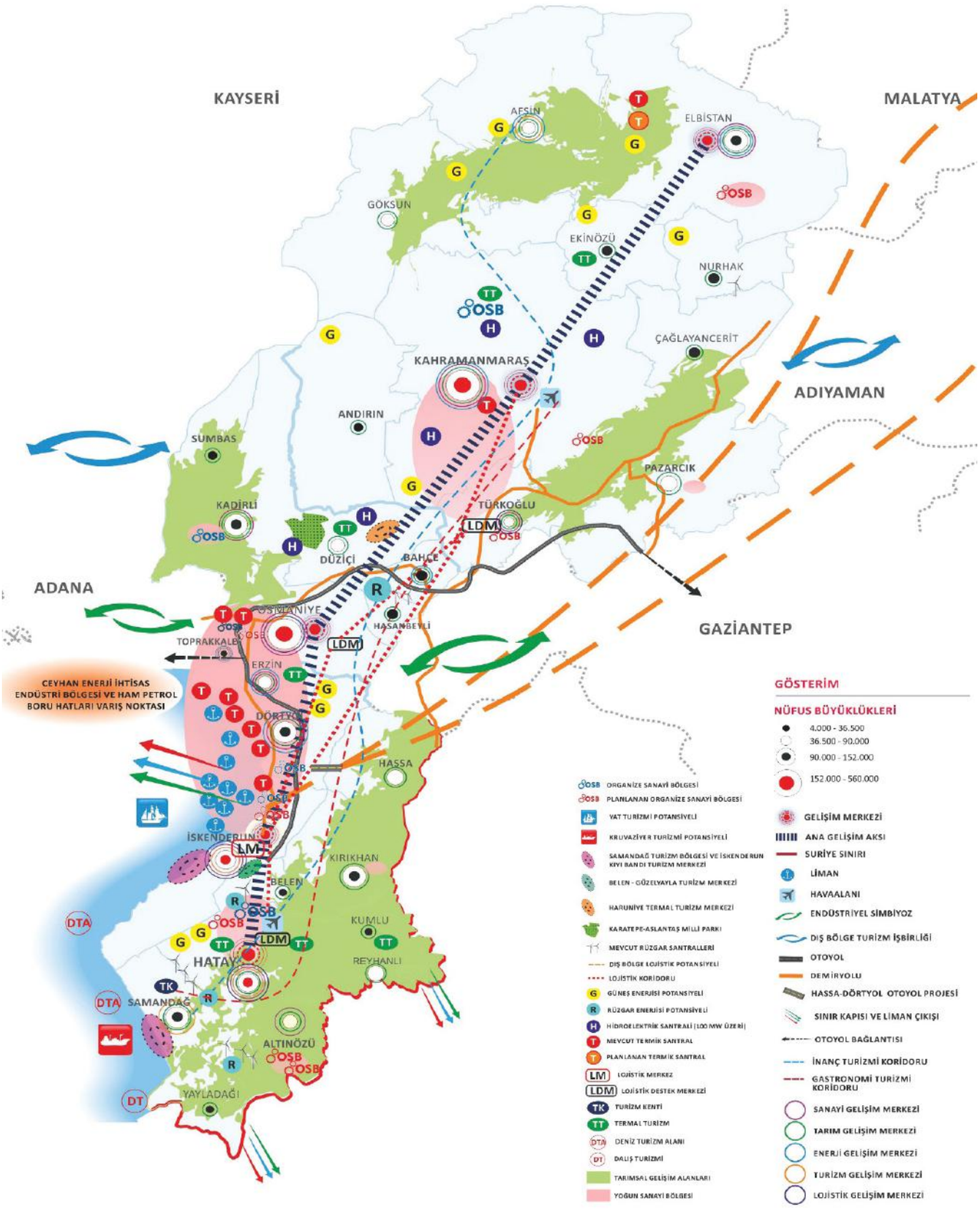
Akarsular: Hatay ilinin en önemli akarsuyu, kaynağını Lübnan'daki Bekaa Vadisi'nden alan Asi Nehri'dir. Diğer önemli akarsular ise; Asi Nehri'nin kolları olan Küçükkaraçay, Büyükkaraçay, Afrin ve Karasu çaylarıdır. Sulama amacıyla kullanılan iki baraj bulunmaktadır. Biri karasu üzerinde Tahtaköprü Barajı, diğeri ise Bohsin Çayı üzerinde Yarseli Barajı'dır.

Göller: Amik Gölü kurutulduktan sonra ilde büyük doğal göl kalmamıştır. Balık (Gölbaşı) Gölü ve Yenişehir Gölü gibi küçük göller günümüzde de varlıklarını sürdürmektedirler. Ayrıca Yarseli ve Yayladağı baraj gölleri bulunur. Amik Ovası'ndaki alüvyonlar, yeraltı suyu bakımından oldukça zengindir [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].

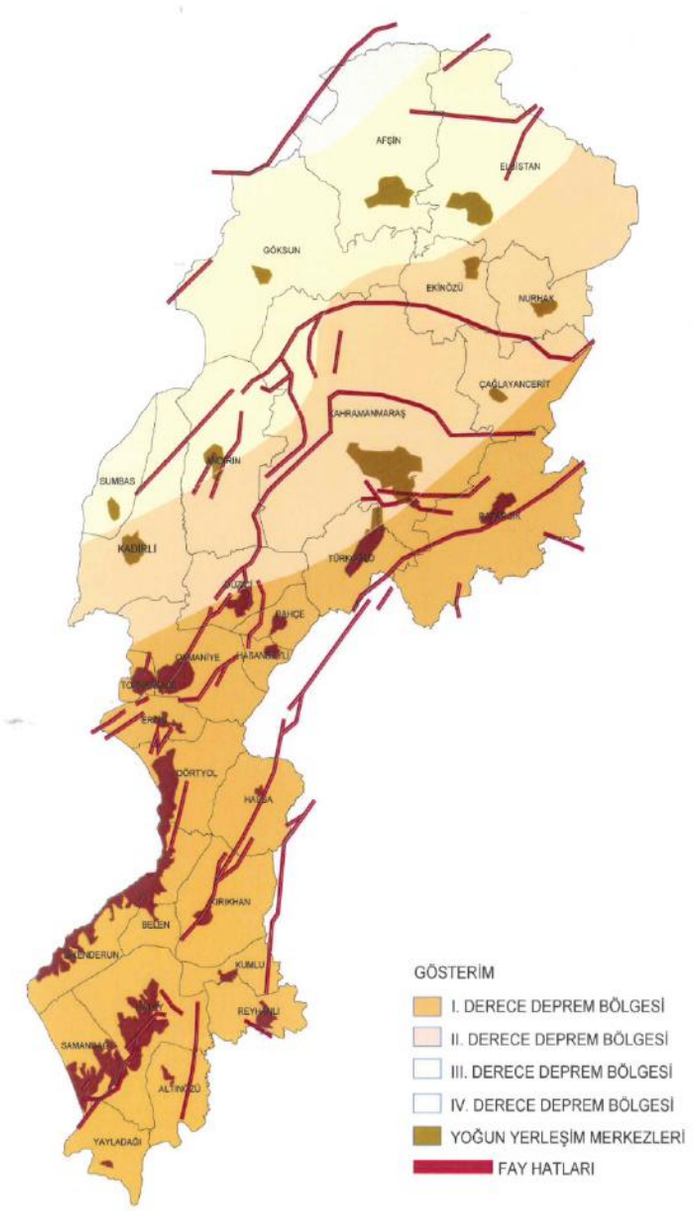
Şekil 9: TR63 Bölgesi Gelişim Şeması (Kaynak: DOĞAKA)



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, Dörtyol, Hassa, Kırıkhan, Hatay Merkez, Reyhanlı ve Samandağ İlçeleri'nde fay hatları kent merkezlerinde ya da kent merkezlerine çok yakın konumdadır. Ayrıca İskenderun-Dörtyol-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.

Hatay ilinde yer alan 200 dekar ve üzeri tarım arazilerinin % 76'sı bu bölgede yer almaktadır. Toplam tarım alanı 2,5 milyon dekar kadardır. Tarım arazileri yanında FV GES yatırım sahası olarak kullanılamayacak bir diğer arazi kullanımı da aktif veya bozuk orman arazileridir. Hatay'ın toplam arazi varlığının % 39'u koru veya baltalık, bozuk veya normal orman ile kaplıdır (Çizelge 12).

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

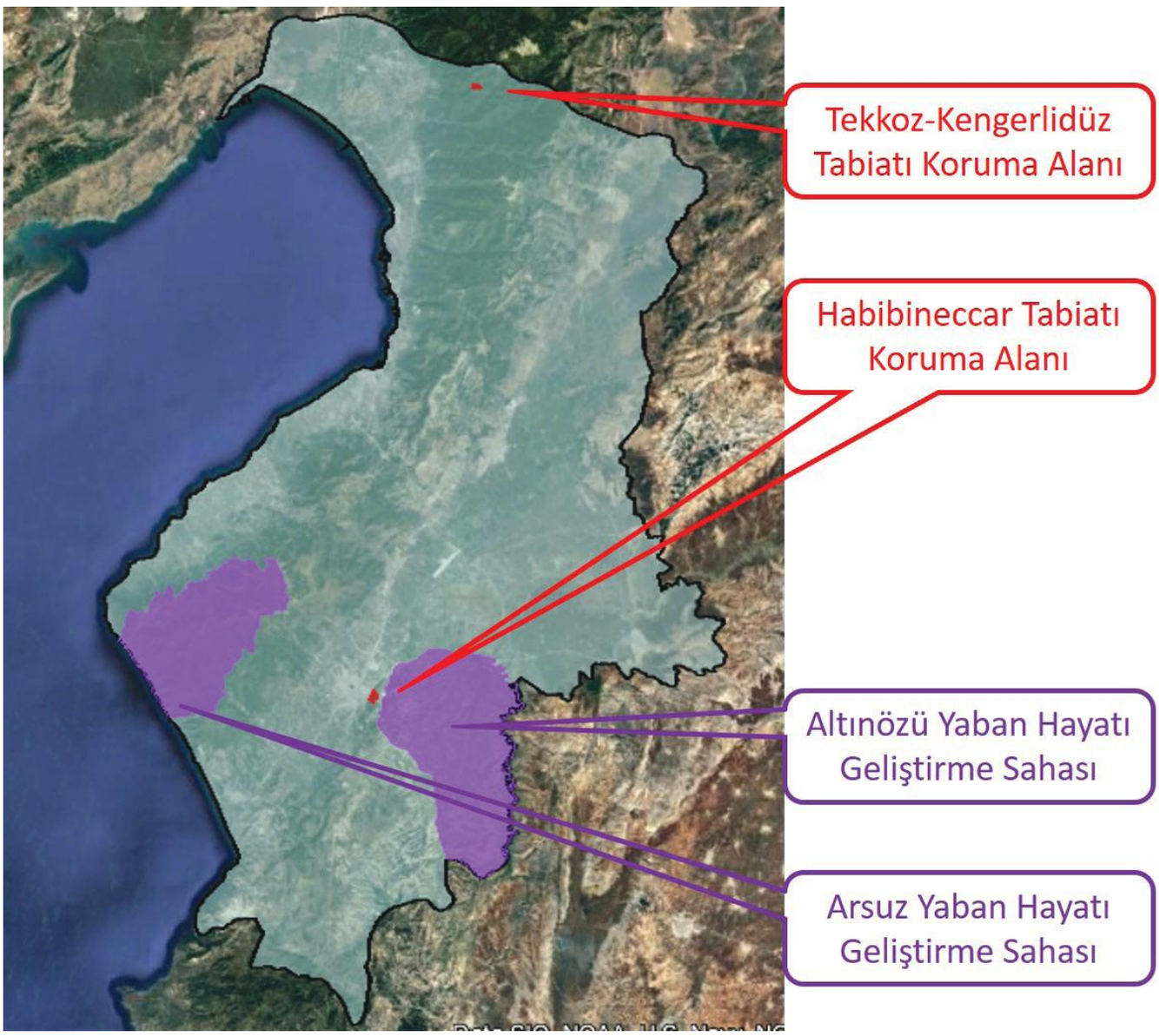
Tarım Da	Ekilen alan Da	Nadas Da	Sebze Da	Meyve Da	Süs bitkileri Da
2.435.124	1.275.108	10.760	286.641	862.585	30

Koru			Baltalık			Toplam			Ot	Ormansız	Toplam	Ormanlık alan Yüzde
Normal	Bozuk	Toplam	Normal	Bozuk	Toplam	Normal	Bozuk	Toplam				
130.602	64.745	195.347	168	15.411	15.579	130.770	80.156	210.926	65.913	336.688	547.615	39

2.1.5. Korunan alanlar

Hatay'ın kuzeyinde 0,7 km^2 yüzölçümlü Tekkoz-Kengerlidüz ve güneyinde 1,2 km^2 yüz ölçümlü Habibineccar Tabiatı Koruma Alanları bulunmaktadır. Doğuda Akdeniz kıyısında 267 km^2'lik Arsuz ve batıda 358 km^2'lik Altınözü Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları vardır (Şekil 11).

Şekil 11: Hatay korunan alanlar



2.2. Sosyo-ekonomik yapı

2.2.1. Nüfus ve idari yapı

2012 yılında Hatay'da, sınırları il mülki sınırları olan, büyükşehir belediyesi kurulmuş ve 2014'ten itibaren büyükşehir belediyesi çalışmalarına başlamıştır [60]. Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Hatay 5.867 km²'lik yüz ölçümü ile Türkiye'nin 58. büyük ili olup, Türkiye yüzölçümünün % 0,7'sine denk gelmektedir. Hatay'da merkez ilçeler dahil 15 ilçe ve 15 belediye bulunmaktadır. İlçe toplam nüfuslarına göre büyüklük sıralaması Antakya, İskenderun, Defne, Samandağ, Dörtyol, Kırıkhan, Reyhanlı, Arsuz, Altınözü, Hassa, Erzin, Payas, Belen, Yayladağı, Kumlu'dur. Hatay, ilçe sayısı bakımından Türkiye sıralamasında 22. sırada yer almaktadır (Şekil 12). Hatay'da 18 halk kütüphanesi, 27 sinema salonu, 8 tiyatro salonu ve 2 müze bulunmaktadır. İlin nüfusu, 2016 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçlarına göre 1,52 milyon'dur. İl nüfus büyüklüğü açısından 13. sıradadır. Hatay ilinde genç nüfusun ağırlığı dikkat çekicidir. 2013 yılında il nüfusunun % 46'sı 25 yaşın altında olup, % 41 olan Türkiye oranının üzerindedir. 25-65 yaş arası nüfus, toplam nüfusun % 48'i olup, % 51 olan Türkiye oranının altında, 65 yaş üstü nüfus ise toplam nüfusun % 6'sı olup, % 8 olan Türkiye oranının altındadır. İlde kilometrekareye 258 kişi olan nüfus yoğunluğu, 100 olan ülke nüfus yoğunluğunun üstündedir. İl nüfus yoğunluğu bakımından Türkiye sıralamasında 7. sırada yer almaktadır. Nüfus artış hızı ‰ 13'dür. 6 yaş üzeri nüfus için okuryazarlık oranı %97,27 olup Türkiye sıralamasında 14. sıradadır. 2012-2013 yılları için Hatay ilinin ‰ -6,8 net göç hızı ile göç verdiği anlaşılmaktadır [61]. Şehirleşme hızı binde 7, şehirleşme oranı % 50 oranındadır.

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

2.2.2. Ekonomi

Hatay İli'nin ekonomik hayatına hakim sektörleri ticaret, tarım, sanayi, ulaştırma (nakliyecilik) ve inşaat sanayidir. Hatay'dan demir-çelik mamulleri, otomobil filtre imalatı, tarım araç ve gereçleri imalatı ve satışı ile tarımsal ürünlerden başta yaş sebze ve meyve ile narenciye üretim ve ihracatı yoğun olarak yapılmaktadır. Ayrıca taşımacılık sektöründe İstanbul'dan sonra en fazla filoya sahip ikinci ildir. İlde özellikle 1970 yılında faaliyete geçen demir-çelik fabrikasıyla birlikte, İskenderun, Dörtyol, Payas çevresinde demir-çeliğe dayalı sanayi faaliyetleri yoğunluk kazanmıştır. Bu faaliyetlerin, Hatay'daki imalat sanayinin temelini oluşturduğu söylenebilir. Diğer taraftan ilde pamuk ve zeytin gibi tarım ürünlerine bağlı sanayi kolları da gelişme göstermiştir. Özetle ildeki bütün sanayi faaliyetleri, Antakya, İskenderun ve Payas olmak üzere 3 organize sanayi bölgesi ile Antakya, İskenderun, Dörtyol, Payas, İskenderun 5 Temmuz, Antakya Deri Kösele olmak üzere 6 küçük sanayi sitesi çatısı altında toplanmıştır.

Hatay 2012 yılında, toplam elektrik tüketiminde 5.616.553 MWh ile 8. sırada, kişi başına sanayi elektrik tüketimi ise 2.713 KWh ile 9. sırada yer almaktadır. 2013 yılı geçici verilerine göre, Hatay ili yaptığı 2 milyar $ ihracat ile Türkiye sıralamasında 11. sırada yer almaktadır. İthalatta ise ihracatın yaklaşık iki katı, 4 milyar $'ı bulunmaktadır. İl maden yatakları açısından zengindir. Dörtyol'da demir ve alüminyum; İskenderun'da krom ve demir; Hassa'da bakır, çinko, kurşun ve alüminyum; Kırıkhan'da demir; Altınözü'nde kükürt; Yayladağı'nda fosfat; Antakya merkezde asbest ve altın yatakları bulunmaktadır. Hatay ili, toplam tarımsal alan bakımından Türkiye'nin 41. ili konumundadır. Hatay'ın 2013 yılında toplam tarımsal alanı 255.011 ha'dır. Bu alanın 254.794 hektarı toplam işlenen tarım alanı, geri kalan 217 hektarı ise nadasa bırakılmış alandır. İl tarımsal alanda bitkisel ağırlıklı üretimi ile ön plana çıkmaktadır. Maydanoz, erik, pazı, turunçgiller, marul, havuç, kabak, bezelye, bamya, pamuk, nane, patlıcan, zeytin, sarımsak, soğan, şalgam, yeni dünya ve Trabzon hurması gibi ürünlerde ilk sıralarda yer almaktadır [61].

Hatay ili 2013 yılı işsizlik oranı % 12,2 ile Türkiye sıralamasında 11. sırada, işgücüne katılma oranı % 45,9 ile 69. sırada ve istihdam oranı % 40,3 ile 72. sırada yer almaktadır. İlin ekonomisine ve istihdamına katkı sağlayan önemli unsurlardan biri de organize sanayi bölgeleri (OSB)'dir. Hatay'da faal olan 3 OSB bulunmaktadır ve 4 OSB yatırım aşamasındadır (Çizelge 13).

Çizelge 13: Hatay'da yer alan OSB'ler (Kaynak: Hatay Valiliği, Hatay İl Brifingi, 2017) [63]

OSB Adı	İlçe	Tipi	Durum
İskenderun Organize Sanayi Bölgesi	İskenderun	Karma	Faal
Payas Organize Sanayi Bölgesi	Payas	Karma	Faal
Antakya Organize Sanayi Bölgesi	Antakya	Karma	Faal
İskenderun II. Organize Sanayi Bölgesi	İskenderun	Karma+İhtisas	Yatırım Aşamasında
Erzin Organize Sanayi Bölgesi	Erzin	Karma	Yatırım Aşamasında
Hassa Organize Sanayi Bölgesi	Hassa	Karma	Yatırım Aşamasında
Kırıkhan Organize Sanayi Bölgesi	Kırıkhan	Karma	Yatırım Aşamasında

2.2.3. Ulaşım

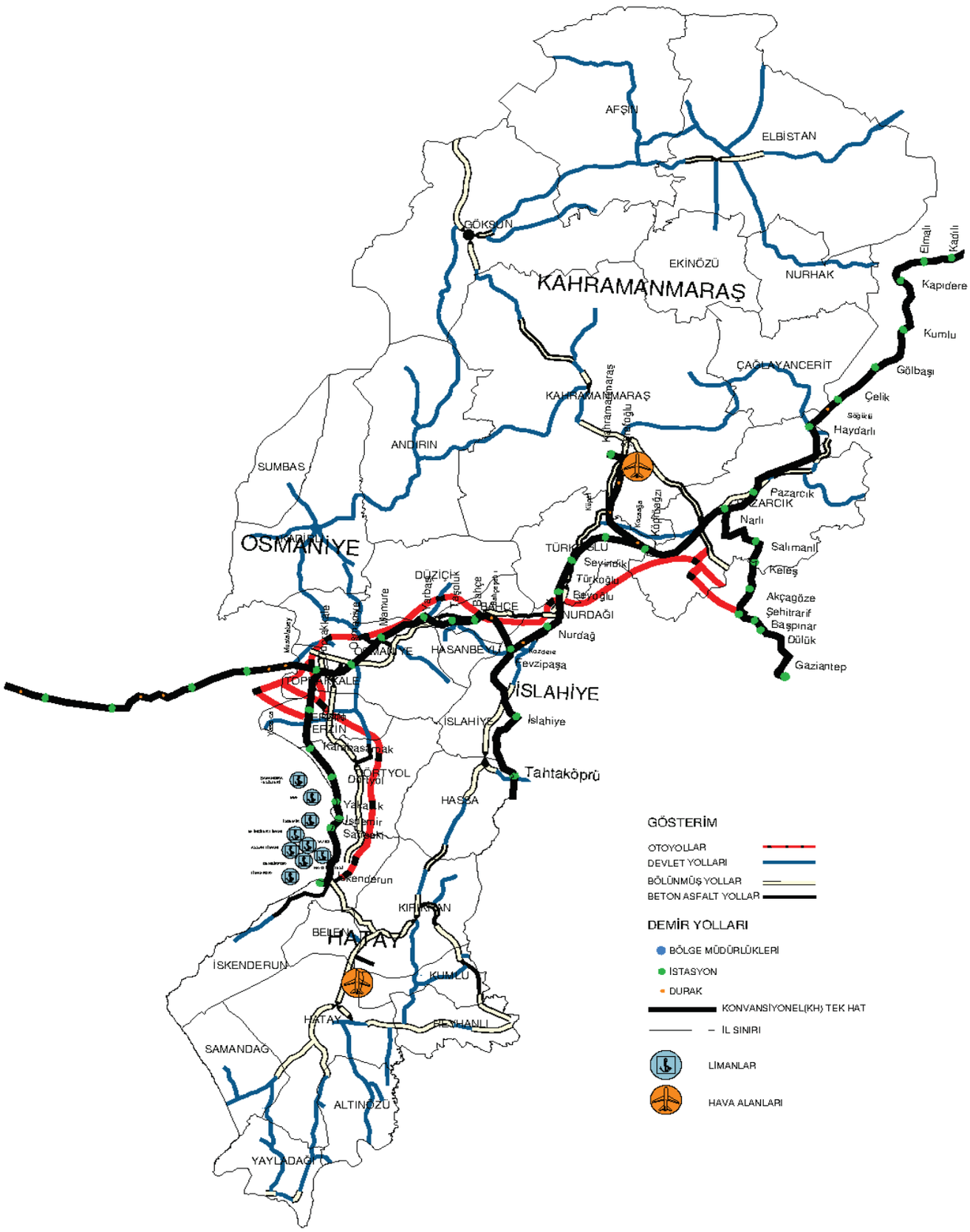
TR63 Bölgesi ulusal düzeyde kuzey-güney ve doğu-batı ekseninde kesişen, ekonomik ve demografik merkezleri birbirine bağlayan stratejik bir coğrafyaya sahiptir. Ayrıca uluslararası ulaşım için bir geçiş noktasıdır. Üç kıtanın kavşak noktası olarak uluslararası ulaşımın ve transit taşımacılığın en yoğun 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.

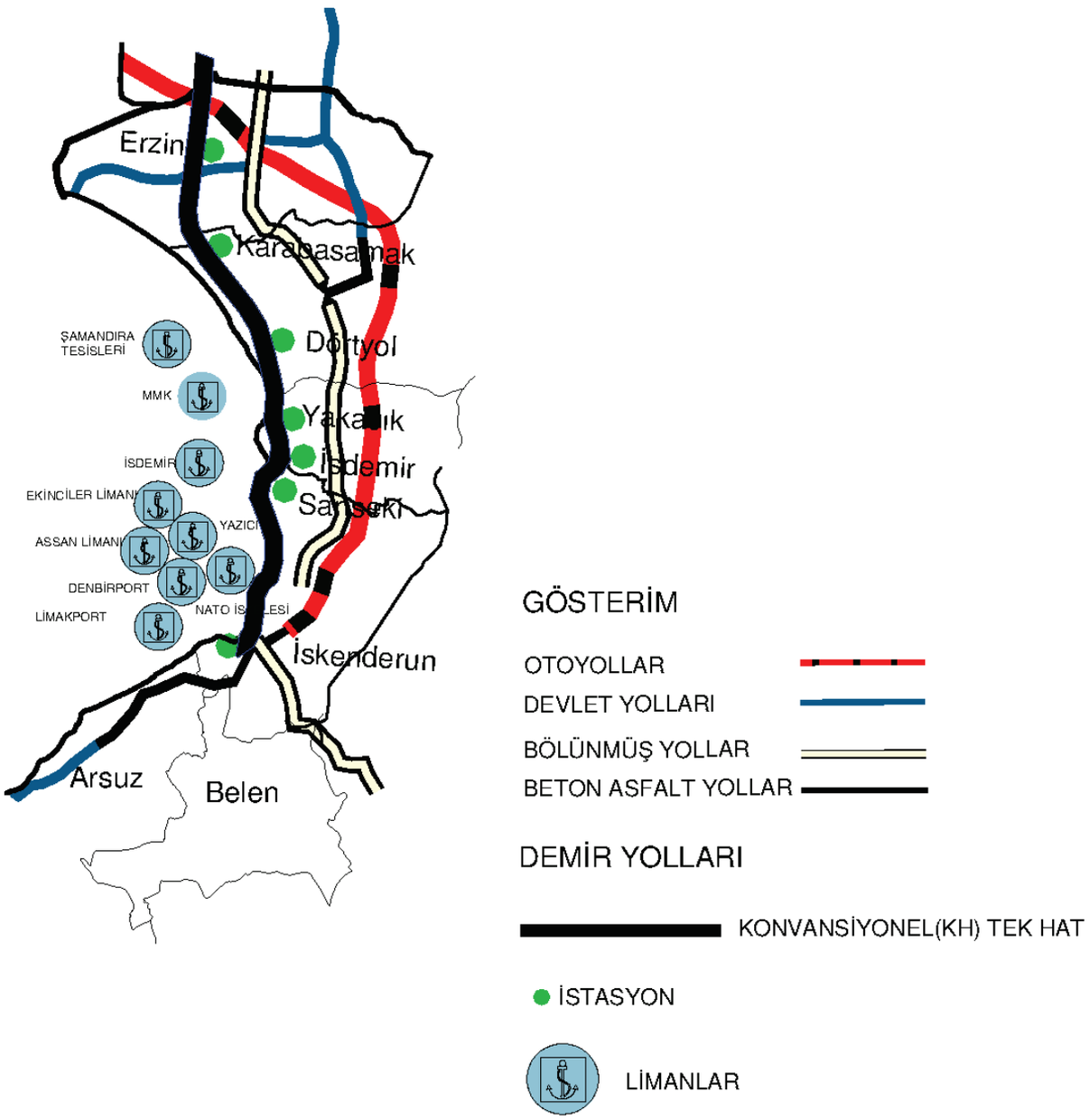
TR63 Bölgesi'nde, Hatay ve Kahramanmaraş illerinde birer adet olmak üzere iki adet havaalanı bulunmaktadır. Osmaniye iline en yakın mesafedeki (96 km) havaalanının Adana ilinde olması, Osmaniye İlinin, genel itibariyle Adana Şakirpaşa Havaalanı'nı kullanmasına neden olmaktadır. Hatay Havaalanı, Antakya - 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 Dörtyol ilçelerinde 10 adet liman yer almaktadır. Dörtyol - 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. HATAY'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 inşa 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

Hatay ili yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklim kuşağında bulunmaktadır. İklimin iç kesimlere doğru gidildikçe sertleştiği görülmektedir. Yağış iç kesimlerden kıyıya doğru gidildikçe azalmaktadır. Hatay ilinin tipik iklim özelliklerinden biri güney-batı yönünden esen hakim rüzgardır. Kaydedilmiş en düşük sıcaklık -14,6 °C, en yüksek sıcaklık 43,9 °C'dir. Yağışlar kış ve ilkbahar aylarında diğer aylara göre fazladır. Yılın 94 günü yağışlı geçerken, yıllık ortalama yağış miktarı 1127 mm'yi bulmaktadır.

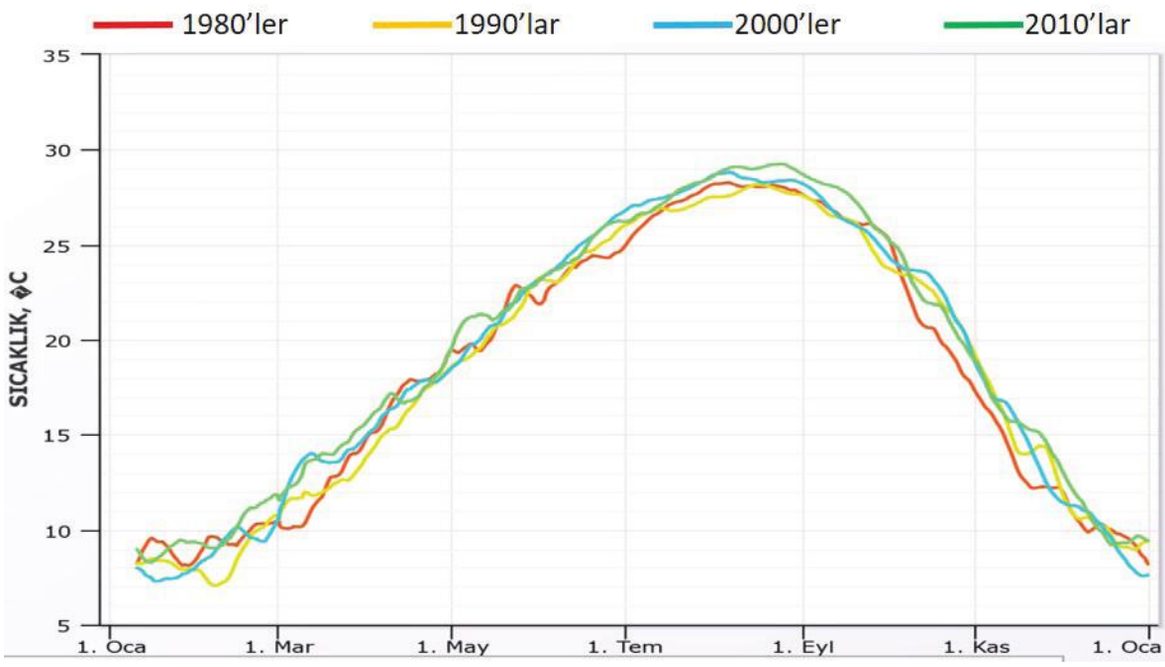
Hatay'ın doğal bitki örtüsünü makiler ve ormanlar oluşturur. İlde doğal örtüyü oluşturan ormanlar, Amanos Dağları ile Keldağ'da yoğunlaşmaktadır. Amanos Dağları'nın denize bakan yamaçlarında, makilik alanlardan sonra, 800 m'den 1.200 m'ye kadar ardıç gibi ibreli ağaçlarla, meşe, kayın, kızılcık, kavak, çınar ve tespih gibi yapraklı ağaçlardan oluşan ormanlar bulunur. 1.200 m'nin üzerinde ibreli ağaçlardan kızılçam, karaçam, sedir ve yer yer ardıçlardan oluşan geniş orman alanları vardır. Keldağ'ın Akdeniz'e bakan kesimlerinde yaklaşık 900 m'ye kadar, maki türü ağaçlardan mersin ve defneler çok yaygındır.

Burada yapılan iklim analizleri, FV güneş elektriği 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 günlüktür. 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 yapılabilmiştir. Belirlenebilen eğilimler aynı zamanda yakın gelecek için bir projeksiyon niteliğindedir.

3.2. Sıcaklık

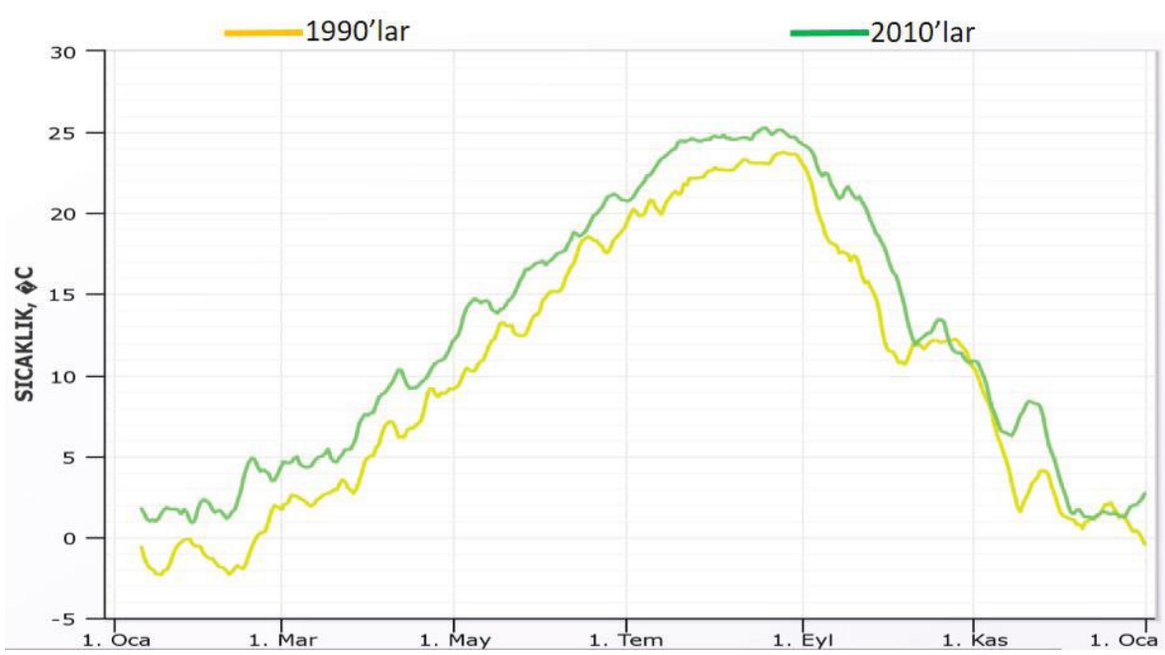
Hatay'ın uzun yıllar sıcaklık ölçümlerini incelediğimizde 1980'lerdeki ortalamanın 18,2 °C'den, 1990'larda 18,3 °C'ye, 2000'lerde 18,7 °C'ye ve 2010'larda 19,1 °C'ye düzenli bir şekilde yükseldiği görülmektedir. Yayının ilk kısımlarında kararlı bir şekilde vurguladığımız küresel ısınmanın sonucu olan iklim değişikliğinin Hatay'da da yaşandığının sayısal bir göstergesidir. Üstelik 90'lardaki 0,1 °C'lik artış 2000'lerde 0,4 °C'lik artışlara dönüşmüştür. Bölge bazlı ısınma, hızını ve şiddetini artırmaktadır (Şekil 15).

Şekil 15: Hatay ortalama sıcaklık 4 on yıl



Küresel ısınmanın etkisinin en çok hissedildiği bir diğer değişken de minimum sıcaklık ölçümüdür. Hatay'ın 1990'lardaki 9,8 °C'lik minimum sıcaklık ortalaması 2010'larda 12,1 °C'ye yükselmiştir (Şekil 16).

