

**TÜRKİYE İKLİM KOŞULLARINDA
FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERİNİN
TASARIMI VE MALİYET ANALİZİ**

**THE DESIGN AND ECONOMICAL ANALYSIS
OF PV POWER SYSTEMS
IN TURKEY'S CLIMATE CONDITIONS**

ETEM KESKİN

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

TEMİZ TÜKENMEZ ENERJİLER Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2012

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **TEMİZ TÜKENMEZ ENERJİLER ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....
Prof. Dr. Necdet BAŞTÜRK

Üye (Danışman) :.....
Prof. Dr. Aynur ERAY

Üye :.....
Prof. Dr. Hüseyin Zafer DURUSOY

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Şule ERGÜN

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Akın BACIOĞLU

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca/...../..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof.Dr Fatma SEVİN DÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TÜRKİYE İKLİM KOŞULLARINDA FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE MALİYET ANALİZİ

Etem KESKİN

ÖZ

Bu çalışmada Türkiye' nin farklı bölgelerinden seçilen yedi il için Şebekeden Bağımsız Enerji Depolamalı Fotovoltaik sistem tasarımı farklı teknolojilerde seçilen FV modüllerle birlikte modellemeleri gerçekleştirilmiş ve kullanıcılara yön gösterebilecek bir maliyet analizi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada ilk önce Güneş ışınımı doğası ve FV sistemler için gerekli bilgiler anlatılmıştır. FV sistem tasarımı yapılırken hangi bileşenlerin bulunduğu, bu bileşenlerin seçiminde nelere dikkat edilmesi gerektiği ele alınmış ve FV sistemin yük karakteristiği ve sistem tipleri anlatılmıştır.

FV sistem modellemelerinde Dünya'da yaygın olarak kullanılan PVSYST programı tercih edilmiştir. Programın şebekeden bağımsız FV sistemlerin modellemesinde kullanımı detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Yedi il için üç farklı FV teknoloji ile gerçekleştirilen sistemin tasarım ve modelleme aşamaları anlatılarak modellemelerin sonuçları irdelenmiştir.

Gerçekleştirilen modellemelerde FV sistemin tasarım aşamasının karmaşık olduğu, çok fazla parametre içerdiği ve tasarımı gerçekleştirecek kişilerin bu konuda yeterli bilgi ve donanıma sahip olması gerektiği görülmüştür. Ayrıca modellenen sistemlerde, seçilen bölgenin enleminin, ikliminin ve meteorolojik verilerin sistem sonucuna etkisinin büyük olduğu, sistemde seçilecek modül teknolojilerinin bölgenin sıcaklık değerlerine, maliyetine, verim değerlerine ve kayıplarına bağlı olduğu sonucu ortaya konmuştur.

Anahtar Sözcükler: Güneş, Modelleme Programları, PVSYST, FV Sistem, Depolama Sistemi, Sistem Kayıpları, Sistem Verimi, Maliyet

THE DESIGN AND ECONOMICAL ANALYSIS OF PV POWER SYSTEMS IN TURKEY'S CLIMATE CONDITIONS

Etem KESKİN

ABSTRACT

In this study, simulations of the off-grid photovoltaic systems with energy storage system with selected PV modules of different technologies were performed for Turkey's seven provinces selected from different regions and a cost analysis was conducted to lead users. In this study, firstly, the nature of the solar radiation and the necessary information for PV systems are described. Selecting the components and important parameters while PV system is being designed are discussed. PV system load characteristics and types of systems are described.

For PV system simulation, PVSYST program is preferred that is also commonly used worldwide. Modeling stages of the off-grid PV system design for seven provinces with the three different technologies were explained in detail and the modeling results were analyzed.

Modelling stages of system design is so complex that it contains too many parameters and it is foreseen that the people who will design should have sufficient background and knowledge. In addition, the effects of latitude, climate and meteorological data of the selected region on modelling PV systems are significant and it has been concluded that the selection of module technology depends on temperature values in the region, cost, efficiency and the losses.

Keywords: Sun, Modeling Programs, PVSYST, PV System, Storage System, System Losses, System Efficiency, Cost

TEŐEKKÖR

Yazar, bu alıőmanın gerekleőmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geen kiőilere itenlikle teőekkÖr eder.

Tez alıőmamda bana sevgili eőim ve tatlı oğlum yardımlarını ve desteklerini esirgememiőlerdir.

Tez çalıőmamda arkadaőım Zahid ERDOĐAN beni motive etmiőtir.

Sayın Prof.Dr. Aynur ERAY (Tez Danıőmanı) bana yol gÖsterici olmuő ve bana kıymetli vakitlerini cÖmertçe ayırmıőtır.

PVSYST programı yazarı Sayın Andre MERMOUD ve takımı fotovoltaik sistem modellemelerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan PVSYST programını Öcretsiz olarak sađlamıőtır.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNEŞ IŞINIMI	5
3. FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERİ.....	10
3.1 Sistem Bileşenleri.....	10
3.1.1 FV Paneller	12
3.1.2 Enerji Depolama Ünitesi (Akü Grubu).....	13
3.1.3 Regülatör	14
3.1.4 Evirici (İnverter).....	14
3.1.5 Kablolar.....	14
3.2 FV Sistem Tasarımı	17
3.3 FV Sistem Tasarımında Kullanılan Yazılımlar	18
4. PVSYST PROGRAMI.....	24
4.1 Ön Tasarım	25
4.1.1 Proje Yer Seçimi	25
4.1.2 Projede Sistem Seçimi.....	29
4.1.3 Projede Sonuçların Eldesi.....	31
4.2 Proje Tasarımı.....	32
4.2.1 Proje	32

4.2.2 FV Panellerin Yönelimi.....	34
4.2.3 Uzak-Yakın Gölgeleme.....	35
4.2.4 Sistem.....	38
4.2.5 Simülasyon.....	42
5. 7 BÖLGE İÇİN PVSYST PROGRAMINDA SİSTEM TASARIMI.....	50
5.1 ANKARA için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı.....	58
5.2 İZMİR için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı.....	60
5.3 ANTALYA için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı.....	62
5.4 VAN için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı.....	63
5.5 ŞANLIURFA için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı.....	64
5.6 KONYA için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı.....	66
5.7 SAMSUN için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı.....	67
6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	69
6.1 Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	69
6.2 Maliyet Analizi.....	81
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	88
EKLER.....	91
EK 1. Modellemede Kullanılan Tek Kristal Modüllerin Özellikleri.....	91
EK 2. Modellemede Kullanılan Poli Kristal Modüllerin Özellikleri.....	93
EK 3. Modellemede Kullanılan a-Si Modüllerin Özellikleri.....	95
EK 4. Modellemede Kullanılan Bataryaların Özellikleri.....	97
EK 5. Seçilen 7 İl İçin İklim Verileri.....	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Dünya' nın Güneş Etrafında İzlediği Yol.....	7
Şekil 2.2 Yükseklik ve Zenit açısı.....	7
Şekil 2.3 Kuzey yarım kürede azimut değerleri (a) kış ayları için (b) yaz ayları için.....	8
Şekil 2.4 FV panel eğim açısı ve azimut açısı	9
Şekil 3.1 Fotovoltaik Güç Sistemleri için farklı sistem bileşenleri yapıları	11
Şekil 3.2 Şebekeden Bağımsız Enerji Depolamalı FV Sistem	12
Şekil 3.3 Örnek Bir FV panel	13
Şekil 4.1 PVSYST Programının Giriş Ekranı.....	24
Şekil 4.2 Öntasarım (Preliminary Design)	25
Şekil 4.3 PVSYST Programının araçlar (tools) ekranı	26
Şekil 4.4 PVSYST Programında Yer Seçimi Bölümü.....	27
Şekil 4.5 PVSYST Programında Yer Seçimi Bölümünün Coğrafi Koordinat Kısmı	28
Şekil 4.6 PVSYST Programında Yer Seçimi Bölümünün Aylık Meteorolojik Veri Kısmı	29
Şekil 4.7 PVSYST Sistem Bölümünde FV Panellerin Yönelimini Seçme Bölümü	30
Şekil 4.8 PVSYST Programında Eğim Açısı Belirleme Ekranı	30
Şekil 4.9 FV Sistemi Yük Tanımlama Bölümü	31
Şekil 4.10 PVSYST Sonuçlar(Results) Bölümü	32
Şekil 4.11 PVSYST Albedo Değerleri Ekranı	33
Şekil 4.12 PVSYST Seçilen Yerden Bağımsız Tasarım Parametreleri.....	33
Şekil 4.13 (a) Sabit-Mevsimsel yönlendirmeli (b) İki eksende izleme (c) Çerçevesiz iki eksende izleme (Çerçeve Kuzey Güney yönünde) (d) Çerçevesiz iki Eksende izleme (Çerçeve Doğu Batı yönünde) (e) Tek eksende izleme - Azimut açısı değiştirilerek.....	35
Şekil 4.14 İzmir için Uzak Gölgeleme.....	36
Şekil 4.15 FV Sistemin Yakın Gölgeleme Modellemesi İçin 3 Boyutlu Tasarımı	38
Şekil 4.16 PVSYST Proje Tasarım Bölümünde Sistem Kısmında FV Sistem Yük Belirleme Ekranı	39

Şekil 4.17 PVSYST Proje Tasarım Bölümünde Sistem Kısmında FV Sistemin LOL, Batarya Gerilimi ve Otonomi Faktörü Belirleme Alanı	40
Şekil 4.18 PVSYST Programında Proje Tasarım Bölümünde Sistem Kısmında Batarya ve FV Modül Seçme Ekranı	40
Şekil 4.19 PVSYST Programında Proje Tasarım Bölümünde Sistem Kısmında Regülatör ve Batarya Sıcaklığı Belirleme Ekranı	41
Şekil 4.20 PVSYST Programında modüllerin ısı kayıpları, kablo kayıpları, modül kalitesi, uyumsuzluk kayıpları, kirlenme ve ışımaya kayıplarının değerlendirilebileceği <i>ayrıntılı kayıp</i> aşamasının ekran görüntüsü	42
Şekil 4.21 PVSYST Programında Simülasyon Yapıldıktan Sonra Çıkan Ana Ekran	46
Şekil 4.22 PVSYST Programında Modellenen Sistemin Özet Sonuç Ekranı.....	47
Şekil 4.23 Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı.....	48
Şekil 5.1 EİE Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	50
Şekil 5.2 Tasarımı yapılacak FV Sistemin yerleşim yeri olarak seçilen 7 il için Küresel Güneş Radyasyon Dağılımı	51
Şekil 5.3 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modüller için Ankara' nın Simülasyon Sonuçları	58
Şekil 5.4 METEONORM 97 meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Ankara' nın Simülasyon Sonuçları.....	59
Şekil 5.5 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modüller için Ankara' nın Simülasyon Sonuçları	59
Şekil 5.6 NASA meteorolojik verileri ve Amorf Silikon FV Modüller için Ankara' nın Simülasyon Sonuçları	59
Şekil 5.7 METEONORM 97 meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için İzmir' nın Simülasyon Sonuçları	60
Şekil 5.8 METEONORM 97 meteorolojik verileri ve Poli Si FV Modülleri için İzmir' in Simülasyon Sonuçları	61
Şekil 5.9 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için İzmir' in Simülasyon Sonuçları.....	61
Şekil 5.10 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için İzmir' in Simülasyon Sonuçları.....	61
Şekil 5.11 NASA meteorolojik verileri ve Amorf Silikon FV Modülleri için İzmir' in Simülasyon Sonuçları	62

Şekil 5.12 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Antalya' nın Simülasyon Sonuçları	62
Şekil 5.13 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için Antalya' nın Simülasyon Sonuçları	63
Şekil 5.14 NASA meteorolojik verileri ve a-Si FV Modülleri için Antalya' nın Simülasyon Sonuçları	63
Şekil 5.15 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Van' ın Simülasyon Sonuçları	64
Şekil 5.16 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için Van' ın Simülasyon Sonuçları	64
Şekil 5.17 NASA meteorolojik verileri ve A-Si FV Modülleri için Van' ın Simülasyon Sonuçları	64
Şekil 5.18 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Şanlıurfa' nın Simülasyon Sonuçları	65
Şekil 5.19 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için Şanlıurfa' nın Simülasyon Sonuçları	65
Şekil 5.20 NASA meteorolojik verileri ve A-Si FV Modülleri için Şanlıurfa' nın Simülasyon Sonuçları	65
Şekil 5.21 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Konya' nın Simülasyon Sonuçları	66
Şekil 5.22 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modüller için Konya' nın Simülasyon Sonuçları	66
Şekil 5.23 NASA meteorolojik verileri ve a-Si FV Modüller için Konya' nın Simülasyon Sonuçları	67
Şekil 5.24 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Samsun' un Simülasyon Sonuçları	67
Şekil 5.25 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için Samsun' un Simülasyon Sonuçları	68
Şekil 5.26 NASA meteorolojik verileri ve a-Si FV Modülleri için Samsun' un Simülasyon Sonuçları	68
Şekil 6.1 Ankara için Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı	71
Şekil 6.2 İzmir için Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı	72
Şekil 6.3 Antalya için Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı	73

Şekil 6.4 Van için Modellemesi Yapılan FV SisteminTüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı.....	74
Şekil 6.5 Şanlıurfa için Modellemesi Yapılan FV SisteminTüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı ..	75
Şekil 6.6 Konya için Modellemesi Yapılan FV SisteminTüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı.....	76
Şekil 6.7 Samsun için Modellemesi Yapılan FV SisteminTüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı ..	77
Şekil 6.8 Antalya ilinde Tek Kristal Si modüller için Performans oranı, FV modüllerde sıcaklıktan dolayı oluşan kayıp ve aylık sıcaklık değerleri	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 FV sistem tasarımında kullanılan bazı yazılımlar	3
Çizelge 3.1 Amerikan Kablolama Çizelgesi	16
Çizelge 5.1- Tasarımı yapılacak FV Sistemin yerleşim yeri olarak seçilen 7 il için yer koordinatları.....	54
Çizelge 5.2 Modellemesi Yapılan FV sistemlerde 7 il için Eğim Açıları.....	55
Çizelge 5.3 -Tasarlanan Sistemler İçin Yük Dağılımı.....	56
Çizelge 6.1 Seçilen 7 il için FV sistemlerin ürettikleri enerjiler ve iller için Yıllık Ortalama Küresel Işınım Değerleri.....	69
Çizelge 6.2 - Ankara için Sistem Değerlendirmesi	78
Çizelge 6.3 - Antalya için Sistem Değerlendirmesi.....	79
Çizelge 6.4 Konut Sektörü İçin UEA' nın FV Sistemlerin Gelecek Projeksiyonu...82	
Çizelge 6.5 Üç Farklı Modül Teknolojisi için Maliyet Tablosu.....	83
Çizelge 6.6 FV Sistemin Kullanıcıya Sağladığı Enerji.....	84
Çizelge 7.1 Modellemede Seçilen 7ilin ve Almanya ve İspanyada Seçilen İllerin Yıllık Ortalama Küresel Işınım Değerleri	86

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

DC	Doğru Akım
AC	Alternatif Akım
FV	Fotovoltaik
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning
IAM	Array Incidence Loss
LOL	Loss of Load
NOCT	Nominal Operating Collector Temperature
AWG	American Wiring Gauge
UEA	Uluslararası Enerji Ajansı
WMO	World Meteorological Organization

1. GİRİŞ

Küresel ısınmanın her geçen gün dünyanın gündemine daha fazla geldiği günümüzde, insanlığın yaşam konforunu sağlayan enerjiyi temiz bir şekilde ve doğaya en az zarar veren yöntemlerle elde etmek insanlığın başlıca hedefleri arasına girmiştir. Bu hedefi gerçekleştirmek için gelişmiş ülkelerin öncülüğünde yeni organizasyonlar yapılmakta, yeni teknolojiler üretilmeye çalışılmakta ve devletlerin ve insanlığın işbirliğini ve katkısını sağlamaya dönük politikalar uygulanmaktadır. İnsanlığın yaşam konforu için gerekli olan enerjinin üretimi, varolan enerjinin bir biçimden başka bir biçime dönüşümü şeklinde olmaktadır. Doğada insanın müdahalesi olmadan da sürmekte olan bu dönüşüm göz önüne alınarak, çevreye minimum düzeyde zarar veren dünyanın doğal akışından elde edilen rüzgar enerjisi, güneş enerjisi gibi enerji türleri yenilenebilir- temiz tükenmez enerjiler olarak tanımlanmıştır [1].

1970'lerde petrol krizinin baş göstermesi ile temiz ve tükenmez enerji kaynakları geleneksel yakıtlara alternatif olarak görülmeye başlanmış ve bununla birlikte güneş gözeleri üzerine yapılan araştırmaları da hız kazanmıştır. Fosil yakıtların tükenme aşamasına gelmesi ve çevreye olumsuz etkilerinin açık bir şekilde gözlenmeye başlanması ile 2000'li yıllarda güneş gözelerinin ticari üretimi artmış, şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız uygulamaları yaygınlaşmıştır. Kullanımın daha da yaygınlaşması için sistem maliyetlerinin düşürülmesi büyük bir önem taşımaktadır [1-3].

Yenilenebilir enerjiler arasında dünyanın enerji kaynağı güneşten enerji elde etmenin bir yöntemi güneş elektrik dönüşümünü sağlayan güneş gözelerinden yararlanmaktır. Güneş gözeleri üzerine düşen Güneş ışığını soğurarak elektrik enerjisini dönüştüren aygıtlardır. Güneş gözeleri, çıkış güçlerinin artırılması için birbirlerine seri ve paralel bağlanırlar ve toz, darbe gibi dış etkilerden korunması için laminasyon işleminden geçirilerek Fotovoltaik (FV) modüller olarak kullanılırlar [1-4]. Günümüzde bu aygıtların kullanım alanlarına bakıldığında, hesap makineleri, uydular, telekomünikasyon sistemleri gibi çeşitli cihazların elektrik enerjisi ihtiyaçlarını karşılayabildikleri gibi, bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını

karşılıyan ya da ülkenin elektrik şebekesine katkı sağlamak için kurulan güneş-
elektrik santralleri gibi büyük uygulama örnekleri de bulunmaktadır [5].

Güneşten elektrik enerjisi elde etmek için kurulan FV sistemler dünyada hızla artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının (UEA) 2050 yılı öngörülerine göre, dünyada üretilen elektrik enerjisinin %11 FV' ten sağlanacaktır. Bu tahminin gerçekleşmesinin önünde duran en büyük engel maliyetlerin yüksek olmasıdır. Ancak, yine UEA' nın öngörülerine göre, Bu maliyetlerin yıllar içerisinde düşeceği belirtilmektedir [6].

Ülkemizde son yıllarda FV sistemlerin kullanımı artmaktadır. 4628 numaralı Elektrik Piyasası Kanununa göre Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, 500kW' a kadar kurulu gücü olan üretim tesislerinin lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğü bulunmamaktadır [7]. Ülkemizde, çeşitli kuruluşlar, inşaat şirketleri ve üniversitelerde kurulmuş FV sistemler mevcuttur [8].

FV sistemlerin yüksek kurulum maliyetlerinin, sistemlerin yaygınlaşmasındaki en önemli engel olması nedeniyle, günümüzde FV sistemlerin optimizasyonu üzerine yoğun araştırmalar yapılmaktadır [9-21]. Böylece, FV sistemlerin eğitim açısı, FV modül sayısı, evirici ve akü grubu kapasitesi optimizasyonu gerçekleştirilerek en uygun değerler elde edilebilir. FV sistemlerin en uygun şekilde ölçeklendirilmesi amacıyla, kullanıcı dostu olarak geliştirilmiş, yazılımlar kullanılmaktadır [5, 22]. Çizelge 1.1'de özetlenen bu yazılımlar benzetişim kapasiteleri ve yetenekleri, maliyetleri, çalışma platformları, güncelleştirme imkanları, yazılım dilleri ve raporlama yetenekleri gibi özellikleri ile birbirlerinden farklı özellikler gösterirler. Bu çalışmada, detaylı hesaplama yapan ve geniş bir sistem bileşenleri kütüphanesi ile kullanıcıya bir çok parametre seçimi olanağı veren ve yaygın olarak kullanılan PVSYST paket programı [23-31] kullanılmıştır. FV sistemin maksimum verimde ve düşük maliyette kurulabilmesi, bu sistemlerin ülkemizde yaygınlaşması açısından büyük önem taşıdığından, FV sistem kurulmadan önce, modelleme yoluyla bir ön çalışma yapılarak sistemin kurulacağı ortam şartlarında maksimum enerji üretiminin hangi koşullarda gerçekleşeceğini belirlenmesi de büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 1.1 FV sistem tasarımında kullanılan bazı yazılımlar

Yazılım İsmi	Üretici/ Geliştiren Enstitü	Maliyet	Web Adresleri
RETScreen	Natural Resources KANADA	Ücretsiz	www.etscreen.net
TRNSYS	Wisconsin Üniversitesi ABD	Eğitim amaçlı \$2100	http://sel.me.wisc.edu/trnsys/
HOMER	NREL, ABD	Ücretsiz	www.nrel.gov/homer
INSEL	Insel Company, ALMANYA	Tam sürüm 1700 Avro ; Öğrenciler için 85 Avro	http://www.insel.eu
PV F-Chart	University of Wisconsin, Madison, ABD	\$400 Eğitim amaçlı \$600	http://www.fchart.com/
NREL Solar Advisor Model (SAM)	NREL, ABD	Ücretsiz	https://www.nrel.gov/analysis/sam/background.html
PVsys	University of Geneva, Switzerland	Tek makine için bir lisans 900 CHF	http://www.pvsys.com/5.2/index.php
SolarDesignTool	Verdiseno, Inc, Santa Cruz, ABD	Ücretsiz versiyonu mevcuttur Profesyonel versiyonu aylık ücretlidir.	http://www.solardesigntool.com/
SolarPro	Laplace System Co., Japonya	Eğitim amaçlı \$1,900	http://www.lapsys.co.jp/english/
PV DesignPro-G	Mau Solar Energy Software Corporation, ABD	Solar Design Studio CDROM \$249	http://www.mausolarsoftware.com/
PV*SOL Expert	Dr. Valentin Energie Software, Almanya	Eğitim amaçlı 2456 Avro	http://www.valentin.de/en/products/photovoltaics/12/pvsol-expert

Güneş kuşağında yer alan ülkemizde kurulacak FV sistemlerin yaygınlaştırılması ve bu sistemlerin daha bilinçli bir şekilde kurulması, bu konuda yetişmiş insan sayısına ve bu konuda yapılan akademik çalışmalara, yayınlanan kitap, dergi ve makalelere ve devletin yapacağı düzenlemelere, teşviklere ve politikalara bağlıdır. Bu amaca hizmet etmek için gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, ülkenin farklı bölgelerinde seçilen iller için PVSYST paket program ile 5kW'lık FV sistem modellemeleri gerçekleştirilmiştir. Tezin ikinci ve üçüncü bölümünde, literatür taraması yapılarak Güneş ışınımı, FV güç sistemleri, FV güç sistemlerin modellenmesinde kullanılan paket programlar anlatılmıştır. Dördüncü bölümde PVSYST programı tanıtılmış bu programın şebekeden bağımsız FV sistemlerin modellemelerinde nasıl kullanılacağı açıklanmıştır. Beşinci bölümde ANKARA, İZMİR, ANTALYA, VAN, KONYA, ŞANLIURFA ve VAN illerinde seçilen koordinatlar için, PVSYST programı yardımıyla şebekeden bağımsız enerji depolamalı 5kW'lık FV sistem modellemeleri gerçekleştirilmiştir.