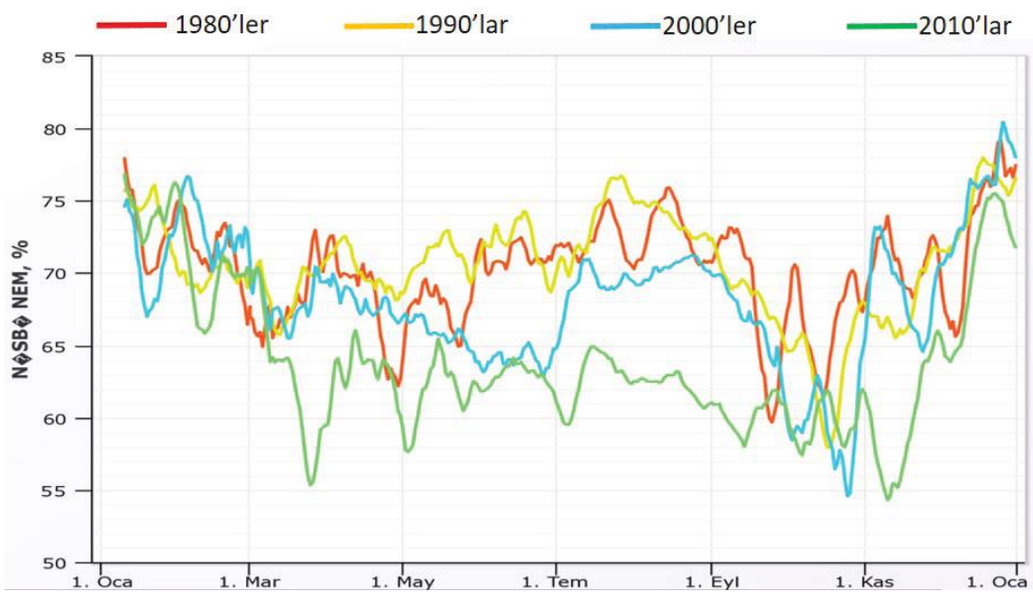
Şekil 16: Hatay minimum sıcaklık 1990'lar ve 2010'lar



3.3. Nispi nem

Hatay'ın 1980'lerde ortalama % 70,4 olan nispi nem oranı, 1990'larda % 70,1 ile çok fazla değişmezken, 2000'lerle birlikte hızlı bir düşüş eğimi göstermiştir. 2000'lerde % 68,3'e gerileyen yıllık ortalama nispi nem oranı 2010'larda düşüşünü sürdürerek % 64,2'ye gerilemiştir (Şekil 17). Bu durum atmosferin de güneş ışınlarını geçirme kapasitesini belirgin şekilde artırmıştır. Nispi nem ortalamasındaki bu düşüş, maksimum nispi nem ölçümlerinde kendini daha net şekilde göstermektedir. 1980'lerdeki % 93,6'lik değer 2010'lara geldiğimizde, özellikle yaz aylarında düşüş göstererk, % 87,7'de kalmıştır (Şekil 18).

Şekil 17: Hatay nispi nem 4 on yıl

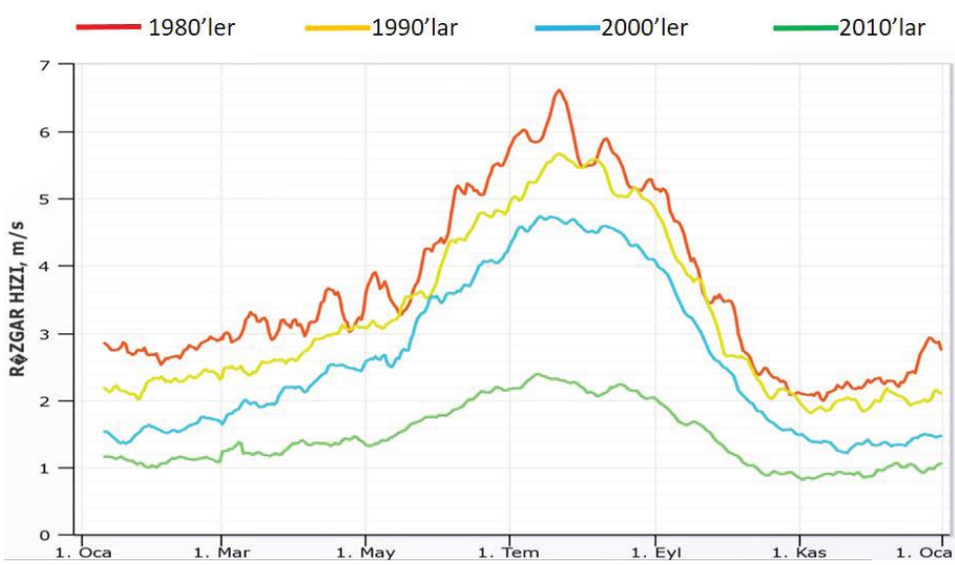


Şekil 18: Hatay maksimum nispi nem 1980'ler ve 2010'lar

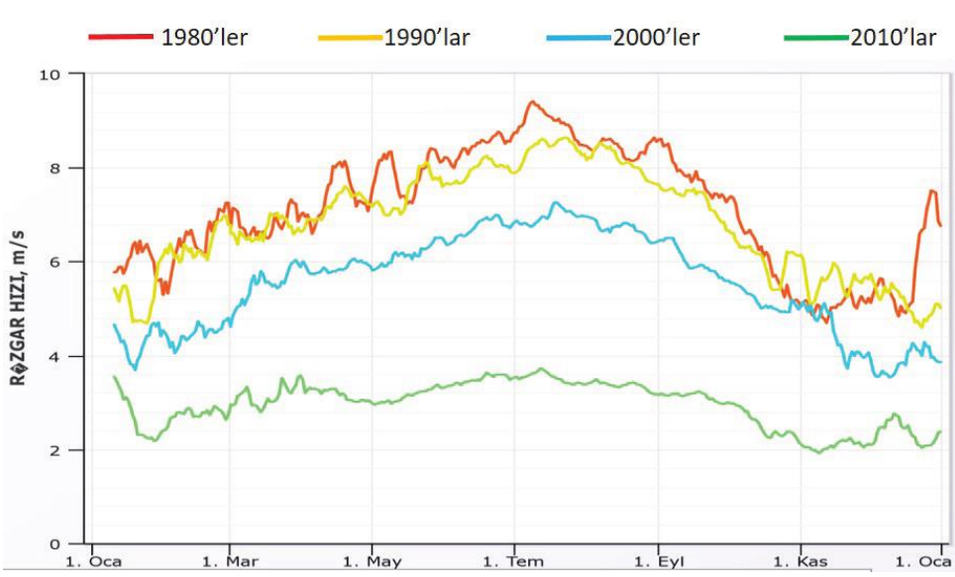
3.4. Rüzgar

Hatay'da 1980'lerden itibaren düzenli olarak rüzgar hız değerlerinde bir düşüş kaydedilmiştir. Rüzgarın en etkili estiği yaz aylarında 1980'lerde 7 m/s'ye dayanan rüzgar hızı, 1990'larda 5,6 m/s'ye, 2000'lerde 4,7 m/s'ye, 2010'larda ise 2,4 m/s'ye gerilemiştir. Yıllık ortalama değerler açısından 1980'ler 3,6 m/s hıza sahipken, 1990'lar 3,2 m/s, 2000'ler 2,6 m/s ve 2010'lar 1,2 m/s hıza sahip olabilmişlerdir. 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 6,6 m/s iken, 1990'larda 6,3 m/s'ye, 2000'lerde 5,1 m/s'ye ve 2010'larda 3,0 m/s'ye düşmüştür (Şekil 20).

Şekil 19: Hatay ortalama rüzgar hızı 4 on yıl



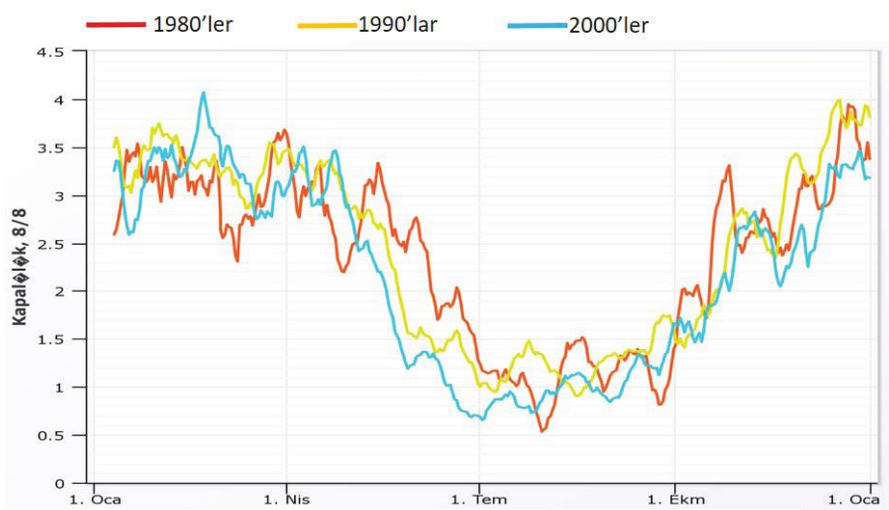
Şekil 20: Hatay maksimum rüzgar hızı 4 on yıl



3.5. Bulut kapalılığı

Hatay'da cihaz kullanılmadan, rasatçı vasıtasıyla yapılan bulut kapalılık gözlemleri eski yıllara dayansa da 2010'lu yıllarda bu gözlemin durduğu, kayıt alınmadığı görülmektedir. Bu sebeple diğer değişkenler için yararlanılan 4 periyotluk seri burada 3 periyot olarak bulunmaktadır. Klimatolojik açıdan bulut kapalılığı, gökyüzünün 8 parça olduğu varsayılarak, x/8 oranıyla ifade edilir. Hatay'da 1980'li yıllarda ortalama yıllık bulut kapalılığı oranı 2,38/8'den, 1990'lı yıllarda 2,44/8'e doğru küçük bir artış gösterirken, 2000'li yıllarda 2,19/8 oranına doğru düşmüştür. Grafikten görüleceği üzere güneşlenme süresinin astronomik olarak arttığı yaz aylarında bulut kapalılığında 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 kapalılığındaki son yıllardaki bu azalış güneşlenme süresinde ve güneş ışıması miktarında artışa neden olacaktır. Nitekim bulut kapalılığındaki maksimum değerlerin kayıtlarından elde edilen ortalamalar incelendiğinde de, 1980'li yıllarda 3,33/8 olan oran 1990'lı yıllarda 3,42/8'e doğru küçük bir artış gösterirken, 2000'li yıllarda 3,26/8'e doğru düşmüştür (Şekil 22).

Şekil 21: Hatay ortalama kapalılık 3 on yıl

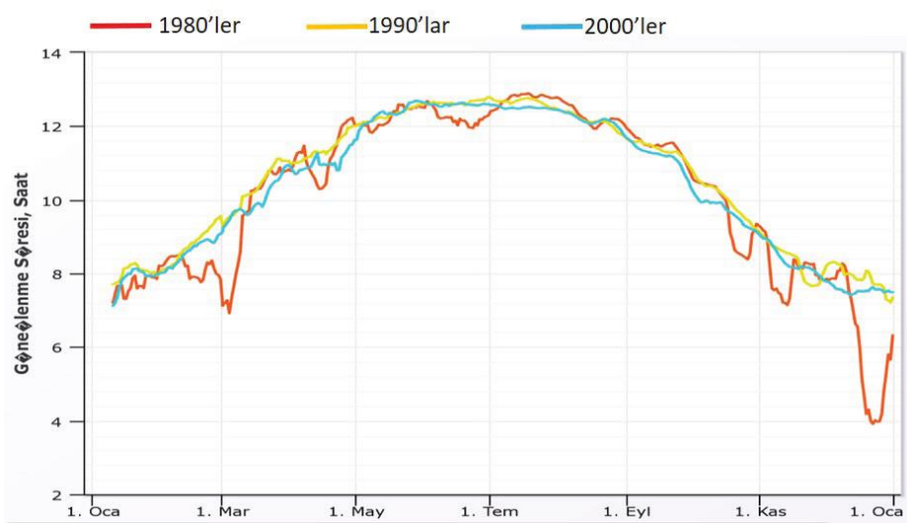


Şekil 22: Hatay maksimum kapalılık 3 on yıl

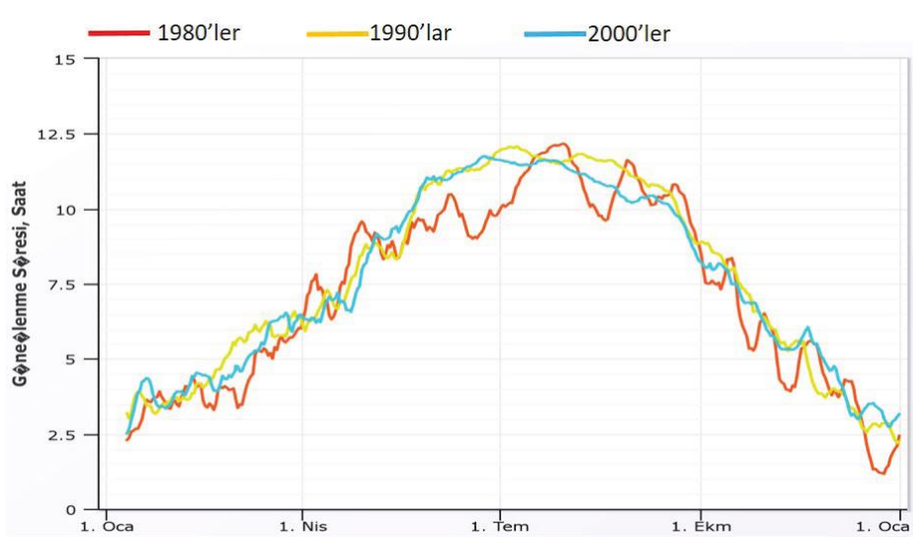
3.6. Güneşlenme süresi

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/m^2 şiddetinde gelen güneş gücü eşik kabul edilmiş, bu eşiğin altı "güneşlenme yok", eşiğin üstü ise "güneşlenme var" şeklinde kayıt altına alınır olmuştur. Hatay'ın son yıllarda sürdürülmemesine rağmen 1980'lere kadar uzanan bir kayıt geçmişi bulunmaktadır. Günlük toplamların ortalamasından elde edilen grafiğe göre 1980'lerde 7,1 saat/gün olan güneşlenme süresi 1990'larda 7,6 saat/gün'e yükselip 2000'lerde ise 7,5 saat/gün seviyesine hafif bir düşüş göstermiştir (Şekil 23). Periyotlar dahilinde maksimumların ortalamaları alınarak yapılan analizde ise 1980'lerdeki 13,2 saat/gün'lük değer 1990'larda da devam etmiş, 2000'lerde 12,1 saat/gün seviyesine hafif bir düşüş göstermiştir (Şekil 24). Nihai olarak Hatay'a, yatay yüzeyde yıllık ortalama 2882 saat güneşlenme süresi ölçülmektedir.

Şekil 23: Hatay ortalama güneşlenme süresi 3 on yıl



Şekil 24: Hatay maksimum güneşlenme süresi 3 on yıl

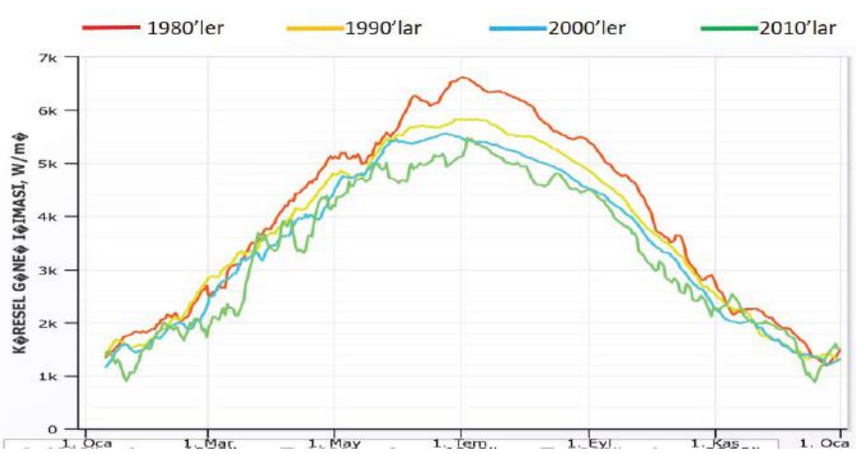


3.7. Küresel güneş ışıması

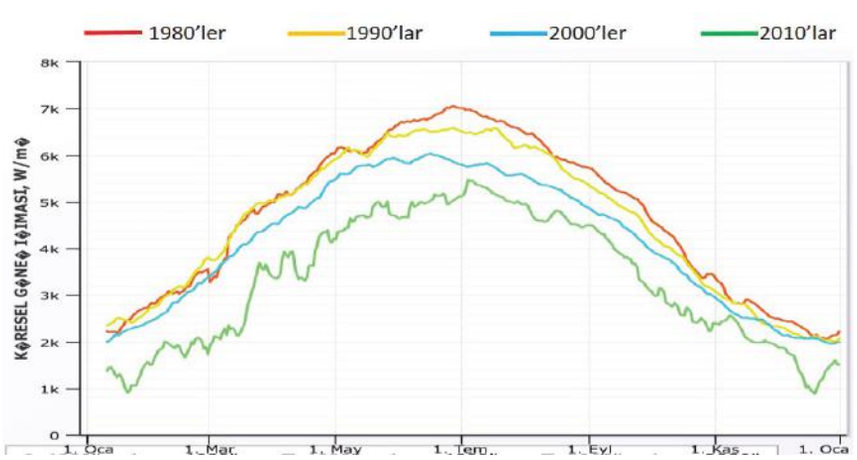
Bir bölgenin güneş enerjisi potansiyeline dair en önemli meteorolojik değişken ölçümü, güneş gücü veya güneş radyasyonu olarak tarif edilen "güneş ışıması"dır. Uzun yıllar MGM'de aktinograf cihazı (Şekil 37-b) ile ölçülen bu değişken son yıllarda elektronik bir ışın ölçer olan piranometreler (Şekil 37-c) 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/cm^2/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].

Hatay'da yapılmış küresel güneş ışıması ölçümlerine dayalı, günlük toplamların ortalamalarına göre 1980'lerde 3925 W/m^2'lik değer düzenli olarak azalarak 1990'larda 3677 W/m^2, 2000'lerde 3446 W/m^2 ve 2010'larda 3267 W/m^2'ye düşmüştür. Bu seyirde nispi nem ve bulut kapalılığındaki artışın etken olduğu söylenebilir (Şekil 25). Günlük değerlerin maksimumlarının yıllık ortalamaları temelinde incelendiğinde de yine 1980'lerdeki 7292 W/m^2'lik değerin 1990'larda 6894 W/m^2'ye, 2000'lerde 6217 W/m^2'ye ve 2010'larda 5646 W/m^2'ye düştüğü izlenebilmektedir (Şekil 26). Hem ortalama hem de maksimum değerlerdeki bu düşüş atmosferden kaynaklı olabileceği gibi çevresel faktörler nedeniyle de gerçekleşmiş olabilir!

Şekil 25: Hatay ortalama güneş ışıması 4 on yıl



Şekil 26: Hatay maksimum güneş ışıması 4 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 fotovoltaik 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 fotovoltaik etki oluşturabildiği kanıtlanmış olur. 1883'te Charles Fritts selenyum kullanarak ilk ciddi güneş pilini üretir. Bu pilin verimi ancak yüzde 1 dolaylarındadır.

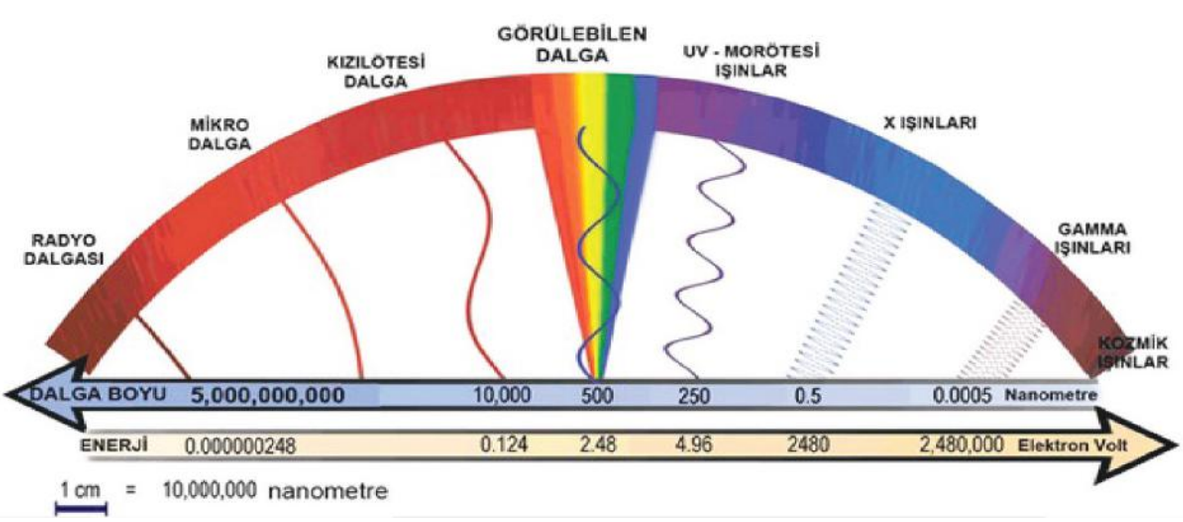
1887'de Heinrich Rudolf Hertz morötesi ışınının fotovoltaik etki üzerinde yansımalarını araştırır. 1904 yılında Albert Einstein güneş etkisiyle elektrik akımı oluşumuna yönelik bir makale yayınlar. Aynı yıl Wilhelm Hallwachs bakır ve bakır oksit bazlı bir güneş pili denemesinde bulunur. Audobert ve Stora 1932 yılında Kadmiyum selenit (CdSe) kullanarak uzun bir süre kullanılacak olan fotovoltaik bir yöntem keşfetmiş olur. 1954'de Pearson ve Fuller Silisyum (silikon)'un fotovoltaik 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 cm^2'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 Cu_2S/CdSe teknolojileri geliştirildi. Dünyadaki toplam FV güneş pili kurulu gücü 1999 yılında 1000 MW seviyesine ulaştı.

4.1. FV İlke

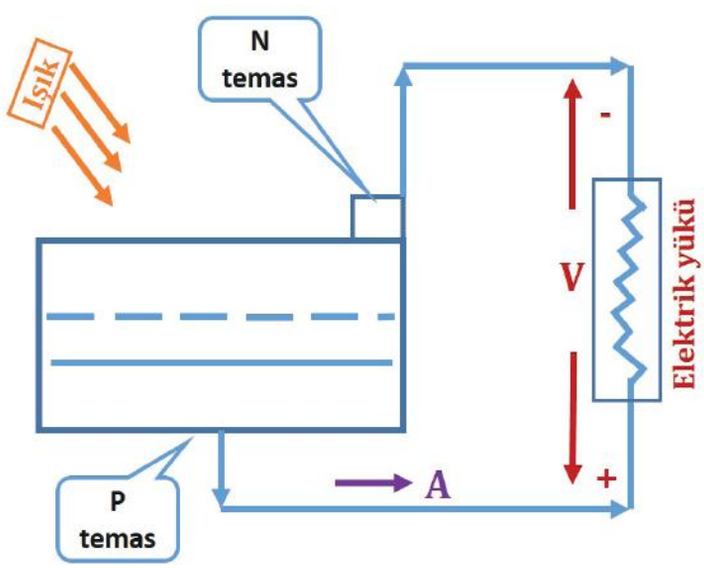
Tabiatta bilinen en eski güneş enerjisi dönüştürücüsü bitki yapraklarıdır. Yapraklar güneş ışınlarını fotosentez amaçlı kullanırlar. FV yöntem ise güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletkenlerdir. Güneş enerjisinin taşıyıcıları ve yayıcıları olan tanecikli fotonlar, fotovoltaik 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 taşırken, radyo dalgaları ve mikro dalgalı ışınlar daha az enerji taşırlar (Şekil 27).

Şekil 27: Elektromanyetik spektrum



"**Gün elektrik", "güneş elektriği", "fotovoltaik", "FV"** ve **"FV güneş elektriği**" 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 elektriğe dönüşmesine fotovoltaik etki adı verilir (Şekil 28). Fotovoltaik etki sonucunda ortaya çıkan bu güç doğrultularak elektriğe dönüştürülür. Fotonların elektriğe 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].

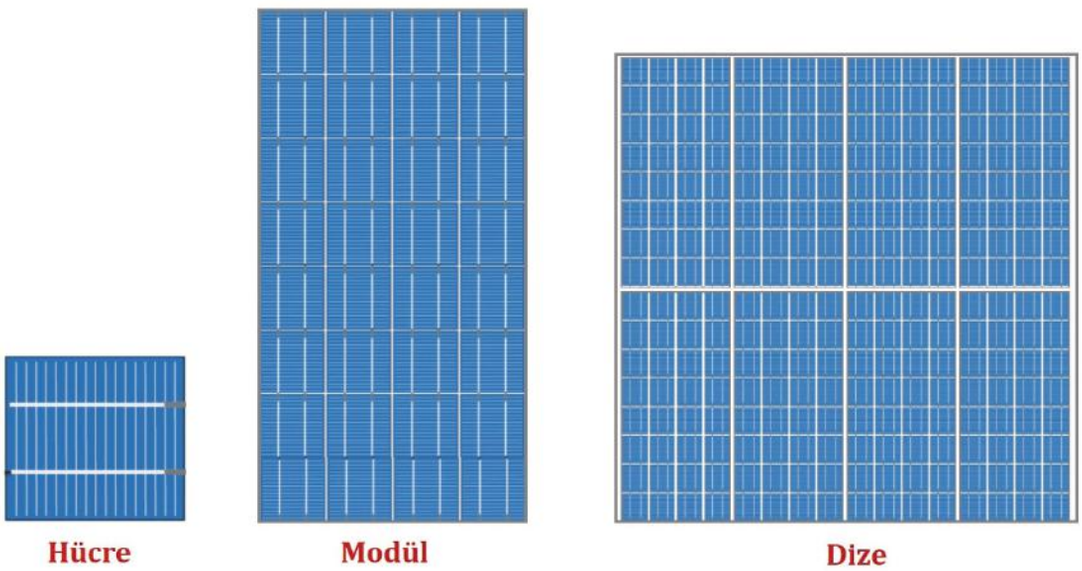
Şekil 28: Fotovoltaik etki [65]



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 tabiatta asla serbest halde bulunmamasına karşın oksijenden sonra gezegenimizde en bol bulunan elementtir. Toprak, kum gibi malzemeler silisyum bileşiklerinden ibarettir.

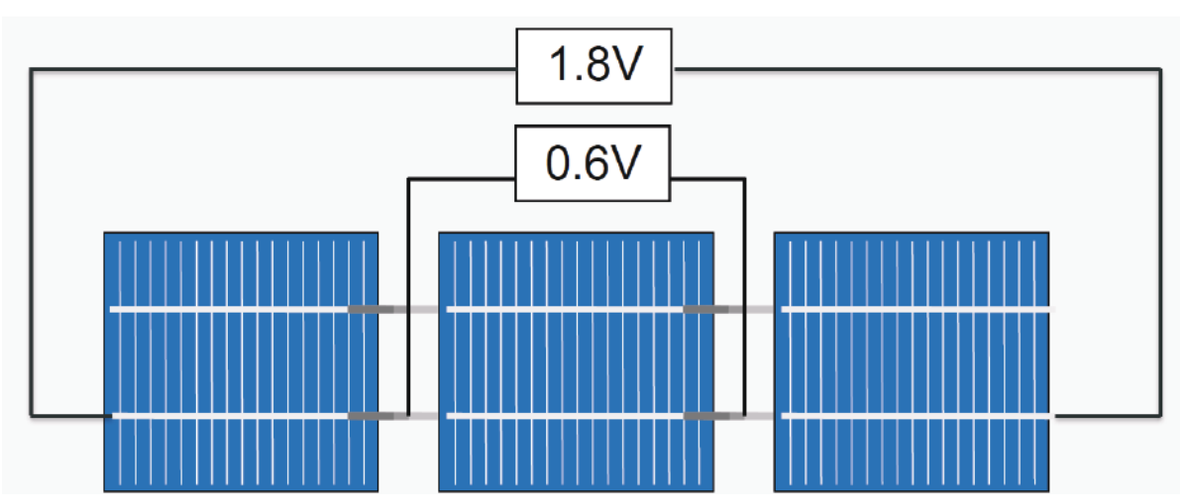
Birden fazla hücrenin korunaklı bir yapı içerisinde seri ve paralel devreler olarak bağlanmasıyla ihtiyaç duyulan gücü üretebilecek modüller (panel) elde edilir. Modüllerin paralel ve seri bağlanmasıyla dizeler (array) oluşturulur (Şekil 29).

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 m^2 yüzey alanda 5-10 W güç üretir. Tipik bir 2 kW FV sistem 18-37 m^2 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/m^2 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.

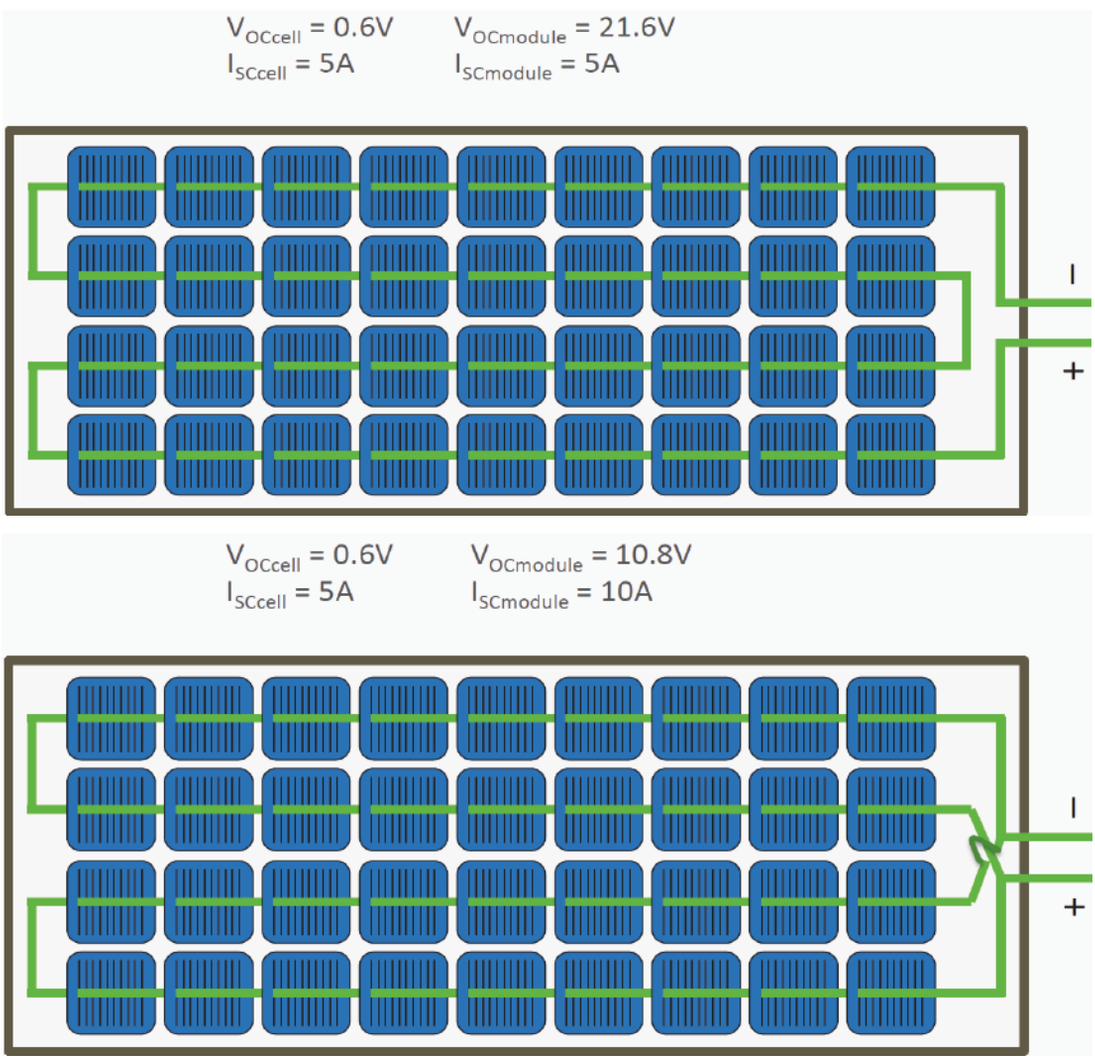
Şekil 30: FV hücrelerin seri bağlantısı



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 uzaklaşıldığı 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 arttırılır. Eğer modüller paralel bağlanırsa, yine akülerde olduğu gibi, istenilen akım seviyesine erişilene kadar paralel bağlanan modül sayısı arttırılır (Şekil 31).

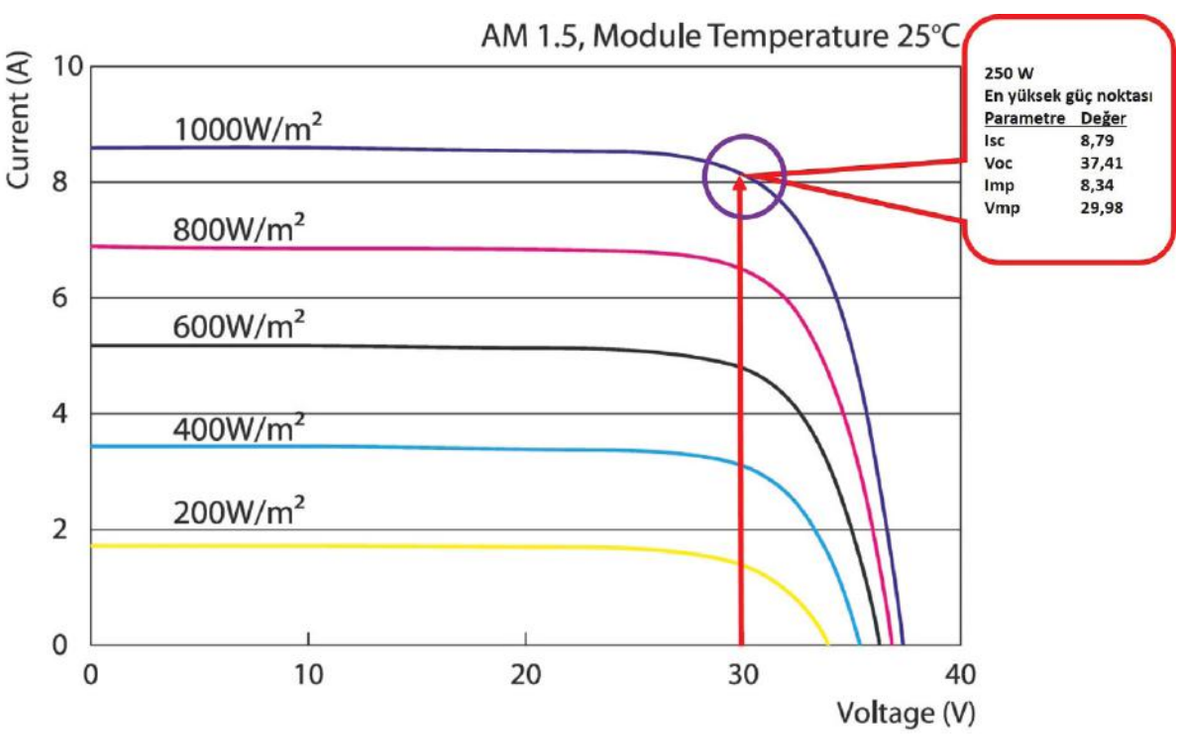
Şekil 31: FV modül hücrelerinin seri ve paralel bağlantı ile akım gerilim ayarlaması [67]



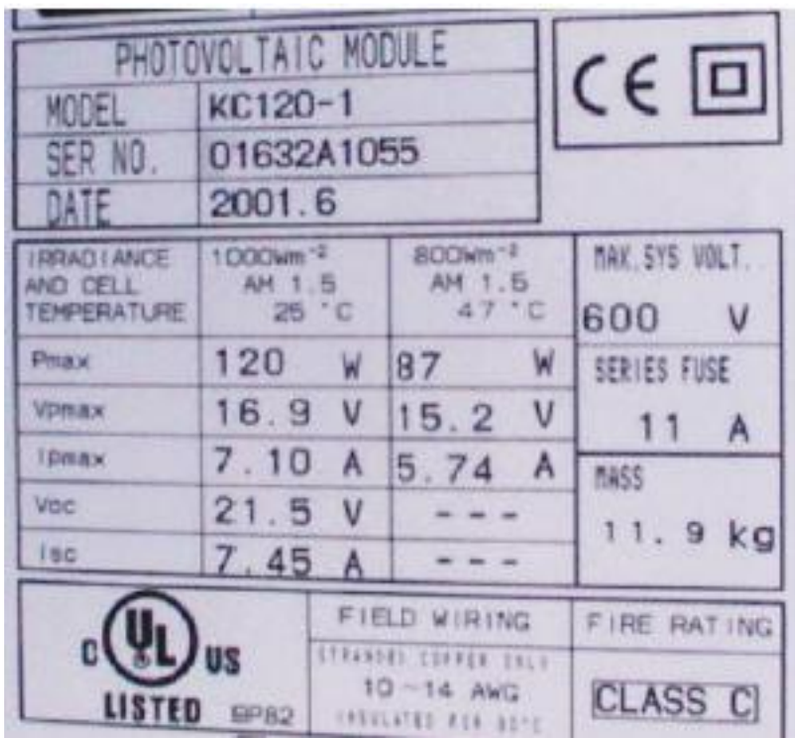
Bölgesel şartlar ve iklim değişkenleri FV elektrik üretimine doğrudan etki eden güneşlenme şiddetini açık şekilde etkilemektedir [68]. FV modüller, doğrudan güneş ışımasıyla beraber bulutların da ışınları yansıtmasıyla bulutlu bir günde, güneşli bir güne göre beklenen değerin üzerinde bir üretim yapabilirler [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 yapılı 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) grafiği 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 grafiği, 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 grafiği



Şekil 33: Tipik bir FV modül etiketi

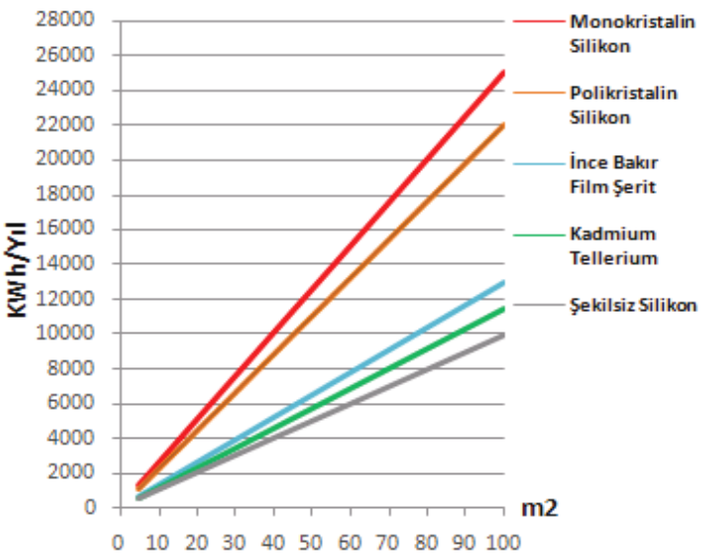


FV modül maliyeti evrensel kıyaslamalar yapılabilmesi açısından birim en yüksek güç (peak Watts) başına para birimi (TL) yani "TL/Wp" olarak ifade edilmektedir. En yüksek FV güç ise yeryüzünde deniz seviyesinde herhangi bir noktaya güneşin ışınlarının kesintisiz geldiği açık bir günde FV modülün elektrik enerjisi üretebilme gücünü ifade etmektedir. En yüksek FV güç, standart deney şartları (SDŞ) (standard test conditions, STC) olan 25 ˚C sıcaklık, 1000 W/m^2 ışıma ve 1.5 hava kütlesi (AM 1.5) şartlarında hesaplanır ve FV modüllerin kapasitesini anlatır. Hava kütlesi, atmosferdeki emilimin, yeryüzüne ulaşan güneş ışımasının yoğunluğu ve tayfsal içeriğine etkisinin ölçümüdür (Hava kütlesi = 1/cos θ (ışıma 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 denemelerinde 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

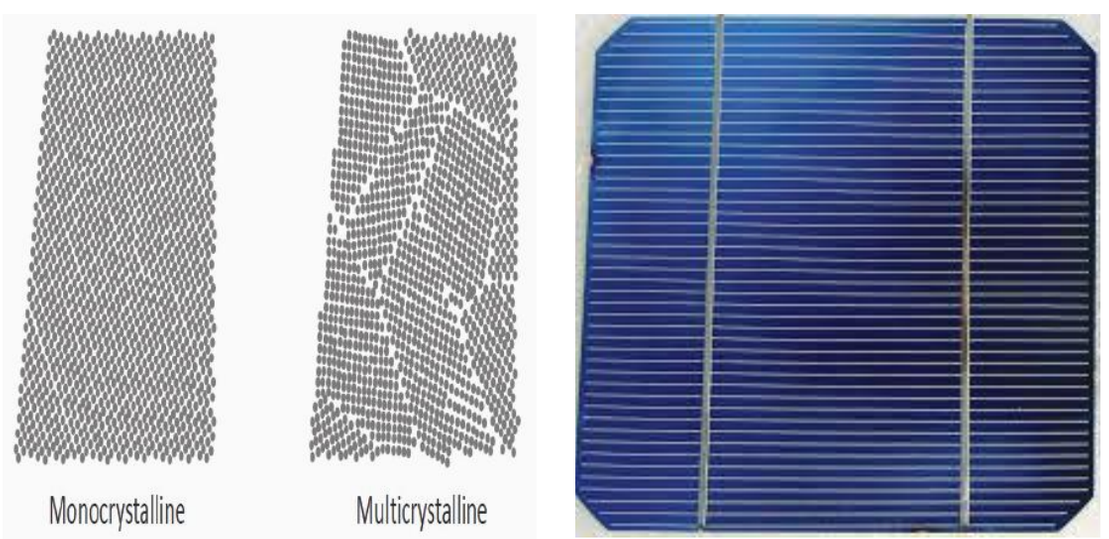
FV panellerin üretiminde hammadde ve üretim teknolojisi bakımından farklı yöntemler uygulanır. Bu farklılıklar üretim maliyetine, performansa ve tercih edilmeye doğrudan etki ederler. Yapısal olarak bir tasnif yapmak gerekirse en fazla silisyum ağırlıklı tek kristalli, çoklu kristal ve son yıllarda amorf 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, ışımaya 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]



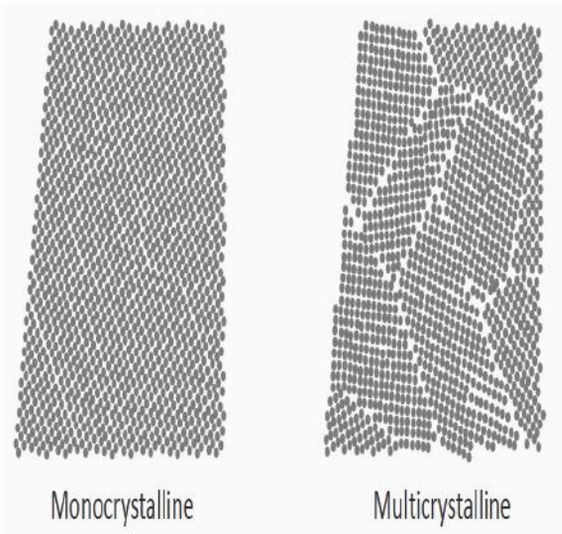
Tek kristalli (mono-crystalline) FV panel: Siyah ve koyu mavi renktedir. % 20'lere ulaşan yüksek verime sahiptir. Laboratuvar koşullarında % 25,6 rekoru kırılmıştır. Uzun ömürlü fakat diğer türlere göre daha maliyetlidir. Son 10 yılda Wp başına harcanan malzeme miktarı, dilimlerin daha ince kesilebilmesi 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 füme 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 ışınlara 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 kablolaması, 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 üreteçin geriliminin dalgalanması, eviricinin izin verilen maksimum giriş gerilimi, Eviricinin Maksimum Çalışma Noktası (MPP) gerilim aralığı ve tercih edilen inverter / üreteç 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, derin deşarjdan tamamen geri döndürülebilir. Günlük çevrimsel kullanım için idealdir. Uzun deşarjlarda 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 ≤ 16 mm^2 gibi)
Dış kılıf malzemesi	Halojenden arındırılmış	Halojenden arındırılmış-Çapraz bağlı
Dış kılıf kalınlığı	> 0,5	Kesite bağlı (0,8 ≤ 10 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 Elektriği 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 İle 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 filmli düz alanlı Fotovoltaik modüler- 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 Standart	Standart	Standart Adı
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 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 peformans 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 Standart	Standart	Standart Adı
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
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 çıkışını 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 ücra 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 kullanarak 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 uyarlama 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 belirlemesi 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 oluştuğu 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 ışıması değerine sahip olması gerekir. Bununla birlikte yatırım arazilerinin geniş ve düzlük; tarım, mera ve orman niteliği olmayan; uygun eğimlere sahip sahalarda 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 ışıması (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 örtüsünü 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 şeridine 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, bağlanılması 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 taşkınlara 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 konumlandırılabilmesi 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 olmamasıdır. Bunun sebebi kuş dışkılarının panel yüzeylerini kapatması ve zor temizlenebilmesidir. Her ne kadar fotovoltaik panellerin çalışması için su gerekmese 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
- Gölgelenme 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. Üretilecek 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 paralele 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 arasına 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. HATAY'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 sağlaması 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 ışınım/ışıma (irradiance/irradiation) şiddetini ölçme ilkesine dayanmaktadır. Toplam güneş ışıması değişkeni güneşten hiç bir engele maruz kalmadan 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 pirhelyometre isimleri verilir. Mekanik aktinograflar cal/cm^2-dakika cinsinden enerji ölçümü yaparken, elektronik radyometreler W/m^2 cinsinden güneş ışıma şiddetini birim alana gelen ışıma gücü olarak ölçerler. Yine DMT'nın 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 pirhelyometre olarak adlandırılırlar.

Şekil 37: Meteorolojik güneş ölçüm cihazları [79]

a) **Dr. Alfred Müller Helyograf**

b) **Dr. Alfred Müller Aktinograf**

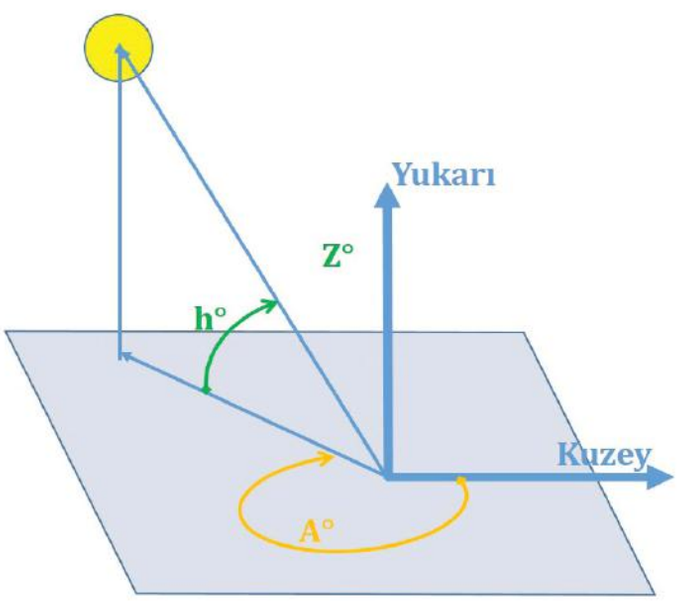
c) **Kipp&Zonen CM11 Piranometre**

Ülkemizde güneşlenme süresi ve güneş ışıması ölçüm ve rasatları 1936 yılında yapılmaya başlamıştır [80]. Meteoroloji istasyonlarında düzenli olarak güneş ışıması, güneşlenme süresi ve bulut kapalılığı 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 "–" derecelerle 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 sanıldığının aksine 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 değerliklidir. 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'dır.

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 kg/m³ 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).

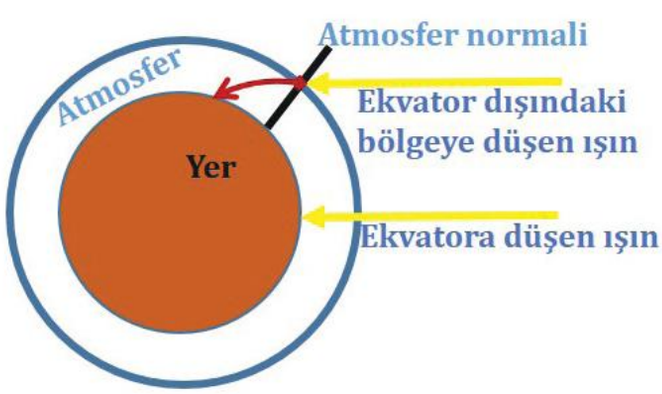
Çizelge 16: 15 °C sıcaklıkta bazı yükseklik değerlerine ait hava basıncı ve yoğunluğu

Yükseklik m	Basınç MiliBar	Hava yoğunluğu kg/m³
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 ışınım (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 elektriği 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 yayınık 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. Işınımsal 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 elektriğinden ziyade ısıl (termal) yöntemle güneşten enerji sağlamaya yöneliktir. Piyasaya yön verme ciddiyetinden uzak, daha küçük çaplı hedefler güdülerek yapılmış çalışmalar da mevcut-

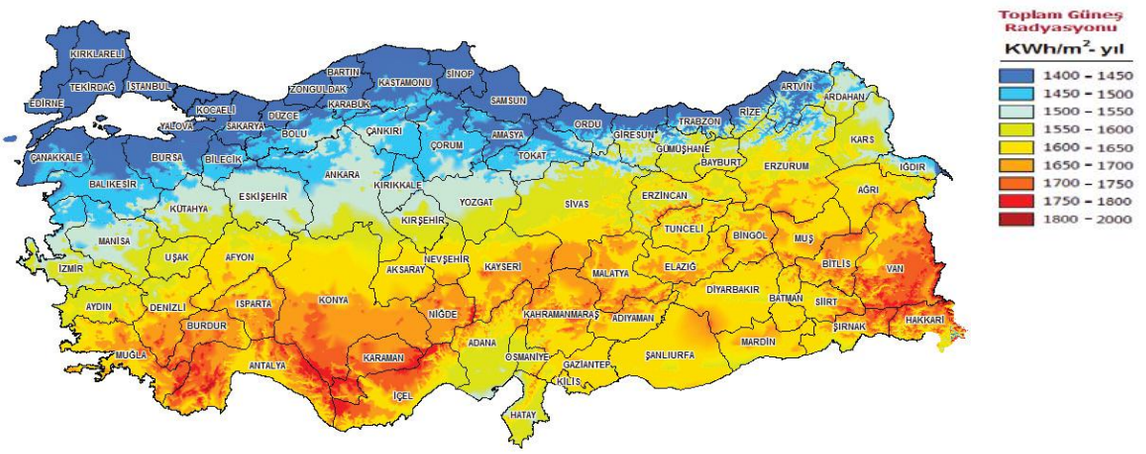
tur. En derli toplu yerel çalışma ise GEPA'dır. Ayrıca ülkemizi de içerisine alan kıtasal çapta daha çok uzaktan algılama teknikleri kullanılarak hazırlanmış çalışmalar da mevcuttur. Burada farklı kaynak ve yöntemle geliştirilmiş bu çalışmaların çıktıları edinilmiş ve Hatay özelinde bir potansiyel kanaati oluşturulmaya çalışılmıştır. FV güneş elektriği 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 Hatay 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/m^2-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 ilgilenenler 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). Uluslararasında 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)



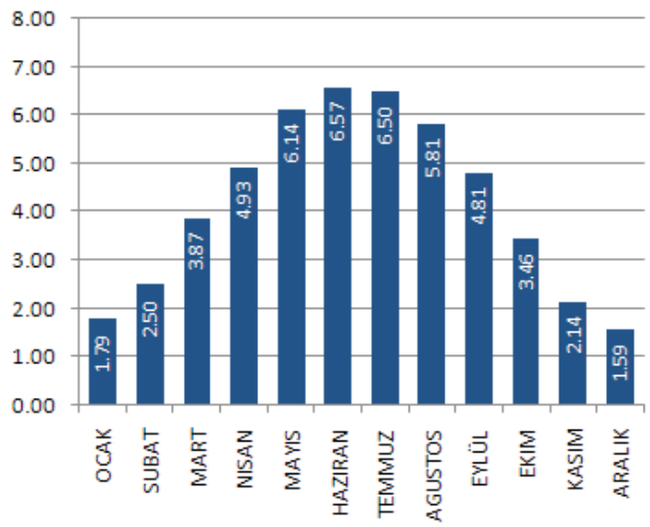
YEGM'nin yukarıdaki açıklamalarla duyurduğu çalışmaların en güncel ve halihazırda aktif olanı GEPA'dır. Her ne kadar iller bazında güneş enerjisi potansiyelini kWh/m^2-yıl cinsinden ortaya koysa da, hazırlanış tarzıyla bir ulusal projedir [3]. GEPA'nın oluşturulmasında yararlanılan ESRI modeli, belirli 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 DMİ 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 DMİ 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).

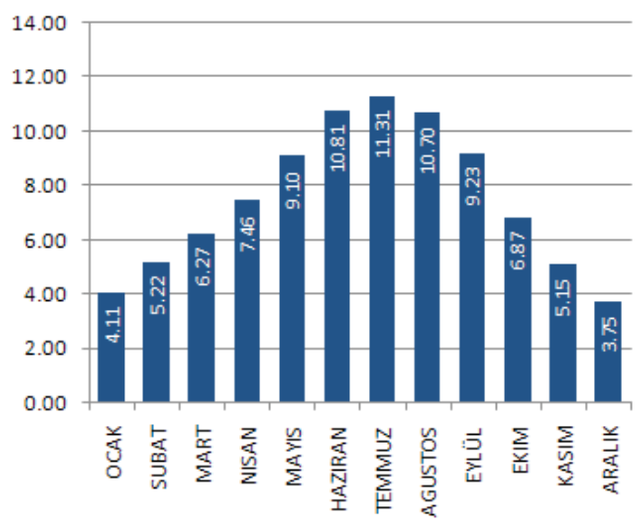
Modelin çalıştırılması sonucunda 2008 yılında, 12 aya ait günlük değerlerden elde edilen aylık ortalamaları içeren bilgiler 500 m x 500 m çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) grid haritası GEPA elde edilmiştir.

Buna göre Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi elektrik üretimi teknik potansiyeli 380 milyar kWh olarak belirtilmiştir. Bu potansiyel güneş radyasyonu yıllık metrekare başına 1650 kWh'den fazla olan 4.600 km^2 kullanılabilir alan alınarak hesaplanmıştır. Bir diğer hesaplamaya göre ise Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi teknik potansiyeli yaklaşık 405 milyar kWh (DNI-Doğrudan normal ışıma> 1800 kWh/m^2-yıl) ve ekonomik potansiyeli yaklaşık 131 milyar kWh (DNI> 2000 kWh/m^2-yıl)'dır. Potansiyelin en yüksek olacağı ay 6,57 kWh/m^2-gün ile Haziran iken en düşük olacağı ay 1,59 kWh/m^2-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



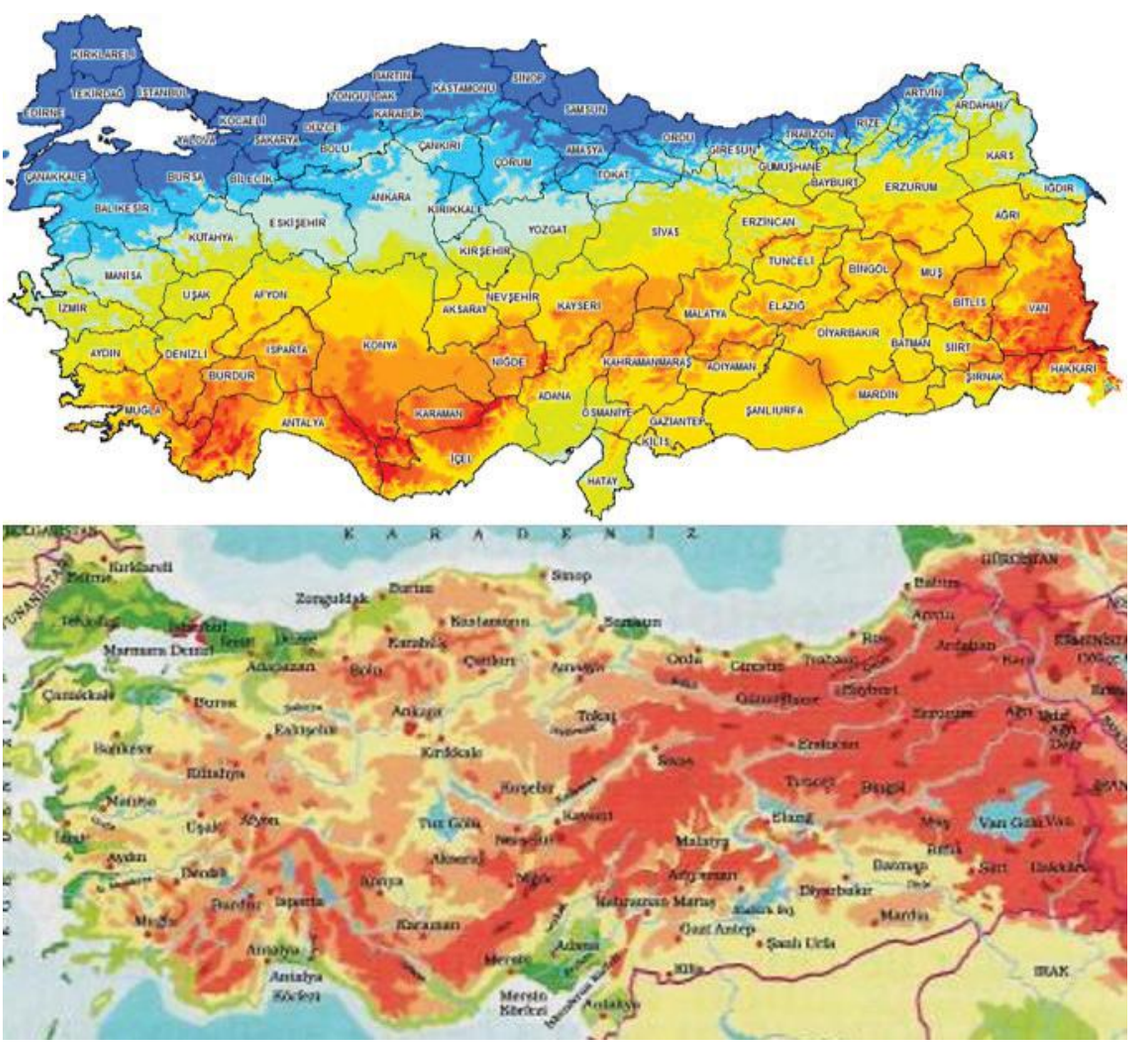
Fizik Mühendisleri Odası'nın 18 OCAK 2013 tarihli toplantısında açıklandığı üzere GEPA'nın güneş kaynak bilgileri enerji şirketleri, iş dünyası, arazi ve konut sahipleri gibi geniş bir kullanıcı kitlesinin güvenilir bir kılavuzu olmayı hedeflemesinden dolayı geliştirilmesine, daha hassas ve daha kapsamlı 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 Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli

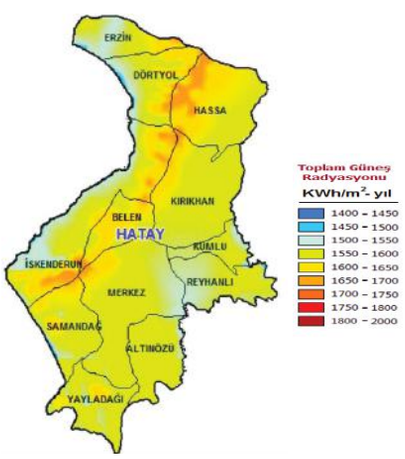
GEPA ulusal boyutta incelendiğinde görülecektir ki Türkiye'nin Güneydoğu ucu ile Güneybatı kesimleri bordoya yakın bir kırmızı, yani potansiyelin en yüksek olduğu yerler; Kuzey ve Kuzeybatı kesimleri de laciverte yakın bir mavi yani potansiyelin en düşük olduğu yerlerdir. Enlem dereceleri de göz önünde 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 kısalacağı 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

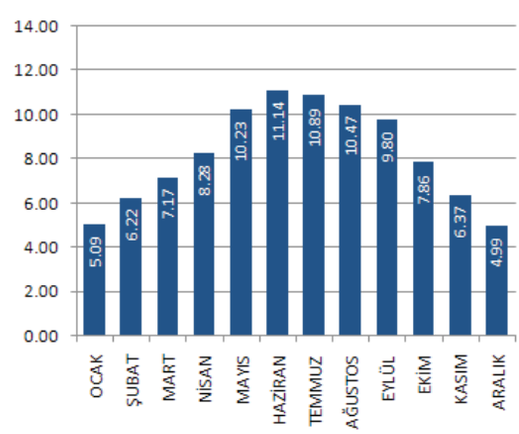


Nitekim harita üzerinde Hatay gibi mikro-klima bölgesi olduğu bilinen ve denizden yüksekliği yalnızca 90 m'lerde olan bir bölge için GEPA'da hesaplanan güneş enerjisi potansiyeli gerçek değerlerden çok düşük görünmektedir. Denizden yüksekliği 2000 m'ler ve daha yukarısında olan Van-Hakkari ile Orta Toroslar 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. Hatay ise neredeyse Doğu Karadeniz'in iç kesimlerine eş değer bir potansiyel hesaplamasıyla karşı karşıya kalmaktadır. Hatay il sınırları içerisinde bile bu ayrım rakıma bağlı olarak izlenebilir. Asi nehrinin yatağını içeren Amik Ovası ve Akdeniz sahili boyunca, rakımın en düşük olduğu bölgelerde, neredeyse yıllık güneş radyasyonu 1450 kWh/m²'ye kadar düşmektedir. Amanos Dağları bölgesinde ise denizden yükseklik arttıkça güneş radyasyon değerleri 1700 kWh/m²-yıl'ın üzerine çıkmaktadır. Bir uçtan bir uca 100 km mesafe olan bu iki bölge arasında güneş ışınlarının bu kadar değişkenlik göstermesi dikkate değerdir (Şekil 44). Hatay'ın bu çalışmaya göre yıllık güneşlenme süresi 3006 saat (Şekil 45); yıllık global radyasyon değeri 1543 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.

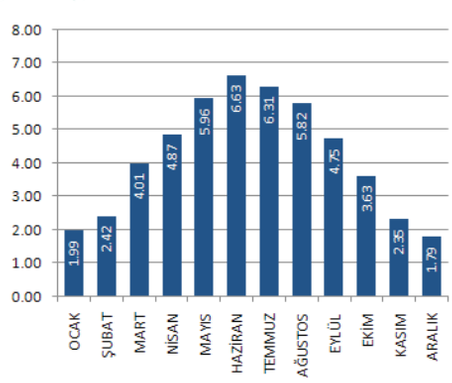
Şekil 44: GEPA Hatay güneş enerjisi potansiyeli



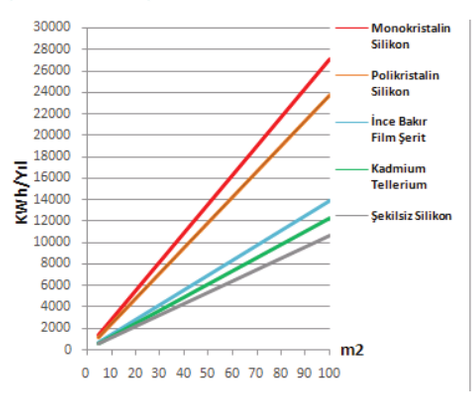
Şekil 45: GEPA Hatay ay bazlı günlük ortalama güneşlenme süreleri, saat



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



Şekil 47: GEPA Hatay PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh/m²-Yıl)



5.3. PVGIS ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan bir diğer FV güneş elektriği 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)'tır. 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 türlüdür. 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 almalıdır.

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 yakınlardır 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 mahzurların etkisi en aza indirgenebilir.

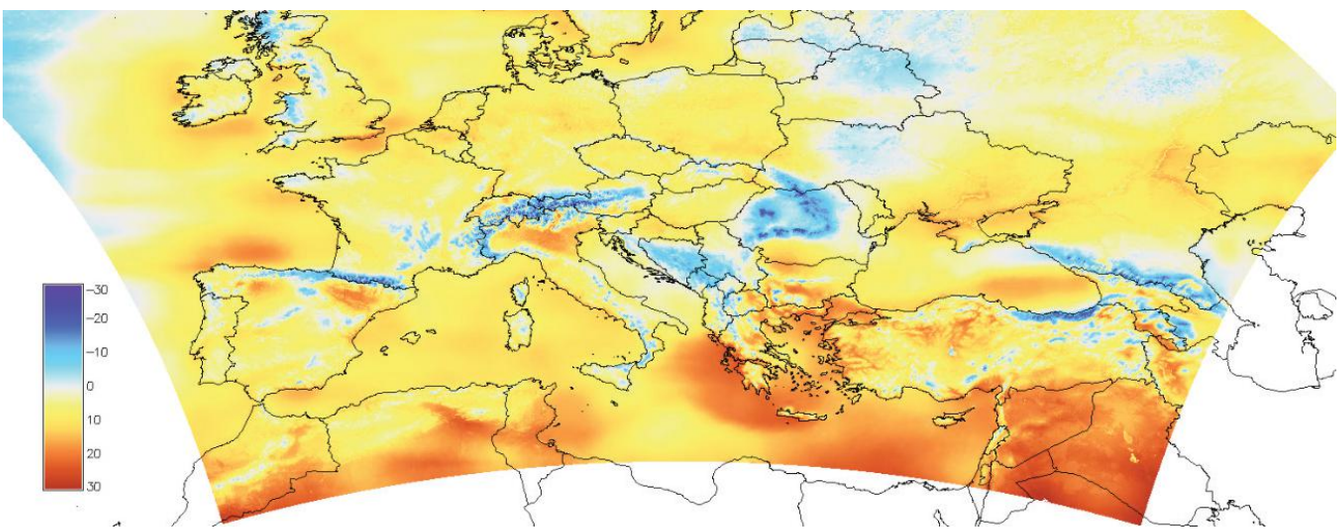
Orijinal PVGIS Avrupa: PVGIS Avrupa için yararlanılan orijinal veri bankası doğrudan saha ölçümlerinin enterpolasyonuna dayanmaktadır. Doğrudan saha ölçüm verisi, yataya gelen küresel ve yayınık, 1981-1990 yıllarını kapsayan uzun yıllar aylık ortalama irradyasyon ölçümleridir. Veri kaynağı Avrupa Solar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

Yeni CM-SAF-PVGIS Avrupa: Bu veri CM-SAF tarafından sağlanan uydu görüntüleriyle hesaplamalara dayanmaktadır.

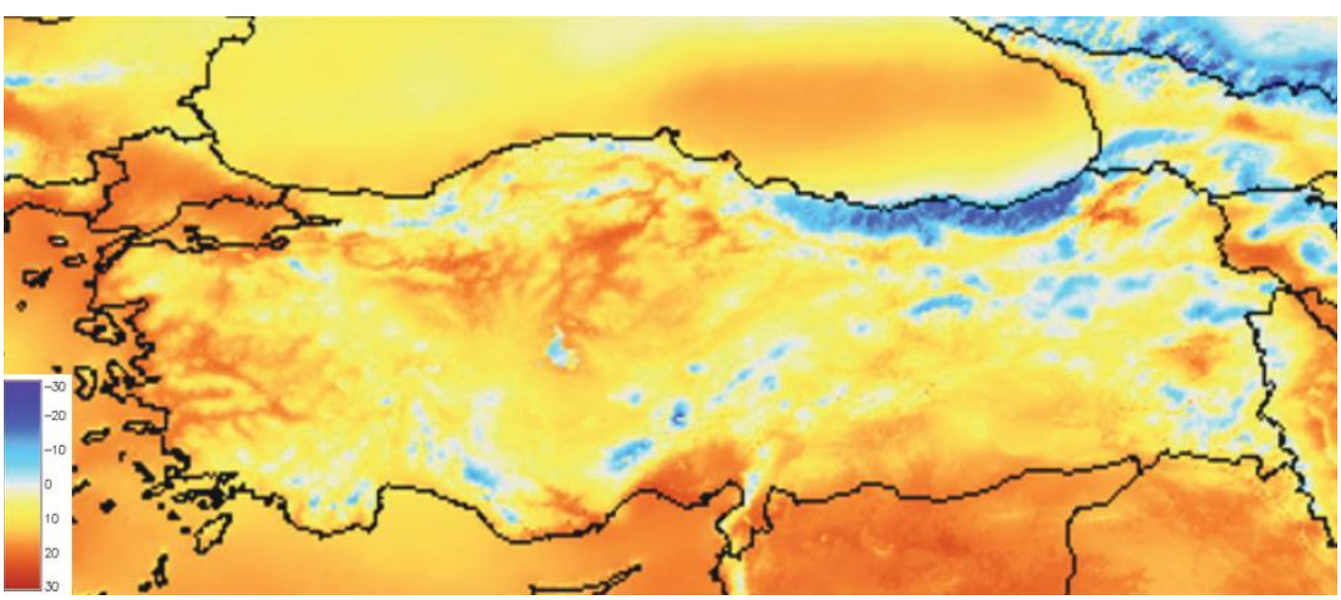
Bu veri bankası 12 yıllık veriyi temsil eder. İlk Nesil Meteosat (5-7) uydularından, MFG 1998-2005 ve İkinci Nesil Meteosat uydularından, MSG 2006-2011 temin edilmiştir.