2. GÜNEŞ IŞINIMI

Güneş Enerjisinden Dünyamızda ya doğrudan ya da rüzgar enerjisi gibi bu enerjinin değişik formlara dönüşmüş şekliyle dolaylı olarak yararlanılır. Güneş enerjisi Dünya'ya Güneş ışınımı (irradiance) olarak ulaşır ve birimi W/m^2 olarak ifade edilir. Güneş ışınımının güç yoğunluğu, Güneş Dünya arasında yıl boyunca değişiklik gösteren mesafeden dolayı, değişiklik gösterir. Atmosferin dışında kabul edilen **Güneş enerjisi ortalama güç yoğunluğu $1360 W/m^2$** , deniz seviyesinde kabul edilen güç yoğunluğu ise **$1000 W/m^2$** dir [4]. Güneş ışınımı yer yüzünün herhangi bir noktasına gelirken, izlediği yolda bulunan atmosferdeki hava kütlelerini aşması gerekir ve bu hava kütlelerinden dolayı ışınım belirli bir kayba uğrar. Güneş ışınımı atmosfere girdikten sonra atmosferi oluşturan gazlardan dolayı ışınımın bir bölümü atmosferde dağılır. Eğer bu dağılıma olmasaydı Dünyamız Ay gibi karanlık olacaktı. Güneş ışınımının bir bölümü de yer yüzeyine hiçbir dağınıklık göstermeden ulaşır. Bu iki bileşen güneş ışınımını oluşturur. Güneş ışınımının Dünya yüzeyine doğrudan gelen bölümüne **doğrudan ışınım (direct veya beam radiation)**, atmosferde dağılan kısmına **yayınık ışınım (diffuse radiation)** ve bu iki ışınımın birlikte oluşturduğu ışınım ise **toplam ışınım (global radiation)** denir. Güneş ışınımının yer yüzeyinden yansıyan kısmına ise **albedo ışınım** denir [4] .

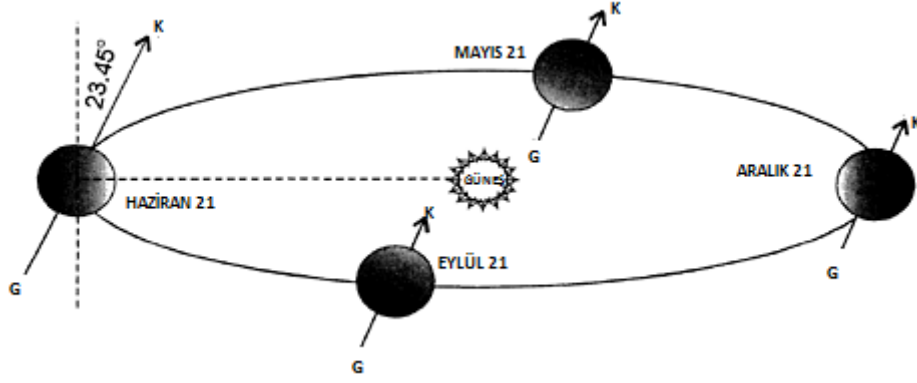
FV güç sistemlerinin tasarımında, tasarımın gerçekleştirileceği bölge için zamanın fonksiyonu olarak Güneş ışınımı bilgileri gereklidir. Yeryüzündeki her hangi bir bölge için anlık güneş ışınım değerleri, o bölgenin hava şartlarına, bölgenin coğrafi konumuna, yüksekliğine, günün ve yılın hangi zamanında olduğuna göre değişir. Güneş ışınım ölçümleri **yer ölçümleri** ve **uzaydan yapılan ölçümler** olmak üzere ikiye ayrılır. Yer ölçümlerinde toplam ışınımı ölçmek için **pironometre**, doğrudan ışınımı ölçmek için **pirheliometre** cihazları kullanılır [5]. Yer ölçümlerine göre daha ucuz fakat doğruluğu daha düşük olan alternatif bir yöntem de **güneşlenme süresi** ölçümleridir. Bu ölçümlerde, bir kaydedici kullanılarak $200W/m^2$ gibi belirli bir güneş ışınımı değeri üzerindeki güneşlenme saatleri kaydedilir. Kaydedilen bilgiler, bazı matematiksel hesaplamalar yapılarak bulunan belirli düzeltmelerin bu verilere uygulanmasıyla kullanılır [4]

Uzaydan yapılan güneş ışınımı ölçümleri uydular vasıtası ile yapılır. Belirli bir bölge için bulutlanma miktarları uzaydan izlenerek ölçümler alınır [4, 5]. Güneş ışınımı ölçümlerinde en çok yer ölçümleri kullanılırken, ölçülen büyüklük daha çok kWsaat/m².gün birimi ile ifade edilir. Güneş ışınımı yer ölçümleri, güneşlenme süresi ölçümlerine göre daha yüksek doğrulukta veriler ürettiği için, güneş ışınımı yer ölçümleri daha karmaşık FV sistem tasarımlarında kullanılır.

Güneş ışınımı yeryüzüne yıl boyunca sabit bir açıda ulaşmaz. Dünya Güneş etrafında eliptik bir çizgide dönüşünü gerçekleştirir. Ayrıca Dünya bu dönüşünü gerçekleştirirken kendi eksenini etrafında da dönmektedir. Dünyanın kutuplarından geçen eksen, dünyanın Güneş etrafında izlediği yörüngeye dik doğruya yıl boyunca değişkenlik gösteren ve maksimumu 23° 45' lık açı değeri olan bir eğiklik gösterir. Bu açı ilkbahar ve sonbaharın bir anı için sıfır derecedir. Yazın belirli bir an için bu açı 23° 45' değerine ulaşır ve kuzey kutbundaki yengeç dönencesine Güneş ışınları dik gelir. Kışın ise bu açı yine 23° 45' değerine ulaşır fakat bu kez güney kutbundaki oğlak dönencesine güneş ışınları dik gelir. Şekil 2.1' de de görüldüğü gibi Güneş ışınlarının ekvator çizgisi ile yaptığı açığa **eğim açısı (deklınasyon açısı)** denir ve

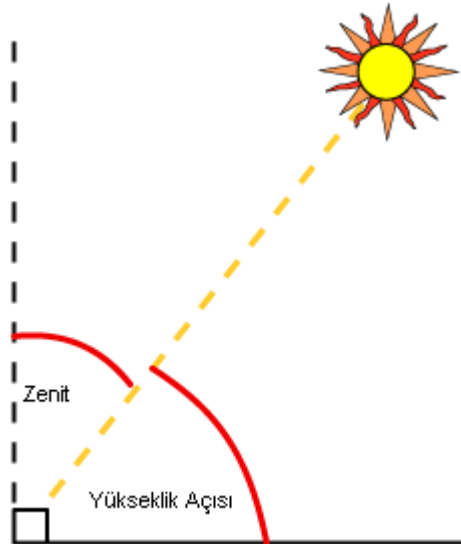
$$\delta = 23.45^{\circ} \sin\left[\frac{360(n-80)}{365}\right] \quad (1.1)$$

Eşitliği ile bulunabilir [32]. Eşitlik 1.1'deki **n** yılın hangi günü olduğunu ifade eder. 1 Ocak yılın ilk günüdür. Güney kutbu için bu açı negatiftir. Güneş ışınlarının FV panellere dik bir şekilde gelmesi için paneller belirli bir eğimle konumlandırılmalıdır. Eğer güneş takip sistemli FV paneller kullanılacaksa panellerin eğimi için *Eşitlik (1.1)* den yararlanılabilir. Fakat sabit FV paneller kullanılacaksa FV paneller sabit eğimli seçilmelidir. Bu eğim açısı panellerin bulunduğu enlem derecesi kadar seçilir. Örneğin 26° kuzey enleminde bulunan FV panellerin eğim açısı 26° olacaktır [33].



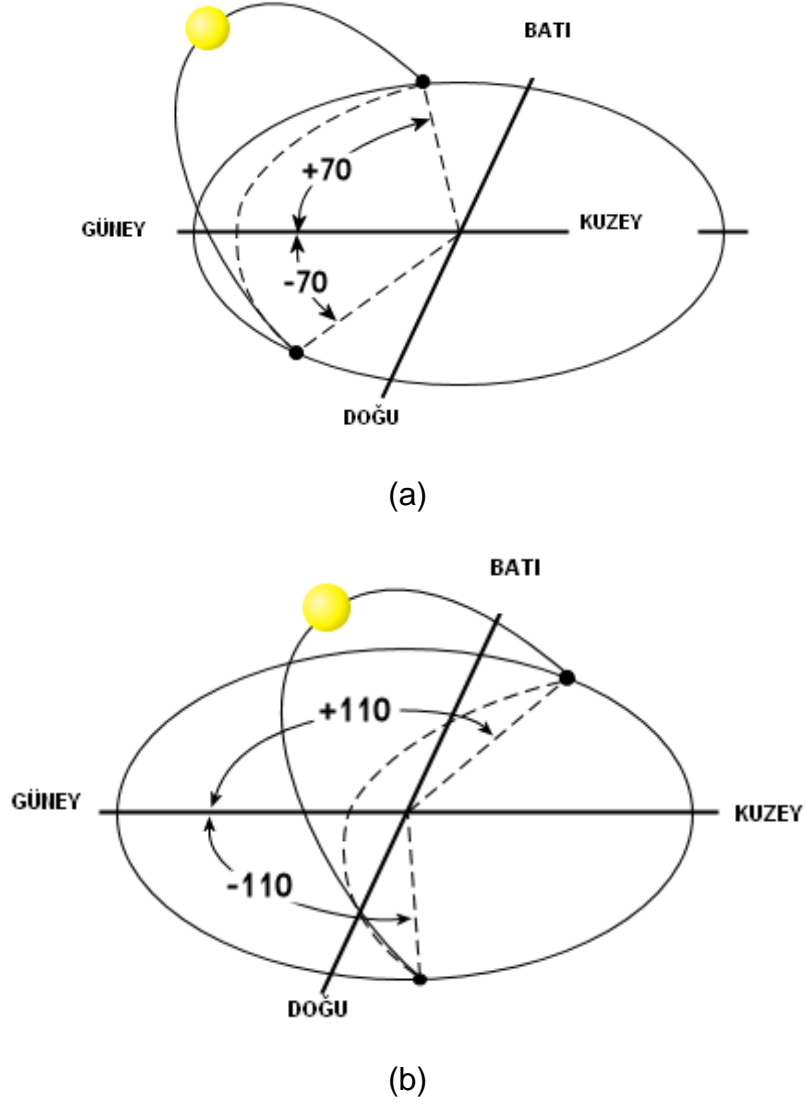
Şekil 2.1 Dünya' nın Güneş Etrafında İzlediği Yol

Güneş ışınları gün boyunca, güneşin doğuşu ve batışından dolayı yani dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinden dolayı farklı açılarda ulaşır. Bu nedenle eğer FV paneller güneşi takip edecekse güneşin konumunu belirlemede ve buna göre FV panellerin konumlandırılması yapılmada **azimut açısı** (kuzey açıklık açısı) ve **yükseklik açısının** (bunun 90° ye tümleyenini olan zenit açısı) tanımlanmasının yapılması gerekir. Güneşin azimut açısı pusulanın kuzey göstergesi ile güneşin saat yönünde buna yaptığı açıdır. Güneşin yükseklik açısı Şekil 2.2' de görüldüğü gibi yeryüzünün herhangi bir noktası için ise Güneş' ten yer yüzüne indirilen doğrunun yer yüzü ile yaptığı açıdır. Gün doğarken bu açı 0° iken güneş tam tepede iken açı değeri 90° dir.

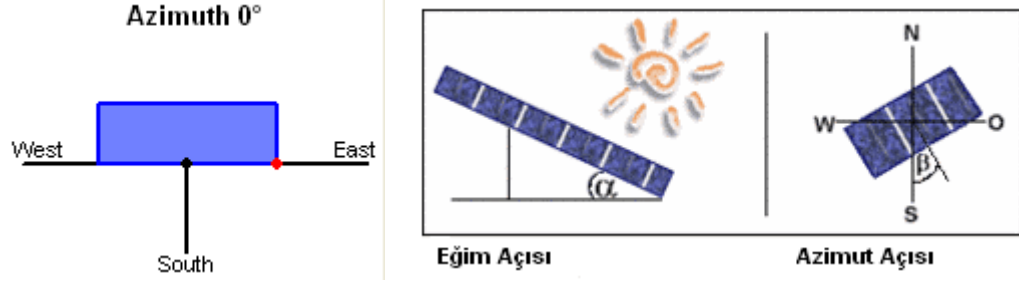


Şekil 2.2 Yükseklik ve Zenit açısı

Azimet açısı yazın ve kışın farklı açI değişkenlik gösterir. Şekil 2.3' te yaz ve kış ayları için kuzey yarım kürede azimet açısının değişim davranışı görölmektedir.



Şekil 2.3 Kuzey yarım kürede azimet değerleri (a) kış ayları için (b) yaz ayları için **FV panel azimet açısı** kuzey yarım kürede, panel yüzeyi ile pusulanın güneyi arasındaki açıdır ve bu açI Şekil 2.4' te β açısı olarak tanımlanmıştır. Sabit yönelimli FV paneller yerleştirilirken seçilecek FV panel azimet açısı 0° seçilir.



Şekil 2.4 FV panel eğim açısı ve azimut açısı

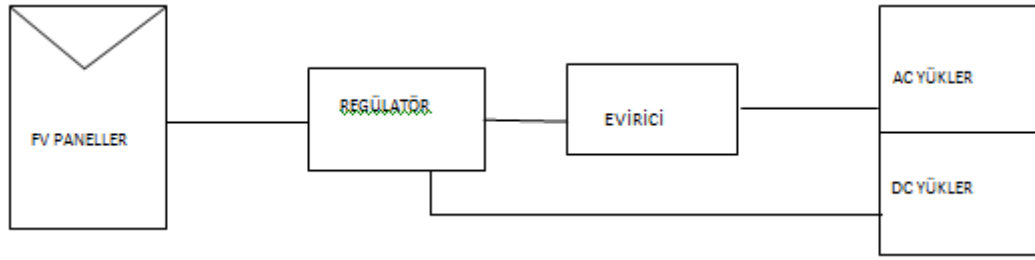
Sabit yönelimli FV modüllerin tasarımı yapılırken yukarıda söz edilen **eğim açısı** ile **FV modüllerin azimut açısı** tanımlanmalıdır. Dünya' nın Güneş etrafında izlediği yol ve Dünya' nın kendi etrafında dönerken yıl boyunca değişkenlik gösteren bu eğim açısı Güneş ışınlarının yıl boyunca dünyanın her noktasına farklı şekilde ulaşmasına sebep olmaktadır. Bu değişime atmosferik olaylar da eklenirse, güneşten elde edilebilecek enerjiyi yıllık ve aylık olarak olduğunu ölçmenin ve hesaplamaların ne denli karışık olduğu ortaya çıkar.

3. FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERİ

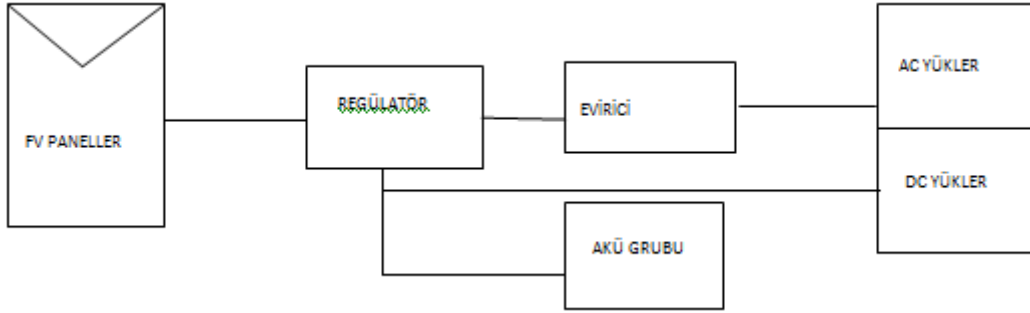
3.1 Sistem Bileşenleri

FV sistemler kullanım amaçları ve tasarımlarına göre farklı bileşenler içermektedir. Tüm FV sistemlerde FV paneller, eviriciler, bağlantı kabloları bulunurken, sistem güvenliğini sağlamak, üretilen elektriği depolamak için değişik elemanlar kullanılmaktadır.

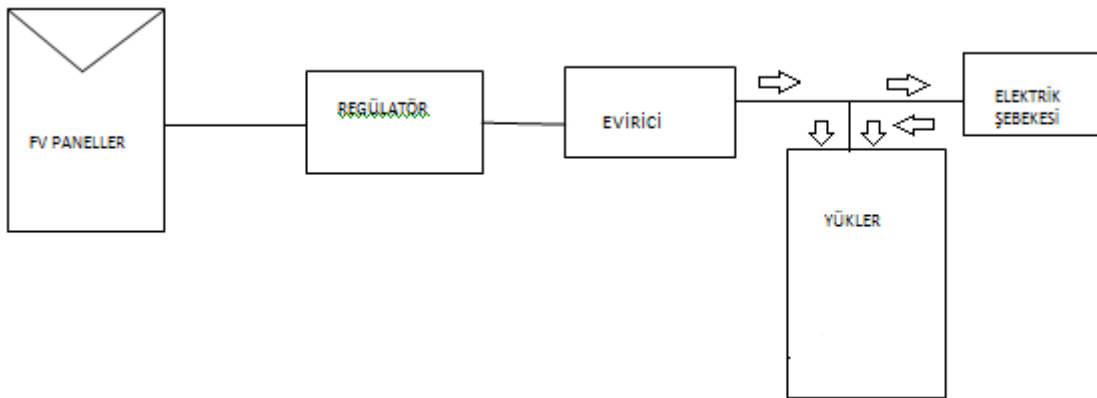
Fotovoltaik Sistemler, Şekil 3.1' de görüldüğü gibi şebeke bağlantılı, şebeke bağlantısız, enerji depolamalı, enerji depolamasız gibi farklı sistem yapısı ile kurulmakta ve bu nedenle sistemlerdeki bileşenler FV paneller, akü grupları, evirici (inverterler), kablolar, jeneratörler ve (dolum) şarj üniteleri gibi çeşitlilik göstermektedir. Şebeke bağlantılı sistemler FV sistem ile üretilen elektriğin yanında şebeke elektriğinin kullanılmasına da olanak tanır. FV sistem elektrik üretirken ve üretilen elektrik yeterli ise şebekeden elektrik çekilmez. Diğer durumlarda şebeke elektriği kullanılır. Genellikle elektrik şebekesinin bulunmadığı bölgelerde tercih edilen şebekeden bağımsız sistemler, üretilen elektriğin akülerde depolanması ve depolanan elektriğin ihtiyaç duyulduğunda kullanılması mantığına göre tasarlanırlar. Tez çalışması kapsamında incelenecek sistem **“şebekeden bağımsız enerji depolamalı FV sistem”** olacağı için bu kesimde sadece şebekeden bağımsız sistemlerin bileşenlerine yer verilmiştir. Şebekeden bağımsız FV sistem bileşenleri, ayrıntılı ve aygıt görüntülü olarak Şekil 3.2' de de verilmiştir.



a. Şebeke bağlantısız enerji depolamasız

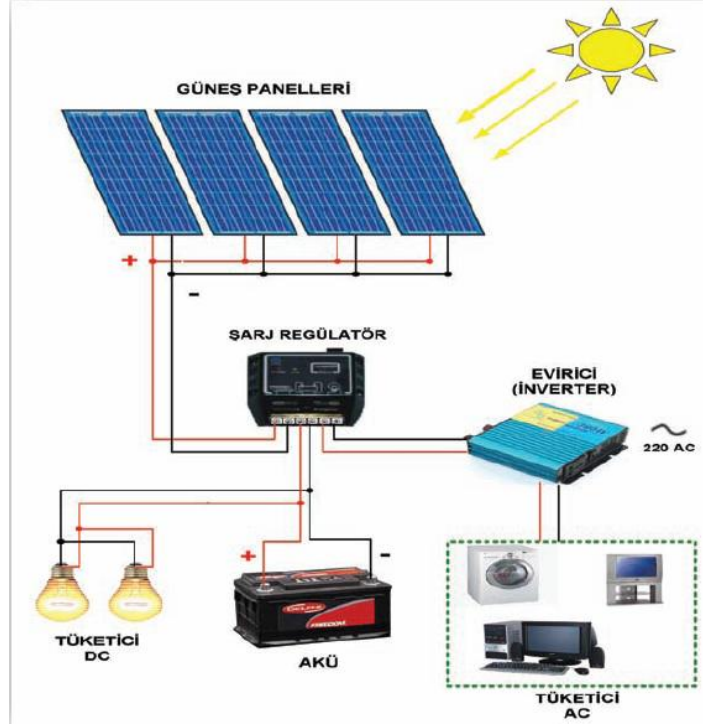


b. Şebeke bağlantısız enerji depolamalı



c. Şebeke bağlantılı enerji depolamasız

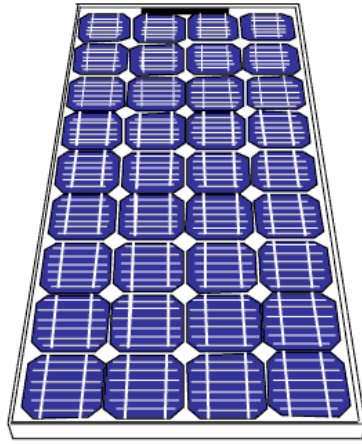
Şekil 3.1 Fotovoltaik Güç Sistemleri için farklı sistem bileşenleri yapıları



Şekil 3.2 Şebekeden Bağımsız Enerji Depolamalı FV Sistem

3.1.1 FV Paneller

FV paneller güneş gözelerinin elektriksel olarak birbirlerine bağlanması ve gözelerin çevre şartlarından etkilenmemesi için laminasyon işleminden geçirilmesi ile elde edilir, Şekil 3.3. Güneş gözeleri birbirine bağlanarak çıkış güçleri artırılır. Güneş gözeleri seri ve paralel olarak farklı seçeneklerle bağlanabileceğinden, elde edilen FV panellerin çıkış güçleri de farklılık gösterir. Yapılan bu laminasyon işlemi de güneş gözesinin türüne göre değişebilir. Örneğin Amorf Si ile yapılan modüller daha esnek olabilir, modüllerin ömürleri uzundur fakat verimleri yıllar geçtikçe düşer. Üretici bir FV panele ilk 10 yıl için nominal çıkış gücünün %90'ına kadar garanti verirken, 25 yıl için % 80'ine kadar garanti verebilir [4].



Şekil 3.3 Örnek Bir FV panel

3.1.2 Enerji Depolama Ünitesi (Akü Grubu)

Şebekeden bağımsız bir FV sistem tasarladığımızda, FV sistemin bulutlu havalarda, geceleyin gibi durumlarda güneşten sağlanamayan enerjiyi sistemin güvenilirliği için sağlayacak yedek bir enerji kaynağına ya da depolama ünitesine gereksinim vardır. Enerji depolama ünitesi olarak FV sistem tasarımlarında genellikle akü grupları kullanılır ve akü grupları FV sistem ömrünün en zayıf halkasıdır. Akü gruplarının ömrünü uzatmak için akülerin tam boşalmasından kaçınmak, yüksek sıcaklık ortamında kullanmamak, elektrolitlerde asit katmanlaşmasından kaçınmak gibi bazı önlemlerin alınması gerekir [25].

FV sistemlerde kullanılan aküler normal arabalarda kullanılan akülerden farklıdır. Bu akülerin özelliği boşalma derinliğinin (depth) daha fazla olmasıdır. FV sistemler için tavsiye edilen ve yaygın kullanılan aküler, verimleri %90 seviyesinde olan Kurşun-Asit akülerdir.

Akülerin kapasiteleri amper-saat (Ah) olarak ifade edilir. Aküler DC gerilim ile çalışırlar ve birbirlerine seri ve paralel bağlanarak istenen gerilim ve güç değerleri elde edilir. Akü gruplarının seri ve paralel olarak bağlanma şekli sistemin çalışma gerilimine ve sistemin ihtiyaç duyacağı güç miktarına bağlıdır.

Örneğin, 220V' luk bir sistemin $5kW_p$ gücünü 1 saat karşılamak için ihtiyaç duyulan akü grubu, 22,72 amper-saat'lik aküdür.

3.1.3 Regülatör

Enerji depolamalı sistemlerde akü şarj regülatörü gerekli bir ekipmandır. Akü şarj regülatörü en iyi batarya sistem performansı sağlayabilmesi için çeşitli dolma (şarj), boşalma (deşarj) ve sıcaklık koşulları için ayarlanabilir olmalıdır. Regülatör akülerin tam boşalmalarını önler, aküler sistem gerilimlerine kadar dolduklarında akü ile FV modüller arasındaki bağlantıyı keserler [5, 21].

3.1.4 Evirici (İnverter)

FV sistemlerdeki FV paneller DC güç üretirler. Üretilen DC gücü evlerde/iş yerlerinde AC güç tüketen cihazlara bağlayabilmek için, 220 V 50 Hz' lik AC güce çevirmek gerekir. Bu AC gücü DC güce dönüştüren elektronik cihazlar **evirici** (inverter) olarak adlandırılırlar. Sistemin bir anda ne kadarlık güce ihtiyaç duyacağına, sistemin şebekeye bağlı olup olmayacağına göre kullanılacak evirici tipi ve boyutu değişeceğinden, sistem maliyeti de değişecektir.

Piyasada

- kare dalga, sinüs dalga ve modüle edilmiş sinüs dalga, üreten,
- farklı harmonik distorsiyonu olan,
- elektrikli cihazların ilk çalışma anlarında yüksek akım çekmesi durumunu karşılama oranları birbirinden farklı olan
- verimleri birbirinden farklı olan

inverter tipleri mevcuttur [21]. Bu nedenle, evirici seçiminde yukarıda belirtilen özelliklere dikkat etmek gerekir. İnverterlerin verimleri tipine göre genelde %90'dan fazladır.

3.1.5 Kablolar

FV sistem tasarımında göz önünde bulundurulması gereken bir bileşen de kablolardır. Sistemin kablolanması yapılırken, sistemde enerji kaybının en alt düzeyde olması ve ileride olası elektrik kaçağı, yangın gibi durumlarla karşılaşmaması için, kabloların dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Kabloların yeterli

güvenlik şartlarını sağlaması için yayınlanmış ulusal ve uluslar arası standartlar mevcuttur.

FV sistemlerde üretilen DC elektrik, kablolarla eviriciye kadar gelir ve eviriciden (inverter) binanın elektrik şebekesine verilir. FV sistemlerde kullanılacak kabloların güneş ışığına dayanımının olması gerekir [16]. Kablolar seçilirken içinden geçecek akıma göre bir hesaplama yapılır. Kablo seçimi için literatürde önerilen bir yöntemin adımları aşağıda özetlenmiştir [34]:

- a) Sistemin çalışma gerilimi arttıkça akım düşeceğinden kablo kesiti azalacaktır. Bu nedenle, öncelikle sistem gerilimi belirlenir
- b) FV panellerden sağlanabilecek maksimum akım belirlenir.
- c) Kablonun FV panellerden akü grubuna ve şarj kontrol ünitesine olan mesafesi hesaplanır.
- d) Kablo direnç kaybı sistem gerilimine göre değişeceğinden, kablodan kaynaklanan direnç kaybının hesaba katılması gerekir. Yaygın uygulamada 12V için %3, 24V için %4 ve 48V için %5 kayıp kullanılmaktadır.

Yukarıdaki aşamalar belirledikten sonra ulusal veya uluslar arası standartlar, kanunlar veya yönetmeliklere göre kablo tipi seçilir. Çizelge 3.1' de Amerikan Kablolama Ayar (American wiring gauge-AWG) Çizelgesi verilmiştir. AWG' nin yayınladığı bu çizelgeler elektriksel güvenliği sağlamak için ülkelere göre değişen koşullara göre o ülkelerin mevzuatları ile şart koşulmaktadır. Çizelge 3.1' de 2-12 sayıları AWG numaralandırmasını göstermektedir. Kablo seçimi yapılırken, kablodan geçen akım belirlenir, Çizelge yardımıyla kullanılacak kablo uzunluğuna göre gerekli kesit saptanır.

Çizelge 3.1 Amerikan Kablolama Çizelgesi [46]

AWG Numarası	12	10	8	6	4	2
	3mm²	5mm²	8mm²	13mm²	21mm²	32mm²
4 Amps	7m	11.1m	17.7m	28.2m	44.9m	71.4m
6 Amps	4.6m	7.4m	11.8m	18.8m	30m	47.7m
8 Amps	3.5m	5.6m	8.8m	14.1m	22.5m	35.7m
10 Amps	2.8m	4.4m	7.1m	11.3m	18m	28.5m
12 Amps	2.3m	3.7m	5.9m	9.4m	14.9m	23.7m
14 Amps	2m	3.2m	5.1m	8.1m	12.8m	20.4m
16 Amps	1.7m	2.8m	4.5m	7m	11.2m	17.8m
18 Amps	1.6m	2.5m	4.0m	6.3m	10m	15.9m
20 Amps	1.4m	2.2m	3.6m	5.6m	9m	14.3m
25 Amps	1.1m	1.8m	2.9m	4.5m	7.2m	11.4m
30 Amps	0.9m	1.4m	2.4m	3.7m	6m	9.5m
35 Amps	0.8m	1.29m	2m	3.2m	5.1m	8.1m
40 Amps	0.7m	1.1m	1.8m	2.8m	4.5m	7.1m

3. 2 FV Sistem Tasarımı

FV sistemin tasarımı şebeke bağlantısının yapılıp yapılmayacağına, üretilen elektrik enerjisinin depolanıp depolanmayacağına ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi miktarına ve kullanılabilir alanına göre belirlenir. Sistem tasarımına panellerin türü, yönelimi, eğimi, kurulum alanı, bu alanların gölgelenme durumu gibi bir çok parametre etki eder. 7 bölge için FV sistem tasarımında PVSYST V5 yazılımı kullanılmıştır. Programda şebeke bağlantılı, şebekeden bağımsız, pompalama ve DC şebeke sistemleri tasarlamak için farklı menüler bulunmaktadır. Bu çalışmada seçilen sistem, *şebekeden bağımsız enerji depolamalı FV sistemdir.*

FV sistem tasarımını gerçekleştirme için şu aşamalardan oluşmaktadır.

- İlk önce sistemin yük büyüklüğünün belirlenmesi gerekir. Bu yük büyüklüğünü belirlerken öncelikle sistemdeki yükler ve sayıları, daha sonra bunların tükettikleri güçler ve günlük ortalama kullanım süreleri belirlenir. Bu şekilde sistemin aylık tüketeceği elektrik enerjisi değerine ulaşılır.
- Daha sonra kurulacak sistemin sistem gerilimi belirlenir.
- Sistemin varsa depolama sistemini belirlemek için modelleme yapılacak yerin meteorolojik verileri elde edilerek bu bilgiye göre bölgede ardıl olarak kaç gün güneş olmadığı belirlenir. Bu bilgiye göre sistemin otonomi faktörü belirlenir.
- Sistemin otonomi faktörü, günlük tüketilen enerji ve sistem gerilimine göre sistemin depolama sisteminin boyutlandırması yapılır.
- Elde edilen bu bilgilere göre uygun FV paneller ve aküler seçilerek bağlantıları uygun şekilde yapılır.
- Sistemin bir anda ne kadar enerjiye ihtiyaç duyacağı belirlenerek evirici seçimi ve sisteme uygun şarj regülatörü seçilir.

3.3 FV Sistem Tasarımında Kullanılan Yazılımlar

Piyasada Fotovoltaik sistemlerin tasarımı ve modellenmesinde kullanılan ücretli ve ücretsiz çeşitli yazılımlar bulunmaktadır [22]. Bu yazılımlar benzetişim kapasiteleri ve yetenekleri, maliyetleri, çalışma platformları, güncelleştirme imkanları, yazılım dilleri ve raporlama yetenekleri gibi özellikleri ile birbirlerinden farklı özellikler gösterirler. İzleyen kesimde, FV sistem benzetişiminde kullanılan ve Çizelge 1.1 'de verilen yazılımlar kısaca tanıtılmıştır.

RETScreen: Kanada hükümetinden, endüstriden ve üniversitelerden çeşitli uzmanların oluşturduğu bir kadronun ürünü olan yazılımın 35 dilden fazla dil desteği mevcuttur ve ücretsizdir. Program mühendisler, mimarlar ve ekonomistler için temiz enerji projelerinin modellenmesinde ve analiz edilmesinde büyük kolaylıklar sağlamakta ve kullanıcılar için enerji analizi, maliyet analizi, emisyon analizi, finansal analiz ve duyarlılık/risk analizi içermektedir [22].

TRaNsient SYstems Simulation (TRNSYS): TRNSYS programı 1975'den beri geliştirilen ticari bir programdır. Program matematik modeller oluşturmada, çok bölgesel bina modellerinin potansiyellerini belirlemede, komponent eklentileri yapmada ve diğer simülasyon programları ile birlikte çalışmada büyük kolaylıklar sağlar. En esnek enerji simülasyon programlarından biridir. Program ücretli bir yazılımdır. TRNSYS kontrol şemalarının analizinde, güneş sistemleri tasarımında, termal performans bina etmede, HVAC analizi ve boyutlandırmasında, çok bölgesel hava akışı gibi analizler yapmada büyük yararlar sağlar. Programın özel kütüphanesinde yenilenebilir enerji tabanlı güç sistemlerini modellerken, FV sistemler, bataryalar, rüzgar türbinleri, gibi bileşenler barındırır [22].

HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables): HOMER programı şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız dağıtık tipteki enerji üretim sistemleri için geliştirilmiştir. HOMER' in algoritmaları, teknoloji maliyetleri ve enerji kaynaklarına ulaşılabilirliği ve geniş teknoloji seçim imkanlarını içeren teknik ve ekonomik fizibilite değerlendirmelerini de hesaba katan optimizasyon ve duyarlılık analizi için geliştirilmiş bir programdır. Bu program NREL laboratuvarında, köylerin enerji sistemleri için tasarlanmıştır ve şu an HOMER enerji tarafından lisanslandırılmıştır. HOMER güçlü bir simülasyon yeteneğine sahiptir. HOMER üç

tür temel analiz uygular. HOMER uzak, şebekeden bağımsız ve dağınık enerji üretimi için tasarım tercihlerini değerlendirmeyi basitleştirir. Program geleneksel ve yenilenebilir enerji teknolojileri için hızlı modelleme sağlar. FV, rüzgar türbinleri, akarsu HES, dizel, benzin, biogaz, mikro türbinler, çift yakıtlı jeneratörler ve yakıt hücrelerini içeren enerji kaynakları modellenebilir. Program ayrıca Hidrojen ve batarya grupları ile depolama özelliklerini bünyesinde barındırır [22].

INSEL (INtegrated Simulation Environment Language): INSEL, yaygın amaçlar için grafiksel programlama dilidir. INSEL ilke olarak, bilgisayar simülasyonunun her hangi problemini çözme yeteneğine sahiptir. Meteorolojik veri, elektriksel ve termal enerji bileşenlerinin simülasyonu için güncel fonksiyonları olan bloklar sağlar ve simülasyon problemini somut bir şekilde çözmek için bu bloklar birbirlerine eklenebilir. Enerji sistemlerini anlamak, planlamak, görüntülemek için INSEL modüler simülasyon ortamında çalışır. Program ücretli bir programdır. INSEL programı blok kütüphanesi için bir ara yüz sağlar. Veritabanında fotovoltaik modüller, inverterler, termal kollektörler ve meteorolojik parametreler bulundurulur. INSEL' in uygulamaları programda varolan veya kullanıcı tanımlı nümerik ve grafik çıktılar içerir. Program güneş ışınım simülasyonu, fotovoltaik ve güneş-ısı dönüşümü uygulamaları gerçekleştirilebilir. FV sistemin özellikleri FV modül parametreleri, I-V eğrileri, bir veya iki eksenli takibin verimlilik karşılaştırılması, yıllık elde edilecek enerji çıktısı, modüllerin, güneş gözelerin performansı incelenebilir [22].

PhotoVoltaic F-Chart (PV F-Chart) : PV F-CHART, F-Chart Software şirketi tarafından kapsamlı fotovoltaik sistem analizi ve tasarımı için geliştirildi. Program günün her bir saati için aylık ortalama performans hesaplamasını bünyesinde bulundurulur. Hesaplamalarda faydalanılan yöntemler Güneş ışınımının özelliklerini kullanarak yükün ve ışınımın istatistiksel değişimini açıklamak için kullanmıştır. Yazılım 300' den fazla bölgenin meteorolojik verilerini içerir ve buna ek olarak meteorolojik veriler programa dışarıdan girilebilir. Şebeke bağlantılı sistemler, akülü depolama sistemleri ve şebekeden bağımsız sistemler modellenebilir. Yazılımın hızlı simülasyon, her bir ay için saatlik yük profilleri, istatistiki yük değişimleri, alış satış maliyet farkları, gün içindeki alış satış oranları, nakit akışlı ömür ekonomileri ve aylık parametre değişimleri gibi özellikleri mevcuttur. Program

toplaçlar gibi ekipmanlar için sabit, bir ve iki eksenli takip seçenekleri içerir. Program, enerji üretimi ve tasarrufu, sistem performans sonuçları, verimlilik, yük, ekonomi özeti, ömür süresi, ekipman maliyetleri, başlangıç yatırım maliyetleri, farklı enerji verimlilikleri ve yenilenebilir enerji teknolojileri için emisyon düşürme miktarı, şebekeden bağımlı ve bağımsız projeler için finansal sürdürülebilirlik ve riskler konularında çıktılar üretir [22].

National Renewable Energy Laboratory Solar Advisor Model (NREL SAM):

SAM, performans ve ekonomik modeldir ve TRNSYS makinesinde çalışır. Birbirinden farklı solar teknolojilerin finansal ve maliyet varsayımlarını içeren analizler için tutarlı bir metodoloji kullanır. Programın amacı yenilenebilir enerji endüstrisinde çalışan insanların karar verme süreçlerini hızlandırmaktır. SAM projelerin önceliklerini, yönünü ve solar Ar-Ge faaliyetleri desteklemek için gereken sürekli yatırımın geliştirilmesini pekiştirir. SAM yazılımı teknoloji ve maliyet kıyaslaması ve Pazar penetrasyon analizi ile birlikte kullanılması tercih edilir. Program ücretsiz olarak elde edilebilir. SAM, Sistem Güdümlü Yaklaşım (systems-driven approach, SDA) ve Güneş Enerji Teknolojileri Programı (Solar Energy Technologies Programı, SETP) teknolojisini kullanır. SDA, Ar-Ge çabaları ile Pazar ihtiyaçları arasında bir köprüdür ve Ar-Ge gelişimlerinin ve büyümesinin tüm sistem maliyetlerine ve performansına etkisini değerlendirir. SDA, verimli kaynakların kullanımı için çok yararlıdır. SAM çeşitli finans türlerini ve hemen hemen tüm teknolojiler için çeşitli spesifik teknoloji maliyet modellerini değerlendirir. SETP teknolojileri (stirling sistemler, parabolik, oluklu sistemleri, konsantre ve düz FV sistemler), SAM' de sunulmuştur. Toplam kurulum maliyetleri, doğrudan ve dolaylı maliyetler, SAM' de indirgenmiş enerji maliyetlerini hesaplamada kullanılır. Program çıktı olarak, indirgenmiş elektrik maliyetleri, sistem işletme ve bakım maliyetleri, sistem enerji çıktıları, yıllık sistem verimliliği ve saatlik sistem üretimini üretir [22].

SolarDesignTool: SolarDesign Tool, şebeke bağlantılı solar elektrik sistemlerini

online olarak tasarlama imkanı sunar. İki farklı yolla FV sistem tasarımını oluşturur. İlk yöntem kullanıcı için birkaç çeşit temel tasarım ve yer parametreleri sunmak, ikinci yöntem Sistem Kurucu (System Builder) kullanarak sistemi oluşturmaktır. İlk yöntemde kullanıcı birkaç çeşit önceden üretilmiş konfigürasyonları seçer, bunları

karşılaştırır ve bunlardan birini veya daha fazlasını projeye kaydeder. İkinci yöntemde kullanıcı her bir dizilim konfigürasyonunu tanımlar. Daha sonra program bu parametreler için mümkün olan tüm sistem konfigürasyonlarının bir listesini üretir [22]. Programın ücretsiz versiyonu bulunmaktadır. Ayrıca uzmanlar için aylık ücretli versiyonu vardır. Sistem tasarımlarını, Dizilim boyutlandırması, sistem karşılaştırması ve modül yerleşim tasarımı programda yapılabilir. Program, çıktıları sistem karşılaştırma tabloları formunda verir. Sistem karşılaştırma tablosu sistemin özet raporudur. Rapor, dizinin STC, DC, PTC DC ve CEC çıktısını, sayısını, model sayılarını ve inverter ve modüllerin özelliklerini, dizilimin alanını, her bir çatı yüzeyin boyutlarını, modül yerleşimini ve modüllerin her bir sırasının mesafeleri, düşük sıcaklık kayıtları, ve düşük sıcaklık ve ortalama yüksek sıcaklık kayıtları, maksimum AC çıkış akımı, temel çatı şemalarını içerir. Program, programda sağlanan parametreler için tüm mümkün olan sistem birleşimlerini üretir [22].

Solar Pro: Dört temel fonksiyon Solar Pro' nun temel parçalarıdır: Gölgeleme, I-V eğrisi, güç ve finansal analiz. Herhangi bir nesneden kaynaklanan gölgeleme, optimal ayarlamalar ve buna uygun modül seçimi, gölgeleme fonksiyonlarından hesaplanabilir. Herhangi bir şirketin herhangi bir ürünün elektriksel özelliklerini kullanarak sistem FV modüllerinin I-V eğrisini hızlı ve kesin bir şekilde çözümler. Program FV panellerin bulunduğu konumu ve atmosferik koşulları kullanarak üretilen elektrik enerjisi miktarını hesaplar. Ayrıca güç hesabındaki verileri kullanarak maliyet analizinde ön koşul bilgisi olarak belirler. Program ücretli bir programdır. Solar Pro hemen hemen tüm solar elektrik güç sistemlerinin modellenmesine uygundur. Solar Pro modüllerdeki solar gücü ve modüllerin üzerine düşen gölgelemeyi hesaplar. Programın diğer fonksiyonel özellikleri inverterleri tanımlamak, düşük etkilerin analizini yapmak, gerekli verilerin elde edilmesi ve grafikler ve raporlar oluşturmaktır. Solar Pro' nun başka diğer önemli özelliği animasyonla çalışan basit kullanımı ve sunumudur. Program I-V eğrisi, güç üretimi ve ömür analizi çıktıları üretir [22].

PhotoVoltaic Design Program-Grid connected systems (PV DesignPro-G):

PV-DesignPro yazılımı, saatlik verilere dayalı olarak bir yıl için fotovoltaik enerji sistemlerini simüle etmek için tasarlanmıştır. Simülasyon, kullanıcı tarafından seçilen iklim bilgilerine ve sistem tasarımına dayanmaktadır. PV-DesignPro programının üç versiyonu bulunmaktadır. Akülü depolamalı şebekeden bağımsız sistemler için "PV-DesignPro-S", Akülü depolama sistemi olmayan şebeke bağlantılı sistemler için "PV-DesignPro-G" ve su pompalama sistemleri için "PV-DesignPro-P" versiyonları vardır. Program ücretlidir. PV-DesignPro acemi sistem tasarımcılar ile birlikte profesyonel FV sistem tasarımcıları ve araştırmacılar için çok kullanışlı bir programdır. Programların amacı modelleme ile fotovoltaik sistem tasarımına yardımcı olmaktır. Muhtemel sistem güç çıkışı ve yük tüketimi hakkında kesin ve kapsamlı bilgi, sistem çalışması boyunca gerekli destek güç ve önerilen sistemin kurulum finansmanını aşma gibi özellikleri bünyesinde bulundurur. PV-DesignPro kullanılarak elde edilen çıktılar: Aylık güneş grafikleri, aylık batarya şarj durumları, yıllık performans tablosu, satın alınan enerji maliyeti ve FV' den elde edilen enerjinin satışı ile birlikte yıllık enerji maliyeti, yılın her saatini kapsayan grafikler, bataryanın şarj durumu, batarya gerilimi, yatay yüzeydeki güneş ışınımı, modüllerdeki güneş ışınımı, yük ve destek ünitesinin güçleri, panel verimliliği, panel göze sıcaklığı, anlık açılar, eğim ve azimut açısı, sistem maliyeti, destek enerji maliyeti, satın alınan ve satılan enerji maliyetini hesaba katarak kullanım süresi maliyeti ve sistemin tahmini ömrüdür [22].