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

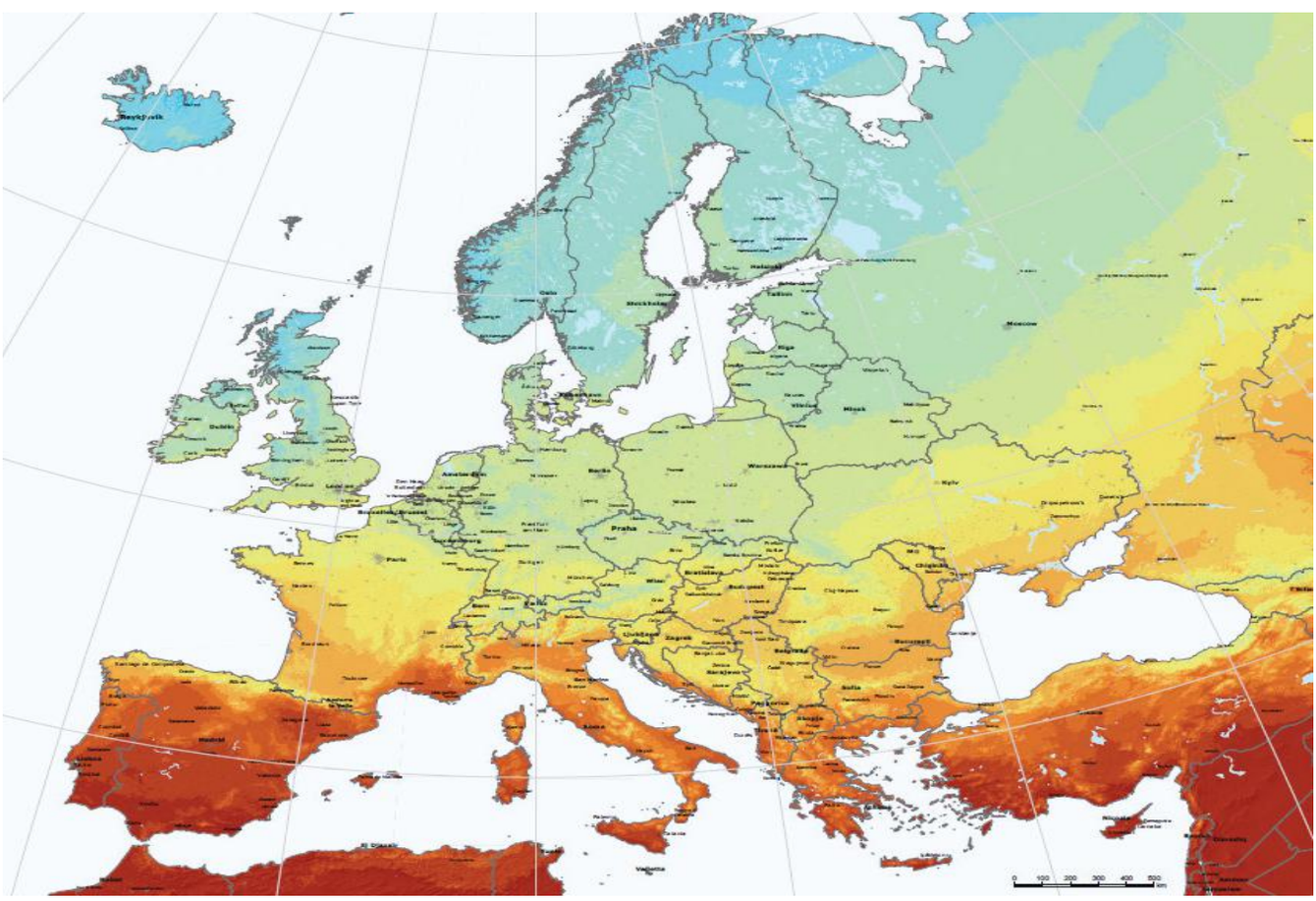


Şekil 49: PVGIS-3 ve PVGIS-CMSAF arasındaki radyasyon değişimi, Türkiye



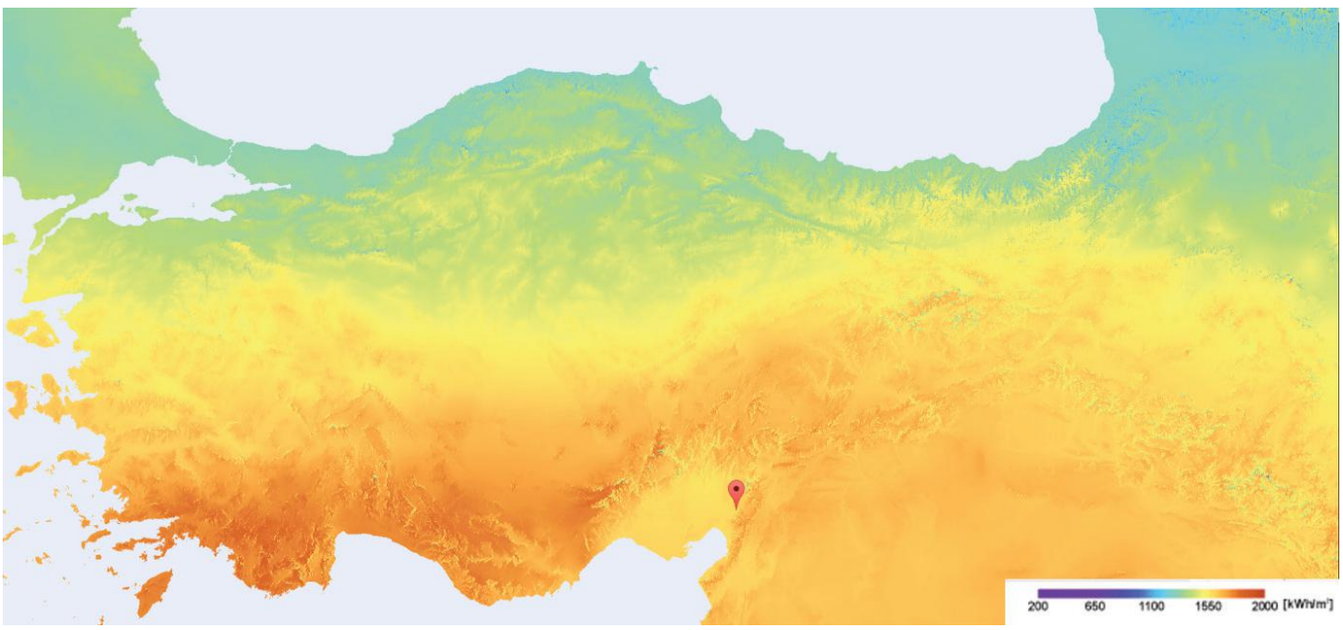
PVGIS internet sitesi ziyaret edildiğinde karşımıza bu Avrupa haritası çıkar (Şekil 50). Avrupalılara hizmet etmesinden kaynaklı olarak, Avrupa kıtasının merkezini orta nokta olarak kabul eden bu haritada Türkiye sağ alt köşede kalmakta; Dünyanın küre şeklinden dolayı da enlem çizgilerine 20 derece açı yapacak şekilde yatık durmaktadır. Enlem etkisi için Ekvator çizgisine olan paralelliği, 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 elektriği potansiyeli 1600-1800 kWh/m^2-yıl gibi geniş aralıklı bir değere tekabül etmektedir. PVGIS, GEPA'ya oranla rakımdan daha çok enlem derecesinin etkisini esas kabul etmektedir. Bu sebepledir ki kuzey ile güney enlemlerimiz arasında belirgin farklılıklar gözlemlenmektedir (Şekil 51).

Şekil 51: PVGIS 5 beta ile Türkiye ve TR63 Bölgesi'nin FV Güneş Elektriği 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 Hatay'da yatay yüzeyde 1871 kWh/m^2-yıl iken tüm aylar için optimum açı olan 31 derecede FV paneller yerleştirildiği takdirde yıllık maruz olacağı güneş ışıması şiddeti 2097 kWh/m^2 olacaktır (Çizelge 17).

Çizelge 17: Hatay PVGIS küresel güneş ışıması değerleri, kWh/m^2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Yataya	67	84	151	174	221	244	246	221	176	134	89	65	1871
Optimum açıya	100	114	180	185	212	222	231	227	206	180	136	103	2097
Optimum açı	59	51	39	24	11	3	7	19	35	49	59	62	31

5.4. HELIOCLIM ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli

Avrupa Komisyonu'nun DG XII, Joule II Programı kapsamında yürütülen bir Avrupa Güneş Atlası çalışması olan HelioClim FV güneş elektriğinden 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 doğrulayıcısı olarak kullanmaktadır [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. Hatay'da 2005 yılı için 1804 kWh/m^2-yıl olan potansiyel hesabı 2006 yılı için 1771 kWh/m^2-yıl çıkmaktadır. Bu da güneş ışımasının yıllar arası nasıl salınım gösterebildiğinin bir ispatıdır (Çizelge 18).

Çizelge 18: Hatay 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	71	87	141	170	220	231	234	215	163	129	79	65	1804
2006	65	77	126	156	227	228	235	204	165	116	90	83	1771

5.5. NASA SSE ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği 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].

Hatay için ortalama yatay yüzeye gelen küresel radyasyon 1983 – 2005 yılları arası gerçekleşmelerine dayanarak ortalama 1.727 kWh/m²/yıl'lık bir potansiyeli ortaya çıkartmaktadır. Tabloda aynı zamanda atmosfer etkisinden arındırılmış –hiçbir zaman gerçekleşmesi beklenmeyen- açık gökyüzü (clear sky) hesaplaması da 2076 kWh/m²/yıl olarak görülebilmektedir. 36 derece açıyla yerleştirilmiş FV dizelerinin muhtemel elektrik üretimleri ise 1863 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 dağıtık gelen güneş ışımasına albedo (yerden yansıyan ışıma) değerlerinin de eklenmesiyle gerçekleşmektedir. Yine bulutluluğun % 47 gibi düşük oranlarda kalması ve güneşlenme süresinin 4452 saat/yıl seviyesinde olması, FV güneş elektriği için bölgenin ne kadar uygun olduğunun adeta bir delili niteliğindedir (Çizelge 19).

Çizelge 19: SSE Hatay güneş enerjisi potansiyeli

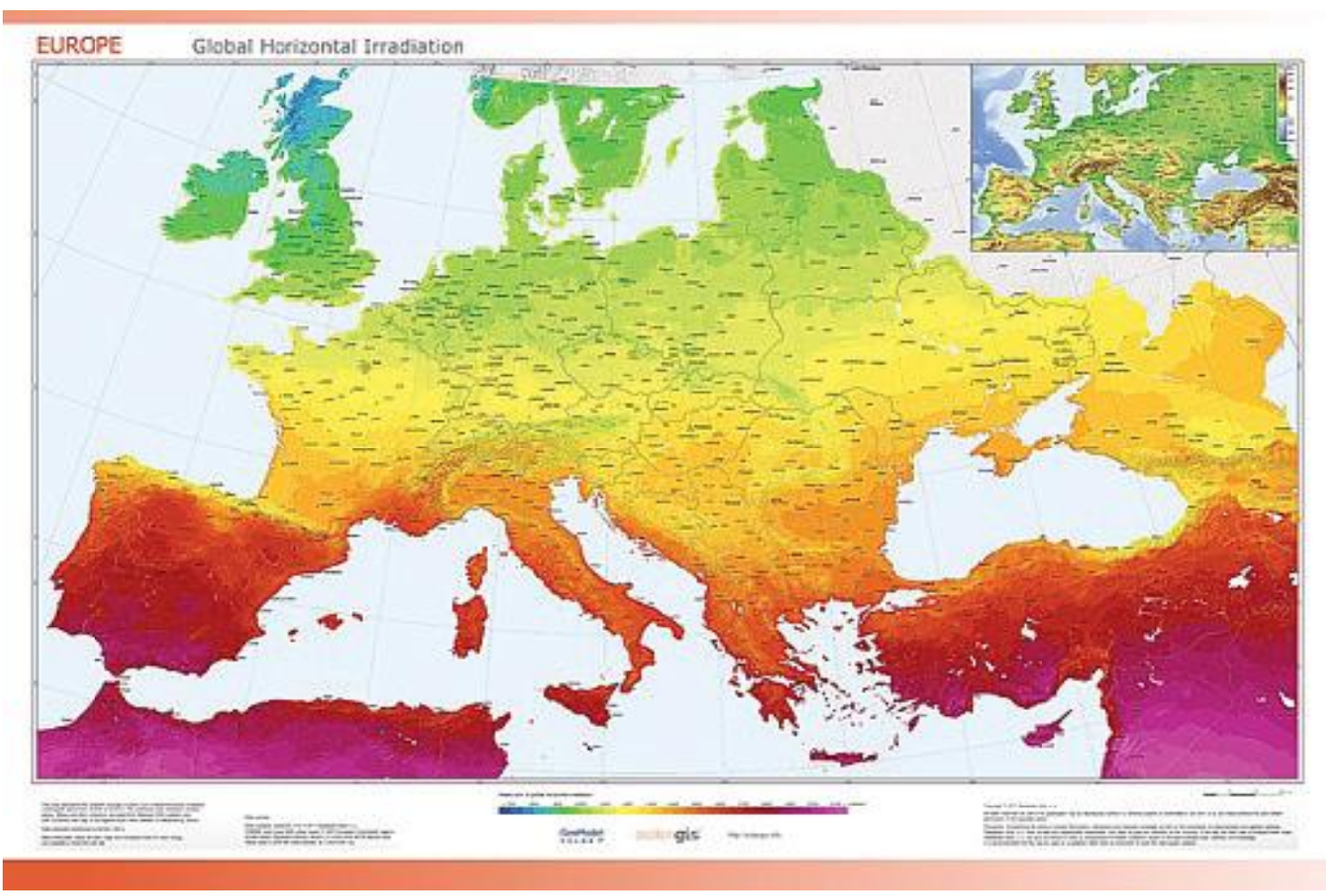
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ortalama kWh/m²	71	92	135	160	200	224	224	198	161	122	78	62	1727
Clear sky kWh/m²	109	136	188	210	235	239	234	207	171	144	106	97	2076
Güneşlenme süresi saat	310	316	369	393	434	438	443	419	372	350	306	302	4452
Gündüz bulutluluğu %	64	62	61	58	45	31	28	28	31	39	54	64	47
Sıcaklık 10 m Ortalama °C	5,9	6,8	10,4	15,8	20,6	25,1	29,0	28,7	25,0	19,7	12,8	7,6	17,3
Sıcaklık 10 m Minimum °C	2,6	2,7	5,7	10,5	15,0	19,7	23,6	23,6	20,0	15,4	9,1	4,4	12,7
Sıcaklık 10 m Maksimum °C	9,6	10,7	14,9	20,8	25,6	30,0	34,1	33,5	29,6	24,0	16,8	11,2	21,8
Nispi nem Ortalama %	70	65	58	53	49	42	35	37	41	48	58	68	52
NASA 36° FV kWh/m²-yıl aylık toplam	106	119	157	161	183	194	199	193	180	161	113	96	1863

5.6. SOLARGIS ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği 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.

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

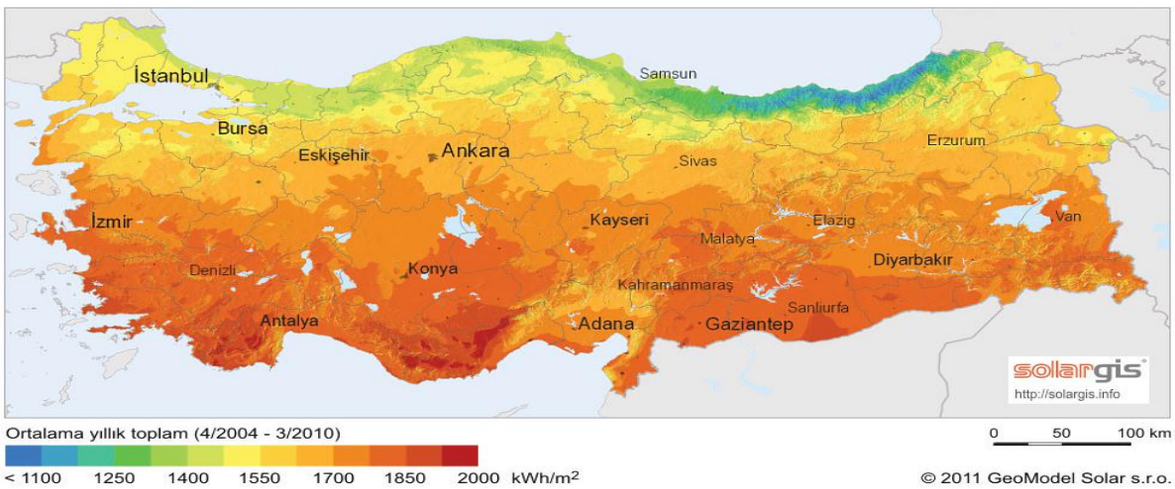
Şekil 52: SolarGIS Avrupa ve Türkiye güneş ışıma potansiyeli [89]



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.

Hatay için de 1700 kWh/m^2/yıl değerlerinde bir gösterim söz konusudur. Bu hesaplama yönteminde de denizden olan yüksekliğin bölgelerin ayırt edilmesinde etkili olduğu izlenebilmektedir (Şekil 53).

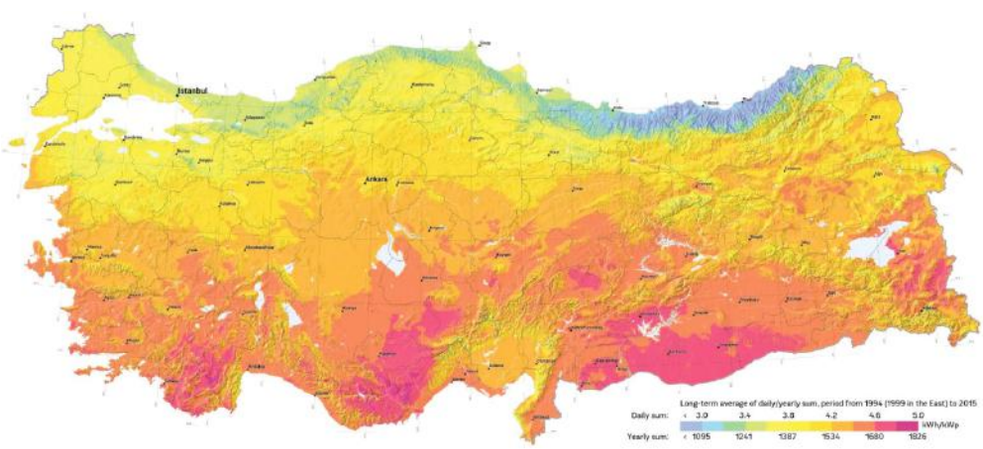
Şekil 53: SolarGIS Türkiye küresel yatay radyasyon (güneş ışıması) haritası [89]



5.7. Global Solar Atlas ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği Potansiyeli

Global Solar Atlas (Küresel Güneş Atlası), güneş enerjisi çalışmalarının keşif, araştırma, saha seçimi ve ön fizibilite aşamalarında araştırıcılara 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)'in finanse ettiği bir ara yüzdür. FV güneş elektriği 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



Hatay özelinde bakılınca, yatayda bir metrekareye yılda 1872 kWh enerji taşıyan güneş ışıması 30°optimum açıda yerleştirilmiş FV panellere 2094 kWh'lik enerjiye ulaşmaktadır. FV sistem kayıpları da göz önünde bulundurulduğunda, FV güneş elektrik üretiminin kWp başına 1557 kWh olabileceği görülmektedir (Çizelge 20).

Çizelge 20: Global Solar Atlas Hatay güneş enerjisi potansiyeli

	Hatay
Rakım, m	89
Sıcaklık, °C	17,9
Yataya güneş ışıması, kWh/m²/yıl	1872
Yataya güneş ışıması, kWh/m²/gün	5,1
Optimum açı, derece	29
30/32/32° FV yüzeye güneş ışıması, kWh/m²/yıl	2094
30/32/32° FV elektrik üretimi, kWh/kWp/yıl	1557

5.8. MGM Verileri ile Hatay'ın FV Güneş Elektriği 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 olmaktır. 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 yayınlarda (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]

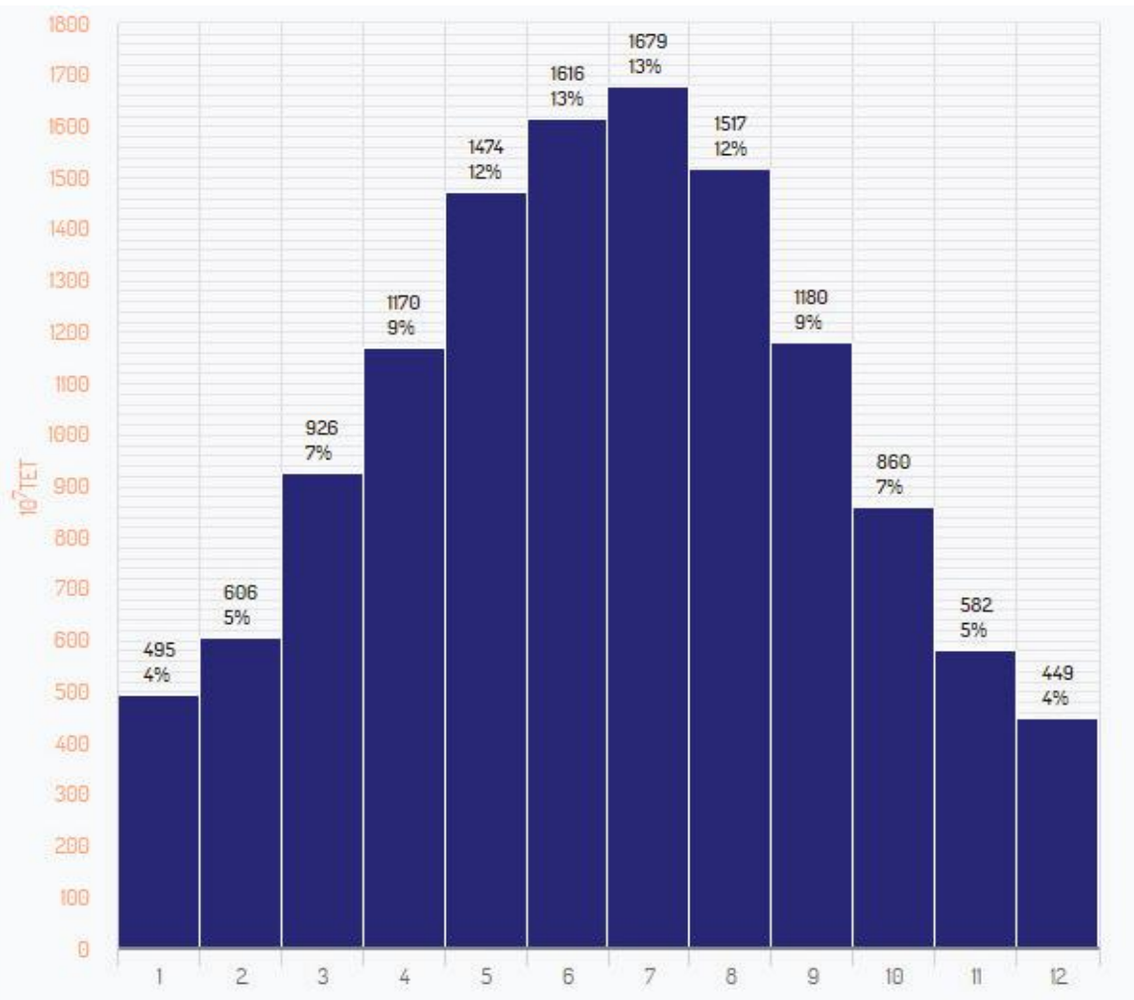
Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi		Güneşlenme süresi saat/ay
	kcal/cm²-ay	*kWh/m²-ay*	
Ocak	4,4	51,8	103
Şubat	5,4	63,3	115
Mart	8,3	96,6	165
Nisan	10,5	122,2	197
Mayıs	13,2	153,9	273
Haziran	14,5	168,8	325
Temmuz	15,1	175,4	365
Ağustos	13,6	158,4	343
Eylül	10,6	123,3	280
Ekim	7,7	89,9	214
Kasım	5,2	60,8	157
Aralık	4,0	46,9	103
Toplam	112,7	1311,0	2640
Ortalama	308.0 cal/cm²-gün	3.6 kWh/m²-gün	7.2 saat/gün

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

Bölge	Toplam güneş enerjisi, kWh/m²-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 istatistiki 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 $1,25 \times 10^{11}$ TET (ton eşdeğeri taşkömürü) ve kullanılabilir yıllık toplam güneş enerjisi miktarı da 37,5 10^6 TET olarak tespit edilerek zamansal ve alansal dağılımı çıkarılmıştır (Şekil 55).

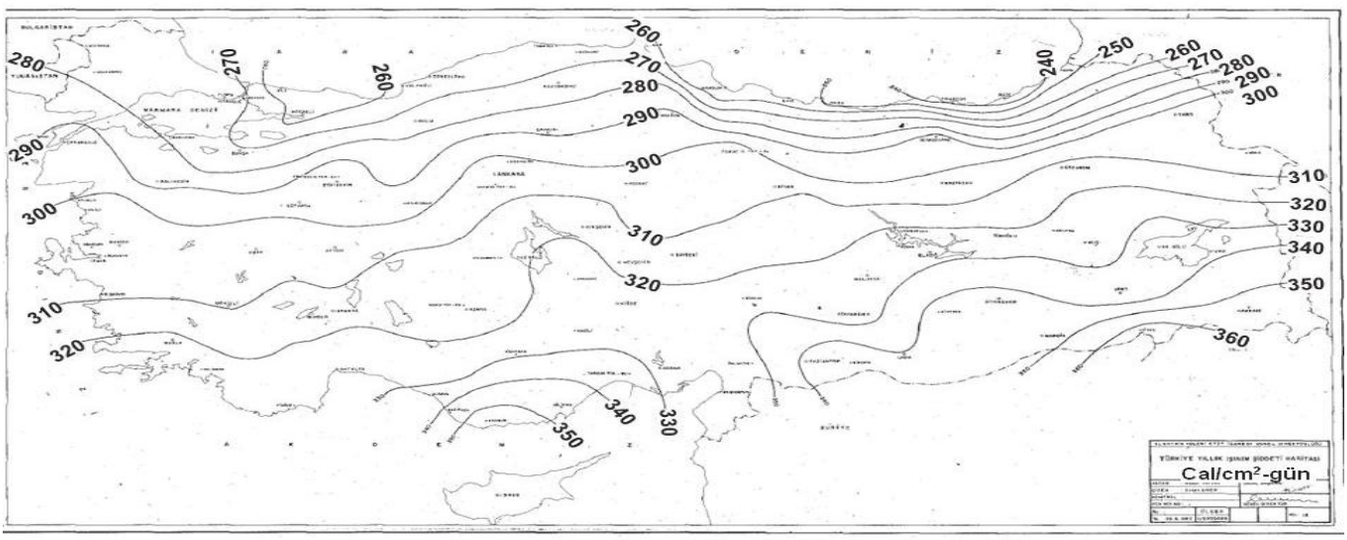
Şekil 55: Türkiye güneş enerjisi alansal ve zamansal dağılımı, 107 TET (Kaynak: DMİ) [80]



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 Hatay değerinin 330 cal/cm^2-gün çıktığını söyleyebiliriz. Bu da birimler dönüştürüldükten sonra Hatay için günlük 3,84 kWh/m^2'ye, yıllık 1402 kWh/m^2'ye tekabül etmektedir. Güneşlenme şiddetinin en yüksek olduğu yerlerin bugünkü GEPA'dan farklı olarak Mardin (1528 kWh/m^2) ve Mersin (1486 kWh/m^2) 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 silindir 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 pirhelyometrelerin 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 pirhelyometre 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) aktinografının 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. Aktinograftan 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.

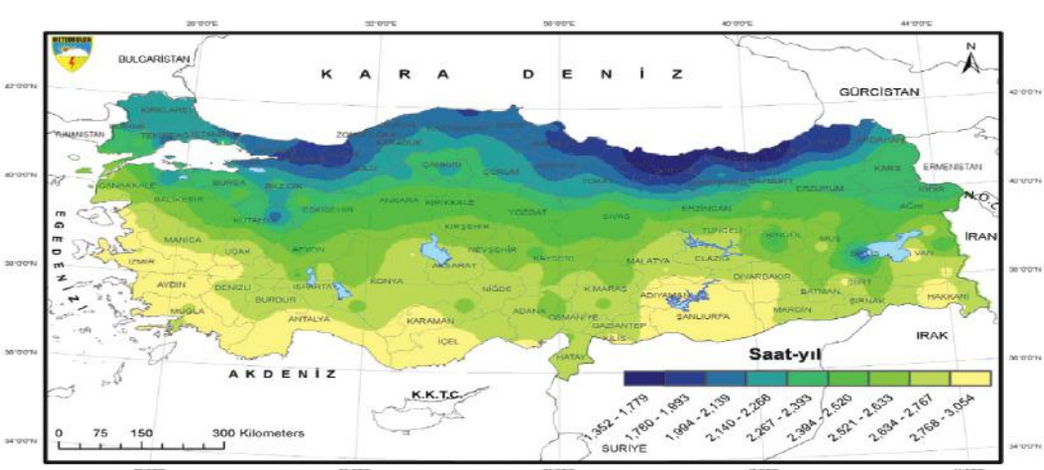
DMİ 2009 yılında yaptığı Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası çalışmasında 1971-2000 yılları arası ölçülen güneşlenme süresi ve ışıma şiddeti verileri işlenmiş; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2573 saat (günlük ortalama 7 saat), ortalama toplam ışıma şiddeti 1474 KWh/m²-yıl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

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

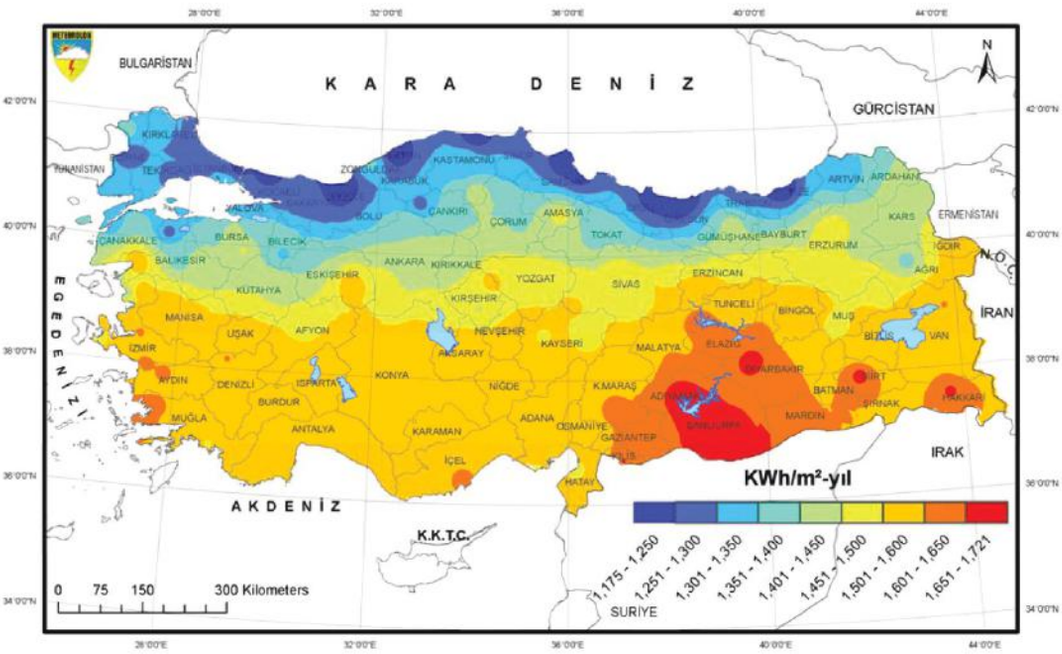
Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi		Güneşlenme süresi Saat/ay
	KCal/cm²-ay	kWh/m²-ay	
Ocak	5,13	59,7	106,9
Şubat	6,59	76,6	135,2
Mart	10,04	116,8	170,2
Nisan	11,96	139,1	203,5
Mayıs	14,75	171,5	260,5
Haziran	16,07	186,9	318,1
Temmuz	16,63	193,4	339,3
Ağustos	15,03	174,8	322,3
Eylül	12,06	140,3	277,9
Ekim	8,6	100	200,6
Kasım	5,56	64,7	142
Aralık	4,3	50	96,3
Toplam	127	1474	2573
Ortalama	347 Cal/cm²-gün	4 kWh/m²-gün	7 Saat/gün

Bu çalışmada DMİ'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, veriyle 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]

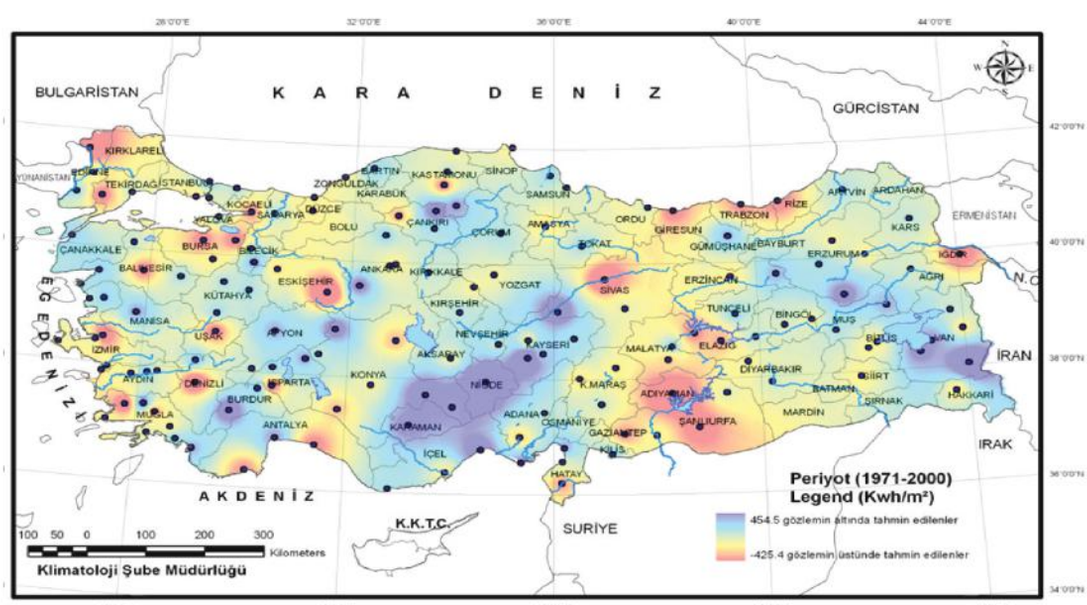


Şekil 58: MGM Türkiye yıllık toplam güneş radyasyonu (CAR modeline göre) [95]



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]



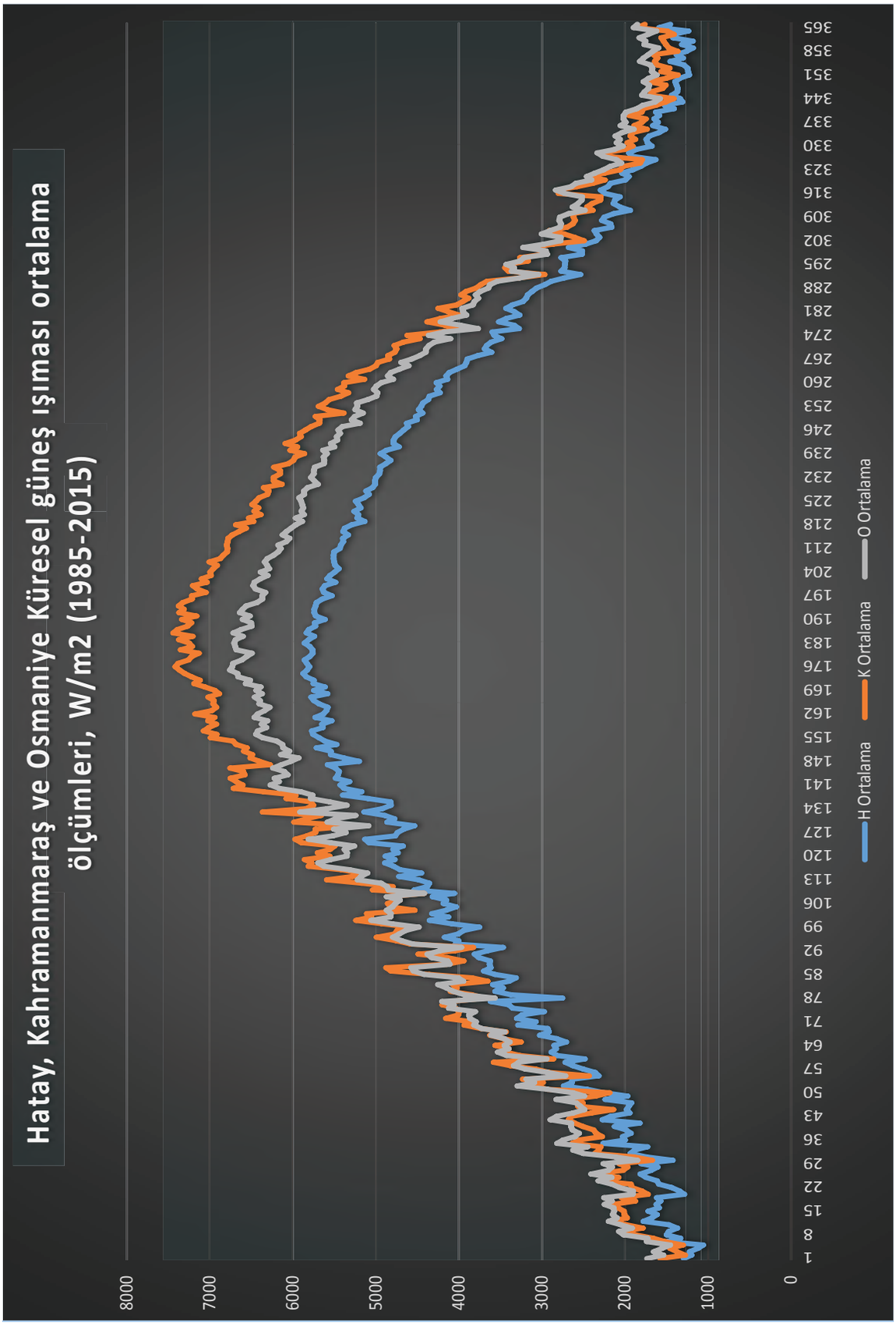
5.8.2. TR63 Bölgesi meteoroloji istasyonları güneş ışıması ölçümleri

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, Dörtyol, 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 alınabilmiştir. 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.