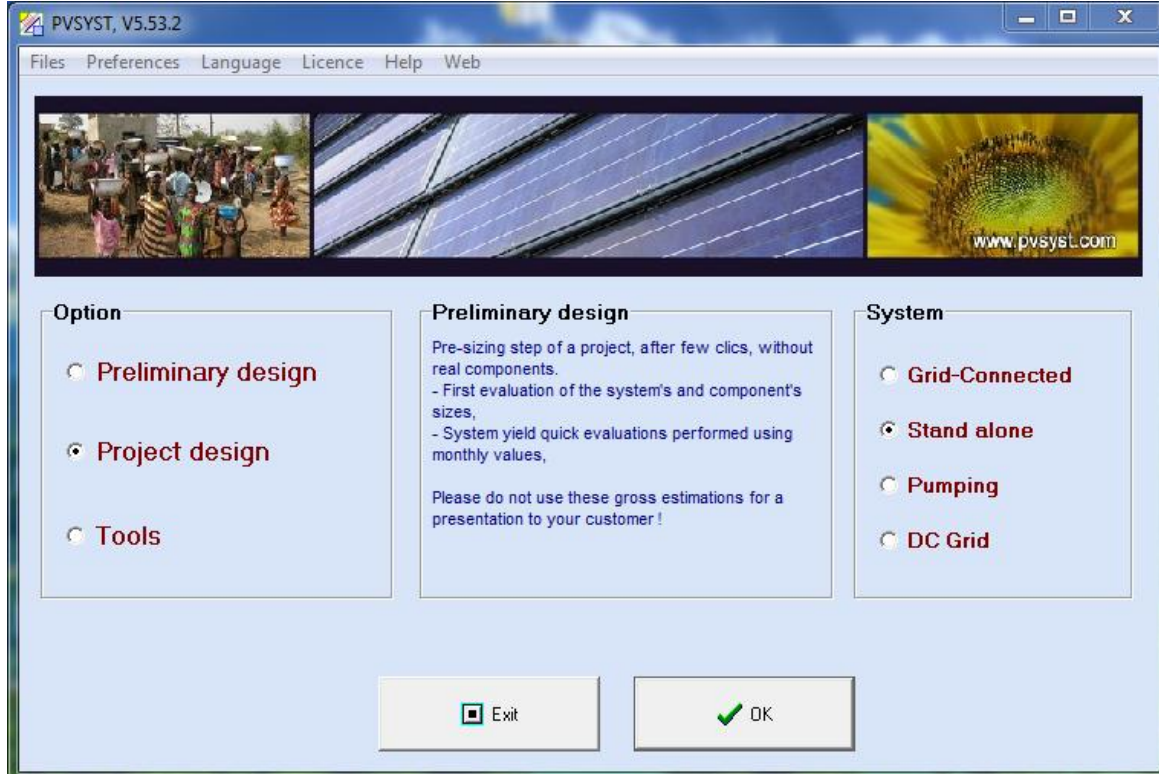
PhotoVoltaic Solar Expert (PV*SOL Expert) :

PV*SOL Expert çatıya paralel ve çatıya entegre sistemleri görselleştirmek ve üç boyutlu nesnelere kaynaklanan gölgelenmeyi hesaplamak için yararlı bir programdır. 3 boyutlu 2000' e yakın modülü içerir. Üç boyutlu menu navigasyonu dört bölümü içerir. Bunlar, yer görünümü, bina görünümü, modül kapsamı ve modül konfigürasyonudur. Gölgeleme yapabilecek üç boyutlu nesnelere, yerde veya binalarda konumlandırılabilir. PV*SOL Expert nesnelere tarafından yapılan gölgelenmenin ortalama frekansını hesaplar ve sonucu grafiksel formda gösterir. Gölgeleme ile ilgili ayrıntılı bilgiyi, yılın ve günün değişik zamanları için üç boyutlu moda gösterilebilir. Program ücretli bir programdır. The PV*SOL Expert, nesnelere üç boyutlu olarak gölgelenmesini hesaplayarak FV sistemlerin görselleştirilmesini

gerçekleştirir. Modül özelliklerini ayarlamak için kullanıcı modüllerini seçer ve sonra inverterlerle birlikte modüllerini yapılandırabilir. Program her bir diziyi mekanik olarak yapılandırabilir. Kullanıcı yerleşimi gölgelenmeye göre iyileştirebilir. The PV*SOL Expert, inverterle birlikte modüllerin kullanımını kolaydır. Program FV alanının her bir noktası için gölgelenmeyi yapılandırma ve FV modüllerini iyileştirme ile birlikte yıllık ışınım kaybını görselleştirmeyi kolaylaştırır. On dakika aralıklarla gölgelenmenin simülasyon çıktısını ve her bir modül için kesin gölgelenme oranını hesaba katarak simülasyondan elde edilen değerlerin çıktısını verir. Gölgelenmenin animasyonu zamanda herhangi bir nokta için elde edilebilir [22].

4. PVSYST PROGRAMI

PVSYST V5 programı FV sistemlerin tasarımı, boyutlandırılması ve veri analizi için hazırlanmış bir paket yazılımdır. Programda **şebeke bağlantılı, şebekeden bağımsız, su pompalama** ve **DC şebeke başlıkları altında** dört farklı sistemin **ön tasarımı** ve **proje tasarımı** seçeneklerinin yanı sıra FV sistemler için meteoroloji verileri, panel bilgileri, akü bilgileri gibi değişik verilerin girilebileceği **araçlar (Tools)** menüsü mevcuttur. Şekil 4.1'de verilen programın giriş ekran görüntüsünde, **seçenekler (option)** bölümü solda, sistem tipinin seçilebileceği **sistem (system)** bölümü sağda bulunmaktadır.

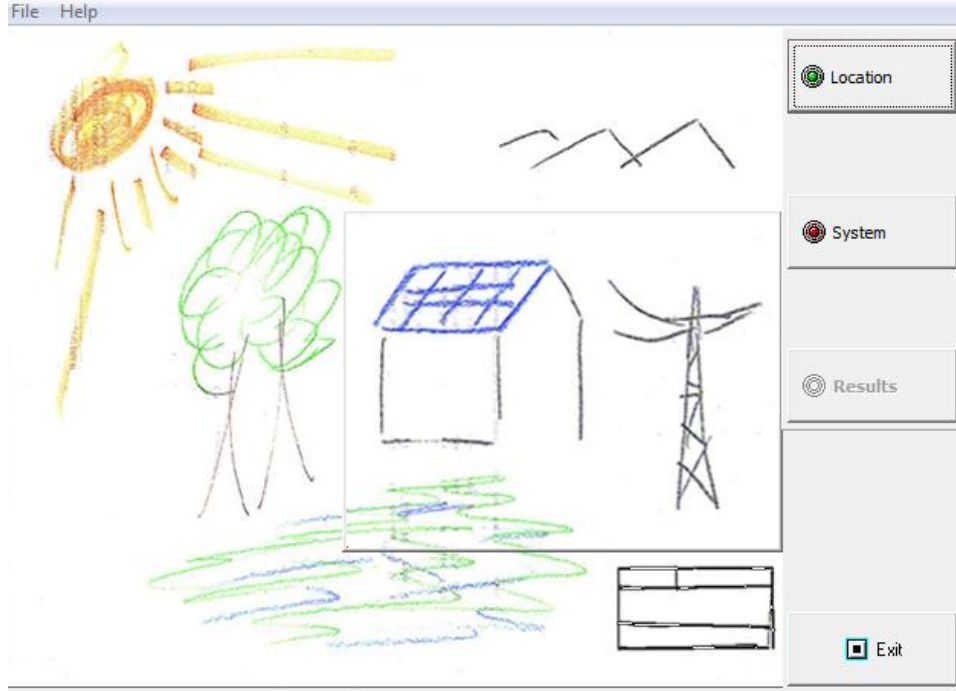


Şekil 4.1 PVSYST Programının Giriş Ekranı

Program FV Sistem tasarımlarını, **ön tasarım (preliminary design)** ve **proje tasarımı (project design)** seçenekleri ile iki aşamalı olarak gerçekleştirme olanağı sunmaktadır [22, 35]. İzleyen kesimde her iki seçenek ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

4.1 Ön Tasarım

Sistemin ve ekipmanların boyutlarının değerlendirilmesi için programın öntasarım bölümü kullanılır. Ekran görüntüsü Şekil 4.2' de verilen ön tasarım giriş bölümünde, tasarımı yapılacak sistemin yer seçiminin gerçekleştirildiği **yerseçimi (location)**, sistemin tanımlandığı **sistem** ve sonuçların elde edildiği **sonuçlar (results)** seçenekleri bulunmaktadır. Bu bölümler sırasıyla seçilerek öntasarım gerçekleştirilir.



Şekil 4.2 Öntasarım (Preliminary Design)

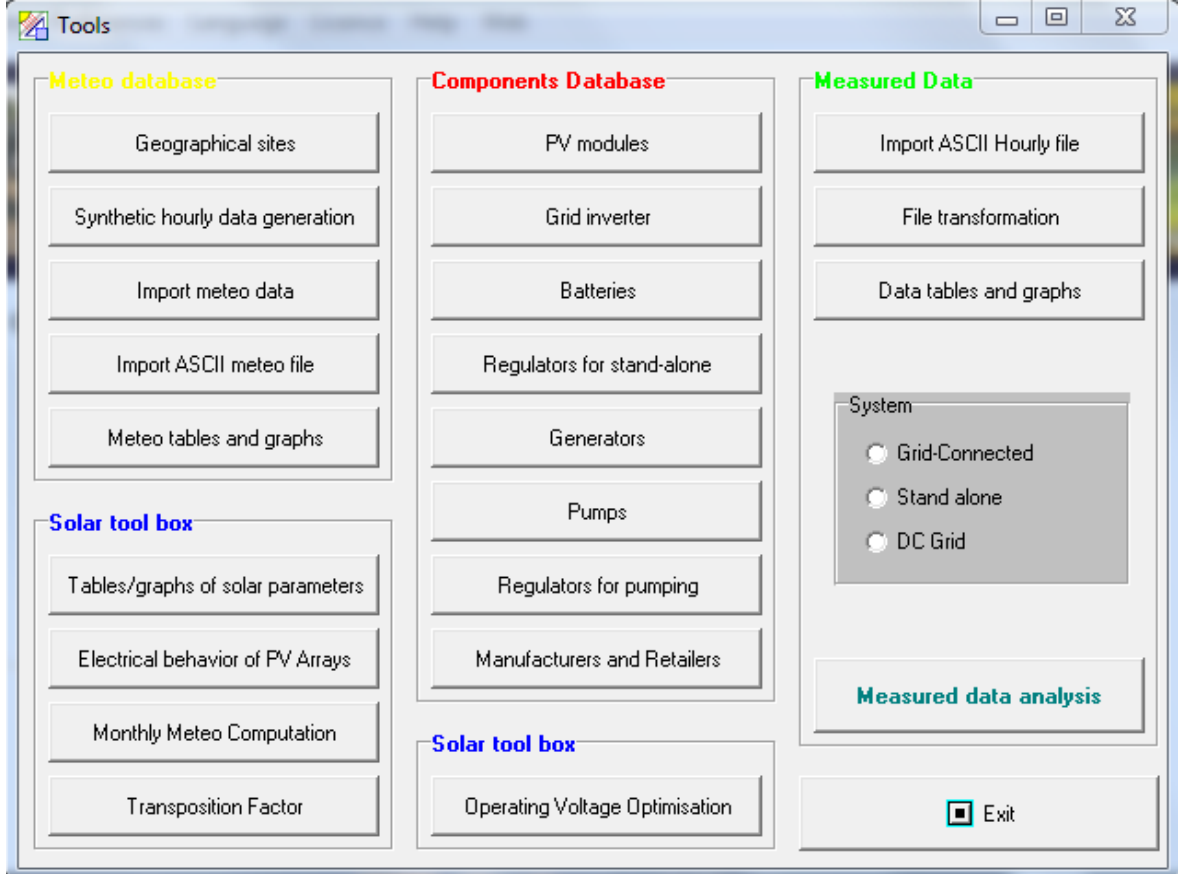
4.1.1 Proje Yer Seçimi

Programda ilk önce tasarımı yapılacak sistemin yer seçimi ve bu yer için meteorolojik veri seçimi yapılır. Ön tasarım bölümünün **yer seçimi "location"** kısmında yer seçimi

- Veri tabanında bulunan yerler için veri tabanından seçilerek,
- Veri tabanında bulunmayan yerler için veriler programın **araçlar (tools)** bölümünde oluşturularak,

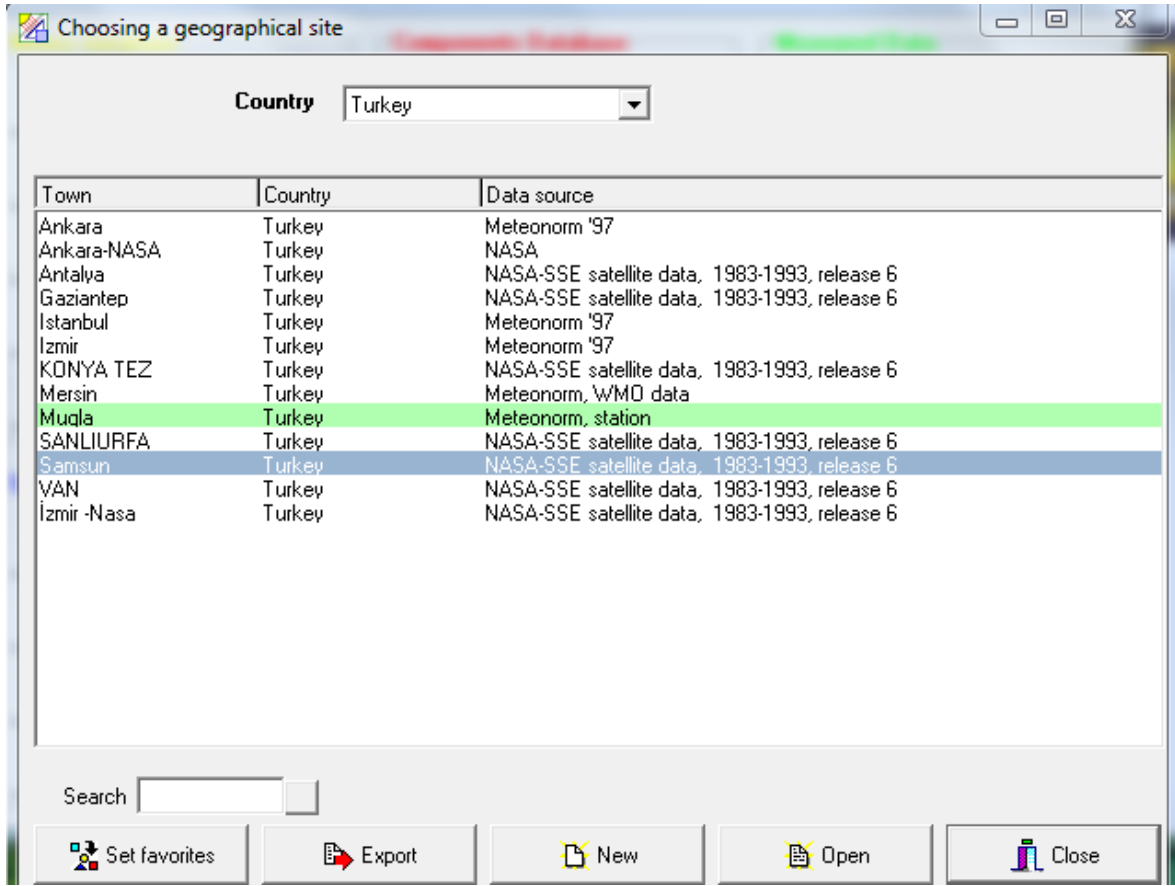
gerçekleştirilir.

Tasarım yapılması istenilen yer ya da bölge, ön tasarım bölümünde yerleşimin seçildiği **yer seçimi “location”** listesinde yoksa yer seçimi **araçlar “tools”** bölümünde gerçekleştirilir. Bu şekilde yer seçimi oluşturulurken, öncelikle programın giriş ekranından **araçlar “tools”** seçeneği seçilir. Çıkan ekranda harici meteorolojik veriler, FV modüller, inverterler, bataryalar gibi FV sistem ekipmanları ve programla ilgili çeşitli araçların olduğu Şekil 4.3’ deki araçlar ekranı çıkar.



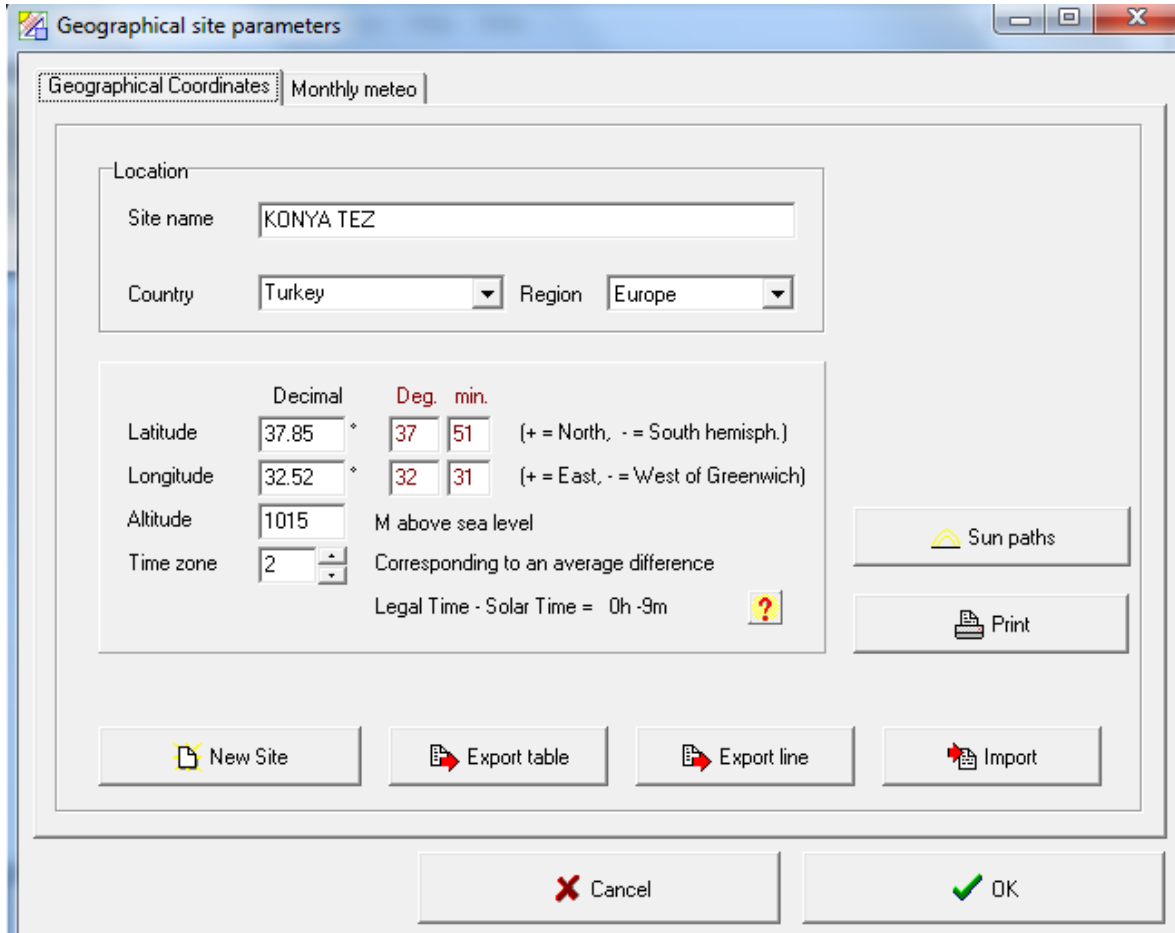
Şekil 4.3 PVSYST Programının araçlar (tools) ekranı

Araçlar ekranında Coğrafik yer (Geographical Sites) düğmesine basılarak yeni yer seçiminin yapılacağı, ekran görüntüsü Şekil 4.4’ te verilen bölüme geçilir.



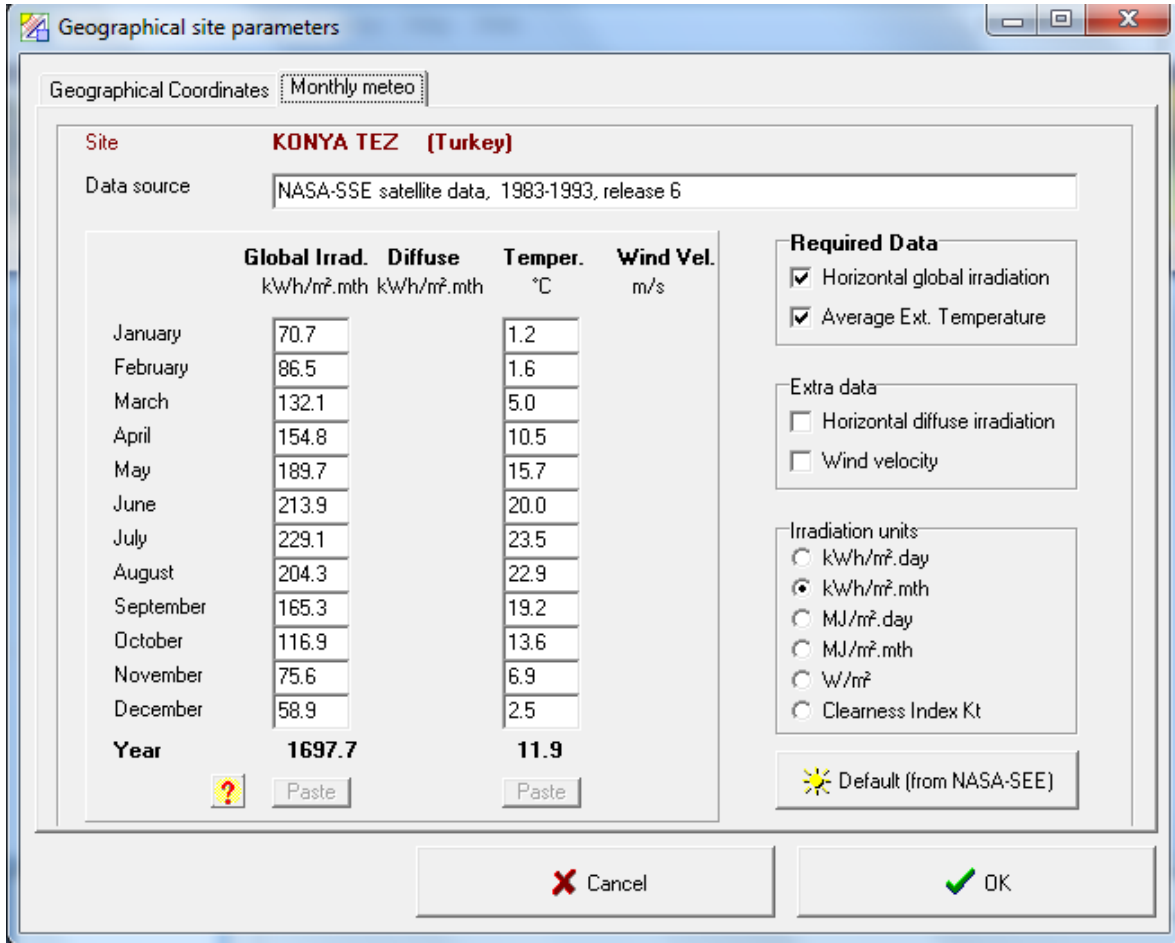
Şekil 4.4 PVSYST Programında Yer Seçimi Bölümü

Yer seçimi bölümünde ülke seçimi yapıldığında çıkan listede, istediğimiz yer ya da bölge yer alıyorsa bu yer **aç** "open" düğmesine basılarak açılıp düzenlenebilir. Listede olmayan yerler için, **export** düğmesine basılarak başka bir kaynaktan programa yüklenilebilir veya programda **yeni** "new" düğmesine basılarak yeniden oluşturulabilir. **Yeni** "new" düğmesine basıldığında karşılaşılan ekran Şekil 4.5' te verilmiştir. Bu ekranda ilk önce oluşturulacak yerin adı yazılır. Daha sonra hangi ülkede ve hangi kıtada olduğu seçilir. Oluşturulan yerin enlem ve boylamı ondalık veya derece cinsinden, yüksekliği ve zaman dilimi bir haritadan belirlenerek girilir. Bu veriler girildikten sonra ekranda bulunan **aylık meteorolojik veri (monthly meteo)** sekmesine basılarak aylık meteorolojik verilerin girileceği ekrana geçilir.



Şekil 4.5 PVSYST Programında Yer Seçimi Bölümünün Coğrafi Koordinat Kısmı

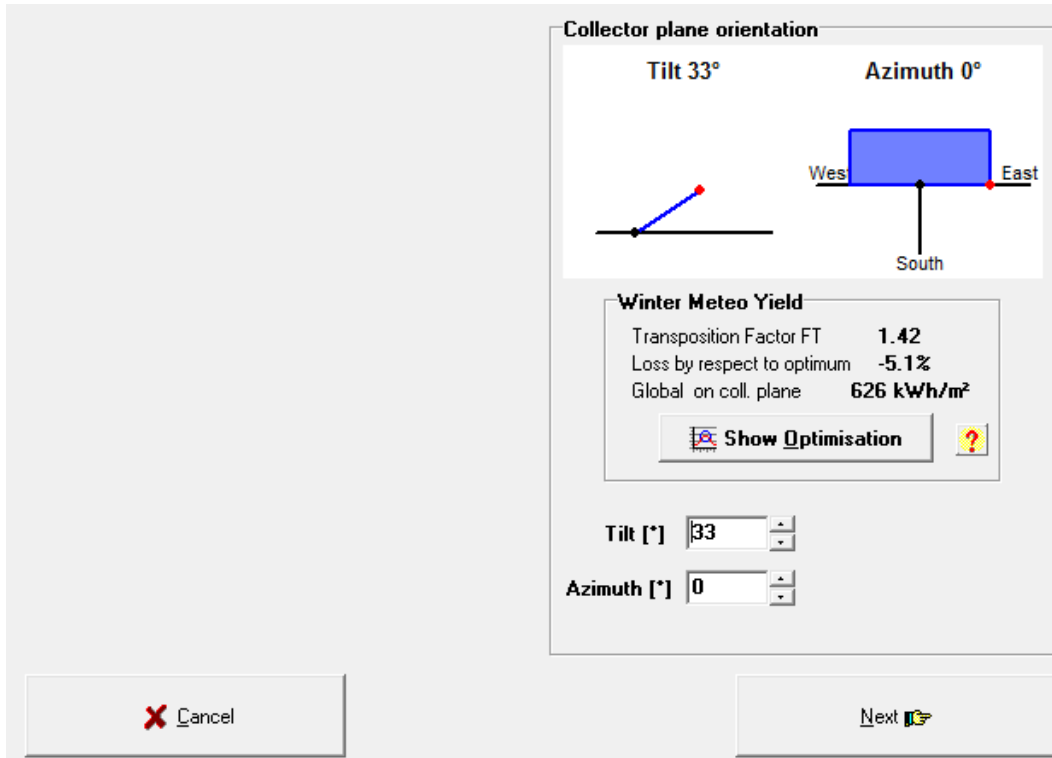
Şekil 4.6' da görülen ve yeni oluşturulan yerin aylık meteorolojik verilerinin girileceği ekranda, girilmesi zorunlu olan aylık küresel ışınım verileri ve aylık ortalama sıcaklık verileri ile isteğe bağlı girilen aylık yayınlık ışınım verileri ve rüzgar hızı verileri için bölümler bulunmaktadır. Bu veriler elle girilebileceği gibi bir çizelgeden kopyala/ yapıştır işlemleri ile de gerçekleştirilebilir. Girilen ışınım verileri $\text{kWsaat/m}^2.\text{gün}$, $\text{kWsaat/m}^2.\text{ay}$, $\text{MJ/m}^2.\text{gün}$, $\text{MJ/m}^2.\text{ay}$, W/m^2 gibi farklı 6 birimlerde seçilebilir. Seçilen yere özgü meteorolojik veri yoksa, **Default(NASA-SSE)** düğmesine basılarak, programın veritabanında olan NASA' nın aylık küresel ışınım verileri ile aylık ortalama sıcaklık verileri çağrılabilir. Bu verilerin de girilmesiyle, belirlenen yerin programda oluşturulması gerçekleştirilir.



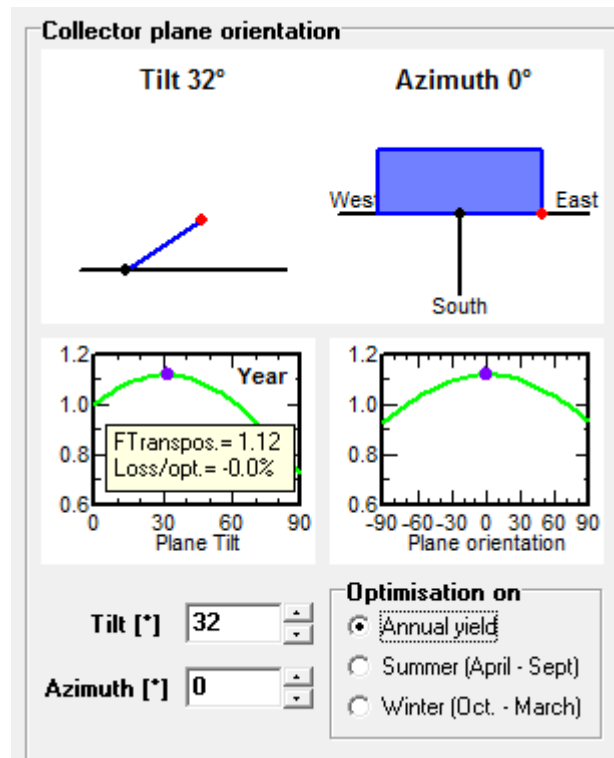
Şekil 4.6 PVSYST Programında Yer Seçimi Bölümünün Aylık Meteorolojik Veri Kısmı

4.1.2 Projede Sistem Seçimi

Ön tasarımın **sistem “system”** bölümünde, sistemin ön tasarımı gerçekleştirilmektedir. Ekran görüntüsü Şekil 4.7’ de verilen bu kesimde öncelikli olarak FV panellerin yönelim açıları belirlenir. FV modüllerin yönelim açıları başka bir kaynaktan bulunarak ya da hesaplanarak bu bölüme doğrudan girileceği gibi, **en uygunu göster “show optimisation”** düğmesine basılarak da çıkan ekrandan en iyi eğim açısı belirlenmeye çalışılır. Bu düğmeye basıldığında Şekil 4.8’ deki ekran gözlenir. Bu ekranda optimizasyon işleminin yıllık, yaz veya kış mevsimi olarak hangi türde olacağı belirlenir. Daha sonra eğim açısı, kayıp/iyileştirme (Loss/opt) değeri sıfır oluncaya kadar değiştirilerek, bu değeri sıfır olarak veren açı en uygun eğim açısı olarak kullanılabilir.



Şekil 4.7 PVSYST Sistem Bölümünde FV Panellerin Yönelimini Seçme Bölümü



Şekil 4.8 PVSYST Programında Eğim Açısı Belirleme Ekranı

Sonraki adımda, ekran görüntüsü Şekil 4.9' da verilen FV sistemin yük tanımlama ekranı gelir. FV sistemin yük miktarının ve yıllık, mevsimlik veya aylık olarak tüketimin belirlenebileceği bu ekranda, tasarlanan sisteme göre, yükün cinsi, tükettiği güç ve günlük ortalama kullanım süreleri kullanıcı tarafından seçilir.

Consumption definition by

Year

Seasons

Months

Week-end use

Use only during 7 days in a week

Model

Load

Save

Daily consumptions

Number		Power	Mean Daily use	Daily energy
1	Fluorescent lamps	18 W/lamp	5.0 h/day	90 Wh
1	TV / Magnetoscope / PC	75 W/app.	3.0 h/day	225 Wh
1	Domestic appliances	0 W/app.	0.0 h/day	0 Wh
1	Fridge / Deep-freeze		0.60 kWh/day	600 Wh
0	Dish-washer, Cloth-washer		1.20 kWh/day	0 Wh
	Other uses	0 W tot	0.0 h/day	0 Wh
	Stand-by consumers	0 W tot	24h/day	0 Wh
Total daily energy				915 Wh/day
Total monthly energy				27.4 kWh/month

Appliances info

Back

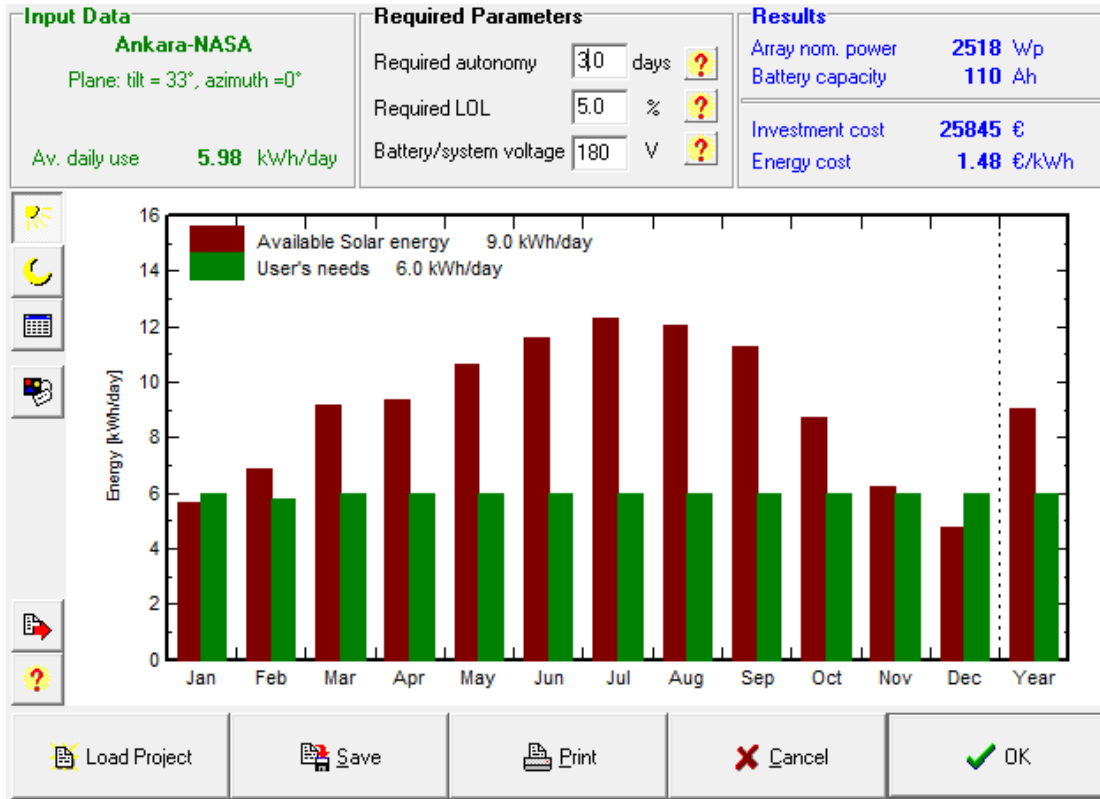
Cancel

OK

Şekil 4.9 FV Sistemi Yük Tanımlama Bölümü

4.1.3 Projede Sonuçların Eldesi

Ön Tasarımın, **Sonuçlar "Results"** bölümünde program, önerilen sistem için nominal güç ve akü kapasitesini önermektedir. Burada, sistemin bir güneşli günden sonra kaç gün kullanılabileceğini gösteren otonomi faktörü, tüketicinin ihtiyacını karşılayamama olasılığını veren **yük kaybı** (*Loss of Load-LOL*) ve sistem voltajı değiştirilerek yeni sonuç değerleri elde edilebilir. Sonuçlar bölümü Şekil 4.10' da görüldüğü gibi, ayrıca kullanıcıya yardımcı olacak grafik ve tablolar ve kaba bir maliyet analizi de içermektedir. Bu ekranda basit bir ara yüz vardır ve ekranın solundaki butonlara basılarak istenen tablo ve grafikler ekrana getirilir.



Şekil 4.10 PVSYST Sonuçlar(Results) Bölümü

4.2 Proje Tasarımı

Sistem ön tasarımında elde edilen veriler ışığında sistem tasarımına geçilir. İncelenecek sistemler şebekeden bağımsız sistemler olduğundan dolayı programın şebekeden bağımsız (stand alone) bölümünden giriş yapılır. Bu bölümde proje, yönelim, uzak/yakın gölgeleme, sistem ve modelleme seçeneklerine ait sekmeler bulunmaktadır ve her bir bölümden sistemin değişik özellikleri girilebilir.

4.2.1 Proje

Programın bu kısmında projenin ismi, tarihi ve iletişim bilgileri girildikten sonra yer ve meteorolojik veriler bölümüne geçilir. Ön tasarım bölümünde açıklandığı gibi, tasarımı yapılacak yerin konumu ve meteorolojik verileri programın veritabanında mevcutsa buradan seçilir. Eğer yoksa programın araçlar bölümünden bu yer ve bu yer için meteorolojik veriler oluşturulur. Seçilen yere ait toplam ışınım miktarı ve ortam sıcaklığı zorunlu olarak, yayınlık ışınım miktarı ve rüzgar hızı isteğe bağlı programa veri olarak girilmelidir. Bu verileri kullanıcı bir programdan elde

edebileceği gibi kendi elde ettiği verileri de girebilir. Daha sonra programın albedo ve seçilen yerden bağımsız tasarım parametrelerinin girilebileceği bölüme geçilir.

Albedo: Pürüzlü bir yüzeyden yansıyan ışığın bu yüzeye düşen ışığa oranıdır. Bu terim, özellikle ay ve gezegenlerden yansıyan ışık kastedilerek kullanılır. Şekil 4.11’ de ekran görüntüsü olarak, değişik ortamlar için programda kullanılan albedo değerleri verilmiştir. Karla kaplı yüzeyler için albedo değeri 0,80 e kadar çıkmaktadır. En iyi albedo değeri doğrudan ölçülerek bulunabilir. Fakat dik yüzeyler hariç simulasyonda düşük bir etkiye sahiptir. Albedo değeri için yaygın olarak alınan 0,20 değeri kullanabilir.

Monthly values	Common value	Usual values for albedo
Jan. 0.20	0.20	Urban situation 0.14 - 0.22
Feb. 0.20	(Default: albedo = 0.2)	Grass 0.15 - 0.25
Mar. 0.20	Set	Fresh Grass 0.26
Apr. 0.20		Fresh snow 0.82
May 0.20		Wet snow 0.55 - 0.75
June 0.20		Dry asphalt 0.09 - 0.15
July 0.20		Wet asphalt 0.18
Aug. 0.20		Concrete 0.25 - 0.35
Sep. 0.20		Red tiles 0.33
Oct. 0.20		Aluminium 0.85
Nov. 0.20		New galvanised steel 0.35
Dec. 0.20		Very dirty galvanised steel 0.08

Şekil 4.11 PVSYST Albedo Değerleri Ekranı

Yazılımda, tasarlanan sistemdeki modüllerden elde edilecek enerjiyi sınırlayan ve sistemin performansını etkileyen ve sistemin tasarlanacağı bölgenin iklim verilerine göre değişebilen, sıcaklık parametreleri vardır. Bu parametreler, Şekil 4.12 deki ekran çıktısında görüldüğü gibi modüllerin çalışabileceği en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri ile yaz ve kış mevsimlerine ait modüllerin çalışma sıcaklıklarıdır.

Reference temperatures for array design by respect to the inverter input voltages	Parameter	Value	Unit	Default
	Lower temperature for VmaxAbs limit	-10	°C	<input checked="" type="checkbox"/>
	Winter operating temperature for VmppMax design	20	°C	<input checked="" type="checkbox"/>
	Usual operating temperature under 1000 W/m	50	°C	<input checked="" type="checkbox"/>
	Summer operating temperature for VmppMin design	60	°C	<input checked="" type="checkbox"/>

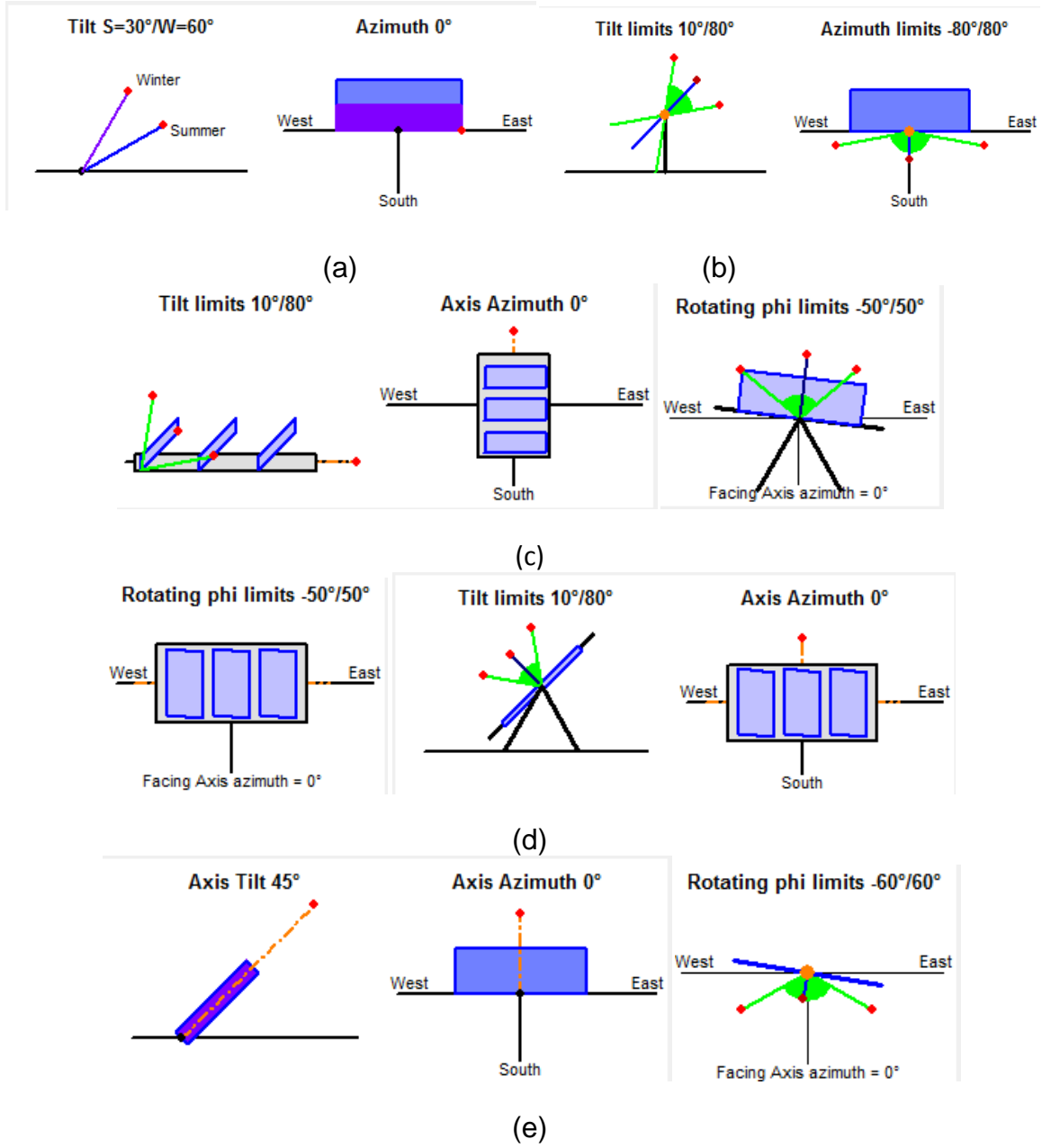
Şekil 4.12 PVSYST Seçilen Yerden Bağımsız Tasarım Parametreleri

4.2.2 FV Panellerin Yönelimi

Programın proje kısmı tamamlandıktan sonra FV panellerin yöneliminin seçileceği yönelim (orientation) kısmına geçilir. Bu bölümde FV panellerin nasıl konumlandırılacağı, güneşe göre açı değerlerinin, FV panellerin hareketli olup olmayacağı belirleneceği bir çok seçenek vardır: Program tarafından sunulan bu seçenekler aşağıda özetlenmiştir:

- **Sabit Eğimli Yüzey:** Panelin eğim açısı ile kuzey açıklık açısı (azimuth açısı) sabittir. Program, panellerin sabit konumlu olduğu durumda, eğim açısı ile kuzey açıklık açısının yaz ve kış mevsimleri için ayrı ayrı ayarlandığı yönlendirme seçeneği sunmaktadır (Şekil 4.13 a).
- **Panellerin İki Eksende İzlemesi:** Panelleri iki yönde hareket ettiren izleme sisteminin olduğu durumda, izleme sisteminin mekanik olarak taranacak açı sınırları belirtilir. Programda sınırlar, eğim açısı için 10° - 80° aralığında, kuzey açıklık açısı için $\pm 80^{\circ}$ aralığında seçilebilmektedir (Şekil 4.13 b).
- **Panelleri Gruplayarak İki Eksende İzleme:** Paneller bir çerçeve içinde dönecek şekilde yerleştirilir. İki şekli vardır: ilkinde çerçeve kuzey güney yönünde, diğerinde ise çerçeve doğu batı yönünde yönlendirilir. Güneşin azimut açısına göre takip yapılır (Şekil 4.13 c,d).
- **Tek eksende izleme:** Panelleri Sabit Eğimli Konumlandırıp, Azimut Açısı değiştirilerek İzleme (Şekil 4.13 e)

Bu çalışmada FV sistem tasarımlarında sabit eğimli yüzey seçilmiştir.



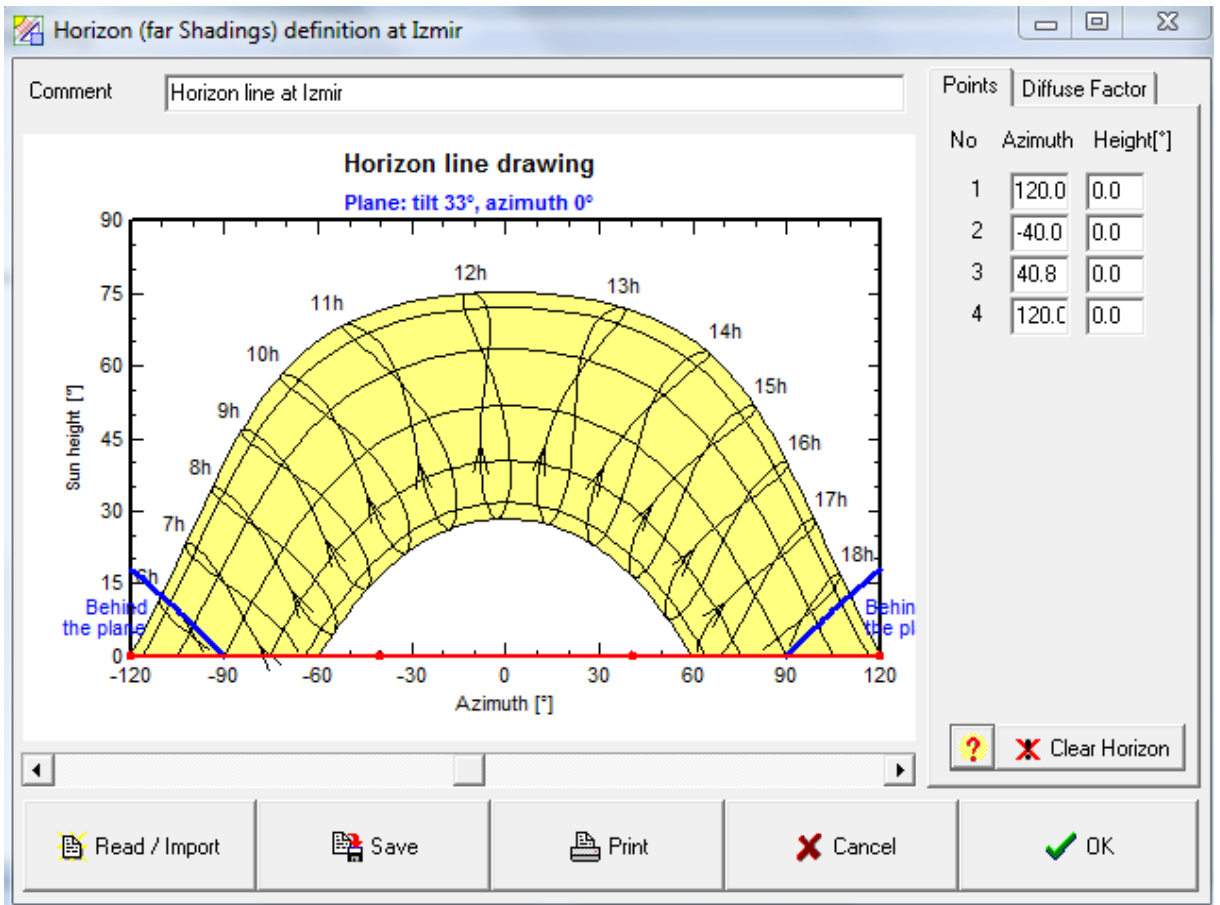
Şekil 4.13 (a) Sabit-Mevsimsel yönlendirmeli
 (b) İki eksende izleme
 (c) Çerçeveseli iki eksende izleme (Çerçeve Kuzey Güney yönünde)
 (d) Çerçeveseli iki Eksende izleme (Çerçeve Doğu Batı yönünde)
 (e) Tek eksende izleme - Azimut açısı değiştirilerek

4.2.3 Uzak- Yakın Gölgeleme

Panellerin yönelimi belirlendikten sonra paneller üzerine düşen gölgeleme miktarları belirlenir. Programda gölgeleme seçip seçmemek isteğe bağlıdır.