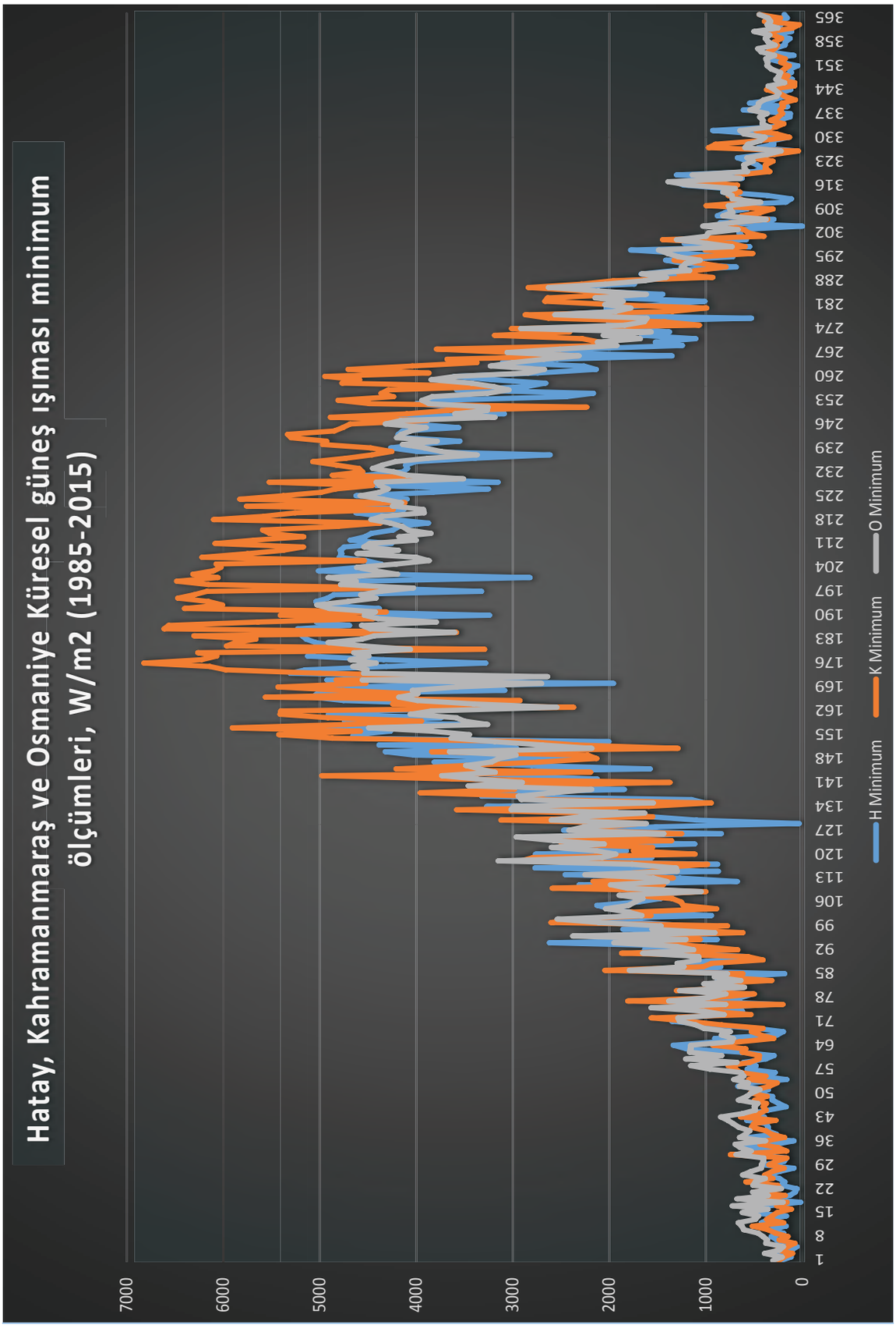
Çizelge 24: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması ortalama ölçümleri, W/m² (1985-2015)

İl	Açıklama	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

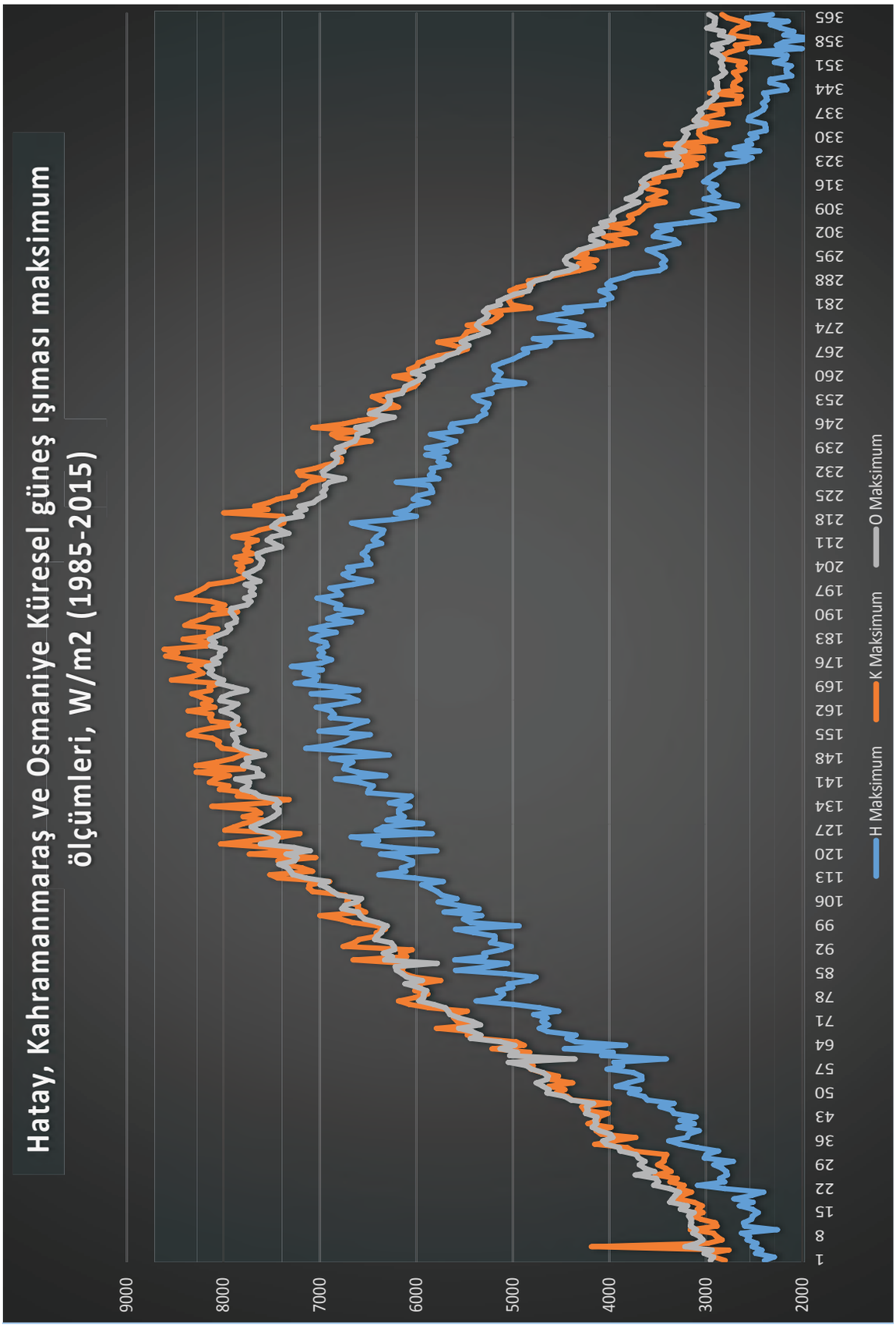
Şekil 60: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması ortalama ölçümleri



Şekil 61: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması minimum ölçümleri



Şekil 62: TR63 Bölgesi Küresel güneş ışıması maksimum ölçümleri



5.8.3. Hatay'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 bellidir. 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 yansıtmalar 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 Hatay'ın 365 gününü temsil eden günlük güneşlenme süreleri incelendiğinde en az güneş görülebilecek günlerin 9,6 saat/gün ile Aralık ayı, en çok güneş görülebilecek günlerin ise 14,4 saat/gün ile Haziran ayı olduğu görülür. Ortalama 11,8 saat/gün'lük bir güneşlenme süresi teorik potansiyeline sahip Hatay'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 farlılıkları ortaya koymaktadır (Şekil 63).

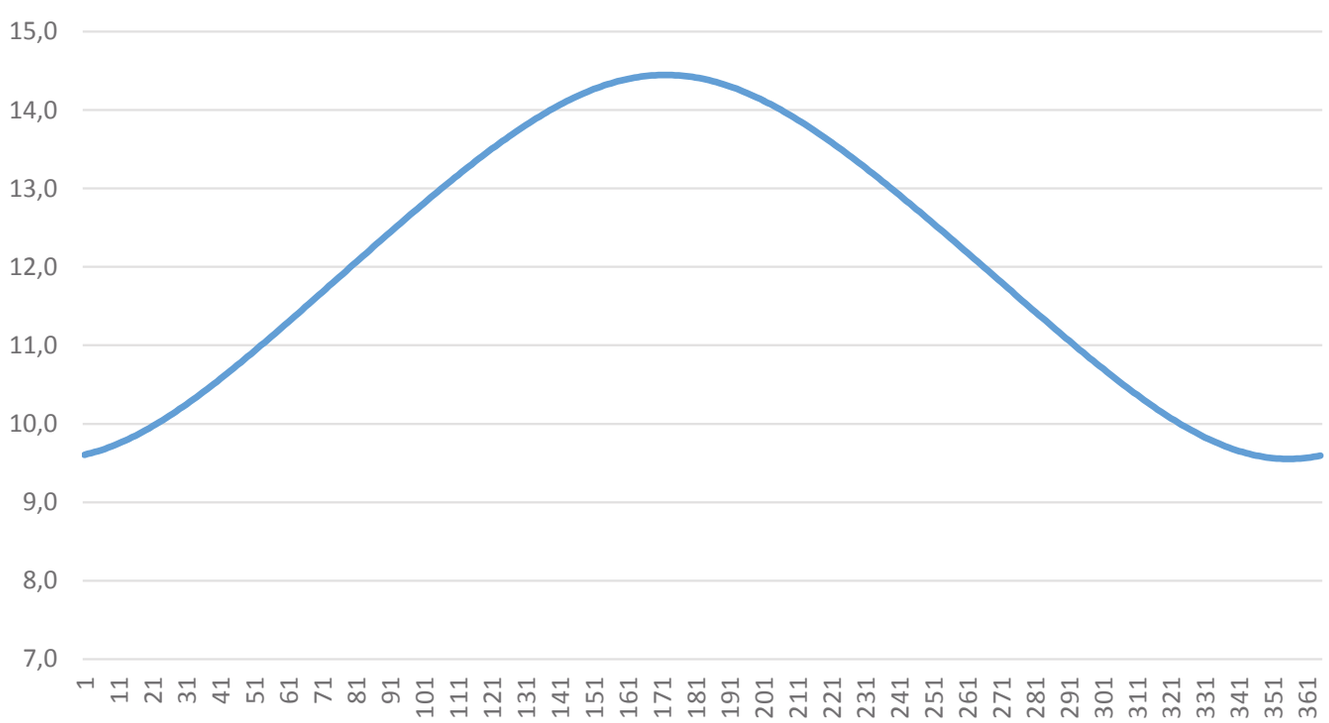
Teorik güneş ışıma şiddeti için de benzer bir durum söz konusudur. Bird Clear Sky Modeline göre atmosfer etkisi olmaksızın Hatay'a yılın 365 günü düşebilecek enerji miktarı hesaplanabilir. Beklenildiği üzere Aralık ayında 3,0 kWh/m^2-gün olan en düşük değere karşılık Haziran ayında 8,7 kWh/m^2-gün'lük en yüksek değere ulaşılır. Yıllık ortalama 6,1 kWh/m^2-gün'lük ve yıllık toplam 2.213 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: Hatay 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	9,6	10,3	11,3	12,4	13,5	14,3	14,4	13,8	12,8	11,7	10,6	9,7
2	9,6	10,3	11,3	12,5	13,5	14,3	14,4	13,8	12,8	11,7	10,5	9,7
3	9,6	10,3	11,3	12,5	13,6	14,3	14,4	13,8	12,7	11,6	10,5	9,7
4	9,6	10,4	11,4	12,6	13,6	14,3	14,4	13,7	12,7	11,6	10,5	9,7
5	9,7	10,4	11,4	12,6	13,6	14,3	14,4	13,7	12,7	11,5	10,4	9,7
6	9,7	10,4	11,5	12,6	13,7	14,4	14,4	13,7	12,6	11,5	10,4	9,7
7	9,7	10,5	11,5	12,7	13,7	14,4	14,3	13,6	12,6	11,5	10,4	9,7
8	9,7	10,5	11,5	12,7	13,7	14,4	14,3	13,6	12,6	11,4	10,3	9,6
9	9,7	10,5	11,6	12,7	13,8	14,4	14,3	13,6	12,5	11,4	10,3	9,6
10	9,7	10,6	11,6	12,8	13,8	14,4	14,3	13,6	12,5	11,4	10,3	9,6
11	9,7	10,6	11,6	12,8	13,8	14,4	14,3	13,5	12,4	11,3	10,2	9,6
12	9,8	10,6	11,7	12,9	13,8	14,4	14,3	13,5	12,4	11,3	10,2	9,6
13	9,8	10,7	11,7	12,9	13,9	14,4	14,3	13,5	12,4	11,2	10,2	9,6
14	9,8	10,7	11,8	12,9	13,9	14,4	14,2	13,4	12,3	11,2	10,2	9,6
15	9,8	10,7	11,8	13,0	13,9	14,4	14,2	13,4	12,3	11,2	10,1	9,6

Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	9,8	10,8	11,8	13,0	13,9	14,4	14,2	13,4	12,3	11,1	10,1	9,6
17	9,9	10,8	11,9	13,0	14,0	14,4	14,2	13,3	12,2	11,1	10,1	9,6
18	9,9	10,9	11,9	13,1	14,0	14,4	14,2	13,3	12,2	11,1	10,0	9,6
19	9,9	10,9	11,9	13,1	14,0	14,4	14,1	13,3	12,1	11,0	10,0	9,6
20	9,9	10,9	12,0	13,1	14,0	14,4	14,1	13,2	12,1	11,0	10,0	9,6
21	10,0	11,0	12,0	13,2	14,1	14,4	14,1	13,2	12,1	10,9	10,0	9,6
22	10,0	11,0	12,1	13,2	14,1	14,4	14,1	13,2	12,0	10,9	9,9	9,6
23	10,0	11,0	12,1	13,2	14,1	14,4	14,1	13,1	12,0	10,9	9,9	9,6
24	10,0	11,1	12,1	13,3	14,1	14,4	14,0	13,1	12,0	10,8	9,9	9,6
25	10,1	11,1	12,2	13,3	14,2	14,4	14,0	13,1	11,9	10,8	9,9	9,6
26	10,1	11,1	12,2	13,3	14,2	14,4	14,0	13,0	11,9	10,8	9,8	9,6
27	10,1	11,2	12,3	13,4	14,2	14,4	14,0	13,0	11,8	10,7	9,8	9,6
28	10,2	11,2	12,3	13,4	14,2	14,4	13,9	13,0	11,8	10,7	9,8	9,6
29	10,2		12,3	13,4	14,2	14,4	13,9	12,9	11,8	10,7	9,8	9,6
30	10,2		12,4	13,5	14,2	14,4	13,9	12,9	11,7	10,6	9,8	9,6
31	10,2		12,4		14,3		13,8	12,8		10,6		9,6
4.395	306,2	300,6	355,5	376,7	418,1	417,8	425,0	400,1	355,3	333,5	293,3	288,0
11,8	9,9	10,7	11,9	13,0	13,9	14,4	14,2	13,3	12,3	11,1	10,1	9,6

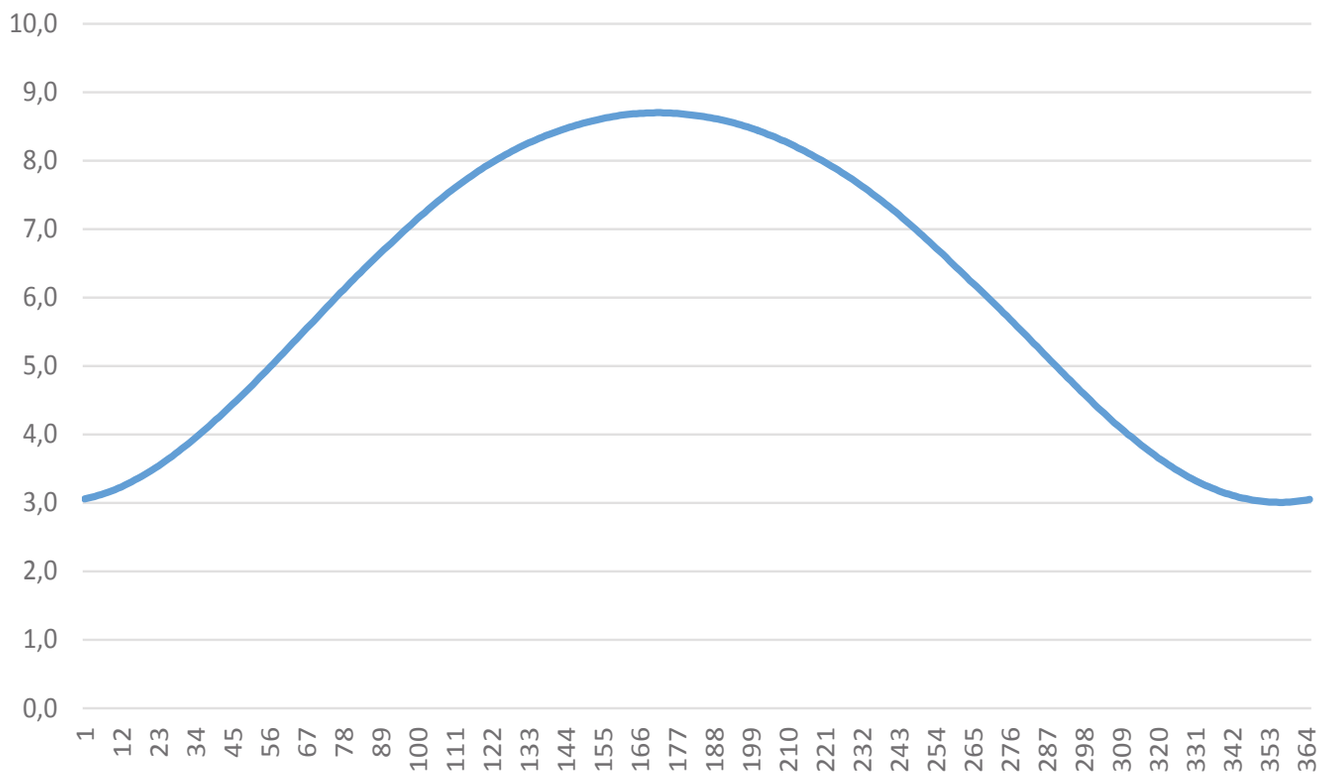
Şekil 63: Hatay açık gökyüzü teorik güneşlenme süresi, saat/gün [96]



Çizelge 26: Hatay 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	3,1	3,9	5,2	6,7	7,9	8,6	8,7	8,2	7,2	5,8	4,3	3,2
2	3,1	3,9	5,2	6,8	8,0	8,6	8,7	8,2	7,1	5,7	4,2	3,2
3	3,1	4,0	5,3	6,8	8,0	8,6	8,7	8,1	7,1	5,7	4,2	3,2
4	3,1	4,0	5,3	6,9	8,0	8,6	8,6	8,1	7,0	5,6	4,1	3,2
5	3,1	4,0	5,4	6,9	8,1	8,6	8,6	8,1	7,0	5,6	4,1	3,2
6	3,1	4,1	5,4	7,0	8,1	8,6	8,6	8,1	6,9	5,5	4,0	3,1
7	3,1	4,1	5,5	7,0	8,1	8,6	8,6	8,0	6,9	5,5	4,0	3,1
8	3,2	4,2	5,5	7,1	8,1	8,7	8,6	8,0	6,9	5,4	4,0	3,1
9	3,2	4,2	5,6	7,1	8,2	8,7	8,6	8,0	6,8	5,4	3,9	3,1
10	3,2	4,3	5,7	7,2	8,2	8,7	8,6	7,9	6,8	5,3	3,9	3,1
11	3,2	4,3	5,7	7,2	8,2	8,7	8,6	7,9	6,7	5,3	3,8	3,1
12	3,2	4,3	5,8	7,2	8,2	8,7	8,6	7,9	6,7	5,2	3,8	3,1
13	3,3	4,4	5,8	7,3	8,3	8,7	8,5	7,9	6,6	5,2	3,8	3,1
14	3,3	4,4	5,9	7,3	8,3	8,7	8,5	7,8	6,6	5,1	3,7	3,0
15	3,3	4,5	5,9	7,4	8,3	8,7	8,5	7,8	6,5	5,1	3,7	3,0
16	3,3	4,5	6,0	7,4	8,3	8,7	8,5	7,8	6,5	5,0	3,7	3,0
17	3,4	4,6	6,0	7,4	8,3	8,7	8,5	7,7	6,4	5,0	3,6	3,0
18	3,4	4,6	6,1	7,5	8,4	8,7	8,5	7,7	6,4	4,9	3,6	3,0
19	3,4	4,7	6,1	7,5	8,4	8,7	8,5	7,7	6,3	4,9	3,6	3,0
20	3,4	4,7	6,2	7,6	8,4	8,7	8,4	7,6	6,3	4,8	3,5	3,0
21	3,5	4,8	6,2	7,6	8,4	8,7	8,4	7,6	6,3	4,8	3,5	3,0
22	3,5	4,8	6,3	7,6	8,4	8,7	8,4	7,6	6,2	4,7	3,5	3,0
23	3,5	4,9	6,3	7,7	8,5	8,7	8,4	7,5	6,2	4,7	3,4	3,0
24	3,6	4,9	6,4	7,7	8,5	8,7	8,4	7,5	6,1	4,6	3,4	3,0
25	3,6	5,0	6,4	7,7	8,5	8,7	8,3	7,4	6,1	4,6	3,4	3,0
26	3,6	5,0	6,5	7,8	8,5	8,7	8,3	7,4	6,0	4,5	3,4	3,0
27	3,7	5,1	6,5	7,8	8,5	8,7	8,3	7,4	6,0	4,5	3,3	3,0
28	3,7	5,1	6,6	7,8	8,5	8,7	8,3	7,3	5,9	4,4	3,3	3,0
29	3,8		6,6	7,9	8,5	8,7	8,3	7,3	5,9	4,4	3,3	3,0
30	3,8		6,7	7,9	8,6	8,7	8,2	7,2	5,8	4,4	3,3	3,0
31	3,8		6,7		8,6		8,2	7,2		4,3		3,0
2.213	104,6	125,4	179,5	214,2	249,4	251,5	254,3	231,7	188,1	150,3	106,9	91,9
6,1	3,4	4,5	6,0	7,4	8,3	8,7	8,5	7,7	6,5	5,0	3,7	3,1

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



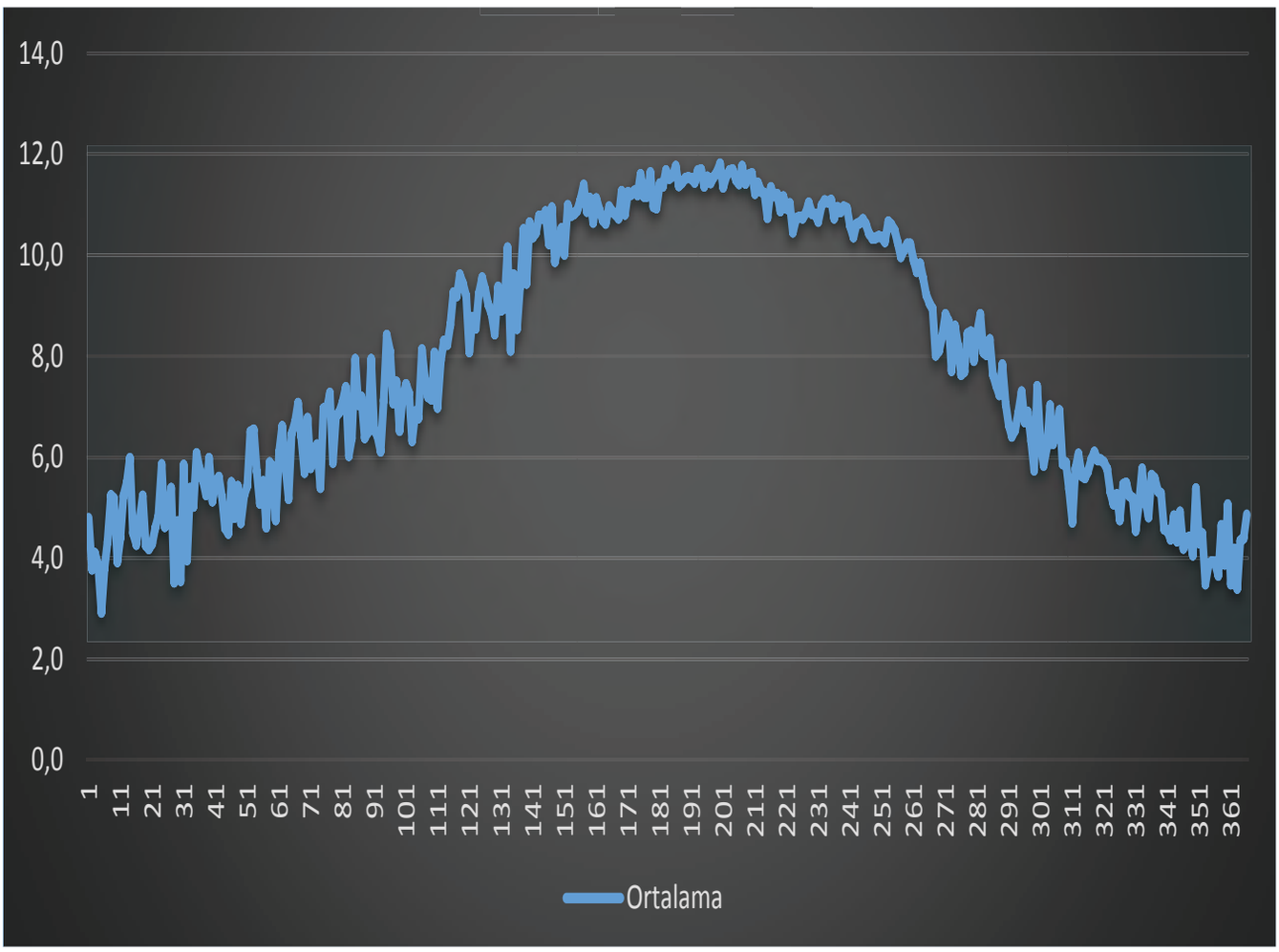
5.8.4. Hatay'ın saha güneş enerjisi potansiyeli

Hatay Meteoroloji Müdürlüğü rasat parkında 1985-2015 arası çalıştırılan helyograf (Şekil 37-a) ölçümlerine dayanan 30 yıllık güneşlenme süresi ölçüm sonuçlarının ortalama değerlerine göre Hatay'ın 365 günlük periyotta ortalama günlük güneşlenme süresi 7,9 saat, yıllık ise 2882 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 aktinografın 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: Hatay güneşlenme süresi ölçümleri, Saat/gün (1985-2015)

Gün/ Toplam/ Ortalama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4,8	4,0	6,1	6,4	8,8	10,8	11,7	11,2	10,7	8,2	6,5	5,6
2	3,8	5,4	6,6	6,1	8,6	10,8	11,5	10,8	10,6	7,6	6,9	5,6
3	4,1	5,0	5,9	7,1	9,2	10,9	11,6	11,3	10,4	7,7	5,9	5,3
4	3,9	6,1	5,2	8,4	9,6	11,1	11,8	11,2	10,3	8,4	5,9	5,3
5	2,9	5,8	6,5	8,1	9,3	11,4	11,4	11,2	10,4	8,5	5,4	4,6
6	3,8	5,5	6,7	7,1	9,0	10,9	11,4	10,9	10,4	7,9	4,7	4,5
7	4,3	5,3	7,1	7,5	8,8	11,1	11,5	11,2	10,4	8,5	5,8	4,4
8	5,2	6,0	6,4	6,5	8,4	10,7	11,5	10,9	10,3	8,8	6,1	4,8
9	5,2	5,1	5,7	7,2	9,4	11,1	11,5	11,0	10,7	8,1	5,6	4,3
10	3,9	5,5	6,8	7,4	8,9	10,9	11,5	10,5	10,6	8,0	5,6	4,9
11	4,4	5,6	5,8	7,3	9,0	10,7	11,7	10,7	10,5	8,3	5,7	4,2
12	5,2	5,2	6,0	6,3	10,2	10,6	11,7	10,8	10,3	7,6	6,0	4,4
13	5,5	4,6	6,2	6,9	8,1	11,0	11,4	10,7	10,0	7,4	6,1	4,4
14	6,0	4,5	5,4	6,8	9,6	10,9	11,6	10,8	10,1	7,2	6,0	4,1
15	4,5	5,5	7,0	8,1	8,6	10,8	11,4	11,0	10,2	7,8	6,0	5,4
16	4,3	4,8	6,9	7,5	9,4	10,7	11,6	10,8	10,2	7,1	5,9	4,3
17	4,7	5,4	7,3	7,2	10,5	11,3	11,6	10,8	9,9	6,6	5,8	4,5
18	5,2	4,7	5,9	7,2	9,5	10,8	11,8	10,7	9,7	6,4	5,3	3,5
19	4,3	5,3	6,8	8,1	10,6	11,3	11,4	11,0	9,8	6,5	5,1	3,9
20	4,2	5,4	6,9	7,0	10,4	11,2	11,6	11,1	9,5	6,9	5,3	3,9
21	4,3	6,5	7,1	7,9	10,5	11,3	11,7	11,1	9,2	7,3	4,8	3,9
22	4,6	6,5	7,4	8,3	10,8	11,2	11,7	11,1	9,1	6,7	5,5	3,7
23	4,8	5,7	6,0	8,2	10,7	11,6	11,5	10,7	8,9	6,9	5,5	4,7
24	5,9	5,1	6,4	8,6	10,9	11,2	11,4	11,0	8,0	6,3	5,2	3,9
25	4,6	5,5	7,9	9,3	10,2	11,2	11,8	10,9	8,1	5,8	5,2	5,1
26	4,7	4,6	7,1	9,2	10,9	11,6	11,4	11,0	8,4	7,4	4,6	3,5
27	5,4	5,9	7,2	9,6	9,9	11,0	11,6	10,9	8,8	6,3	5,0	4,2
28	3,5	5,8	6,4	9,5	10,2	10,9	11,6	10,6	8,7	5,8	5,8	3,4
29	4,7	4,8	6,5	9,2	10,5	11,4	11,2	10,4	7,7	6,2	5,2	4,3
30	3,6		7,9	8,1	10,0	11,4	11,4	10,6	8,6	7,0	4,8	4,4
31	5,8		6,5		11,0		11,3	10,6		6,3		4,9
2.882	142	155	203	232	301	332	358	338	290	226	167	138
7,9	4,6	5,3	6,6	7,7	9,7	11,1	11,5	10,9	9,7	7,3	5,6	4,4

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



Hatay 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 3,6 kWh/m^2, yıllık toplamı ise 1320 kWh/m^2–yıl çıkmaktadır (Çizelge 28). Bölüm (3.7)'de açıklandığı üzere küresel güneş ışıma ölçümlerinin de son 30 yılda azalış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 28: Hatay 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	1,3	1,9	2,8	3,7	4,8	5,5	5,9	5,4	4,7	3,6	2,2	1,7
2	1,2	1,9	2,9	3,5	4,7	5,6	5,8	5,3	4,7	3,3	2,2	1,6
3	1,2	1,7	2,8	4,0	5,1	5,7	5,7	5,4	4,6	3,3	2,3	1,6
4	1,1	2,3	2,9	4,0	5,1	5,8	5,8	5,4	4,6	3,5	2,3	1,6
5	1,1	2,0	2,7	4,2	4,8	5,8	5,8	5,3	4,5	3,4	2,1	1,6
6	1,5	2,0	2,8	4,0	4,7	5,6	5,7	5,1	4,5	3,3	1,9	1,4
7	1,3	1,9	3,0	3,9	4,7	5,6	5,7	5,2	4,4	3,3	2,1	1,5
8	1,5	2,0	2,9	3,8	4,5	5,5	5,6	5,2	4,5	3,4	2,1	1,3
9	1,5	2,1	2,9	4,1	4,9	5,7	5,7	5,3	4,5	3,4	2,1	1,3
10	1,4	1,8	3,3	4,4	4,8	5,6	5,7	5,2	4,4	3,2	2,1	1,4
11	1,5	2,3	3,1	4,1	4,9	5,6	5,7	5,2	4,4	3,2	2,2	1,4
12	1,8	2,2	3,3	4,3	5,1	5,6	5,7	5,2	4,4	3,2	2,3	1,4
13	1,7	1,9	3,2	4,2	4,9	5,7	5,7	5,1	4,2	3,1	2,2	1,4
14	1,6	2,0	3,0	4,0	4,8	5,7	5,6	5,1	4,3	3,1	2,2	1,4
15	1,7	2,0	3,4	4,2	4,8	5,8	5,5	5,1	4,2	3,0	2,0	1,3
16	1,6	1,9	3,4	4,2	5,1	5,6	5,6	5,0	4,3	2,9	2,0	1,2
17	1,6	2,2	3,6	4,3	5,4	5,7	5,6	5,0	4,1	2,7	2,0	1,2
18	1,6	2,0	2,8	4,1	5,2	5,6	5,6	5,0	4,2	2,5	1,9	1,2
19	1,6	2,3	3,4	4,5	5,4	5,8	5,5	5,0	4,1	2,8	1,8	1,3
20	1,3	2,5	3,6	4,4	5,4	5,8	5,6	5,0	4,0	2,7	1,7	1,5
21	1,3	2,7	3,5	4,4	5,3	5,8	5,6	5,0	3,9	2,7	1,6	1,3
22	1,4	2,6	3,6	4,5	5,5	5,9	5,5	5,0	3,9	2,7	1,9	1,4
23	1,6	2,6	3,4	4,7	5,5	5,8	5,4	4,9	3,9	2,8	2,0	1,3
24	1,6	2,3	3,3	4,5	5,4	5,8	5,5	4,8	3,8	2,5	1,9	1,2
25	1,7	2,4	3,6	4,7	5,5	5,8	5,5	4,9	3,6	2,5	1,7	1,3
26	1,8	2,5	3,7	4,8	5,6	5,9	5,5	4,9	3,7	2,7	1,7	1,2
27	1,7	2,6	3,6	4,9	5,2	5,8	5,5	4,9	3,7	2,5	1,7	1,4
28	1,6	2,7	3,6	4,8	5,4	5,8	5,5	4,7	3,6	2,3	1,7	1,4
29	1,8	2,5	3,6	4,9	5,5	5,8	5,4	4,8	3,5	2,3	1,6	1,2
30	1,4	0,0	3,8	4,7	5,5	5,8	5,4	4,8	3,6	2,3	1,5	1,6
31	1,7	0,0	3,8	0,0	5,7	0,0	5,4	4,8	0,0	2,4	0,0	1,5
1.320	47	64	101	129	159	172	174	157	125	91	59	43
3,6	1,5	2,2	3,3	4,3	5,1	5,7	5,6	5,1	4,2	2,9	2,0	1,4

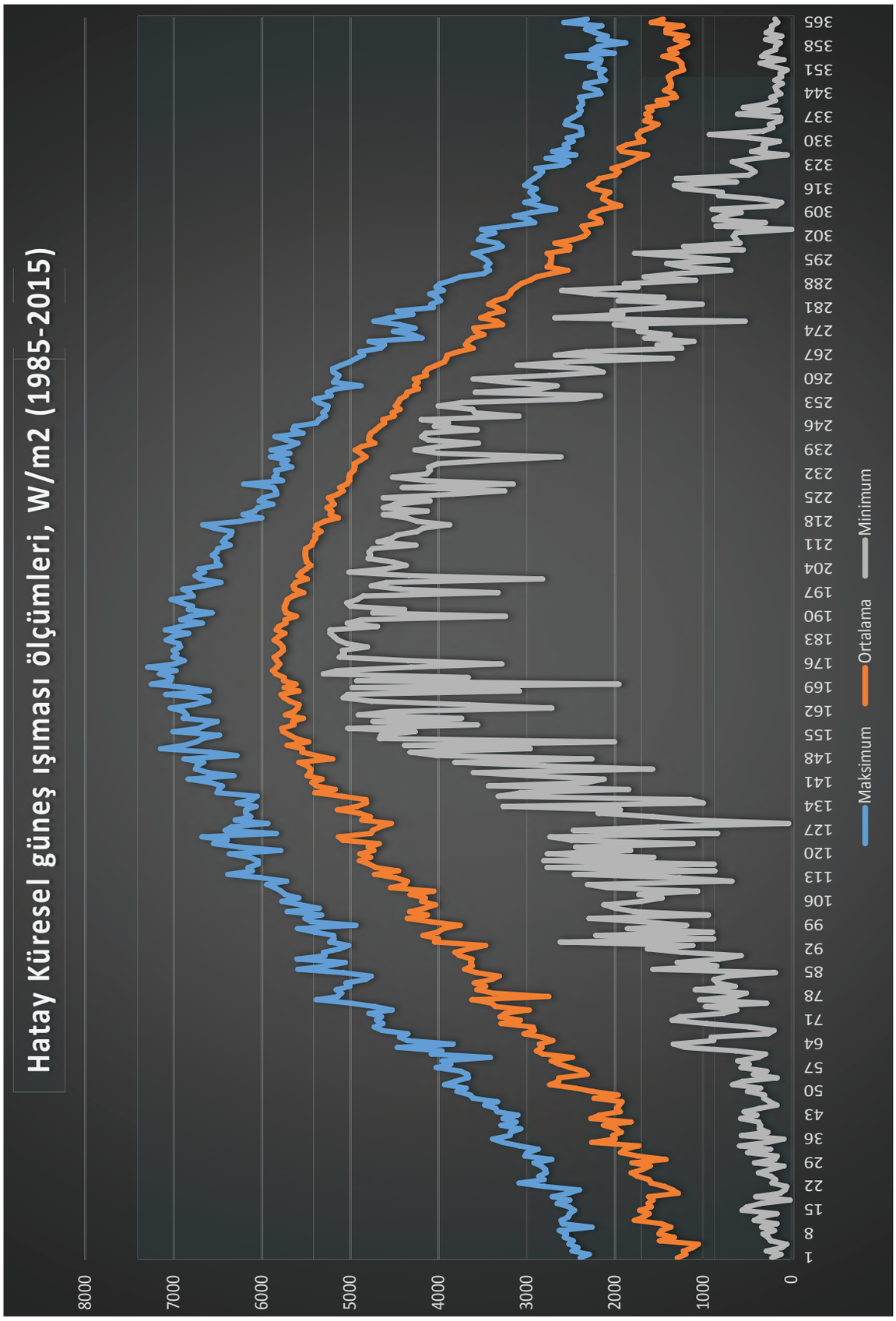
Küresel güneş ışıması günlük ölçümlerinin maksimumlarından elde edilen veri setine göre ise değerlerinin günlük ortalaması 4,7 kWh/m², yıllık toplamı ise 1723 kWh/m²–yıl çıkmaktadır (Çizelge 29). Ayrıca meteorolojik ölçümlerinin işlendiği ilgili bölümde de (Bkz.B:3) açıklandığı üzere % 10'luk bir düzeltme katsayısı uygulama gerekecektir.