Gölgeleme etkisi **Yakın Gölgeleme (Near Shading)** ve **Uzak Gölgeleme (Horizon)** olmak üzere iki şekilde ele alınmaktadır.

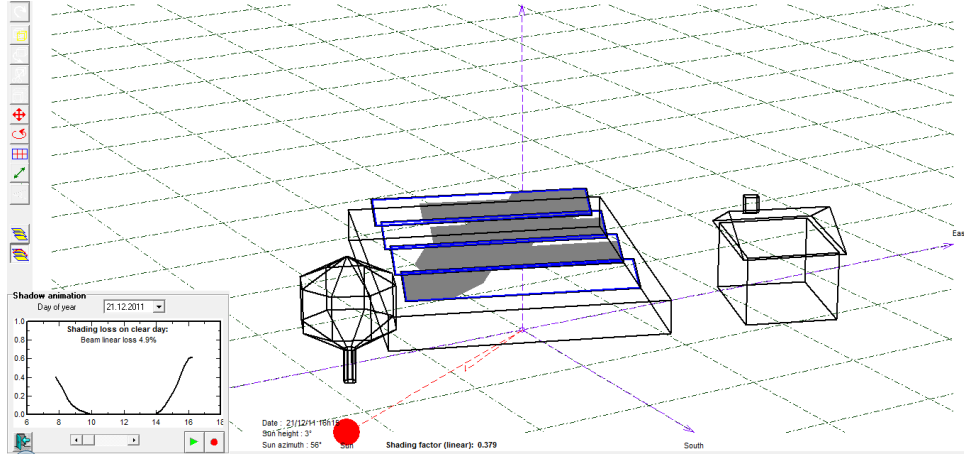
Uzak Gölgeleme (Horizon, Far Shading): Uzak gölgeleme küresel şekilde FV panellerdeki gölgeleme olarak kendini gösterir. Diğer bir deyişle uzak gölgeleme, güneşin izlediği yolla ilgilidir. Belirli bir anda güneş ya vardır ya da yoktur. Şekil 4.14' de İzmir için uzak gölgeleme etkisi verilmiştir. Şekil 4.14 incelendiğinde sarı renkle belirlenmiş kuşak, FV panellerin durumuna göre güneşin izlediği yolu göstermektedir. Bu kuşakta güneşin doğuşu ve batışında izlediği yol saat saat gösterilmektedir.



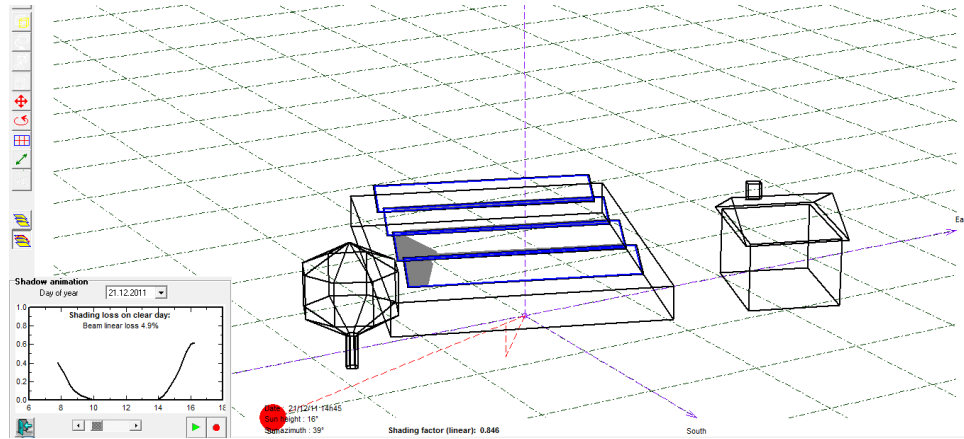
Şekil 4.14 İzmir için Uzak Gölgeleme

Yakın gölgeleme, FV paneller üzerinde çevresindeki çeşitli nesnelere kaynaklanarak düşen gölgeleme şeklidir. Gölgeleme yapan nesnelere FV panellere yaptıkları gölgeleme oranları gün içinde ve mevsimsel olarak değişir. Programda **Gölgeleme yok, Doğrusal gölgeleme, Modül dizisine göre gölgeleme** seçenekleri vardır. Programda yakın gölgeleme, 3 boyutlu olarak

modellenebilmektedir. Programda modül yerleşimi ve çeşitli engel seçimleri yapılabilecek çizim araçları mevcuttur. Tasarımı yapılacak sistemin 3 boyutlu çizimi yapıldıktan sonra, Şekil 4.15' te verilen ekran görüntüsünde görüldüğü gibi, programda güneşin hareketi animasyon şeklinde canlandırılabilir. Yapılan bu canlandırmaya göre gölgeleme incelenebilir.

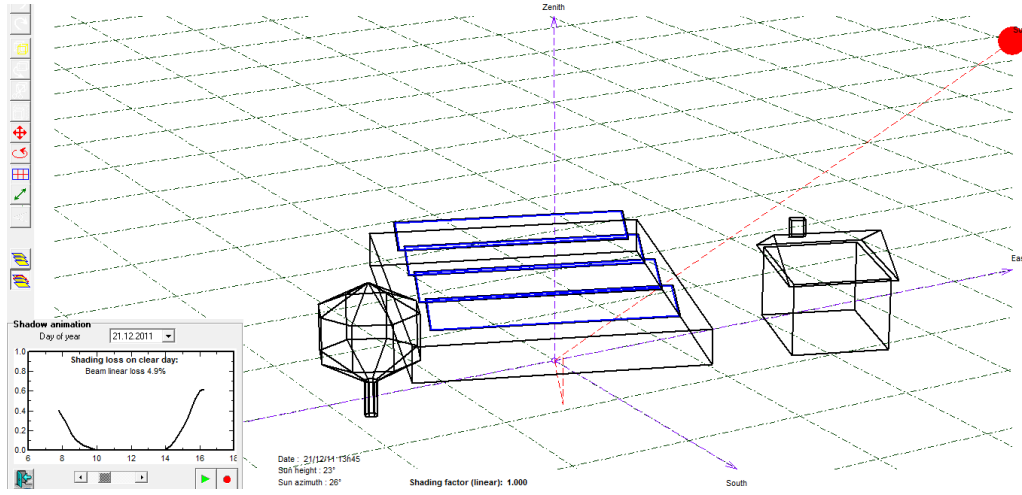


(a)

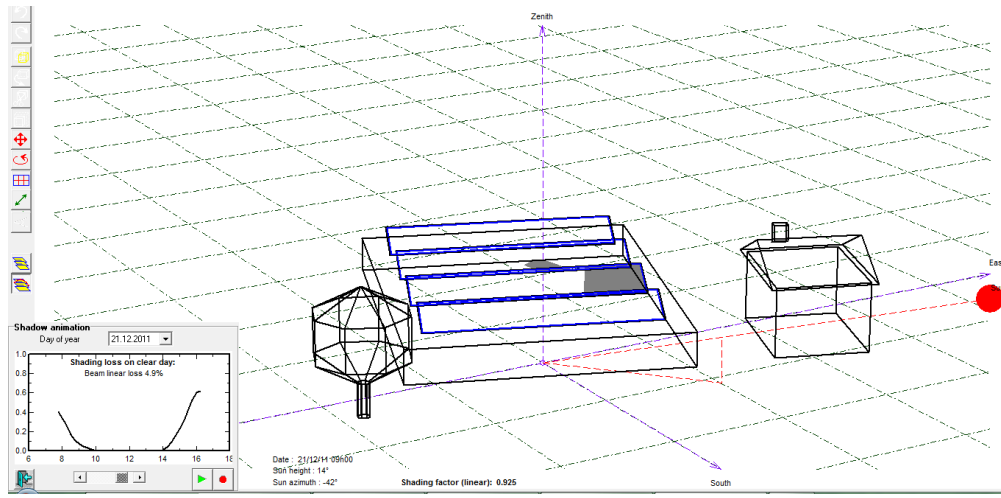


(b)

Şekil 4.15 FV Sistemin Yakın Gölgeleme Modellemesi İçin 3 Boyutlu Tasarımı (devam ediyor)



(c)



(d)

Şekil 4.15 FV Sistemin Yakın Gölgeleme Modellemesi İçin 3 Boyutlu Tasarımı

Tez çalışmasında, tasarlanan FV sistemde yakın gölgeleme yapabilecek nesnelerin olmadığı varsayılmıştır.

4.2.4 Sistem

Programda istenildiği takdirde gölgelemeler belirlendikten sonra **sistem "system"** bölümüne geçilir. Tez çalışmasında, şebekeden bağımsız sistem tasarımı ele alındığından, programın bu kesimi açıklanacaktır. Programda, Şebekeden bağımsız FV sistem tasarımı beş adımda gerçekleştirilmektedir:

- **Birinci adım:** İlk önce kurulacak sistemde ihtiyaç duyulan enerji miktarı hesaplanmalıdır. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi sistemin ihtiyaç duyacağı enerji miktarları, çıkan ekranda cihaz seçimi, tükettikleri güçler ve günlük ortalama

kullanım süreleri girilerek belirlenir. Tüketim yıllık, mevsimsel ve aylık olarak belirlenebilir.

Number	Power	Mean Daily use	Daily energy
5	Fluorescent lamps 18 W/lamp	6.0 h/day	540 Wh
1	TV / Magnetoscope / PC 75 W/app.	3.0 h/day	225 Wh
1	Domestic appliances 0 W/app.	0.0 h/day	0 Wh
1	Fridge / Deep-freeze	0.60 kWh/day	600 Wh
2	Dish-washer, Cloth-washer	1.20 kWh/day	2400 Wh
	Other uses 0 W tot	0.0 h/day	0 Wh
	Stand-by consumers 0 W tot	24h/day	0 Wh
Total daily energy			3765 Wh/day
Total monthly energy			113.0 kWh/month

Şekil 4.16 PVSYST Proje Tasarım Bölümünde Sistem Kısmında FV Sistem Yük Belirleme Ekranı

- **İkinci adım:** Batarya ve modüllerin ön ölçeklendirmelerinin gerçekleştirildiği ikinci adımda.
 - Beklenen yük kaybı değeri (LOL) girilmelidir.
 - Otonomi faktörü belirlenmelidir. Otonomi faktörü güneş enerjisine ulaşılamadığı durumda sistemin kaç gün bataryalar üzerinden çalıştırılabileceğini belirler.
 - Sistemin hangi gerilim değerinde çalışacağı belirlenir. Bu değer batarya gerilim değeridir.

Programda bu alanlar girildikten sonra, Şekil 4.17' de görüldüğü gibi sonra program tarafından sistem boyutlandırılması yapılmaktadır.



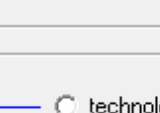


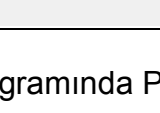
Presizing help			
Av. daily needs :	Enter accepted LOL	5.0 %	Battery (user) voltage
3.8 kWh/day	Enter requested autonomy	3.0 day(s)	Suggested capacity
			Suggested PV power
			521 Ah
			1.5 kWp (nom.)

Şekil 4.17 PVSYST Proje Tasarım Bölümünde Sistem Kısmında FV Sistemin LOL, Batarya Gerilimi ve Otonomi Faktörü Belirleme Alanı

- **Üçüncü adım:** Bu adımda sistem ekipmanları tanımlanır. Ekran görüntüsü Şekil 4.18'de verilen bu aşamada;

- Veritabanında yer alan batarya modellerinden biri seçilir. Program bataryaları seri ve paralel sayısını kendi belirler. İstenildiği takdirde bu değerler değiştirilebilir.
- Veritabanında yer alan modül modellerinden biri seçilir. Program modülleri seri ve paralel sayısını kendi belirler. **PVSYST programı aynı sistemde farklı modelde modül kullanımını desteklememektedir.**

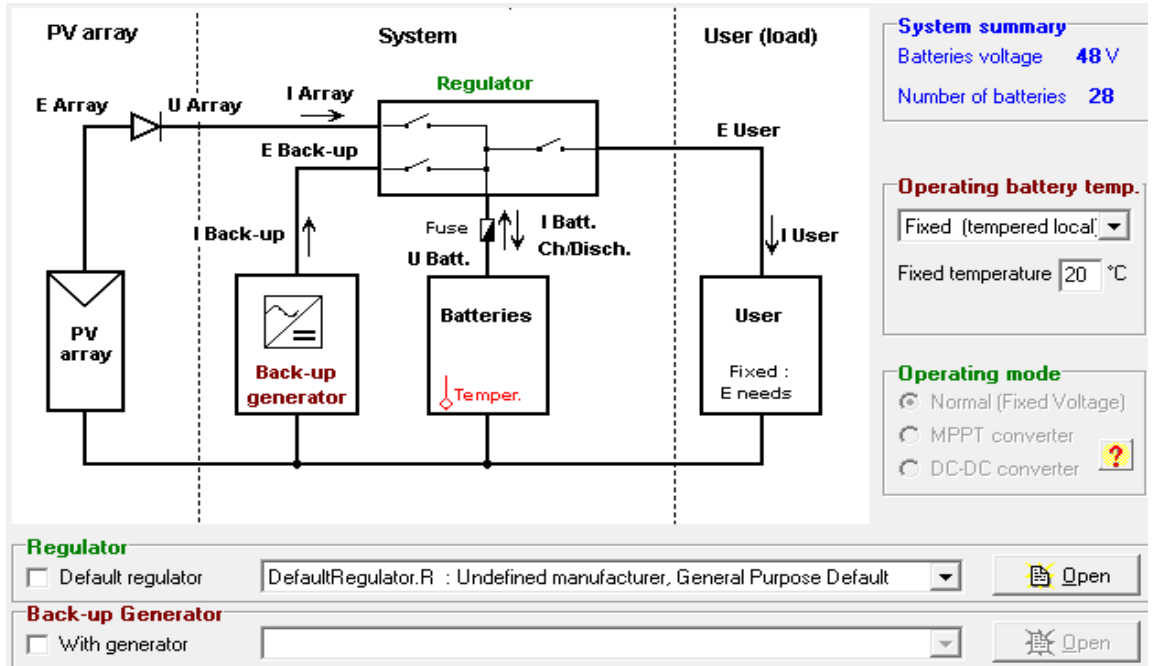
Batarya ve modül seçimi gerçekleştirildikten sonra, program bazı hesaplamalar yapar ve uygun olmayan durumlar uygun seçilmemiş bileşenler varsa, bunlar kullanıcıya kırmızı renkli yazılarla ile belirtilmektedir.

Select battery set					
Sort Batteries by: <input checked="" type="radio"/> voltage <input type="radio"/> capacity <input type="radio"/> manufacturer					
12 V	39 Ah	Compact Power	Derlikon		
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Batteries in serie		Number of batteries	28
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Batteries in parallel		Battery pack voltage	48 V
				Global capacity	273 Ah
				Stored energy	13.1 kWh
Select module(s)					
Sort modules by: <input checked="" type="radio"/> power <input type="radio"/> technology <input type="radio"/> manufacturer					
125 Wp 24V	Si-poly	MBPV Value 125	AlfaSolar	Photon Max. 20C	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Modules in serie		Array voltage at 50°C	49.8 V
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Modules in parallel		Array current	26.3 A
12 Modules				Array nom. power (STC)	1.5 kWp

Şekil 4.18 PVSYST Programında Proje Tasarım Bölümünde Sistem Kısmında Batarya ve FV Modül Seçme Ekranı

- **Dördüncü adım:** Bir sonraki adımda Şekil 4.19' daki ekran görüntüsü ile, sistem konfigürasyonu parameterlerine geçilir. Program bu aşamada regülatörlerin tanımlamasını ister. Regülatör programın veritabanında mevcut olanlardan biri seçilebilir. Bu aşama, sınırlı veri tabanı nedeniyle, kullanıcı için sistemi tasarlarken kısıtlayıcı olabilir. Fakat ilk defa yapılan simülasyonlarda regülatör kısıtlamalarına takılmadan sistemin standart davranışının elde edilebilir olması nedeniyle, regülatör için programın **varsayılan (default)** özelliğinin (generic default regulator) seçilmesi önerilmektedir.

- Programda, maksimum güç noktası izleyici (maximum power point tracker-MPPT), DC-DC konvertör gibi güç elektroniği ekipmanları regülatörün parçaları olarak göz önüne alınan kullanılabilir. Program, bu ekipmanlar için de **varsayılan (default)** değerler üretmekte ve üretilen değerleri simülasyon değişken parametrelerinde rapor olarak vermektedir.
- İsteğe bağlı olarak, sistemde destek jeneratör tanımlanarak hibrit bir sistem elde edilebilir.
- Bu adımda sistem parametreleri de değiştirilebilir. Program önerilen değerler üretir. Program tarafından sistemde bir uyumsuzluk görüldüğünde kırmızı uyarı yazısı ile kullanıcı uyarılmaktadır.



Şekil 4.19 PVSYSY Programında Proje Tasarım Bölümünde Sistem Kısmında Regülatör ve Batarya Sıcaklığı Belirleme Ekranı

Beşinci adım: Son aşamada, FV modüllerin ısı kayıpları (thermal loss), kablo kayıpları (ohmic loss), modül kalitesi, uyumsuzluk kayıpları (modul quality-mismatch), kirlenme kayıpları (soiling loss) ve ışımaya kayıpları, (IAM losses) ekran görüntüsü Şekil 4.20'de verilen **ayrıntılı kayıp** "**detailed loss**" düğmesi ile düzenlenebilir.

Şekil 4.20 PVSYST Programında modüllerin ısı kayıpları, kablo kayıpları, modül kalitesi, uyumsuzluk kayıpları, kirlenme ve ışımaya kayıplarının değerlendirilebileceği **ayrıntılı kayıp** aşamasının ekran görüntüsü

4.2.5 Simülasyon

Tüm parametreler doğru bir şekilde girildiğinde, program saatlik olarak simülasyon yapmaya izin verir. Simülasyon tarihleri meteo dosyalarına bağlıdır ve belirli tarihler ile sınırlandırılabilir. Simülasyon süreci birçok değişkeni içerir ve bu sonuçlar aylık olarak kaydedilir. Kaydedilen sonuçlara, **Sonuçlar** dosyasında aylık çizelgeler ve grafikler şeklinde ulaşılabilir.

Program tüm veriler için saatlik değerleri saklayamaz. Kullanıcı ilgilendiği değişkenleri simülasyondan önce tanımlayabilir. Program saatlik ve günlük verilerin detaylı çıktısını üç şekilde sunar.

- **Hesaplanan Saatlik Değerler**; Kullanıcı istediği değişkenleri seçerek saatlik veriler elde edebilir.
- **Özel Grafikler**; Kullanıcı herhangi bir değişkenin saatlik ve günlük verileri için dört çeşit grafikten birini seçebilir.
- **ASCII dosyalar**; Kullanıcı saatlik ve günlük verileri başka programlarda da kullanabilmek için ASCII dosya olarak elde edebilir.

Simülasyonunun tamamlanmasından sonra program **Sonuçlar “Results”** ekranının açılmasına izin verir.

a) Simülasyon Süreci: Işınım ve FV modülleri

Modelleme elliye yakın değişken içerir ve bu değişkenler aylık değerler olarak saklanır.

Simülasyon başlatıldığında, programda ilk önce giriş parametreleri ile uygunluğu doğrulanır. İlk adımda gökyüzünü gören FV paneller üzerinden gölgeleme ve IAM zayıflama faktörü ile eş zamanlı olarak yayınlık zayıflama faktörü (diffuse attenuation factor) hesaplanır. Aynı şey albedo zayıflama faktörü için de yapılır. Daha sonra saatlik modelleme, her bir saat için aşağıdaki adımları gerçekleştirir [35]:

Anlık Etkin Enerji Hesaplaması

- Meteo dosyasından bir saatlik Global ışınım ve sıcaklık, varsa yayınlık ışınım ve rüzgar hızı verilerini okuma
- Eğer yayınlık ışınım yoksa Liu-Jordan korelasyon modeli [35] ile yayınlık ışınımı hesaplama
- Eğer gerekli ise panel üzerine düşen ışınım parçasına (beam component) ufuk düzeltmesi uygulamak. *Bu aşamada, global ışınım, panel üzerindeki doğrudan ışınım, ortam sıcaklığı, rüzgar hızı değişkenleri tanımlanır.*
- Kullanıcının tercihinine göre Hay veya Perez modeli [35] kullanarak kollektör yüzeyi üzerine global, yayınlık, albedo ışınımları için, zaman aralığının ortasında güneş açılarını kullanılarak, dönüşüm gerçekleştirir. Hesaplamalar, meteo dosyasındaki yer bilgisinden değil projenin coğrafi koordinatlarından hesaplanır.

=> Bu aşamada şu değişkenler tanımlanır: **GlobInc, BeamInc, DiffInc, DiffSInc, Alblnc**

- Eğer yakın gölgeleme tanımlandı ise FV paneller üzerinde gölgeleme faktörü uygulanır
- FV paneller üzerine IAM faktörü uygulanır.

Bu aşamada, **GlobIAM, GlobShd, GlobEff, DiffEff** değişkenler tanımlanır

Tanımlanan aşamalar FV panel yüzeyine etkin biçimde ulaşan ışıınımdan hesaplanan "Etkin Anlık Enerji" nin elde edilmesini sağlar:

Dizi maksimum güç noktası görünen enerji (Array MPP "virtual" energy) hesabı

Bu aşamada program, simülasyon

- Modül sıcaklığını ve Modülün maksimum güç çalışma noktasını hesaplar. Bu enerji sanal enerjidir. Eğer sistem mükemmel çalıştırılırsa elde edilebilir.

Maksimum güç nokta enerjisi **EArrMPP**, modül kayıplarını (termal kayıplar, kablo kayıpları, modül kalitesi, uyumsuzluk ve ışııma kayıplar) içerir.

Bu aşamada **Tarray, DTArr, DTArrGI, EArrMPP** değişkenler tanımlanır.

Çift yönelimli durumlar için tüm meteo hesaplamaları ikinci yönelim için de tekrarlanır, Çıkış meteo değişkenleri iki durumun birbirine olan ağırlığı oranlanarak iki yönelim arasında ortalama olarak elde edilir. İki tane FV dizisinin karakteristikleri gerçek maksimum güç noktasını bulmak için elektriksel olarak birleştirilir.

Sistemin Enerjisi, sistemin şebeke bağlantılı olup olmama durumuna bağlıdır. Bu çalışmada, Şebekeden bağımsız FV Sistem ele alındığından, bu tür sistemler için enerji hesabı açıklanmıştır.

Şebekeden Bağımsız FV Sistemin Sistemin Enerjisi Modelleme

Süreci: Modelleme eş zamanlı olarak FV dizisini, bataryaları varsa jeneratör sistemini ve kullanıcı tüketimini yönetir. Bağlantı noktasında (batarya terminallerinde) tüm gerilimler aynıdır ve modelleme akım

dengesi gerçekleştirmelidir. Her bir bileşen için, akım gerilimin kompleks bir fonksiyonudur.

- FV Dizisini modellerken, bilinen ışınlım ve sıcaklık değerleri için verilen gerilim değerine karşı gelen gerçek akım değerinin belirlenmesinde I/V karakteristiğinde çalışma noktasını arama, omik kayıplar, modül kalitesi ve uyumsuzluk kayıpları, bir rol oynar.
- Batarya modelinin gerilim karakteristikleri şarj durumuna, sıcaklığa ve akıma bağlıdır.
- Yüke verilen enerji ve destek jeneratöründen alınan enerji, gerilimin fonksiyonu olarak akımı bildirir. Böylece ardıl iterasyonlar ile denge gerçekleştirilmelidir.

Bir kez akım belirlendiğinde, akü şarj durumu ve batarya gerilimi belirlenen zaman aralığının sonu için hesaplanır. Bunun yanında sistem davranışı regülasyon durumuna bağlıdır. Bu durumlar şu şekilde olabilir.

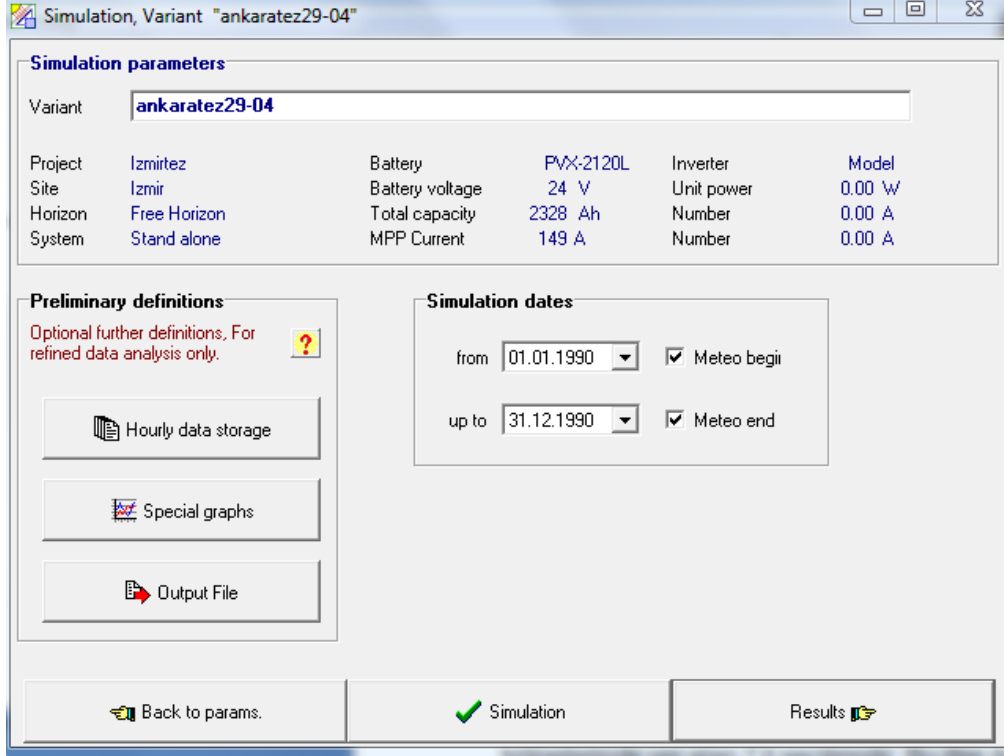
- FV dizisinin aküler tam dolu ise bağlantısı yoktur.
- Aküler tam boşalma durumunda ise yükün bağlantısı kesilir.
- Destek jeneratörü varsa (sistemde tanımlı ise) akü gerilimine göre çalışır.

Akü geriliminin değişimine bağlı olarak bu çalışma koşulları zaman adımlarında değişebilir. Bu durumda program regülatör eşik koşullar ile karşılaşmasının kesin zamanını belirler, bu zamanın kesri olarak enerjii değerlendirir ve yeni çalışma şartlarına göre denge döngüsünü yeniden başlatır.

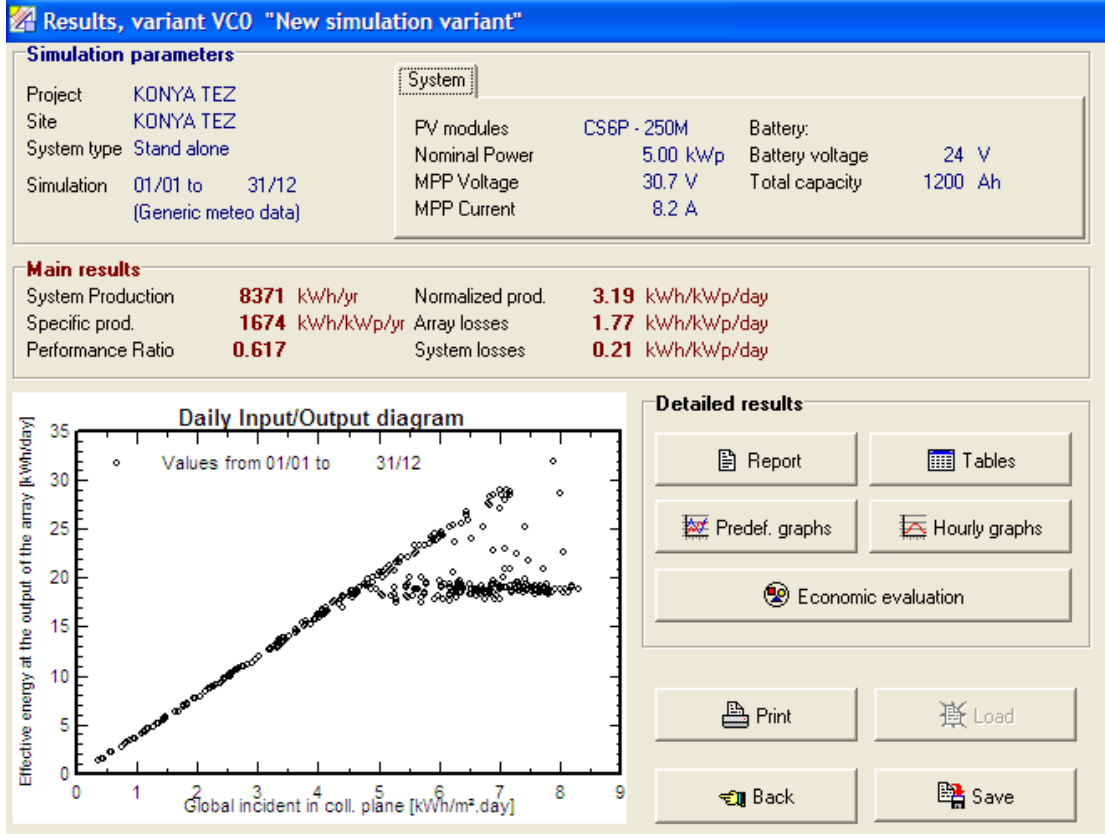
Bu süreç boyunca ve süreçten sonra FV dizisi çalışma karakteristikleri, akü depolama ve yaşlanma durumu, yükte kullanılan enerji gibi çeşitli değişkenler hesaplanır.

PVSYST programının ana ekranındaki modelleme (simulation) düğmesine basıldığında çıkan Şekil 4.21' deki simülasyon ana ekranında **modelleme (simulation)** düğmesine basmadan önce çeşitli **özel grafikler (special graphics)** ve modelleme sonuç ekranlarında ulaşabileceğimiz değişkenleri tanımlayabileceğimiz **saatlik veri depolama (hourly data storage)** bölümleri kullanılabilir. **Saatlik veri depolama** sekmesine basıldığında modellemede

hesaplanması istenilen değişkenler seçilebilir. **Modelleme "simulation"** düğmesine basıldığında yukarıda anlatılan modelleme aşamaları gerçekleştirilir ve modellenen sistemin Şekil 4.22' deki özet bilgilerin yer aldığı ekran görüntüsü elde edilir.



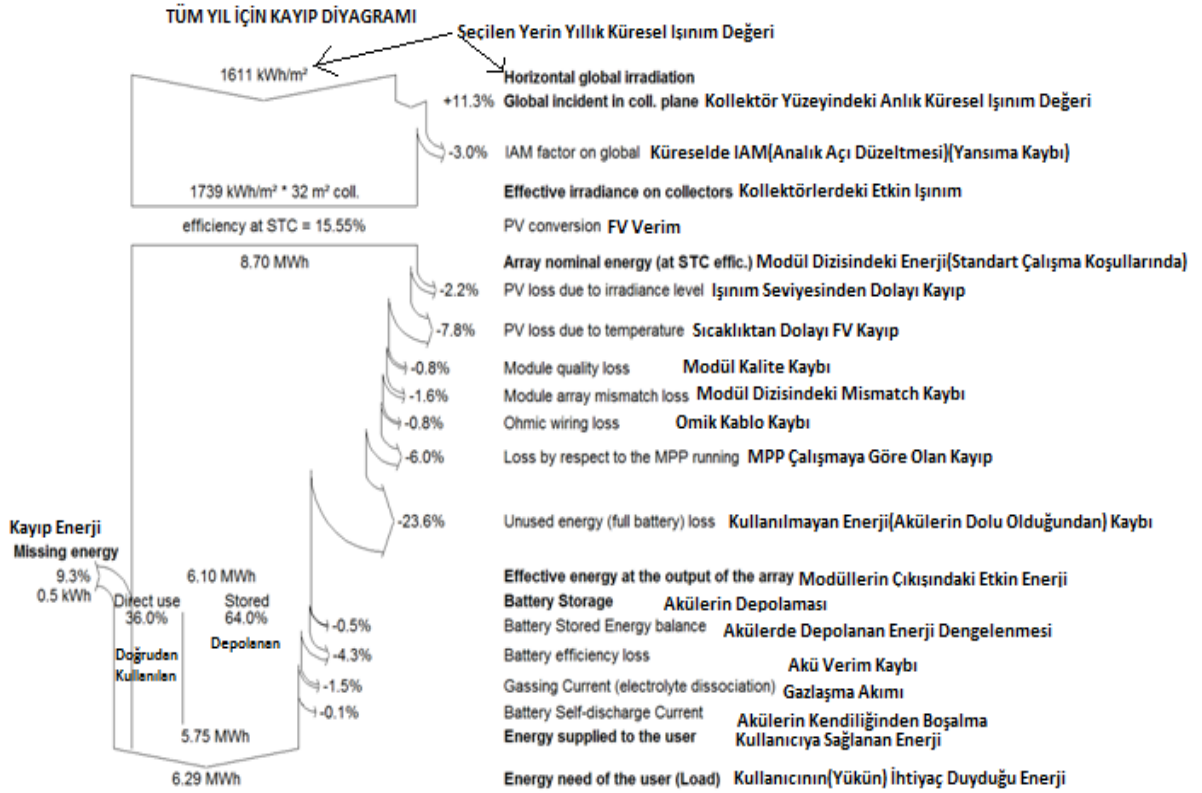
Şekil 4.21 PVSYST Programında Simülasyon Yapıldıktan Sonra Çıkan Ana Ekran



Şekil 4.22 PVSYST Programında Modellenen Sistemin Özet Sonuç Ekranı

Şekil 4.22’de çıkan sonuç ekranından, modellenmesi yapılan sistem ile ilgili dört sayfalık pdf formatında bir rapor, sistem ile ilgili çizelgeler, önceden tanımlı grafikler ve saatlik grafikler elde edilebilir. Pdf formatlı rapor, tasarımı yapılan sistem için seçilen sistemin özelliklerini ve modelleme parametrelerini, belirlenen kullanıcı yük ihtiyacını, yapılan modellemenin ana sonuçlarını ve sistemin yıllık kayıp diyagramını içermektedir. Bu raporda modelleme yapılan yerin Şekil 4.23’te görülen Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı elde edilebilir ve modellemede yüzde olarak verilen kayıplar incelenebilir. Şekil 4.23’de raporda Ankara ili için sunulan yıllık kayıp diyagramı örneği verilmiştir. Bu diyagramda:

Seçilen Yerin Yıllık Küresel Işınım Değeri, o bölgenin ölçüm yapılarak veya bir meteorolojik kaynaktan elde edilen ışınım değeridir. 1611kWh/m² Ankara ilinin PVSYST programının veritabanında olan NASA’ dan elde edilmiş yıllık küresel ışınım değeridir.



Şekil 4.23 Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı

8,70 MWh enerji, seçilen yer için **Modül Dizisinin Standart Çalışma Koşullarında Üretebileceği Enerji Miktarıdır**. Bu değer Ankara ili için kollektör yüzeyindeki anlık **küresel ışınım değeri** 1739 kWh/m² 'nin FV dizisinin alanı ve FV modül veriminin çarpımı ile elde edilir.

Diyagram incelendiğinde

Işınım Seviyesinden dolayı FV modüldeki kayıp: %2,2

sıcaklık değişiminden dolayı FV modüldeki kayıp: %7,8

FV modül kalitesinden dolayı kayıp: %0,8

Modül dizisindeki uyumsuzluk kayıp: %1,6

kablolardaki omik kayıp: %0,8

MPP çalışmaya göre olan kayıp: %6

olarak bulunmaktadır.

Diyagramda,

- sistemde **Akülerin dolu olmasından dolayı kullanılmayan enerji**
- **modül dizisinin çıkışındaki etkin enerji.**
- Akü depolama sisteminde **Akülerde depolanan enerji dengelenmesinden kaynaklanan kayıp,**
- **Akü verim kaybı,**
- **Akü gazlaşma akımı kaybı**
- **Akülerin kendiliğinden boşalmasından kaynaklanan kayıplar**

bulunmaktadır.

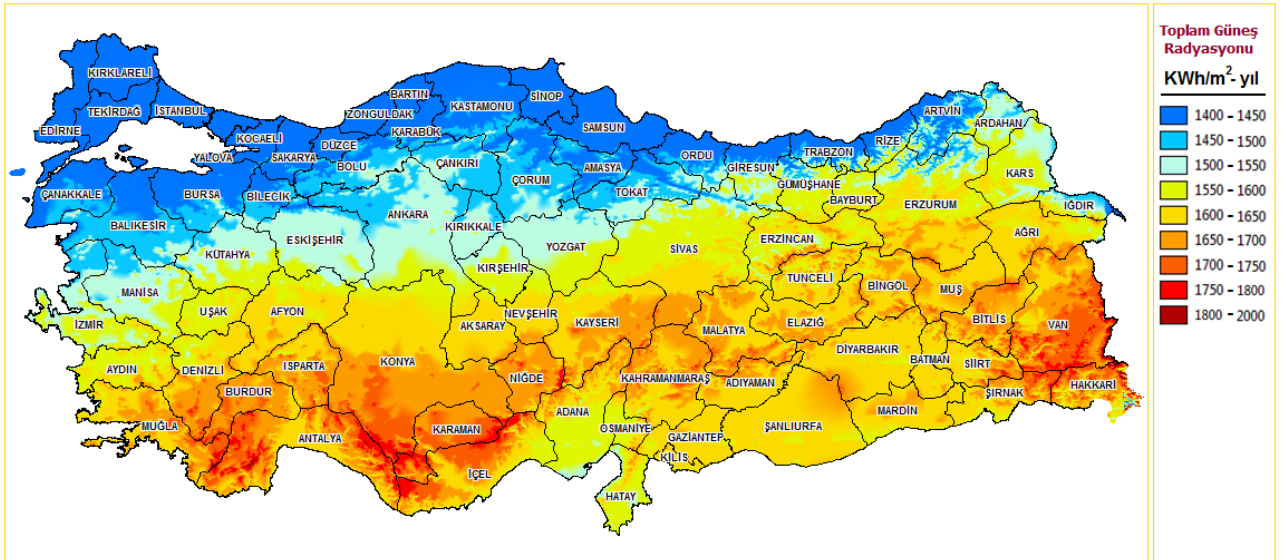
Kullanıcıya Sağlanan Enerji, bazı günler sistem kullanıcıya ihtiyaç duyduğundan fazla enerji üretecek, bazı günler ihtiyaç duyduğundan az enerji üretecek, yani sistem her zaman kullanıcının ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretemeyecektir. 5,75 MWh enerji sistemin kullanıcıya sağladığı enerjidir. **Kayıp enerji,** 0.5KWh veya üretilenin %9,3 'üdür.

Kullanıcının ihtiyaç duyduğu enerji, seçilen yük ne ise bulunan değerdir.

Diyagramdaki 6,29 MWh enerj, seçilen örnek evin yıllık enerji tüketiminin 3 ev için elde edilen değeridir.

5. 7 BÖLGE İÇİN PVSYST PROGRAMINDA SİSTEM TASARIMI

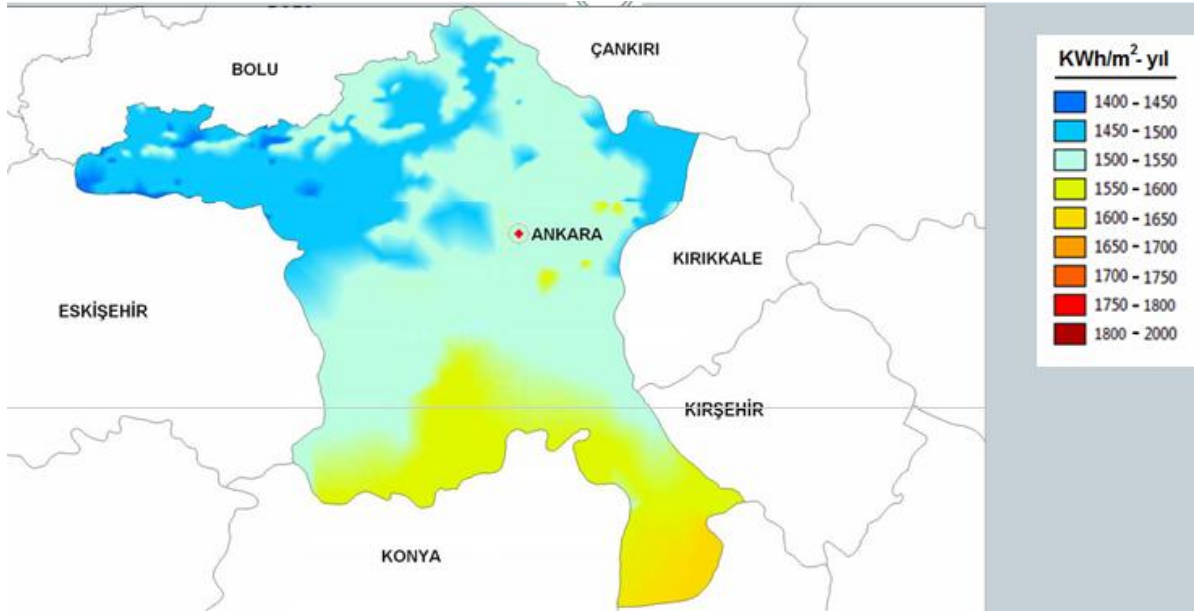
Şebekeden bağımsız enerji depolamalı sistem tasarımı için Türkiye' nin farklı bölgelerinde yer alan 7 il seçilmiştir. Bu iller **Ankara, Konya, Antalya, Van, İzmir, Şanlıurfa ve Samsun** illeridir. Şekil 5.1'de verilen ve EİE tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) incelendiğinde Türkiye' nin güneyine inildikçe toplam güneş radyasyonunun ve böylece güneş enerjisi potansiyelinin arttığı, bunun yanında iklim ve coğrafi özelliklerden dolayı aynı enlemdeki yerler arasında da güneş enerjisi potansiyeli farklılıkları bulunduğu gözlenmektedir. Örneğin, Sinop, Samsun gibi Türkiye' nin en kuzeyinde olan illerde toplam güneş radyasyon dağılımı 1400-1450 kWh/m²-yıl' arasında iken, Antalya, Mersin gibi Türkiye' nin en güneyinde yer alan illerde 1600 kWh/m²-yıl' ın üzerindedir [36].



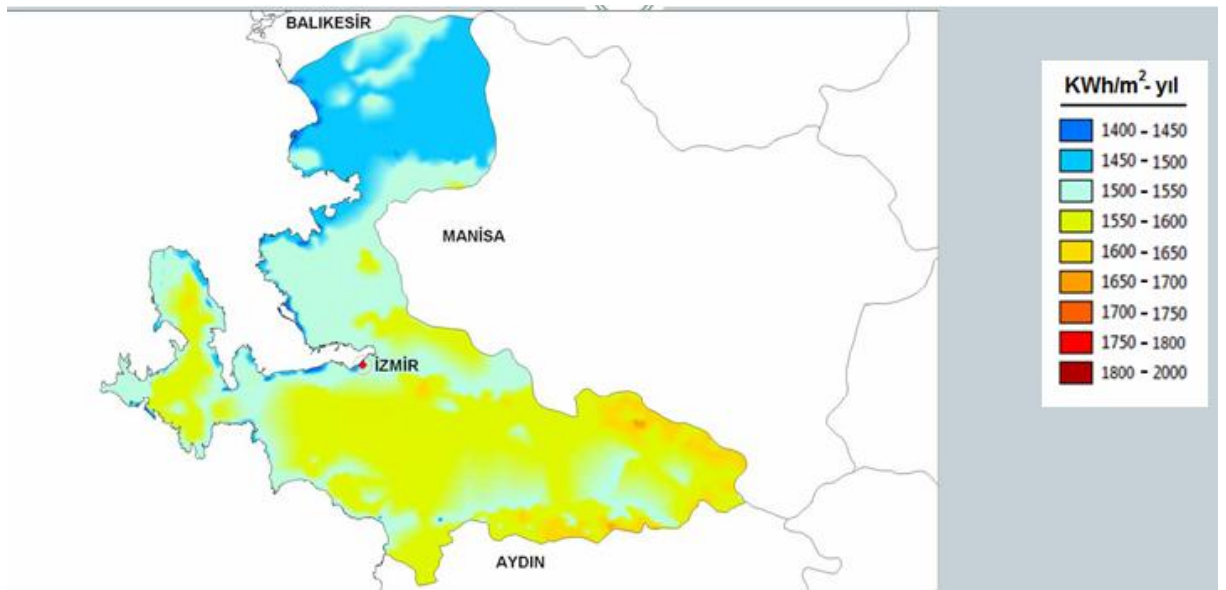
Şekil 5.1 EİE Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)

Şekil 5.2'de seçilen 7 yerleşim ili için güneş enerjisi potansiyelini gösteren ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü' nün internet sitesinden alınan **Küresel Güneş Radyasyon Dağılımı** haritaları verilmiştir [36]. Antalya ili, güneş enerji potansiyeli yüksek bir bölgedir. Şekil 5.2'deki tüm haritalarda görüldüğü gibi, tüm iller için farklı bölgelerin güneş enerjisi potansiyelleri farklı olduğundan, sistem tasarımı yapılmadan önce yer bilgilerinin belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla SolarGis web sitesindeki [37] haritada belirli bir nokta için seçilen ve Çizelge 5.1'

de verilen coğrafi koordinatlar seçilerek, FV sistem tasarımının modellemesi bu koordinatlar için gerçekleştirilmiştir.