Çizelge 29: Hatay 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	2,4	3,0	4,1	5,1	6,3	6,7	7,1	6,4	5,6	4,3	2,9	2,5
2	2,3	2,9	4,0	5,0	6,5	6,7	7,0	6,3	5,6	4,4	3,0	2,5
3	2,5	3,1	4,5	5,2	6,4	6,5	6,8	6,5	5,4	4,7	3,1	2,4
4	2,4	3,3	3,8	5,2	6,7	7,0	7,1	6,7	5,4	4,6	3,0	2,4
5	2,5	3,4	4,3	5,2	5,8	6,7	6,9	6,2	5,3	4,3	2,7	2,4
6	2,5	3,2	4,4	5,4	6,4	6,6	6,7	6,0	5,3	4,5	2,9	2,4
7	2,6	3,2	4,4	5,6	6,3	6,5	6,9	6,2	5,3	4,1	3,0	2,4
8	2,6	3,1	4,6	4,9	5,9	6,9	6,8	6,1	5,3	4,1	2,9	2,4
9	2,6	3,3	4,7	5,4	6,3	6,9	6,6	6,0	5,4	4,0	2,9	2,2
10	2,3	3,1	4,6	5,5	6,1	6,9	6,8	5,9	5,4	4,0	3,0	2,2
11	2,6	3,3	4,7	5,3	6,2	7,0	6,8	6,0	5,2	4,1	2,9	2,3
12	2,6	3,1	4,6	5,7	6,2	6,8	6,9	6,0	5,3	3,9	3,0	2,3
13	2,5	3,3	4,8	5,4	6,1	6,6	7,0	5,8	5,2	4,0	3,0	2,1
14	2,5	3,4	4,5	5,6	6,3	6,7	6,8	5,8	4,9	4,0	2,9	2,2
15	2,5	3,5	4,7	5,8	6,1	7,1	6,8	5,9	5,2	3,8	2,9	2,2
16	2,5	3,3	5,0	5,6	6,1	6,6	6,9	6,2	5,2	3,8	2,8	2,1
17	2,7	3,6	5,4	5,7	6,5	6,8	6,7	5,8	5,1	3,5	2,9	2,3
18	2,5	3,6	5,1	5,8	6,5	7,3	6,5	5,9	5,2	3,4	2,6	2,2
19	2,7	3,8	5,1	5,9	6,5	7,0	6,7	5,8	5,2	3,5	2,5	2,2
20	2,5	3,7	5,2	5,9	6,6	7,0	6,8	5,8	5,1	3,4	2,8	2,5
21	2,4	3,9	5,0	5,7	6,8	7,2	6,7	5,7	5,0	3,5	2,4	2,0
22	2,8	3,8	5,0	6,0	6,3	7,0	6,7	5,8	4,9	3,5	2,7	2,3
23	3,1	3,7	4,8	6,4	6,6	7,3	6,5	5,7	4,9	3,6	2,5	2,2
24	2,8	3,7	4,8	6,1	6,8	7,0	6,5	5,9	4,9	3,4	2,6	1,9
25	2,9	3,8	5,1	6,2	6,7	6,9	6,5	5,7	4,7	3,3	2,5	2,2
26	2,8	4,0	5,6	6,0	6,7	7,0	6,6	5,9	4,6	3,3	2,5	2,1
27	2,8	3,9	5,3	6,0	6,9	7,0	6,5	5,7	4,8	3,5	2,4	2,2
28	2,8	4,0	5,1	6,1	6,3	7,0	6,5	5,6	4,2	3,5	2,4	2,3
29	2,9	3,4	5,6	6,4	6,6	6,9	6,4	5,7	4,3	3,4	2,4	2,2
30	2,7	0,0	5,3	5,8	7,1	6,9	6,4	5,9	4,5	3,5	2,6	2,6
31	3,0	0,0	5,3	0,0	6,9	0,0	6,4	5,5	0,0	3,2	0,0	2,3
1.723	81	100	149	170	199	207	208	185	152	118	83	70
4,7	2,6	3,5	4,8	5,7	6,4	6,9	6,7	6,0	5,1	3,8	2,8	2,3

Hatay'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: Hatay Küresel güneş ışıması ölçümlerinin maksimum, ortalama ve minimum serileri



5.9. Hatay'ın Uygulama Güneş Enerjisi Potansiyeli

Tüm kaynak ve yöntemlerden edinilen sonuçlar doğrultusunda bir noktanın veya bir bölgenin FV güneş elektriği 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 Hatay'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 elektriği 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 tecrübelere dayanarak % 10'luk bir pay da eklenip, Hatay için yatay yüzeyde yıllık ortalama küresel güneş ışıması 1827 kWh/m^2-yıl olarak belirlenmiştir. Günlük bazda incelendiğinde Ekim – Nisan arasında günlük 2 kWh/m^2'ye kadar düşen güneş ışıması Mayıs – Eylül arasında 4 katı kadar artarak günlük 8 kWh/m^2'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 elektriği yatırımı yapılabileceği bildirilen 28 ilin hiç birisinin 1620 kWh/m^2-yıl eşiğini aşamadığı unutulmamalıdır.

Bu haliyle Hatay, küresel güneş ışıma kapasitesi 1620 kWh/m^2-yıl eşiğini rahatlıkla aşan ve FV güneş elektriği yatırımı karlı olabilecek bir il'dir. ETKB tarafından açıklanacak Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinin Bağlanabileceği Trafo Merkezleri ve Kapasiteleri listesinde yer almalıdır.

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

Veri kaynağı	Güneşlenme süresi, Saat/yıl	Güneş ışıması, kWh/m²-yıl
NASA, Bird,	4395 (Açık gökyüzü)	2.213 (Teorik)
GEPA	3006 (Türkiye'de en yüksek 11.)	1543 (Türkiye'de en yüksek 38.)
		1700 (Amanos Dağları etekleri)
PVGIS		1871
		2097 (31° açıyla FV yüzey)
HelioClim		1804 (2005 yılı)
		1771 (2006 yılı)
NASA SSE	4452 (Açık gökyüzü)	1727 (ortalama)
		1863 (36° açıyla FV yüzey)
		2076 (Açık gökyüzü)
SOLARGIS		1700
Global Solar Atlas		1872
		2094 (30° açıyla FV yüzey)
		1557 kWh/kWp
DMİ-EİE, 1983	2956	1390 (Akdeniz Bölgesi)
		1402
DMİ, CAR modeli, 2009	2600	1600
DMİ, GWR modeli, 2009		>1625
MGM, 1985-2015	2882 (Ortalama)	716 (Minimum)
		1320 (Ortalama)
		1723 (Maksimum)
12 veri ortalaması		1661 kWh/m²-yıl
Referans Senaryo (Saha tecrübelerinden % 10 artırımlı)		1827 kWh/m²-yıl

Çizelge 31: Hatay 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	2,2	2,4	3,6	5,1	6,6	7,6	8,0	7,5	6,6	4,9	3,3	2,3
2	2,2	2,4	3,6	5,1	6,7	7,6	8,0	7,5	6,5	4,9	3,2	2,3
3	2,2	2,5	3,7	5,2	6,7	7,7	8,0	7,4	6,5	4,8	3,1	2,3
4	2,2	2,5	3,8	5,3	6,7	7,7	8,0	7,4	6,4	4,8	3,1	2,2
5	2,2	2,5	3,8	5,3	6,6	7,8	8,0	7,4	6,4	4,7	3,0	2,2
6	2,2	2,6	3,9	5,3	6,6	7,8	7,9	7,3	6,4	4,7	3,0	2,1
7	2,2	2,6	3,9	5,4	6,6	7,8	7,9	7,3	6,3	4,7	3,0	2,1
8	2,2	2,7	4,0	5,4	6,6	7,8	7,9	7,3	6,3	4,7	2,9	2,1
9	1,8	2,7	4,0	5,5	6,6	7,8	7,9	7,2	6,2	4,6	2,9	2,0
10	1,8	2,8	4,1	5,6	6,7	7,8	7,9	7,2	6,2	4,6	3,0	2,0
11	1,9	2,8	4,2	5,6	6,7	7,8	7,9	7,2	6,1	4,6	3,0	2,0
12	2,0	2,8	4,2	5,6	6,6	7,8	7,9	7,2	6,1	4,5	2,9	2,0
13	2,0	2,8	4,3	5,6	6,6	7,8	7,8	7,1	6,0	4,4	2,9	1,9
14	2,1	2,8	4,3	5,7	6,7	7,8	7,8	7,1	6,0	4,4	2,9	1,9
15	2,1	2,8	4,4	5,7	6,8	7,8	7,8	7,1	6,0	4,3	2,9	1,8
16	2,2	2,8	4,4	5,8	6,9	7,8	7,8	7,1	5,9	4,2	2,9	1,8
17	2,2	2,8	4,5	5,8	6,9	7,8	7,8	7,0	5,9	4,1	2,8	1,8
18	2,2	2,8	4,5	5,8	7,0	7,8	7,8	7,0	5,8	4,0	2,8	1,8
19	2,2	2,9	4,6	5,9	7,1	7,9	7,7	7,0	5,7	4,0	2,7	1,8
20	2,2	3,0	4,6	5,9	7,1	7,9	7,7	6,9	5,7	3,9	2,7	1,8
21	2,1	3,0	4,6	6,0	7,2	7,9	7,7	6,9	5,6	3,8	2,6	1,8
22	2,1	3,1	4,7	6,0	7,3	7,9	7,6	6,9	5,6	3,8	2,6	1,8
23	2,1	3,2	4,7	6,1	7,4	7,9	7,6	6,8	5,5	3,7	2,5	1,8
24	2,1	3,2	4,7	6,2	7,5	8,0	7,6	6,8	5,4	3,7	2,5	1,8
25	2,2	3,3	4,7	6,3	7,4	8,0	7,6	6,8	5,3	3,6	2,5	1,8
26	2,2	3,4	4,9	6,4	7,5	8,0	7,6	6,7	5,3	3,6	2,4	1,8
27	2,2	3,5	4,9	6,4	7,5	8,0	7,6	6,7	5,2	3,6	2,4	1,8
28	2,2	3,6	4,9	6,4	7,5	8,0	7,6	6,7	5,1	3,5	2,4	1,8
29	2,2	3,6	5,0	6,5	7,6	8,0	7,5	6,7	5,1	3,4	2,4	1,9
30	2,3		5,0	6,5	7,6	8,0	7,5	6,6	5,0	3,4	2,3	1,9
31	2,3		5,0		7,6		7,5	6,6		3,3		1,9
1.827	66	84	135	173	217	235	241	218	176	129	84	67
5,0	2,1	2,9	4,4	5,8	7,0	7,8	7,8	7,0	5,9	4,2	2,8	2,2

B. HATAY'IN FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ FİZİBİLİTESİ

6. HATAY'IN FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİNE YAPISAL UYGUNLUĞU

6.1. Elektriksel Alt Yapı ve Trafo Merkezleri

Hatay 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 Hatay'yı içine alan 10. Bölge mevcut iletim yatırımlarına ilave olmaksızın üretim yatırımına uygun olmayan niteliktedir. 10. Bölge'de 2016 yaz puant saatinde talep 3481 MW iken, 2021'de % 32 artışla 4596 MW; 2026'da % 64 artışla 5696 MW'a olması beklenmektedir [98].

Mevcut durumda ise Hatay'da 10 tane TEİAŞ tarafından işletilen Trafo Merkezi (TM) bulunmaktadır (Şekil 68).

Şekil 68: Hatay TEİAŞ trafo merkezleri

Hatay'da Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'ne göre kayıtlı 4 tane üretim lisansı, 2 tane de OSB Dağıtım Lisansı bulunmaktadır. Elektrik üretimine dair lisans almış tesis sayısı, kurulu güçleri, öngörülen üretim miktarları ise EPDK verilerine göre Mayıs 2017 itibariyle Çizelge 32'te gösterilmiştir. Toplam 22 tesis içerisinde güneş kaynaklı elektrik üretim lisansı bulunmamaktadır. Ancak 25.08.2016 tarihli, süresi 25.2.2019'da dolacak 9 MW gücünde bir güneş önlisans tahsisi yapılmıştır. Çizelgede RES ağırlığı dikkat çekmektedir. Ancak buradaki tesis sayısının tamamının faaliyette olmadığı, lisans tahsisatı yapılmış projeler olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

Çizelge 32: Hatay elektrik üretim tesisi istatistikleri (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 MW	İşletmedeki Kapasite MW
Güneş						
Termik	5	16.215.280.000	2.378	2.349	2.368	2.339
Rüzgar	0	1.512.010.500	404	398	359	353
Biyokütle	2	53.411.400	9	8	3	3
Hidroelektrik	5	97.793.672	32	30	11	10
Toplam	22	17.878.495.572	2.823	2.786	2.740	2.705

Hatay'ın elektrik tüketimi Türkiye'nin % 2,1'ine tekabül etmektedir. Meskenler tüketimde % 34'lik pay sahibi iken sanayi toplam tüketimin % 45'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 (%)
Hatay	7.045	137.329	181.664	2.419	78.304	406.761	2,1
%	2	34	45	1	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	

Hatay'da faturalandırılan elektrik tüketimi son bir yılda % 42 artış göstermiştir. Tarımsal sulama ve sanayi sektörleri bu artışta en büyük pay sahibidir (Çizelge 34).

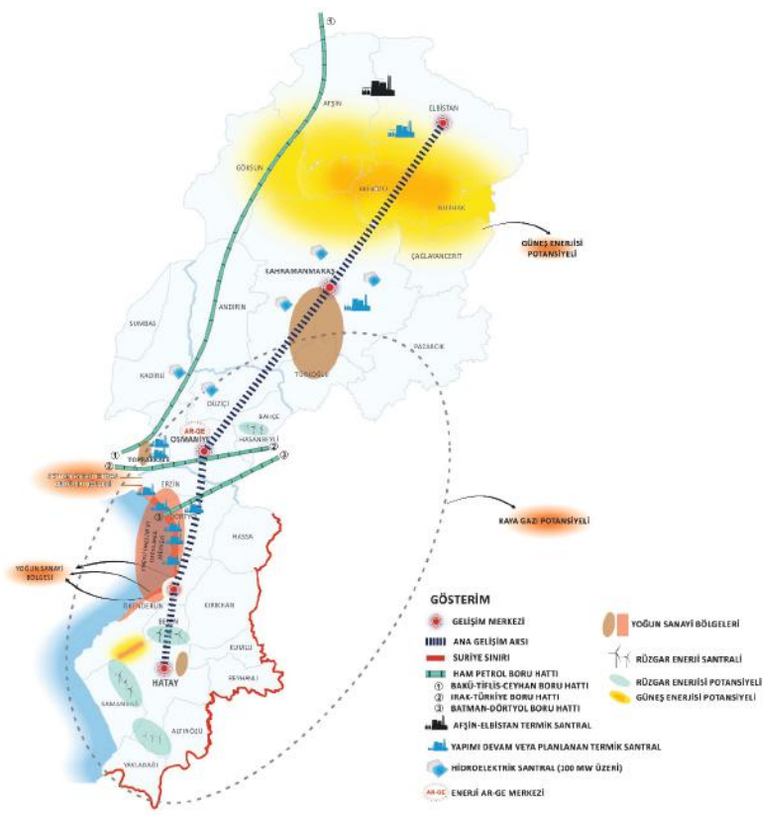
Çizelge 34: Faturalanan elektrik tüketiminin tüketici türü bazında dağılımının dönemler arası karşılaştırılması (Kaynak: EPDK) [99]

Tüketici türü	2016 Ocak			2017 Ocak			Tüketici Değişim %	Tüketim Değişim %
	Tüketici sayısı	*Miktar MWh*	*Türkiye payı %*	*Tüketici sayısı*	*Miktar MWh*	*Türkiye payı %*		
Aydınlatma		7.033	0,039		7.045	0,037		0,17
Mesken		98.805	0,542		137.329	0,720		38,99
Sanayi		111.644	0,613		181.664	0,950		62,72
Tarımsal sulama		985	0,005		2.419	0,013		145,51
Ticarethane		67.471	0,370		78.304	0,410		16,05
Toplam	684.149	285.938	1,569	706.093	406.761	2,130	3,210	42,25

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 bütünleşik veya arazi üzerinde olabilmektedir. Binaya bütünleşik FV GES'ler çatı ve yüzey olarak ikiye ayrılabilir. Hatay'da 2013 yapı ruhsatlarına göre toplam 2.484 adet bina bulunmaktadır. Bunların 1.964'ü ikamet amaçlı; ikamet dışı 520 binanın 32'si işyeri, 334'ü ticaret, 2'si iletişim, 78'i sanayi, 37'si kamu, 19'u otel ve 18'i de diğer tür binalardır [61]. Yaklaşık 2500 binanın ortalama 100 m^2 FV kuruluma uygun çatı ve/veya yüzey alanı olduğu varsayıldığında 250.000 m^2'lik bir FV alan potansiyelinden bahsedilebilir. 1 kW için 8 m^2 alan ihtiyacı olması koşuluyla Hatay için 30 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 Hatay için belirlenmiş alan büyüklüğüne bakılabilir.

Bu rapora göre Samandağ'da 2,2 ve 11; Antakya'da 9,5; İskenderun'da 4,4 ve 6,5; Payas ve Hassa'da 37, Hassa ve Dörtyol'da 29 km^2'lik olmak üzere toplam 100 km^2'lik FV GES arazisi verimli olarak belirlenmiştir [4]. Hassa'da bulunan ve üzerinde tarım yapılamayan leçelik alan da FV GES kurulumuna uygun görülmektedir. Gerekli kamusal görüş ve izinler alınmak kaydıyla Enerji Endüstri Bölgesi ve/veya YEKA arazisi olarak tahsis edilebilecek 160 km^2'lik bir proje sahası niteliğindedir (Şekil 70).

Şekil 70: Hatay'da FV GES kurulumuna uygun saha önerisi (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 Hatay için uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu yaklaşımla Hatay'ın yıllık toplam güneş ışıması değerinde % 15'lik bir azlık olmasına rağmen güneşlenme süresi değerinde yalnızca % 3'lük bir fark olduğu görülmektedir. Bunun ana sebebinin de 3,3/8'lik bulut kapalılığı ve % 70'lere ulaşan nem değeri olduğu söylenebilir (Çizelge 35).

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

Yatırım kriteri	Parametre	Karapınar YEKA'daki değer	Hatay'daki değer
Konum	Yıllık toplam güneşlenme süresi	2964 saat/yıl	2882 saat/yıl
	Yıllık toplam güneş ışıması**	2100 kWh/m^2-yıl	1827 kWh/m^2-yıl
İklim özellikleri	Atmosfer yoğunluğu (Bulut kapalılığı)	Düşük, 0-2 Okta*	Düşük, 3,3/8
	Akarsu yataklarına uzaklık	Akarsu yok	< 20 km
	Hava kirliliği	Çok Düşük Derece	Şehir merkezinde yoğun
	Rüzgar potansiyeli	Orta, 5,5 m/s/yıl	Orta, 1,2-3,6 m/s
	İklim yapısı	Yarı kurak-Soğuk	Ilıman, yağışlı
	Nem oranı	% 21	% 70
	Denize uzaklık	265 km/Akdeniz	Çok yakın
	Hava sıcaklığı	11,8 °C/yıl	18-19 °C/yıl
Konumsal özellikler	Arazi eğimi	1° – 1,5°	Kuzeyden güneye uzanan dağların doğu ve batısında düzlükler
	Deprem riski	5. derece deprem bölgesi	1. derece deprem bölgesi
	Korunan alan	Koruma alanı olmayan araziler	Tekkoz-Kengerlidüz; Habibineccar Tabiatı Koruma Alanları; Arsuz; Altınözü Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları
	Orman bölgesi	Orman niteliği olmayan araziler	Ormanlık alanı % 39
	Tarım bölgesi	Tarım bölgesi olmayan araziler	Tarım: 243.512, Ekilen alan: 127.511, Nadas: 1.076, Sebze: 28.664 ,Meyve: 86.258, Süs: 3
	Mera sahası	Mera vasfından çıkarılacak araziler	Çayır-mera 33.000 ha
	Karayolu durumu	Demiryolu, karayolu geçmeyen araziler	Uluslararası karayolu (E-91) ile Cilvegözü ve Yayladağı sınır kapıları. Demir ve denizyolu
	Havaalanı yakınlığı	110 km/ortalama	Yakın mesafe
	Askeri alan	Askeri tatbikat alanına yeterli derecede uzak araziler	Ülke sınırları, < 20 km
	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	Amanos dağları
	Kuş göç yolları	Kuşların göç yönüne yeterince uzak araziler	Kuşların göç yönüne yeterince uzak araziler
Diğer	Yatırım izinleri	Endüstri bölgesi ilanı gündemdedir	4. teşvik bölgesi
	Trafo ve iletim şebeke kısıtları	Mevcut 75 MW'lık trafo kapasitesi	Tahsis edilen maksimum GES+RES kapasitesi: 9,16 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/m^2-yıl olarak hesaplanmaktadır. Ek bir hesaplama veya veri kaynağı yöntemi belirtilmediğinden, raporda duyurulan 2100 kWh/m^2-yıl değerine nasıl ulaşıldığı anlaşılamamıştır. Bu değerin 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 itibariyle geçerli olduğu söylenebilir (Çizelge 36).

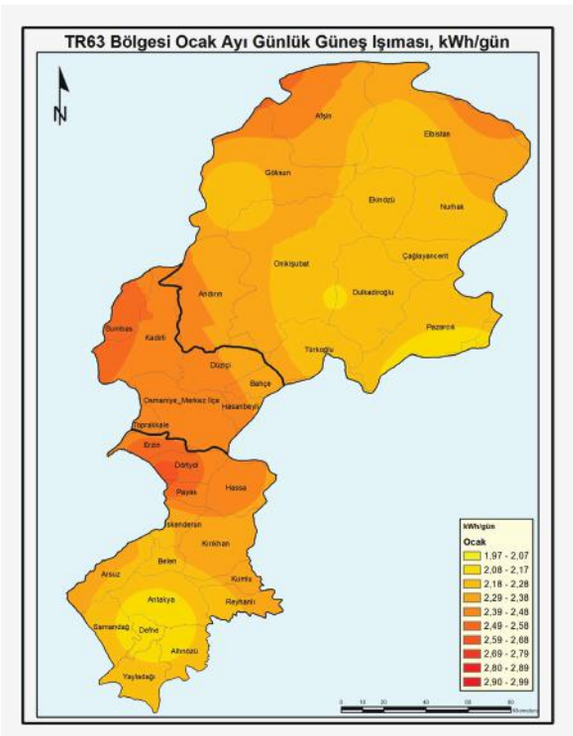
Çizelge 36: Güneş Enerjisi için Finansman Modelleri GZFT matrisi (Kaynak: GÜNDER) [16]

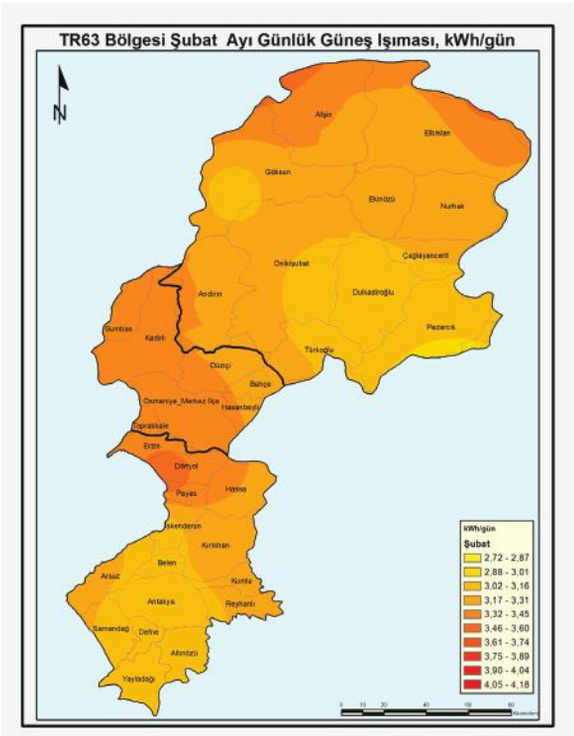
GÜÇLÜ • Yüksek güneş potansiyeli • Gelişme potansiyeli yüksek Pazar • Azalan ekipman maliyetleri • Diğer YE'lere kıyasla nispeten daha yüksek destek tarife fiyatı	ZAYIF • Bilim ve teknoloji • Yasal düzenlemeler • Teknik altyapı • Diğer ülkelere kıyasla daha düşük destek ve tarife fiyatı
FIRSATLAR • Sürekli 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

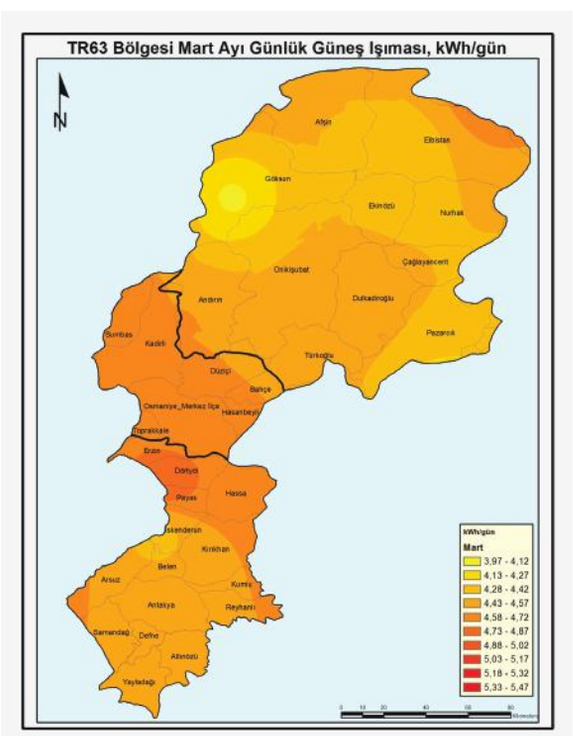
6.4. TR63 Bölgesi FV Güneş Elektriği Potansiyel Haritası

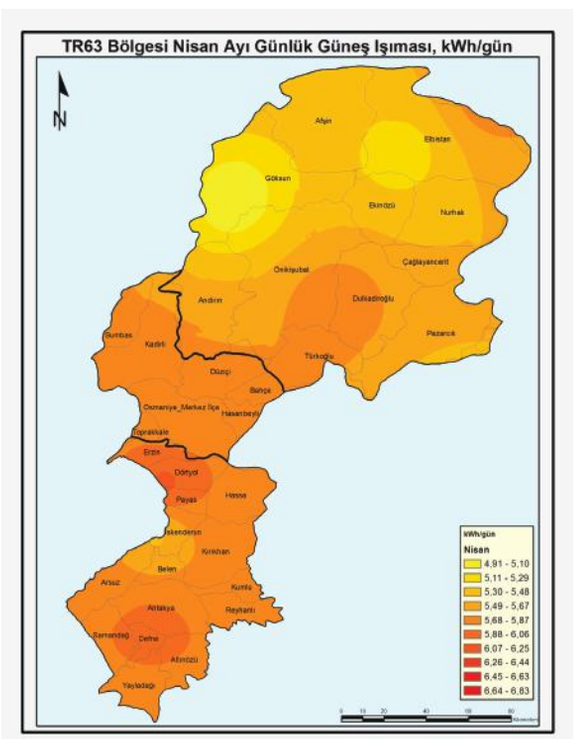
Bölgesel koşullar ve meteorolojik analizler neticesinde bölgenin iller bazında güneş enerji teknolojisine uyumluluğu konusu işlenmiştir. Meteorolojik ölçümlerin il merkezinde olması sebebiyle ilgili analizler il merkezlerini temsil etmektedirler. TR63 Bölgesi'nin tamamında güneş enerji potansiyelinin 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, Darande/Balaban, Göksun, Elbistan, Kozan, Dörtyol, 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 Dörtyol 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, göreli düşük potansiyelde kalmışlardır. Mevcut kurulu FV GES'lerin üretim verileri kamuoyu ile paylaşıldıkça haritaların doğruluklarının sağlaması da yapılabilmiş olacaktır.

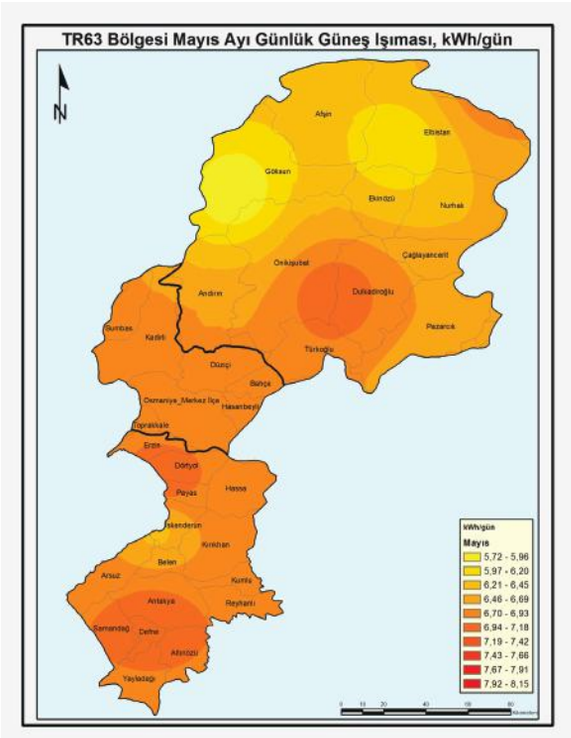
Şekil 71: TR63 Bölgesi aylık güneş ışıması değerleri haritalaması

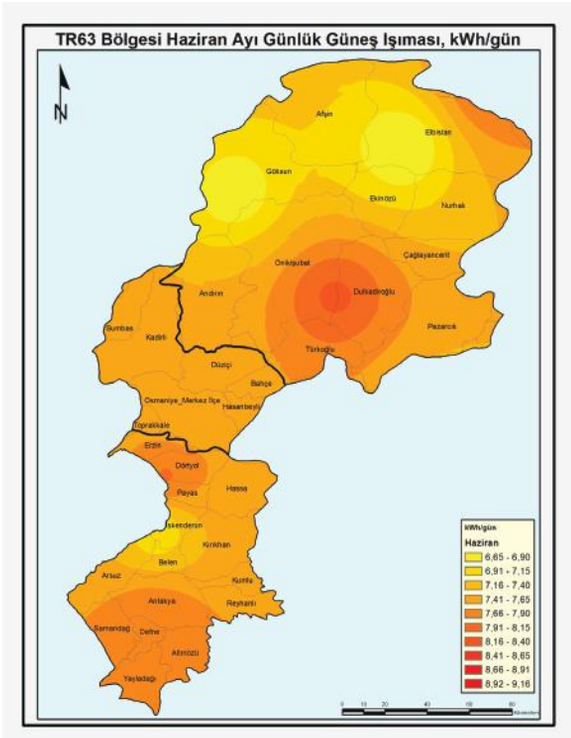


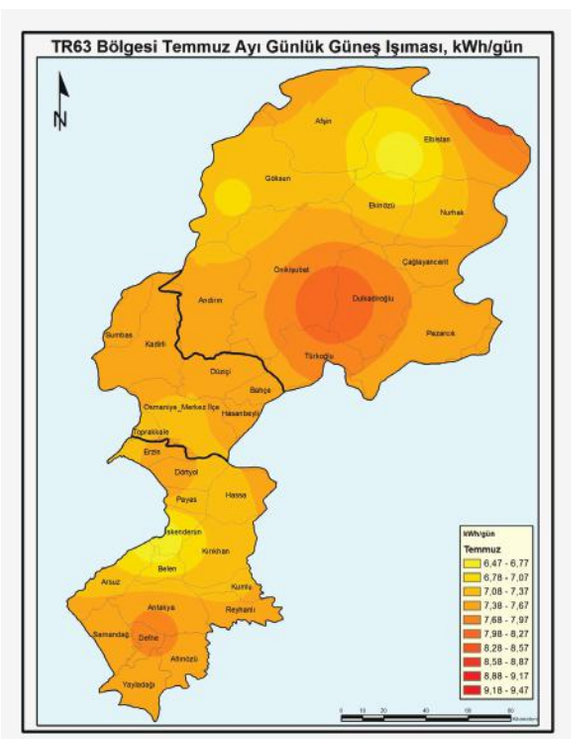


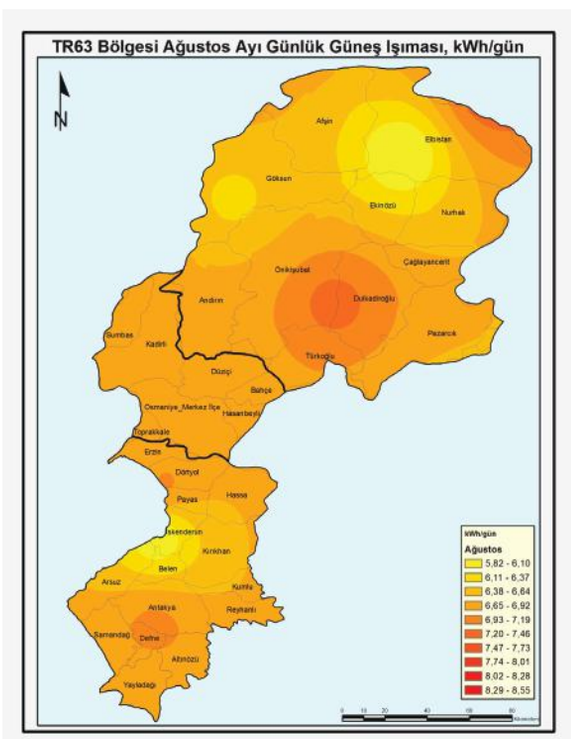


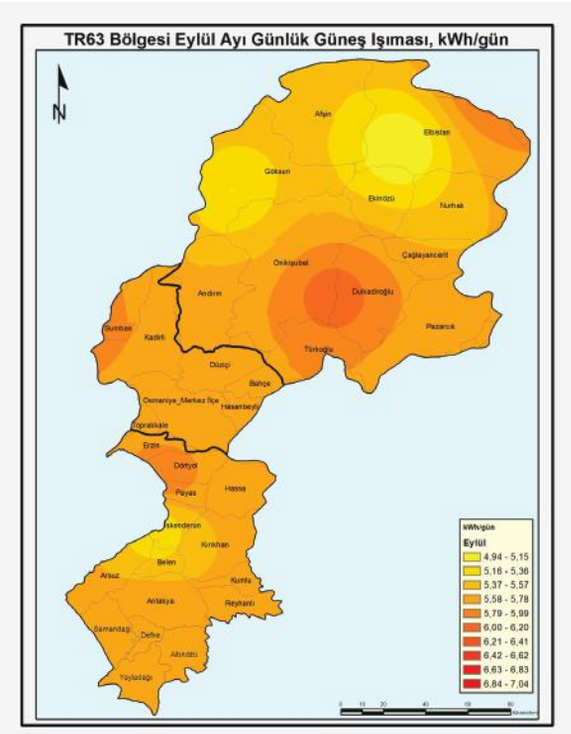


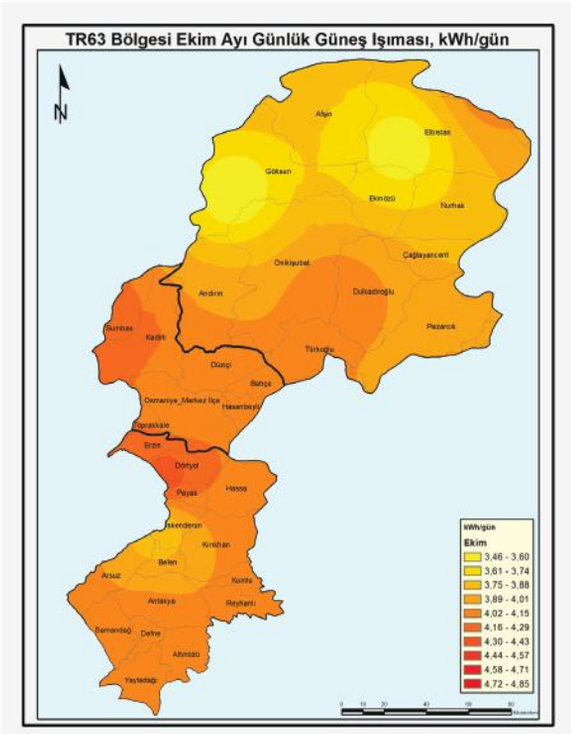

TR63 Bölgesi Mayıs Ayı Günlük Güneş Işıması, kWh/gün
N
Afşin
Elbistan
Göksun
Ekinözü
Nurhak
Çağlayancerit
Onikişubat
Andırın
Dulkadroğlu
Pazarcık
Türkoğlu
Kahramanmaraş
Kadirli
Düziçi
Bahçe
Osmaniye_Merkez İlçe
Hasanbeyli
Toprakkale
Erzin
Dörtyol
Payas
Hassa
İskenderun
Kırıkhan
Belen
Arsuz
Kumlu
Antakya
Reyhanlı
Samandağ
Defne
Altınözü
Yayladağı
kWh/gün
Mayıs
5,72 - 5,96
5,97 - 6,20
6,21 - 6,45
6,46 - 6,69
6,70 - 6,93
6,94 - 7,18
7,19 - 7,42
7,43 - 7,66
7,67 - 7,91
7,92 - 8,15

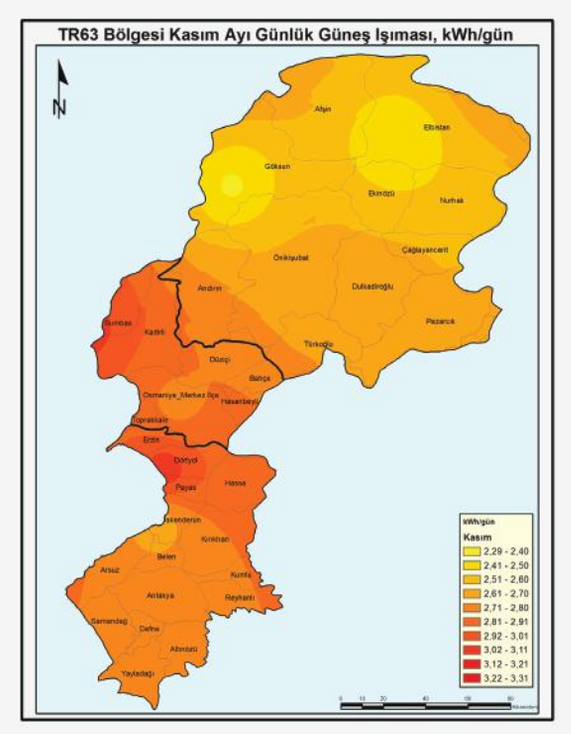

TR63 Bölgesi Haziran Ayı Günlük Güneş Işıması, kWh/gün
N
Afşin
Elbistan
Göksun
Ekinözü
Nurhak
Çağlayancerit
Onikişubat
Andırın
Dulkadroğlu
Pazarcık
Türkoğlu
Kahramanmaraş
Kadirli
Düziçi
Bahçe
Osmaniye_Merkez İlçe
Hasanbeyli
Toprakkale
Erzin
Dörtyol
Payas
Hassa
İskenderun
Kırıkhan
Belen
Arsuz
Kumlu
Antakya
Reyhanlı
Samandağ
Defne
Altınözü
Yayladağı
kWh/gün
Haziran
6,65 - 6,90
6,91 - 7,15
7,16 - 7,40
7,41 - 7,65
7,66 - 7,90
7,91 - 8,15
8,16 - 8,40
8,41 - 8,65
8,66 - 8,91
8,92 - 9,16

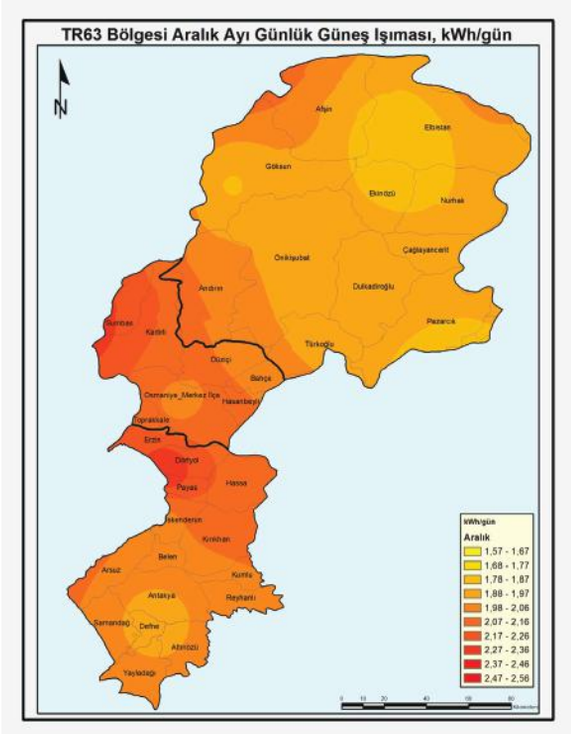

TR63 Bölgesi Temmuz Ayı Günlük Güneş Işıması, kWh/gün
N
Afşin
Elbistan
Göksun
Ekinözü
Nurhak
Çağlayancerit
Onikişubat
Andırın
Dulkadroğlu
Pazarcık
Türkoğlu
Kahramanmaraş
Kadirli
Düziçi
Bahçe
Osmaniye_Merkez İlçe
Hasanbeyli
Toprakkale
Erzin
Dörtyol
Payas
Hassa
İskenderun
Kırıkhan
Belen
Arsuz
Kumlu
Antakya
Reyhanlı
Samandağ
Defne
Altınözü
Yayladağı
kWh/gün
Temmuz
6,47 - 6,77
6,78 - 7,07
7,08 - 7,37
7,38 - 7,67
7,68 - 7,97
7,98 - 8,27
8,28 - 8,57
8,58 - 8,87
8,88 - 9,17
9,18 - 9,47


TR63 Bölgesi Ağustos Ayı Günlük Güneş Işıması, kWh/gün
N
Afşin
Elbistan
Göksun
Ekinözü
Nurhak
Çağlayancerit
Onikişubat
Andırın
Dulkadroğlu
Pazarcık
Türkoğlu
Kahramanmaraş
Kadirli
Düziçi
Bahçe
Osmaniye_Merkez İlçe
Hasanbeyli
Toprakkale
Erzin
Dörtyol
Payas
Hassa
İskenderun
Kırıkhan
Belen
Arsuz
Kumlu
Antakya
Reyhanlı
Samandağ
Defne
Altınözü
Yayladağı
kWh/gün
Ağustos
5,82 - 6,10
6,11 - 6,37
6,38 - 6,64
6,65 - 6,92
6,93 - 7,19
7,20 - 7,46
7,47 - 7,73
7,74 - 8,01
8,02 - 8,28
8,29 - 8,55

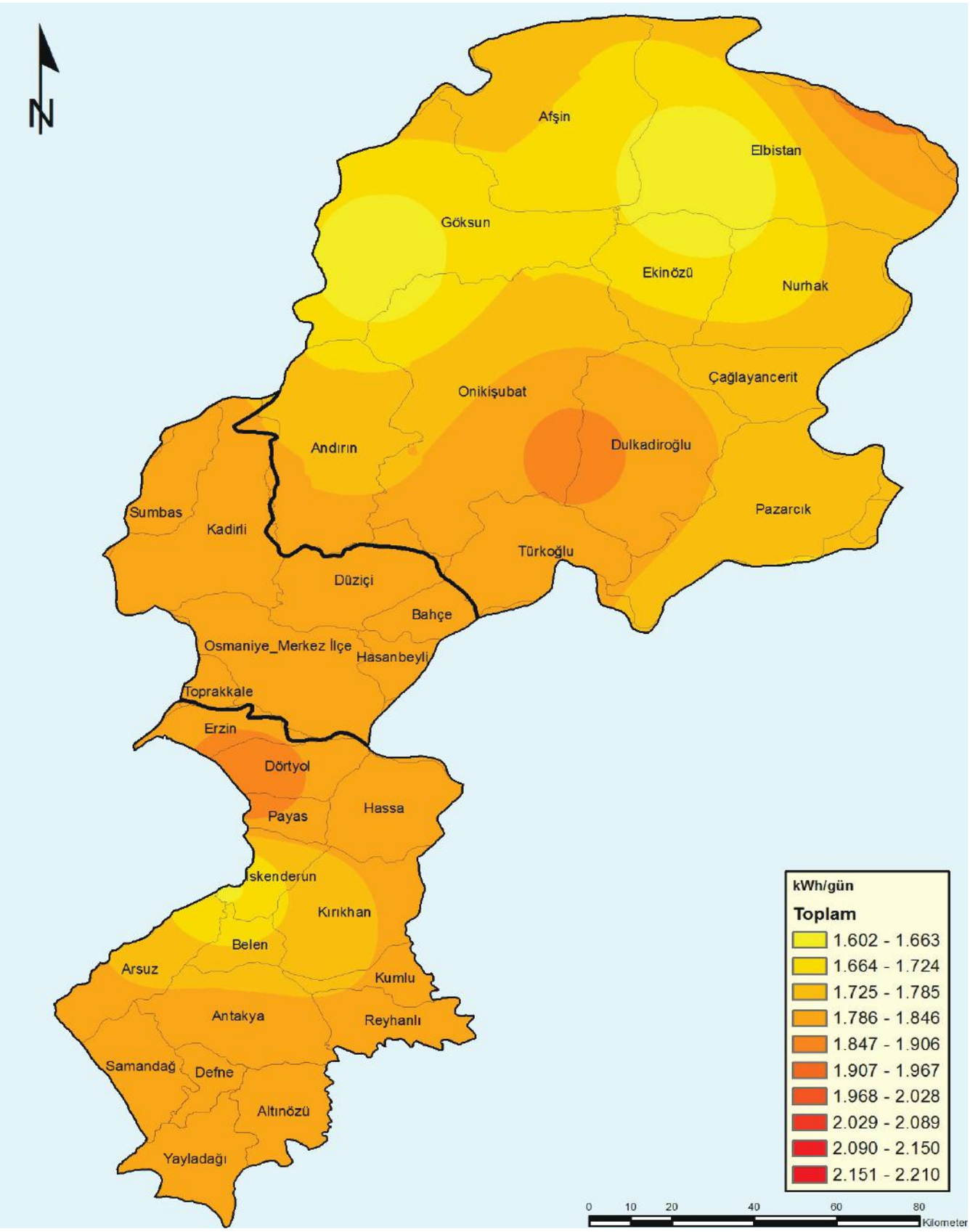

TR63 Bölgesi Eylül Ayı Günlük Güneş Işıması, kWh/gün
N
Afşin
Elbistan
Göksun
Ekinözü
Nurhak
Onikişubat
Çağlayancerit
Andırın
Dulkadiroğlu
Pazarcık
Türkoğlu
Kahramanmaraş
Kadirli
Düziçi
Bahçe
Osmaniye_Merkez İlçe
Hasanbeyli
Toprakkale
Erzin
Dörtyol
Payas
Hassa
İskenderun
Kırıkhan
Belen
Arsuz
Kumlu
Antakya
Reyhanlı
Samandağ
Defne
Altınözü
Yayladağı
kWh/gün
Eylül
4,94 - 5,15
5,16 - 5,36
5,37 - 5,57
5,58 - 5,78
5,79 - 5,99
6,00 - 6,20
6,21 - 6,41
6,42 - 6,62
6,63 - 6,83
6,84 - 7,04


TR63 Bölgesi Ekim Ayı Günlük Güneş Işıması, kWh/gün
N
Afşin
Elbistan
Göksun
Ekinözü
Nurhak
Onikişubat
Çağlayancerit
Andırın
Dulkadiroğlu
Pazarcık
Türkoğlu
Kahramanmaraş
Kadirli
Düziçi
Bahçe
Osmaniye_Merkez İlçe
Hasanbeyli
Toprakkale
Erzin
Dörtyol
Payas
Hassa
İskenderun
Kırıkhan
Belen
Arsuz
Kumlu
Antakya
Reyhanlı
Samandağ
Defne
Altınözü
Yayladağı
kWh/gün
Ekim
3,46 - 3,60
3,61 - 3,74
3,75 - 3,88
3,89 - 4,01
4,02 - 4,15
4,16 - 4,29
4,30 - 4,43
4,44 - 4,57
4,58 - 4,71
4,72 - 4,85


TR63 Bölgesi Kasım Ayı Günlük Güneş Işıması, kWh/gün
N
Afşin
Elbistan
Göksun
Ekinözü
Nurhak
Onikişubat
Çağlayancerit
Andırın
Dulkadiroğlu
Pazarcık
Türkoğlu
Kahramanmaraş
Kadirli
Düziçi
Bahçe
Osmaniye_Merkez İlçe
Hasanbeyli
Toprakkale
Erzin
Dörtyol
Payas
Hassa
İskenderun
Kırıkhan
Belen
Arsuz
Kumlu
Antakya
Reyhanlı
Samandağ
Defne
Altınözü
Yayladağı
kWh/gün
Kasım
2,29 - 2,40
2,41 - 2,50
2,51 - 2,60
2,61 - 2,70
2,71 - 2,80
2,81 - 2,91
2,92 - 3,01
3,02 - 3,11
3,12 - 3,21
3,22 - 3,31


TR63 Bölgesi Aralık Ayı Günlük Güneş Işıması, kWh/gün
N
Afşin
Elbistan
Göksun
Ekinözü
Nurhak
Onikişubat
Çağlayancerit
Andırın
Dulkadiroğlu
Pazarcık
Türkoğlu
Kahramanmaraş
Kadirli
Düziçi
Bahçe
Osmaniye_Merkez İlçe
Hasanbeyli
Toprakkale
Erzin
Dörtyol
Payas
Hassa
İskenderun
Kırıkhan
Belen
Arsuz
Kumlu
Antakya
Reyhanlı
Samandağ
Defne
Altınözü
Yayladağı
kWh/gün
Aralık
1,57 - 1,67
1,68 - 1,77
1,78 - 1,87
1,88 - 1,97
1,98 - 2,06
2,07 - 2,16
2,17 - 2,26
2,27 - 2,36
2,37 - 2,46
2,47 - 2,56

Şekil 72: TR63 Bölgesi yıllık güneş ışıması değerleri haritalaması



7. KAMUSAL İZİNLER, KARARLAR, UYGULAMALAR

Ülkemizde yasalara göre FV güneş elektriği 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/şahısların "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 insiyatifi 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

- Tip proje onay yazısı
- Tip 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*" hazırlatılır. Geçici Kabul Kurulu, FV GES'te kullanılan FV modül, evirici, toplama panosu, alçak gerilim toplama panosu, beton transformatör merkezi, yük ayırıcılı giriş ve ölçü hücreleri, kesicili trafo koruma hücresi, transformatör 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 denenir. 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 Uygundur" 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 başvurmalıdır: Abone no, Kullanıcı adı ve adresi, Ticaret sicil gazetesi, 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, başvurandan uzaktan sayaç okuma cihazlarının temini ve tesisi ile haberleşmesinin gerekli test ve devreye alma işlemlerinin tamamlanması 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 işleticisi tarafından bağlantı başvurusu uygun bulunmuş GES başvurularına ilişkin YEGM tarafından anılan alanda başvuru günü itibariyle GES için lisanslı ve/veya lisanssız herhangi bir başvuru olup olmadığı dikkate alınarak teknik değerlendirme 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 ilişkin 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

Hatay İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü yazısına göre FV GES'lerin projelendirme aşamalarında ÇED Yönetmeliği listelerindeki eşik değerlere göre başvurular değerlendirilmektedir. FV GES kapasitesinin 1 MWe'nin altında olması halinde kapsam dışı olarak değerlendirilir ve Müdürlüğe başvuru gerektirir. Kurulu güç 1-10 MWe (çatı ve cephe sistemleri hariç) ise ÇED Yönetmeliği Ek-2 Listesi eşik değerleri üzerinde olduğundan 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 [104].

Hatay'ın özelliğine göre, proje sahasının 3621/3830 sayılı Kıyı Kanunu ve Kıyı Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmelik'e tabi olup olmadığı denetlenmeli; 3194 sayılı İmar Kanunu ve Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği'ne, 1/25.000 ölçekli Hatay İl Çevre Düzeni Planı "Genel Hükümler" 1.19 maddesi "Arazi Kullanma Hükümleri" 3.1.7 maddesi başta olmak üzere Hatay İl Çevre Düzeni Planı esas, ilke ve kararlarına uygun olarak plan tekliflerinin hazırlanmasına özen gösterilmelidir [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.

Yine Hatay İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nün tavsiyeleri doğrultusunda istenebilecek bilgi ve belgeler: Talep dilekçesi; Tapu kaydı; Koordinatlı kroki; Talep sınırını gösterir 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita; Güneş ölçüm istasyonu kurulacak ise kalıcı tesis kurulmayacağına ve ölçüm tamamlandığında arazinin eski haline getirileceğine dair taahhütname hazırlanmalıdır.

Müdürlükçe yapılacak başvuru değerlendirilirken çatı uygulaması haricindeki güneş enerjisine dayalı başvurular için; dilekçe ve ekindeki belgeler ile mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri, dikili tarım arazileri, sulu tarım arazileri ile çevre arazilerde tarımsal kullanım bütünlüğünü bozan alanları kapsamadığına dair değerlendirme yapılır. Mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri, dikili tarım arazileri, sulu tarım arazileri ile çevre arazilerde tarımsal kullanım bütünlüğünü bozan alanlar için Müdürlükçe uygun görüş bildirilmez. Kuru Marjinal Tarım Arazilerindeki tarımsal bütünlüğü bozmayan alanlarda sınıf tespiti yazı ile ilgili dilekçe sahibine bildirilir.

Güneş enerjisi ölçüm istasyonu ve santralinin kurulması için yapılan müracaatlarda yapılan işlemin sınıf tespiti olduğu, Bakanlık mevzuatları kapsamında alınması gereken izinleri içermediği, arazi sınıfının uygun olması (Kuru Marjinal Tarım Arazisi) halinde güneş enerjisi santralı kurulmak üzere Bakanlığımız mevzuatları kapsamında yeniden izin alınması için Müdürlüğe başvurulması gerekir.

Tarımsal amaçlı yapılarda (sulama amaçlı vb.), üretilen enerjinin işletme dışında kullanılmaması ve satışının yapılmaması şartı ile kurulacak güneş enerji üretim tesisi, entegre nitelikte olmayan hayvancılık ve su ürünleri üretim ve muhafaza tesisleri ile zorunlu olarak tesis edilmesi gerekli müştemilatı kapsamında kabul edilebilir. Ayrıca, sunulacak tarımsal amaçlı yapı projesinde, proje için gerekli olan enerjinin miktarı, hesap edilerek ihtiyacı karşılayacak kapasitede güneş enerjisi üretim tesisine izin verilebilir [105].

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 kadastrosu 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.

Hatay Büyükşehir Belediyesi'ne yapılacak İmar Planı müracaatlarında ise [107]'de belirtilen formlardaki evraklarla birlikte 3194 sayılı İmar Kanunu, Mekansal Alanlar Yapım Yönetmeliği ve ilgili diğer yönetmelik hükümleri kapsamında hazırlanmış İmar Planı Teklif Dosyası ile başvurulması halinde konu değerlendirilecektir.

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. Ayrıca Osmaniye İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü girişimci ve yatırımcıların FV GES projesine ait asgari bilgi ve belgeleri [108]'de açıklamıştır.

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 [109].

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 [110].

DHMİ'den görüş alınarak proje sahasının Havaalanları Çevresinde Yapılaşma Kriterleri Hakkındaki Genelge, ICAO Annex-14 ve SHT-HES kriterlerine uyguluğu 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 müştemilat 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 [111].

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. HATAY'DA FV GES YATIRIM DEĞERLENDİRMELERİ İLE SENARYO VE SİMÜLASYONLAR

8.1. Senaryo ve Simülasyonlar

Hatay'da 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 ışıması, sıcaklık ve rüzgarı içeren bir baz veri seti belirlenmiştir. Güneş ışıması 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 m^2 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 ışınım geliş açısından kaynaklı kayıpları, albedo ve ufuk değerlerini hesaba katmaktadır [112]. 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) 32° 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 menşeili 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 menşeili 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. Üretilecek 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 [113].

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 düşünülerek paylı hesaplama tercih edilmiştir.

FV GES'te üretilecek 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 öngörülmemektedir. Bu itibarla, sektördeki gerçekleşmeler ve gelecekte oluşacak potansiyel göz önünde bulundurularak **kapasite kullanım oranlarının**, yıllar itibariyle % 100 gerçekleşeceği öngörülmüştür.

TEİAŞ'ın uyguladığı Sistem Kullanım ve Sistem İşletim Bedelleri her yıl güncellenmekte ve FV GES için bir gider unsuruna dönüşmektedir. Sistem işletim tarifesi 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 bağlı 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 kapsamından 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 itibariyle 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 (32°) belirlenmiş; birbiriyle uyumlu FV panel ve evirici seçilerek referans bir proje tasarlanmıştır. kWp başına üretilmesi beklenen elektrik yıllık 1.676 kWh'tir. 16.900 $ ilk yatırım maliyeti olan projede yıllık maliyet 2.296 $, birim yatırım maliyeti 1,69 $/Wp ve enerji maliyeti 0,14 $/kWh hesaplanmaktadır (Çizelge 39).

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

Proje adı	Hatay 10 kW FV GES (Referans)
Konum	36.00° N - 36.00° E
Denizden yükseklik	104 m
Referans güneş ışıması	1826,7 kWh/m²
Albedo	0,20
FV panel açısı, dikey/yatay	32° / 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 m²
Evirici	Kaco Powador 2502 xi
Anma gücü	4 x 2,5 kWac = 10 kWac
Üretilen enerji	16.758 kWh/yıl
Birim üretilen enerji	1.676 kWh/kWp/yıl
Yatırım	16.900 $
Birim yatırım	1,69 $/Wp
Yıllık maliyet	2.296 $/10 yıl
Enerji maliyeti	0,14 $/kWh

Genel itibariyle 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: Hatay 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 kullanılamayan elektrik ise şebeke tarafından satın alınır. PVsyst ile işlenen bu senaryo ile Hatay il merkezi güneş ışıması ile optimum FV panel açısı (32°) belirlenmiş; birbiriyle uyumlu FV panel ve evirici seçilerek referans bir proje tasarlanmıştır. kWp başına üretilmesi beklenen elektrik yıllık 1.657 kWh'tir. 68.500 $ ilk yatırım maliyeti olan projede yıllık maliyet 9.807 $, birim yatırım maliyeti 1,37 $/Wp ve enerji maliyeti 0,12 $/kWh hesaplanmaktadır (Çizelge 41).

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

Proje adı	Hatay 50 kW FV GES (Referans)
Konum	36.00° N - 36.00° E
Denizden yükseklik	104 m
Referans güneş ışıması	1826,7 kWh/m²
Albedo	0,20
FV panel açısı, dikey/yatay	32° / 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 m²
Evirici	Kaco Powador 12.0 TL3
Anma gücü	9 x 10 kWac (MPPT 50 %) = 45 kWac
Üretilen enerji	82.868 kWh/yıl
Birim üretilen enerji	1.657 kWh/kWp/yıl
Yatırım	68.500 $
Birim yatırım	1,37 $/Wp
Yıllık maliyet	9.807 $/10 yıl
Enerji maliyeti	0,12 $/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: Hatay 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
Altlık & 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. 1 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 (32°) belirlenmiş; birbiriyle uyumlu FV panel ve evirici seçilerek referans bir proje tasarlanmıştır. kWp başına üretilmesi beklenen elektrik yıllık 1.694 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: Hatay 1 MWp FV GES (Referans) proje teknik bilgileri (Ek-3)

Proje adı	Hatay 1 MW FV GES (Referans)
Konum	36.00° N - 36.00° E
Denizden yükseklik	104 m
Referans güneş ışıması	1826,7 kWh/m²
Albedo	0,20
FV panel açısı, dikey/yatay	32° / 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 m²
Evirici	Kaco Powador 36 TL3 XL
Anma gücü	80 x 30 kWac (MPPT 33 %) = 800 kWac
Üretilen enerji	1.694.000 kWh/yıl
Birim üretilen enerji	1.694 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: Hatay 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 cazibesi**ni 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 **pazarlanma**sında 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 [114]. Yatırım değerlemelerinde kullanılan yöntemlere göre senaryo ve simülasyonlar şu şekilde irdelenebilir.

8.2.1. 10 kWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi

Hatay'da kurulacak 10 kWp FV GES projesinin 2018 yılında projelendirilip, idari izinleri alınıp 2019 itibariyle elektrik üretimine başladığı varsayımıyla **nakit akım** tablosu oluşturulmuştur. Referans güneş ışıması günlük değerlerine göre aylık bazda üretilecek elektrik simülasyonu hazırlanmıştır (Ek-1). 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 kuruluma **işletme gideri** tahsisi 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 303.320 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 194,9 tCO_2 (ton karbondioksit) salımını engelleyerek atmosferi korur, çevresel bir fayda da sağlar (Ek-1).

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 ayırılan bütçenin tekrar ne zaman elinde olacağını kestirebilir. Projenin ne kadar süreyle karlılıkla çalışacağının 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 26.086 $ olan projede ortalama işletme geliri yıllık 1.376 $ ve projenin geri ödeme süresi 12,3 yıldır. İç karlılık oranı ise % 4'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: Hatay 10 kW Referans senaryo finansal veriler özeti

Üretim, kWh	20 yıl	303.320
Elektrik satış fiyatı, $/kWh	İlk 10 yıl	0,086
Elektrik satış fiyatı, $/kWh	İkinci 10 yıl	0,086
Nakit akışı, $	20 yıl	26.086
İşletme gideri, $	20 yıl	-
Net gelir, $	20 yıl	26.086
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		$1.376
Ortalama İşletme Gideri, 10 yıl		$0
Proje Geri dönüş oranı		8,1%
Proje Geri Ödeme Süresi (GÖS), yıl		12,3
20 yıllık işletme geliri		$26.086
20 yıllık işletme gideri		$0
20 yıllık vergi ödemesi		$0
Yatırım gideri (faizle beraber)		$21.362
20 yıl sonunda kasa bakiyesi		$4.724
Özsermaye İç Karlılık Oranı (İKO)		4%
Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (SEM)		$0,086

8.2.2. 50 kWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi

Hatay'da kurulacak 50 kWp FV GES projesinin 2018 yılında projelendirilip, idari izinleri alınıp 2019 itibariyle elektrik üretimine başladığı varsayımıyla **nakit akım** tablosu oluşturulmuştur. Referans güneş ışıması günlük değerlerine göre aylık bazda üretilecek elektrik simülasyonu hazırlanmıştır (Ek-2). 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 kW gibi orta ölçekte 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'na 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 1.499.911 kWh'tir. Çizelge yöntemiyle finansal büyüklüklerin hesaplanması ve yorumlanması sağlanmıştır (Çizelge 46). 50 kWp'lik bir FV GES 30 yıl çalışması durumunda 962,6 tCO_2 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 140.151 $ olan projede ortalama işletme geliri yıllık 8.666 $ ve projenin geri ödeme süresi 8,4 yıldır. İç karlılık oranı ise % 9'da kalmaktadır. 50 kWp'lik bu FV GES tesisinde kazancın bir kısmı öz tüketilen elektriğe 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: Hatay 50 kW Referans senaryo finansal veriler özeti

Üretim, kWh	20 yıl	1.499.911
Elektrik satış fiyatı, $/kWh	İlk 10 yıl	0,1095
Elektrik satış fiyatı, $/kWh	İkinci 10 yıl	0,0755
Nakit akışı, $	20 yıl	140.151
İşletme gideri, $	20 yıl	10.000
Net gelir, $	20 yıl	130.151
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		$8.666
Ortalama İşletme Gideri, 10 yıl		$500
Proje Geri dönüş oranı		11,9%
Proje Geri Ödeme Süresi (GÖS), yıl		8,4
20 yıllık işletme geliri		$140.151
20 yıllık işletme gideri		$10.000
20 yıllık vergi ödemesi		$11.887
Yatırım gideri (faizle beraber)		$86.584
20 yıl sonunda kasa bakiyesi		$31.679
Özsermaye İç Karlılık Oranı (İKO)		9%
Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (SEM)		$0,093

8.2.3. 1 MWp FV GES örnek proje finansal değerlendirmesi

Hatay'da kurulacak 1 MWp FV GES projesinin 2018 yılında projelendirilip, idari izinleri alınıp 2019 itibariyle elektrik üretimine başladığı varsayımıyla **nakit akım** tablosu oluşturulmuştur. Referans güneş ışıması günlük değerlerine göre aylık bazda üretilecek elektrik simülasyonu hazırlanmıştır (Ek-3). 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 30.666.830 kWh'tir. Çizelge yöntemiyle finansal büyüklüklerin hesaplanması ve yorumlanması sağlanmıştır (Çizelge 47). 1 MW'lık bir FV GES 30 yıl çalışması durumunda 19.723 tCO_2 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 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 3.093.622 $ olan projede ortalama işletme geliri yıllık 215.202 $ ve projenin geri ödeme süresi 6,3 yıldır. İç karlılık oranı ise % 17'lere çıkabilmektedir. 1 MWp'lik bu FV GES tesisinde kazanç ürün satışı kaynaklı olduğundan 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: Hatay 1 MW Referans senaryo finansal veriler özeti

Üretim, kWh	20 yıl	30.666.830
Elektrik satış fiyatı, $/kWh	İlk 10 yıl	0,133
Elektrik satış fiyatı, $/kWh	İkinci 10 yıl	0,065
Nakit akışı, $	20 yıl	3.093.622
İşletme gideri, $	20 yıl	1.158.410
Net gelir, $	20 yıl	1.935.212
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		$215.202
Ortalama İşletme Gideri, 10 yıl		$57.921
Proje Geri dönüş oranı		15,9%
Proje Geri Ödeme Süresi (GÖS), yıl		6,3
20 yıllık işletme geliri		$3.093.622
20 yıllık işletme gideri		$1.158.410
20 yıllık vergi ödemesi		$156.832
Yatırım gideri (faizle beraber)		$1.253.951
20 yıl sonunda kasa bakiyesi		$524.429
Özsermaye İç Karlılık Oranı (İKO)		17%
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 [115] 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 nitelendirmektedir [116].

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) menşeili olanlarına yönelik damping soruşturması raporuna göre, 1 Nisan 2017 tarihi itibariyle, Gümrük İdareleri bazı Çinli firmaların FV güneş panellerine metrekare başına 20-25 $ tutarında önleyici vergi uygulamaktadırlar. Çin menşeili 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 [117]. Bu metrekare ve tutarlar dikkate alındığında standart bir güneş panelinin fiyatının yaklaşık 13-14 $ kadar arttığı söylenebilir.

FV GES projesinin lisanssız olması durumunda karşılaşılması muhtemel bir diğer gider kalemi de **başvuru bedeli'**dir. 22 Aralık2016 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 maliyetleri**nde ölçek büyüdükçe fiyat düşüyor olsa da, ekonomik ömür süresince işletme gideri maliyetini barındıran **seviyelendirilmiş enerji maliyeti**nde bu doğrusallık ters orantı olarak görülür. İşletme gideri de kurulum büyüdükçe açık şekilde artmaktadır. **Birim üretilen enerji**de 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	1.676	0	0,14	12,3	4	0,086
50 kWp	1.370	1.657	10	0,12	8,4	9	0,093
1 MWp	992	1.694	58	0,11	6,3	17	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 satışıdır. Yatırımcılar elektrikle birlikte karbon kredisi de üretebilirler. Bu kredileri uluslararası piyasalarda karbon ayakizlerini azaltmak veya sıfırlamak isteyen işletmelere satarak ek gelir elde edebilirler. Bu teşvik mekanizmasının kuralları 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 [118] tarafından Hatay'da 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 [118] tarafından sağlanan güncel verileriler 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: Hatay 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)
1.694,00	0,59	999,46	4,50	4.497,57

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 bırakmamaktadır. 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 yapılıp 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 unsurudur. Hibeler, finans kurumlarının sağlanan fonlar üzerindeki kontrol hakkını kaybettirmekte ve rücu imkânını da ortadan kaldırmaktadır. Bu risk artışını dengelemek amacıyla finans kurumlarınca başvurulan 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 olmaktadırlar.

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 itibariyle 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 yansıyabilmesi 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 özendirmeler 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 [119]. 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 Tahsisi
- Gelir Vergisi Stopajı Desteği (Yalnızca 6. Bölgede)
- KDV İadesi (Yalnızca 6. Bölgede) destekleri sağlanmaktadır.

Güneş Elektriği üretiminin de dahil olduğu yenilenebilir enerji yatırımları Teşvik Sistemi kapsamında “Genel Teşvik Uygulamaları”ndan faydalanmaktadır. Buna göre teşvik sistemi kapsamında güneş elektriği 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 elektriği 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	www.kosgeb.gov.tr
KOSGEB	KOBİ Proje Destek Programı	
	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 $c/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 $c/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 ışınını 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 elektriği 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 Tabi 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 arttırılması; 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", "yerlileştirme" 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 Elektriği Potansiyelinin Tespitine Yönelik Araştırma Geliştirme ve Fizibilite Çalışması kapsamında "*Hatay ve FV Güneş Elektriği*", "*Kahramanmaraş ve FV Güneş Elektriği*" ve "*Osmaniye ve FV Güneş Elektriği*" 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; Hatay İli güneş enerjisi potansiyelinin yetersizliği gerekçesiyle maalesef bu tahsisli listede yer almamıştır. Oysa GEPA verilerine göre Türkiye güneş ışıması sıralamasında Hatay 1543 kWh/m^2-yıl ile 38. sırada iken güneşlenme süreleri sıralamasında 3006 saat/yıl ile 11. 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 yeri 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 konabilecektir.

Nitekim Hatay'da yapılmış küresel güneş ışıması ölçümlerine dayalı, günlük toplamların ortalamalarına göre 1980'lerde 3.925 W/m^2'lik değer düzenli olarak azalarak 1990'larda 3.677 W/m^2, 2000'lerde 3.446 W/m^2 ve 2010'larda 3.267 W/m^2'ye düşmüştür. Bu seyirde nispi nem ve bulut kapalılığındaki artışın etken olduğu söylenebilir. Günlük değerlerin maksimumlarının yıllık ortalamaları temelinde incelendiğinde de yine 1980'lerdeki 7.292 W/m^2'lik değerin 1990'larda 6.894 W/m^2'ye, 2000'lerde 6.217 W/m^2'ye ve 2010'larda 5.646 W/m^2'ye düştüğü izlenebilmektedir. Hem ortalama hem de maksimum değerlerdeki bu düşüş atmosferden kaynaklı olabileceği gibi çevresel faktörler nedeniyle de gerçekleşmiş olabilir! Bu tip durumlarda özellikle ölçüm noktası çevresindeki yapılaşma ve bitki örtüsü, ölçümün eksik alınabilmesine sebebiyet vermektedir.

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 elektriği 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 tarihlidir ve FV güneş elektriğinden ziyade ısıl (termal) yöntemle güneşten enerji sağlamaya yöneliktir. Piyasaya yön verme ciddiyetinden uzak, daha küçük çaplı hedefler güdülerek 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/m^2-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 DMİ'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 kısalacağı 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 ışımada 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 Hatay gibi denizden yüksekliği yalnızca 89 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 enlem-

lerinde 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. Hatay İl sınırları içerisinde rakıma bağlı potansiyel değişimi GEPA'da izlenebilir. Deniz kenarı ve Suriye sınırındaki yeşil, düşük değer gösterimi, Amanos Dağları eteklerinde turuncu, yüksek değer gösterimine dönüşmektedir.

TR63 Bölgesi genelini kapsayan bu çalışmanın özgün bir çıktısı niteliğindeki haritalamada meteorolojik ölçümler etken olarak değerlendirilmişlerdir. Kahramanmaraş ve Dörtyol'un 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 elektriği potansiyeline yönelik politik karar vericiler için ulusal boyutta; yatırımcı ve girişimciler için de il bazında olmak üzere, sektörde kabul görmüş farklı FV güneş elektriği kapasite belirleme araçları bulunmaktadır. Bu Araştırma-Geliştirme ve fizibilite çalışmasında farklı kaynak ve yöntemle geliştirilmiş araçlar tek tek irdelenerek hem TR63 Bölgesi hem de Hatay 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 türlüdür. 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. Hatay için yatay yüzeyde güneş ışıması 1.871 kWh/m^2-yıl iken tüm aylar için optimum açı olan 31 derecede FV paneller yerleştirildiği takdirde yıllık maruz olacağı güneş ışıması şiddeti 2.097 kWh/m^2-yıl olacaktır.

Avrupa Komisyonu'nun DG XII, Joule II Programı kapsamında yürütülen bir Avrupa Güneş Atlası çalışması olan HelioClim FV güneş elektriğinden 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 doğrulayıcısı olarak kullanmaktadır. Ortaya çıkan tabloda yıllar özelinde uydu izlemelerine dayanan FV güneş elektrik potansiyelleri hesaplamak mümkündür. Hatay'ın yatay yüzeye gelen küresel güneş ışıması 2005 yılı için 1.804 kWh/m^2-yıl, 2006 yılı için 1.771 kWh/m^2-yıl çıkmaktadır.

NASA SSE 200'den fazla uydu temelli meteorolojik ve güneş enerjisi parametresinden yararlanarak, 22 yılı (1983 - 2005) temsil eden ortalama aylık kWh/m^2/gün cinsinden solar radyasyon verisi üreten bir sistemdir. Hatay için ortalama yatay yüzeye gelen küresel güneş ışıması 1.727 kWh/m^2/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 yakınını barındıran Bavyera eyaletinin güneş enerjisi potansiyeli ortalamasının 1.300 kWh/m^2/yıl olduğunu hatırlatmak yeterli olacaktır. Hatay'da 36 derece optimum açıyla yerleştirilmiş FV dizelerinin muhtemel elektrik üretimleri ise 1.863 kWh/m^2/yıl gibi oldukça doyurucu bir kapasiteye işaret etmektedir.

SolarGIS 1994-2013 yılları arası yer ölçümlerini esas alan güneş ışıma verisine dayanarak hazırlanmış, FV güneş elektriği üretimine yönelik ışıma şiddetini atmosfer etkisini dikkate alarak hesaplamaya odaklanan internet tabanlı bir ara yüzdür. Hatay için 1.700 kWh/m^2/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 menşeili meteorolojik sabit yörüngeli uyduların konumu Afrika'nın kuzeybatı kıyılarıdır. Bu sebeple Türkiye'yi parallaks hatası ile izleyebildikleri gözden kaçırılmamalıdır.

Global Solar Atlas (Küresel Güneş Atlası), güneş enerjisi çalışmalarının keşif, araştırma, saha seçimi ve ön fizibilite aşamalarında araştırıcılara 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 elektriği 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. Türkiye için 1994-2015 aralığı ortalamalarına göre hesaplanan kWp başına yıllık toplam elektrik üretim tahmini 1.095-1.826 kWh'tir. Hatay özelinde bakılınca, yatayda bir metrekareye yılda 1872 kWh enerji taşıyan güneş ışıması 30°optimum açıda yerleştirilmiş FV panellerle 2.094 kWh'lik enerjiye ulaşmaktadır. FV sistem kayıpları da göz önünde bulundurulduğunda, FV güneş elektrik üretiminin kWp başına 1.557 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/m^2'ye, Hatay için de, yıllık 1.402 kWh/m^2'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 Hatay için 1.600 kWh/m^2-yıl'lık bir potansiyelden bahsedilmektedir.

DMİ GWR modeline göre hazırlanmış haritada ise Hatay'ın güneş ışıması değeri 1.600 kWh/m^2-yıl'dan yüksek çıkmaktadır.

Hatay'ın astronomik hesapla, yıllık toplam teorik güneşlenme süresi ise 4.395 saattir. Atmosfer etkisi olmaksızın Hatay'a yılın 365 günü düşebilecek enerji miktarı yıllık toplam 2.213 kWh/m^2; günlük 6,1 kWh/m^2'dir.

Bu araştırma için yapılan analizlere göre ise Hatay'ın 1985-2005 arası güneşlenme süresi yıllık ortalaması 2.882 saat, günlük ortalaması ise 7,9 saattir. Ölçüm noktasındaki çevresel olumsuz etkiler, bölgede çalıştırılmış FV GES'lerden sağlanan performans bilgileri ve tecrübeleri göz önünde bulundurularak Hatay için yataya gelen küresel güneş ışıması referans değeri 1.827 kWh/m^2–yıl olarak tespit edilmiştir.

Hatay İli'ne özel bu araştırmayla birlikte elde edilen sonuçlardan yararlanılarak yatırımcı, karar verici, bürokrat, mevzuat düzenleyen, girişimci, akademisyen, araştırmacı vb sıfatlarla anılan tüm FV güneş elektriği 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 konabilmiştir.

Hatay'da 10 kW gücündeki bir FV GES, 16.900 $ ilk yatırım maliyeti ile kurulup, 16,8 MWh/yıl enerji üretirken, birim yatırım maliyeti 1.690 $/kWp, enerji maliyeti de 0,14 $/kWh olmaktadır. % 20'si öz sermaye, % 80'i % 6 yıllık faiz ile kredi olmak koşuluyla İç karlılık oranı % 4, proje geri ödeme süresi 12,3 yıl ve Seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 0,086 $ hesaplanmaktadır.

FV GES kurulu gücü 50 kW olduğunda 68.500 $ ilk yatırım maliyeti ile kurulup, 82.9 MWh/yıl enerji üretirken, birim yatırım maliyeti 1.370 $/kWp, enerji maliyeti de 0,12 $/kWh olmaktadır. % 20'si öz sermaye, % 80'i % 6 yıllık faiz ile kredi olmak koşuluyla İç karlılık oranı % 9, proje geri ödeme süresi 8,4 yıl ve Seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 0,093 $ hesaplanmaktadır.

FV GES kurulu gücü 1 MW olduğunda 992.050 $ ilk yatırım maliyeti ile kurulup, 1.694 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 % 17, proje geri ödeme süresi 6,3 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 maliyetleri**nde ölçek büyüdükçe fiyat düşüyor olsa da, ekonomik ömür süresince işletme gideri maliyetini barındıran **seviyelendirilmiş enerji maliyeti**nde bu doğrusallık ters orantı olarak görülür. İşletme gideri de kurulum büyüdükçe açık şekilde artmaktadır. **Birim üretilen enerji**de 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 elektriği maliyetinin önümüzdeki yıllarda düşmesi beklenmektedir. Nitekim IRENA'nın *Değişimin Gücü, Güneş ve Rüzgar Maliyet Düşüş Potansiyeli* raporunda [14] 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** satışıdır. 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 : Hatay 10 KW FV GES (Referans)

	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	10/09/17	Page 1/5
	Hatay 10 kW FV GES (Referans)			

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	**Hatay 10 kW FV GES (Referans)**			
Geographical Site	**Hatay**		Country	**Turkey**
Situation	Latitude	36.00° N	Longitude	36.00° E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+3	Altitude	104 m
	Albedo	0.20		
Meteo data:	**Hatay**	MGM_Hatay_Ay - Synthetic		

Simulation variant :	**Hatay 10 kW FV GES (Referans)**			
	Simulation date	10/09/17 19h27		

Simulation parameters				
Collector Plane Orientation	Tilt	32°	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	Model	**Powador 2502 xi**		
Original PVsyst database	Manufacturer	Kaco new energy		
Characteristics	Operating Voltage	200-450 V	Unit Nom. Power	2.50 kWac
Inverter pack	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

Hatay 10 kW FV GES (Referans)

Grid-Connected System: Main results

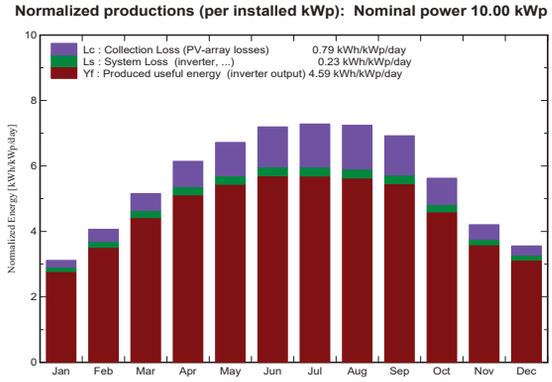
Project : **Hatay 10 kW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 10 kW FV GES (Referans)**

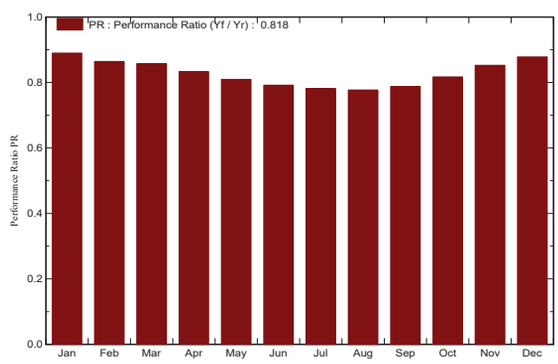
Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	azimuth	0°
PV modules	Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom	250 Wp
PV Array	Nb. of modules	40	Pnom total	**10.00 kWp**
Inverter	Model	Powador 2502 xi	Pnom	2500 W ac
Inverter pack	Nb. of units	4.0	Pnom total	**10.00 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results				
System Production	**Produced Energy**	**16758 kWh/year**	Specific prod.	1676 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	81.85 %		
Investment	Global incl. taxes	16900 US$	Specific	1.69 US$/Wp
Yearly cost	Annuities (Loan 6.0%, 10 years)	2296 US$/yr	Running Costs	0 US$/yr
Energy cost		**0.14 US$/kWh**		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 10.00 kWp



Performance Ratio PR



Hatay 10 kW FV GES (Referans)

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
January	66.4	36.07	8.30	96.6	93.9	904	859	0.890
February	83.9	34.36	9.90	113.8	111.0	1034	984	0.864
March	135.3	67.87	13.40	159.8	155.3	1438	1370	0.858
April	173.4	74.54	17.50	184.3	179.0	1611	1535	0.833
May	216.9	76.43	21.50	208.3	201.9	1769	1686	0.809
June	235.3	68.20	25.00	215.8	208.9	1794	1709	0.792
July	241.1	65.22	27.50	225.7	218.8	1851	1764	0.781
August	218.5	59.60	28.30	224.6	218.3	1831	1745	0.777
September	176.0	49.28	26.00	207.8	202.7	1716	1637	0.788
October	129.1	43.50	21.10	174.4	170.2	1495	1425	0.817
November	84.0	33.89	14.20	126.2	123.1	1129	1076	0.853
December	66.8	27.11	9.49	110.3	107.4	1017	968	0.878
Year	1826.7	636.06	18.56	2047.5	1990.5	17589	16758	0.818

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

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

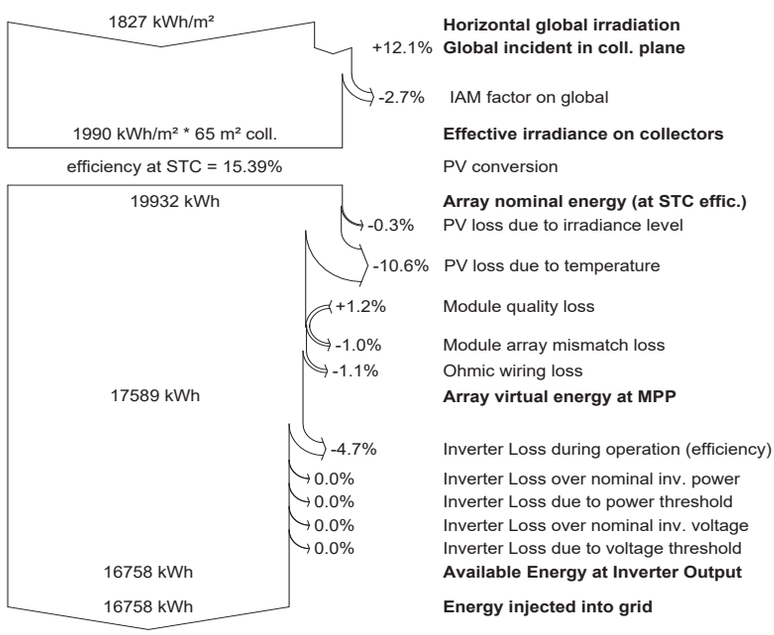
Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Hatay 10 kW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 10 kW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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)			

Loss diagram over the whole year



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 4/5
	Hatay 10 kW FV GES (Referans)			

Grid-Connected System: Economic evaluation

Project : **Hatay 10 kW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 10 kW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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 & Isçilik			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	16.8 MWh / year
Cost of produced energy	0.14 US$ / kWh

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 5/5
	Hatay 10 kW FV GES (Referans)			

Grid-Connected System: CO2 Balance

Project : **Hatay 10 kW FV GES (Referans)**

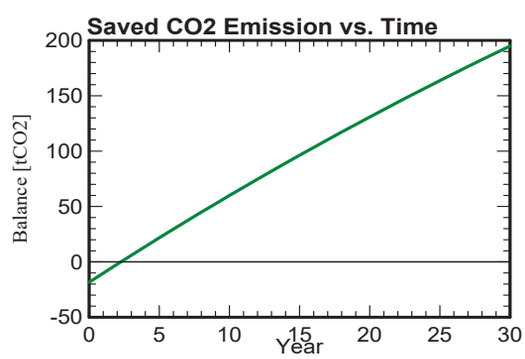
Simulation variant : **Hatay 10 kW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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:**	**245.8 tCO2**		
	System production:	16.76 MWh/yr	Lifetime:	30 years
			Annual Degradation:	1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	489 gCO2/kWh		
	Source:	IEA List	Country:	Turkey
CO2 Emission Balance	**Total:**	**194.9 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



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

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

	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	10/09/17	Page 1/5
	Hatay 50 kW FV GES (Referans)			

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

Geographical Site	**Hatay**		Country	**Turkey**
Situation	Latitude	36.00° N	Longitude	36.00° E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+3	Altitude	104 m
	Albedo	0.20		
Meteo data:	**Hatay**	MGM_Hatay_Ay - Synthetic		

Simulation variant : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

Simulation date 10/09/17 20h22

Simulation parameters

Collector Plane Orientation	Tilt	32°	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	Model	**Powador 12.0 TL3**		
Original PVsyst database	Manufacturer	Kaco new energy		
Characteristics	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
	Hatay 50 kW FV GES (Referans)			

Grid-Connected System: Main results

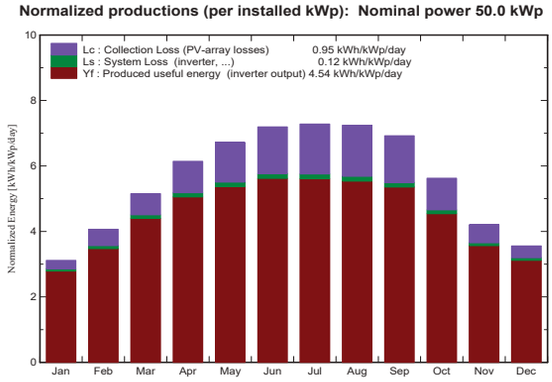
Project : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

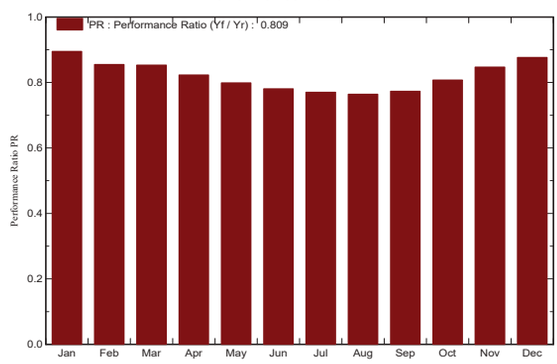
Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	azimuth	0°
PV modules	Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom	250 Wp
PV Array	Nb. of modules	200	Pnom total	**50.0 kWp**
Inverter	Model	Powador 12.0 TL3	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4.5	Pnom total	**45.0 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results				
System Production	**Produced Energy**	**82868 kWh/year**	Specific prod.	1657 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	80.95 %		
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$/yr
Energy cost		**0.12 US$/kWh**		

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



Performance Ratio PR



Hatay 50 kW FV GES (Referans)

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
January	66.4	36.07	8.30	96.6	93.9	4433	4323	0.895
February	83.9	34.36	9.90	113.8	111.0	4991	4867	0.855
March	135.3	67.87	13.40	159.8	155.3	6987	6817	0.853
April	173.4	74.54	17.50	184.3	179.0	7774	7582	0.823
May	216.9	76.43	21.50	208.3	201.9	8532	8319	0.799
June	235.3	68.20	25.00	215.8	208.9	8647	8428	0.781
July	241.1	65.22	27.50	225.7	218.8	8922	8693	0.770
August	218.5	59.60	28.30	224.6	218.3	8808	8583	0.764
September	176.0	49.28	26.00	207.8	202.7	8241	8034	0.773
October	129.1	43.50	21.10	174.4	170.2	7219	7041	0.808
November	84.0	33.89	14.20	126.2	123.1	5480	5346	0.847
December	66.8	27.11	9.49	110.3	107.4	4954	4833	0.877
Year	1826.7	636.06	18.56	2047.5	1990.5	84988	82868	0.809

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

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

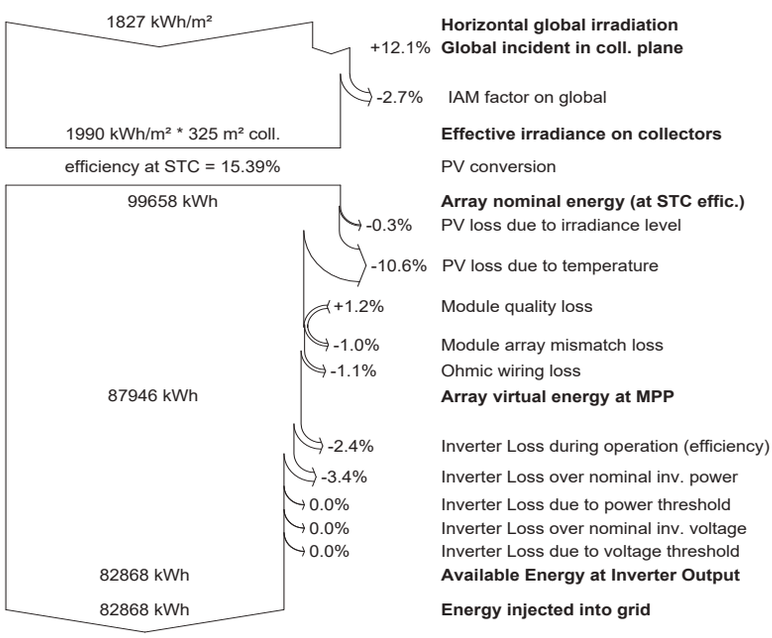
Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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 Licensed to Meteosfer enerji muhendislik ve meteoroloji hiz. tic.ltd.sti.(Turkey)

	PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	10/09/17	Page 4/5
	Hatay 50 kW FV GES (Referans)			

Grid-Connected System: Economic evaluation

Project : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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)			

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 & Isçilik			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	82.9	MWh / year
Cost of produced energy	0.12	US$ / kWh

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 5/5
	Hatay 50 kW FV GES (Referans)			

Grid-Connected System: CO2 Balance

Project : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

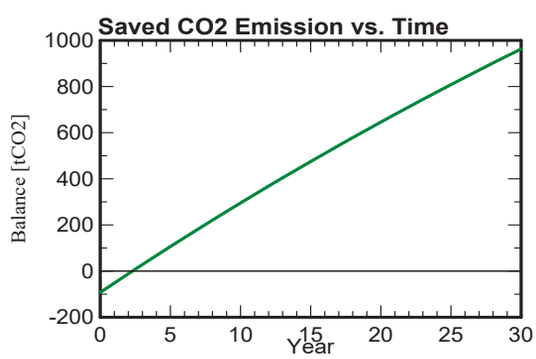
Simulation variant : **Hatay 50 kW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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:**	**1215.7 tCO2**		
	System production:	82.87 MWh/yr	Lifetime:	30 years
			Annual Degradation:	1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	489 gCO2/kWh		
	Source:	IEA List	Country:	Turkey
CO2 Emission Balance	**Total:**	**962.6 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



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

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

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

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

Geographical Site	**Hatay**		Country	**Turkey**
Situation	Latitude	36.00° N	Longitude	36.00° E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+3	Altitude	104 m
	Albedo	0.20		
Meteo data:	**Hatay**	MGM_Hatay_Ay - Synthetic		

Simulation variant : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

Simulation date 11/09/17 02h09

Simulation parameters

Collector Plane Orientation	Tilt	32°	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	Model	**Powador 36 TL3 XL**		
Original PVsyst database	Manufacturer	Kaco new energy		
Characteristics	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 muhendislik ve meteoroloji hiz. tic.ltd.sti.(Turkey)

PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	11/09/17	Page 2/5

Hatay 1 MW FV GES (Referans)

Grid-Connected System: Main results

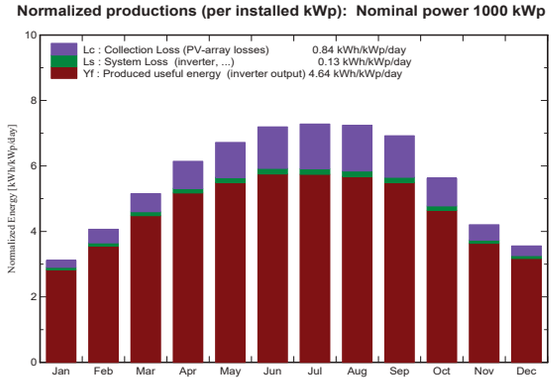
Project : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

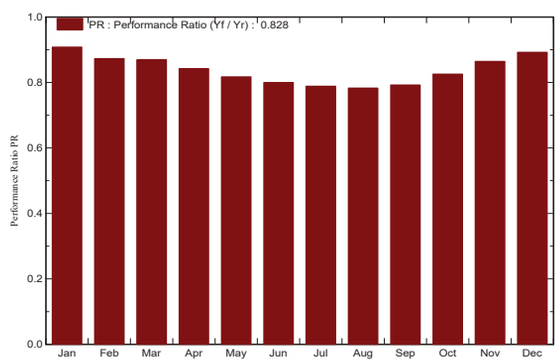
Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	azimuth	0°
PV modules	Model	Poly 250 w 60 Cells	Pnom	250 Wp
PV Array	Nb. of modules	4000	Pnom total	**1000 kWp**
Inverter	Model	Powador 36 TL3 XL	Pnom	30.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	26.7	Pnom total	**800 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results				
System Production	**Produced Energy**	**1694 MWh/year**	Specific prod.	1694 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	82.75 %		
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



Hatay 1 MW FV GES (Referans)

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	66.4	36.07	8.30	96.6	93.9	90.0	87.7	0.908
February	83.9	34.36	9.90	113.8	111.0	102.1	99.4	0.873
March	135.3	67.87	13.40	159.8	155.3	142.7	138.9	0.869
April	173.4	74.54	17.50	184.3	179.0	159.6	155.2	0.842
May	216.9	76.43	21.50	208.3	201.9	175.1	170.3	0.817
June	235.3	68.20	25.00	215.8	208.9	177.7	172.7	0.800
July	241.1	65.22	27.50	225.7	218.8	183.4	178.1	0.789
August	218.5	59.60	28.30	224.6	218.3	181.2	175.9	0.783
September	176.0	49.28	26.00	207.8	202.7	169.6	164.7	0.793
October	129.1	43.50	21.10	174.4	170.2	148.1	144.0	0.826
November	84.0	33.89	14.20	126.2	123.1	112.1	109.1	0.865
December	66.8	27.11	9.49	110.3	107.4	101.0	98.4	0.893
Year	1826.7	636.06	18.56	2047.5	1990.5	1742.6	1694.3	0.828

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

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

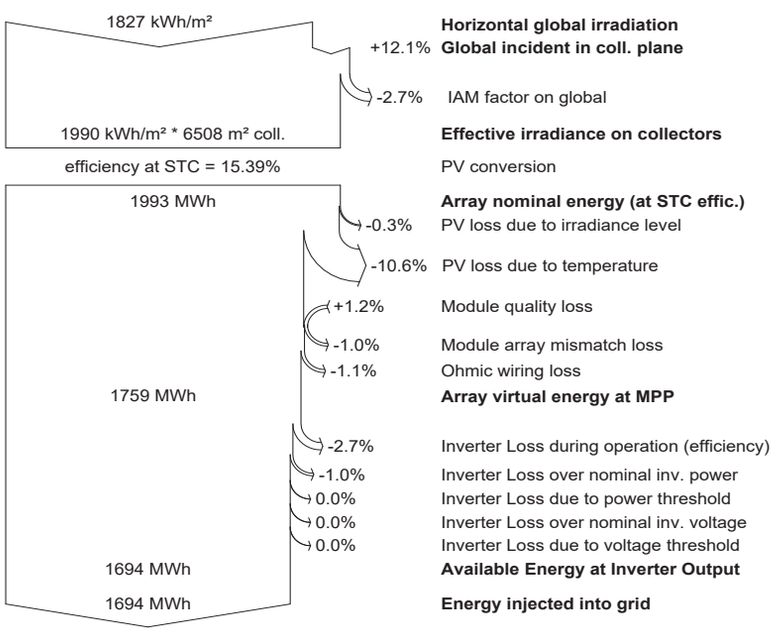
Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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 Licensed to Meteosfer enerji muhendislik ve meteoroloji hiz. tic.ltd.sti.(Turkey)

PVSYST V6.62	Meteosfer Enerji, Gazi Teknopark, Ankara	11/09/17	Page 4/5
	Hatay 1 MW FV GES (Referans)		

Grid-Connected System: Economic evaluation

Project : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

Simulation variant : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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 & Isçilik			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	1694	MWh / year
Cost of produced energy	0.11	US$ / kWh

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

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

Grid-Connected System: CO2 Balance

Project : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

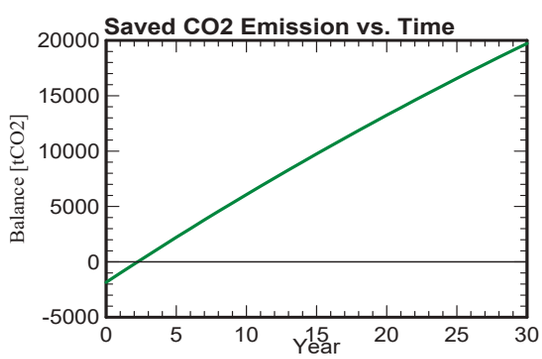
Simulation variant : **Hatay 1 MW FV GES (Referans)**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	32°	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)			

Produced Emissions	**Total:**	**1843.19 tCO2**		
	Source:	Detailed calculation from table below		
Replaced Emissions	**Total:**	**24855.8 tCO2**		
	System production:	1694.33 MWh/yr	Lifetime:	30 years
			Annual Degradation:	1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	489 gCO2/kWh		
	Source:	IEA List	Country:	Turkey
CO2 Emission Balance	**Total:**	**19723.3 tCO2**		

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1713 kgCO2/kWp	3.26 kgCO2/kg
Quantity	1000 kWp	40000 kg
Subtotal [kgCO2]	1712720	130465



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

Kaynaklar

[1] Enerji Atlası İnternet sitesi, Türkiye elektrik tüketim istatistiği, Erişim Tarihi: 15 Mayıs 2017, Link: http://www.enerjiatlasi.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_lisanssizelektrikuretimi

[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 yerlileşme, 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= Lisanss%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%20%20=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%20Lisanss%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] Hatay Valiliği, Hatay coğrafyası, Erişim Tarihi: 25 Ağustos 2017, Link: http://www.hatay.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/Metin1.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 Hatay, 2013

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

[63] Hatay Valiliği, Hatay İl Brifingi, 2017

[64] SERKA, Güneşlenme ölçümleri, Iğdır ve FV Güneş Elektriği-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 girds 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 Optoelectronıcs and Advanced Materıals 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_Photovoltaics_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_fotovoltaik_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. DMİ, (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 Çalıştayı, 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/meteorolojitarihi.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] DMİ, 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/TEDAS_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] Hatay Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün 02.06.2017 tarih ve 4307 sayılı yazısı

[105] Hatay Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nün 22.05.2017 tarih ve 3163 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] Hatay Büyükşehir Belediye Başkanlığı İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı'nın 18.05.2017 tarih ve 12698 sayılı yazısı

[108] Osmaniye Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü'nün 12.05.2017 tarih ve 832 sayılı yazısı

[109] Karayolları Genel Müdürlüğü 5. Bölge Müdürlüğü'nün 17.05.2017 tarih ve 150655 sayılı yazısı

[110] MSB'nın 16.05.2017 tarih ve 7203 sayılı yazısı

[111] DHMİ İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı'nın 09.05.2017 tarih ve 40589487-752.01-E.47961 sayılı yazısı

[112] PVSyst, FV projelendirme ve simülasyon, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link: http://www.pvsyst.com/en/about-us

[113] 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

[114] Yatırım internet bloğu, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Link: http://www.fizibilite.info

[115] DSİ 20. Bölge Müdürlüğü, Adıyaman güneş enerjisi santrali proje tanıtım dosyası, Temmuz 2015

[116] IHS, FV yatırım, Three Year Outlook For Solar Energy Cost Developments, Josefin Berg, Solar Now Turkey, İstanbul, 2013

[117] İthalat Genel Müdürülüğü, 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

[118] Green Consult and Finance, Karbon kredileri, Erişim Tarihi: 15 Ekim 2017, Linkler: www.green-cf.com ve www.carbomart.com

[119] 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

Hatay İli FV Güneş Elektriği Fizibilite Çalışması

ISBN NO: 978-605-64717-5-9

Proje sahibi

Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (DOĞAKA)

Proje

DOĞAKA tarafından geliştirilen bu ***TR63 Bölgesi FV Güneş Elektriği 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 çabasındadır.

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

Versiyon Numara	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. Hatay 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;

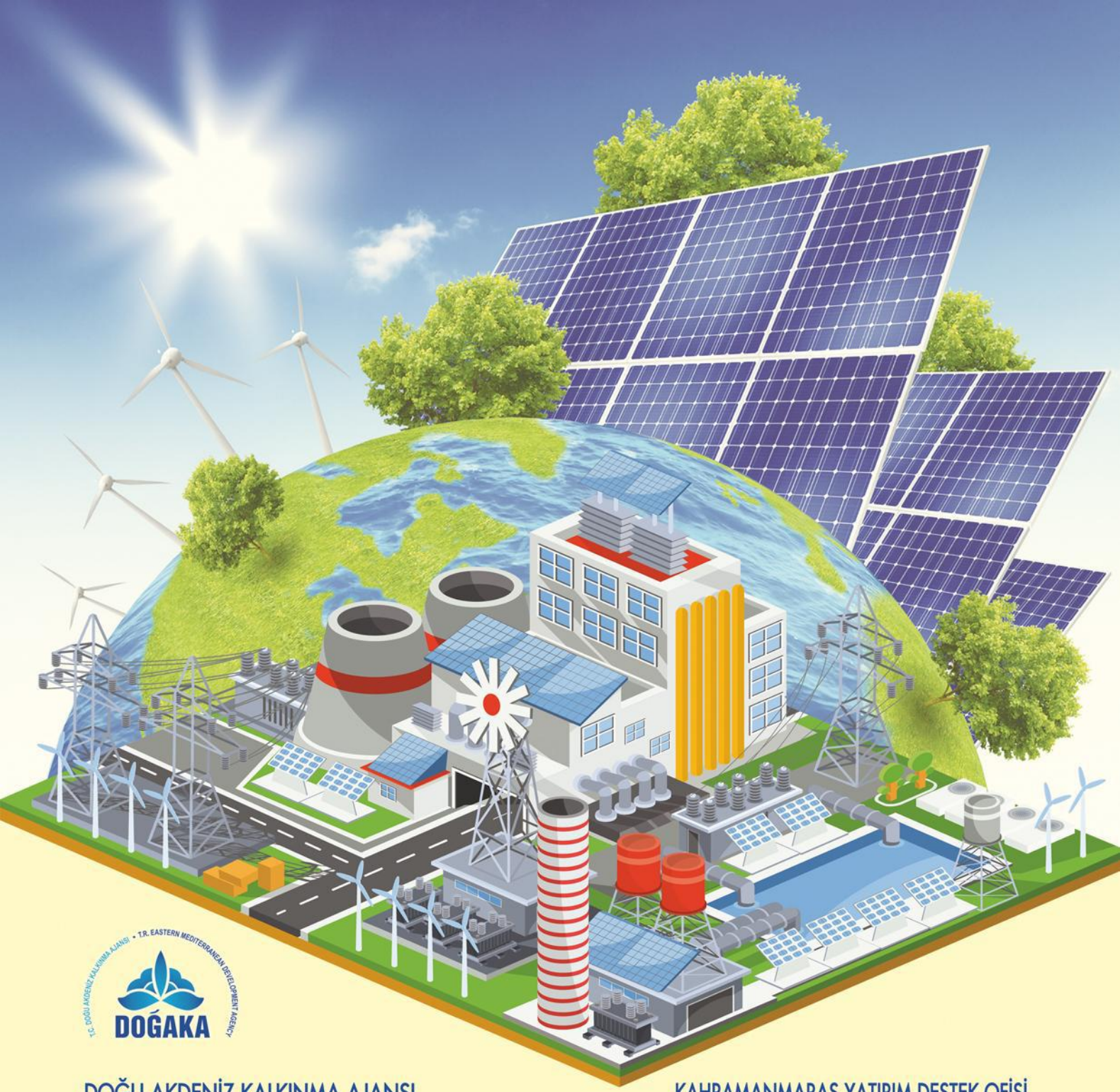
Veri çalışması için Yusuf ÇALIK'a; Haritalama için Murat GÜLER'e; Finansal analiz için Aykan BATU'ya; Düzenleme için Cem DALGÜN'e;

Teşekkürlerimizi sunarız…

Dr. Levent YALÇIN

Ankara, Ekim 2017

Notlar



T.C. DOĞU AKDENİZ KALKINMA AJANSI • T.R. EASTERN MEDITERRANEAN DEVELOPMENT AGENCY

DOĞAKA

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

www.dogaka.gov.tr