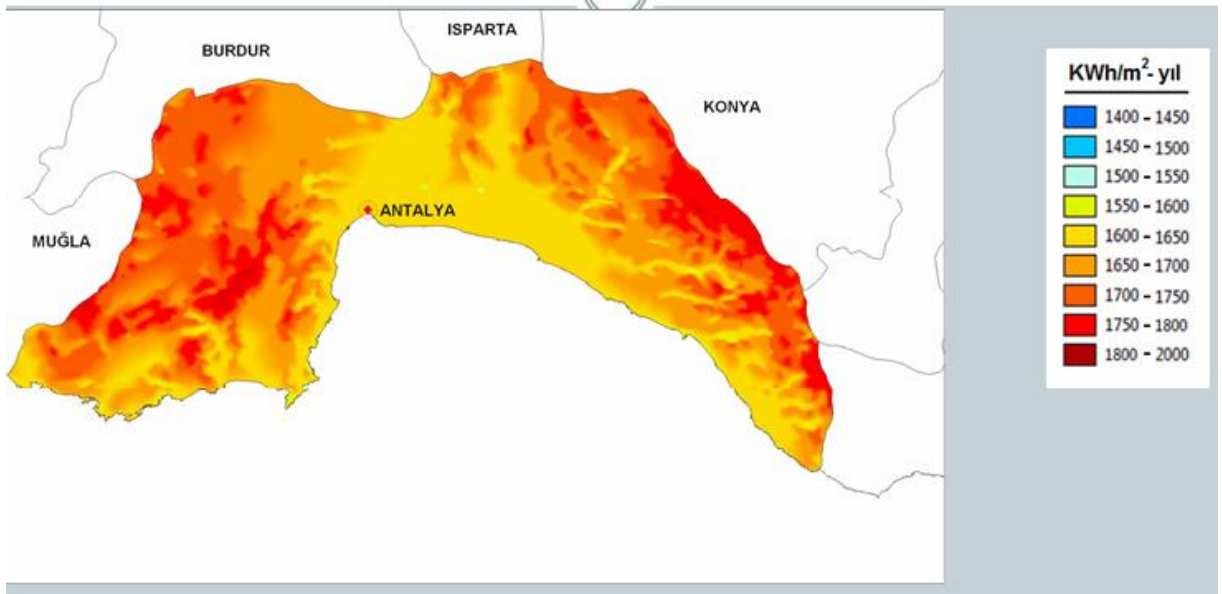


a. Ankara

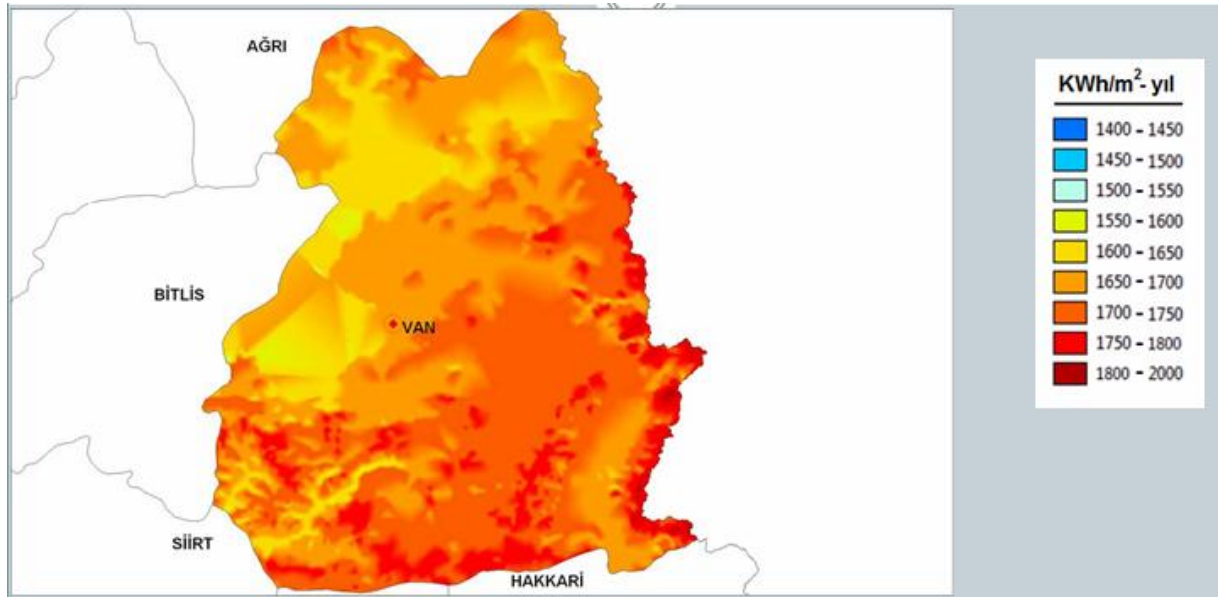


b. İzmir

Şekil 5.2 Tasarımı yapılacak FV Sistemin yerleşim yeri olarak seçilen 7 il için Küresel Güneş Radyasyon Dağılımı

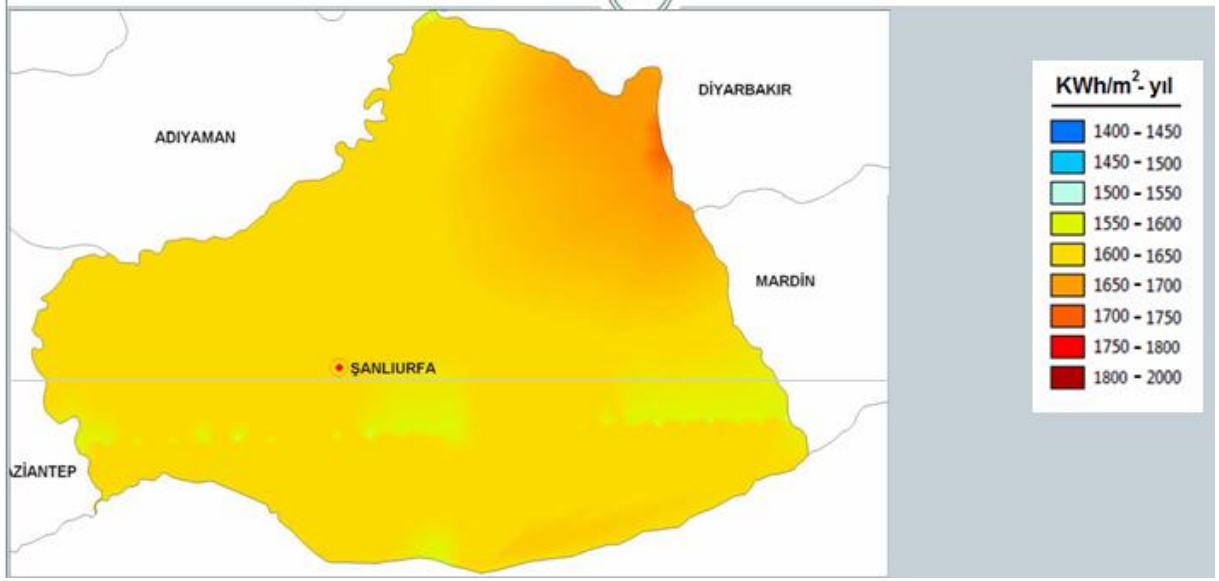


c. Antalya

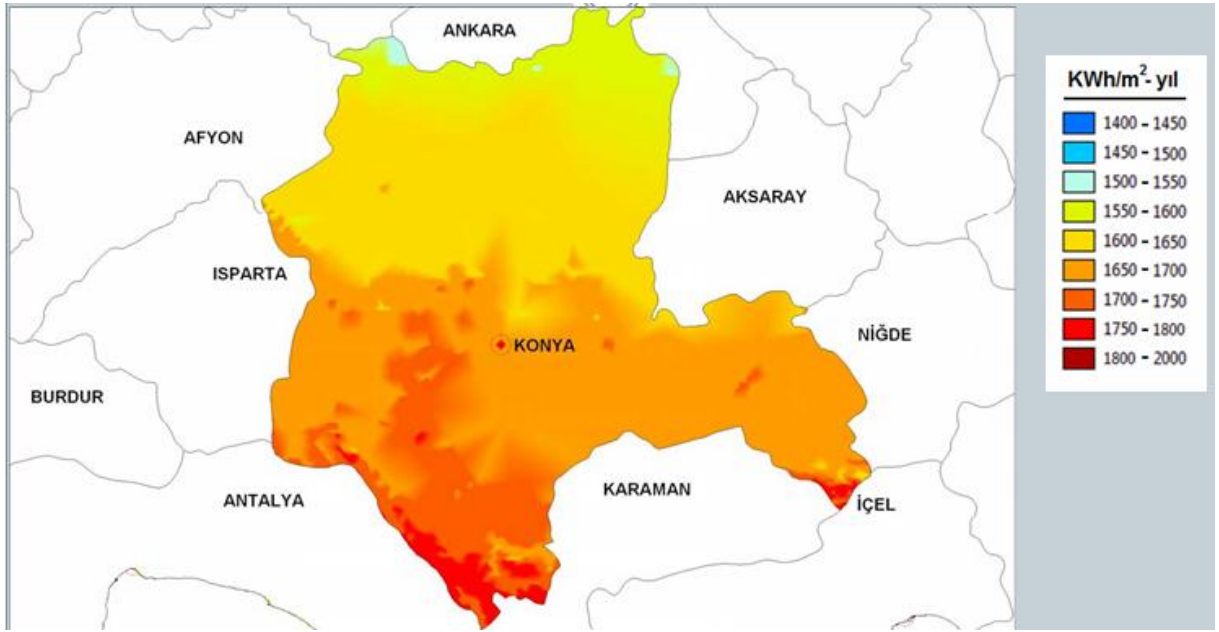


d. Van

Şekil 5.2 Tasarımı yapılacak FV Sistemin yerleşim yeri olarak seçilen 7 il için Küresel Güneş Radyasyon Dağılımı (Devam ediyor.)



e. Şanlıurfa



f. Konya

Şekil 5.2 Tasarımı yapılacak FV Sistemin yerleşim yeri olarak seçilen 7 il için Küresel Güneş Radyasyon Dağılımı (Devam ediyor.)



g. Samsun

Şekil 5.2 Tasarımı yapılacak FV Sistemin yerleşim yeri olarak seçilen 7 il için Küresel Güneş Radyasyon Dağılımı

Çizelge 5.1 Tasarımı yapılacak FV Sistemin yerleşim yeri olarak seçilen 7 il için yer koordinatları

		DESİMAL	DERECE
ANKARA	ENLEM	39.43	39 ° 26' kuzey
	BOYLAM	33.07	33 ° 4' doğu
	YÜKSEKLİK	850 m	
İZMİR	ENLEM	38.40	38 ° 24' kuzey
	BOYLAM	27.17	27 ° 10' doğu
	YÜKSEKLİK	184 m	
ANTALYA	ENLEM	37.04	37 ° 02' kuzey
	BOYLAM	30.83	30 ° 49' doğu
	YÜKSEKLİK	101 m	
VAN	ENLEM	38.50	38 ° 30' kuzey
	BOYLAM	43.39	43 ° 23' doğu
	YÜKSEKLİK	1717 m	
ŞANLI URFA	ENLEM	37.15	37 ° 09' kuzey
	BOYLAM	38.83	38 ° 49' doğu
	YÜKSEKLİK	475 m	
KONYA	ENLEM	37.85	37 ° 51' K
	BOYLAM	32.53	32 ° 31' D
	YÜKSEKLİK	1015 m	
SAMSUN	ENLEM	41.28	41 ° 16' kuzey
	BOYLAM	36.33	36 ° 19' doğu
	YÜKSEKLİK	50 m	

Programda 7 il için meteorolojik veri olarak PVSYST programının veritabanında olan NASA verileri ile Ankara ve İzmir için yine PVSYST programının veritabanında olan METEONORM'97 verileri kullanılmıştır. Bu veriler programda modelleme için zorunlu olan **aylık küresel ışınım verileri** ve **aylık sıcaklık verileri** ile isteğe bağlı olan **aylık rüzgar hızı** verileridir. Yeni bir il için coğrafi konum belirlenirken bu veriler ile yukarıdaki çizelgede verilen koordinat verileri programın **araçlar (tool)** butonuna basılarak buradaki **coğrafi yerler (geographical sites)** bölümünde (Şekil 4.3) oluşturulmuştur.

Panellerin azimut açısı, güneşe yöneldiklerini gösterecek şekilde sıfır derece olarak alındı. FV sistemde yer alacak paneller, eğim açısı yaz ve kış sabit olan sabit eğimli olarak seçilmiş ve seçilen değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir. Ayrıca sistem modellemesi yapılırken yakın ve uzak gölgelemenin olmadığı kabul edildi.

Çizelge 5.2 Modellemesi Yapılan FV sistemlerde 7 il için Eğim Açıları

	Ankara	İzmir	Antalya	Van	Şanlı Urfa	Konya	Samsun
En iyi açı	33°	32°	31°	32°	31°	32°	34°

Tez kapsamında yapılan çalışmalarda tasarımı yapılacak sistem, **5kWp** gücünde bir sistem olacağı için buna uygun yük seçilmiş ve yük dağılımı Çizelge 5.3' te verilmiştir. Bu yük **3 evin** aylık tükettiği elektrik enerjisi kadardır. Bir evin aylık elektrik enerji tüketim belirlenirken, örnek ev olarak kişisel bir konut ve KASIM 2011' de bu konuta ait elektrik faturası göz önüne alınmıştır.

Bir evde kullanılan elektrikli ev aletleri, bunların günlük kullanım süreleri ve tükettikleri enerji miktarları aşağıda açıklanmıştır;

- 82 ekran bir LED TV' nin tükettiği güç 84,2W ve günlük ortalama kullanım süresi 3 saattir.
- 1600 W gücündeki bir ütünün haftada 1 saat kullanıldığı düşünülürse tükettiği enerji miktarı 228,5 Wh' dir.

- Elektrikli süpürge'nin 1600 W olduğu ve günde yaklaşık 0,5 saat çalıştırıldığı durumda tükettiği enerji 960Wh' dir.
- 20 W' lık 3 tane tasarruflu ampülün günlük 6 saat aydınlatma yaptığında tüketilen enerji 360Wh' dir.
- Ortalama 160 W güç tüketen ve 24 saat çalışan bir buzdolabı 1181 Wh enerji harcar.
- Çamaşır ve bulaşık makinelerinin gün başına düşen ortalama elektrik enerjisi tüketim miktarları sırasıyla yaklaşık olarak 9857Wh ve 1,44kWh' tir.
- Evde bulunan saç kurutma makinesi, kombi, bilgisayar, fırın ve cep telefonu gibi ev aletlerinin elektrik tüketimleri de aşağıdaki çizelgede verilmektedir. Bu ev aletlerin güçleri örnek alınan evdeki cihazlar göz önüne alınarak ve kullanım süreleri örnek evdeki davranışlar dikkate alınarak yer almıştır.

Çizelge 5.3 -Tasarlanan Sistemler İçin Yük Dağılımı

	Tükettiği Güç(W)	Adet	Günlük ortalama kullanım (saat)	Günlük ortalama kullanım (Wh)
TV	84,2	1	3	253
ÜTÜ	1600	1	1/7	228,57
ELEKTRİKLİ SÜPÜRGE	1600	1	0,5	800
AYDINLATMA	20	3	6	360
BUZDOLABI	160	1	24	1181
ÇAMAŞIR MAKİNESİ	2300	1	3/7	985,71
BULAŞIK MAKİNESİ	1600	1	0,9	1440
SAÇ KURUTMA MAKİNESİ	1400	1	0,5/7	100
KOMBİ	110	1	2	220
BİLGİSAYAR	50	1	2	100
FIRIN	1400	1	1,5/30	70
Cep Telefonu	11	1	4/7	6,29
	10335,2		TOPLAM(Wh)	5744,17
KASIM AYI 2011			Aylık TOPLAM(kWh)	172,32

FV sistem tasarımında kullanılan paneller seçilirken üç tür panel seçilmiştir. Bu paneller mono-kristal, poli-kristal ve amorf silikon teknolojiye sahiptir. Ayrıca bu paneller tercih edilirken yeni teknolojiye sahip olması için 2011 yılında üretilen paneller tercih edilmiştir.

FV sistem tasarımında

- **Canadian Solar Inc. marka CS6P 250M model Si-mono teknolojili 250 Wp, 26V** luk FV paneller (Ek1)
- **Grape Solar' ın CS-P-270-DJ model poli-Si teknolojili 270 Wp, 30.6V'** luk FV paneller (Ek2)
- **Schott Solar AG.'nin PROTECT ASI 105 model Amorf Silikon teknolojili 105 Wp, 30.50 V'luk** FV paneller (Ek3)

kullanılmıştır. CS6P 250M model si-mono panellerden hepsi de birbirine paralel olacak şekilde 20 tane, CS-P-270-DJ model poli-Si panellerden de 19 tane, PROTECT ASI 105 model Amorf Silikon panellerden 48 tane kullanılmıştır.

Sistem tasarımında **Concorde marka PVX-2120L model 12 V' luk 194 Ah** lik aküler kullanılmıştır. Bu akülerin 20°C'de 5 yıl ömürleri vardır. Aküler 62.7 kg ağırlığındadır. Sistemde kullanılan aküler 24V' luk FV sistem gerilimi sağlamak için ikişerli gruplar halinde seri bağlanmış ve bu ikişerli grupların da birbirlerine paralel bağlanmıştır. Seçilen FV sistemde günlük elektrik tüketimi 17,23 kWh ve sistem gerilimi 24 V' tur. Ülkemizde ard arda 3 günden fazla güneşsiz gün sayısı az olduğu için FV sistemin otonomi faktörü 7 il için de 3 gün olarak kabul edilmiştir. Akü verimi %90 olarak alınmıştır. Bu durumda gerekli akü kapasitesi;

$$P=V.I'dan I=17230Wh/24V=717,92 Ah$$

Olarak bulunmuştur. Akü Kapasitesi=(717.92x3 gün)/0.9= 2393.056 Ah tir.

Sistemde bu kapasiteyi sağlamak için 24 adet akü kullanılmıştır.

FV sistem tasarımları üç evin aylık elektrik ihtiyacını karşılamak üzere boyutlandırılmıştır. Bunun için kurulacak sistemin nominal gücü **5kWp** olarak belirlenmiştir.

Üç evin aylık elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak 5kWp 'lik sistemin modellemesinde yakın ve uzak gölgelemenin olmadığı varsayıldı. Ayrıca güneşten elektrik enerjisi elde edilemediği 3 gün boyunca elektrik ihtiyacını karşılayacak bir akülü enerji depolama sistemi tasarımda yer aldı.

5.1 ANKARA için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı

Ankara Türkiye Cumhuriyeti' nin başkentidir. Nüfus bakımından ikinci büyük şehridir. İç Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Ankara ilinin iklimi karasal iklimdir. Yazın sıcak ve kurak, kışın soğuk ve yağışlı bir iklime sahiptir. Yazları bulutlu gün sayısı azdır [38].

Programda Ankara için meteorolojik veriler olarak METEONORM'97 ve NASA' nın verileri kullanılmıştır. Ayrıca yakın ve uzak gölgelemenin olmadığı kabul edildi. PVSYST programı sistemin analizini ayrıntılı bir şekilde yapılmasına yardımcı olan çeşitli tablolar, grafikler ve ayrıntılı bir rapor sunar. Programda NASA ve METEONORM 97' nin meteo verileri için simülasyon sonucu elde edilen özet simülasyon parametrelerini ve simülasyon sonuçlarını içeren bilgiler Şekil 5.3 ve Şekil 5.4' te tek kristal Si modüller için, Şekil 5.5'te polikristal Si modüller için, Şekil 5.6' da a-Si modüller için verilmiştir.

Simulation parameters		System			
Project	Ankara-NASATEz-Sim-1	PV modules	CS6P - 250M	Battery:	PVX-2120L
Site	Ankara-NASA	Nominal Power	5.00 kWp	Battery voltage	24 V
System type	Stand alone	MPP Voltage	30.7 V	Total capacity	2328 Ah
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	8.2 A		
Main results					
System Production	7783 kWh/yr	Normalized prod.	3.15 kWh/kWp/day		
Specific prod.	1557 kWh/kWp/yr	Array losses	1.57 kWh/kWp/day		
Performance Ratio	0.642	System losses	0.19 kWh/kWp/day		

Şekil 5.3 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modüller için Ankara' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	Stand Alone Project at Ankara	PV modules	CS6P - 250M
Site	Ankara	Nominal Power	5.00 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	30.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	8.2 A
Battery:	PVX-2120L	Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	7834 kWh/yr	Normalized prod.	3.10 kWh/kWp/day
Specific prod.	1567 kWh/kWp/yr	Array losses	1.59 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.633	System losses	0.21 kWh/kWp/day

Şekil 5.4 METEONORM 97 meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Ankara' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	Ankara-NASATEz-Sim-1	PV modules	CS-P-270-DJ
Site	Ankara-NASA	Nominal Power	5.13 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	34.6 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	7.8 A
Battery:	PVX-2120L	Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	7433 kWh/yr	Normalized prod.	2.99 kWh/kWp/day
Specific prod.	1449 kWh/kWp/yr	Array losses	1.76 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.609	System losses	0.16 kWh/kWp/day

Şekil 5.5 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modüller için Ankara' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	Ankara-NASATEz-Sim-1	PV modules	PROTECT? ASI 105
Site	Ankara-NASA	Nominal Power	5.04 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	31.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	3.4 A
Battery:	PVX-2120L	Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8542 kWh/yr	Normalized prod.	3.15 kWh/kWp/day
Specific prod.	1695 kWh/kWp/yr	Array losses	1.57 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.641	System losses	0.19 kWh/kWp/day

Şekil 5.6 NASA meteorolojik verileri ve Amorf Silikon FV Modüller için Ankara' nın Simülasyon Sonuçları

İki farklı meteorolojik veri kullanılarak tek-kristal FV modüllerle Ankara için yapılan modellemede sistemin yıllık ürettiği enerji değerleri birbirinden farklı çıkmıştır. NASA' nın meteorolojik verileri ile yapılan modellemede 7783kWh/yr, MEREONORM 97'nin meteorolojik verileri ile yapılan modellemede 7834kWh/yr'lık enerji üretimi sonucu çıkmıştır. Bu iki modellemede birbirinden farklı çıkan

sistemin ürettiği enerji meteorolojik verilerin birbirlerinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu meteorolojik veriler elde edilirken farklı ölçüm yöntemleri, farklı ölçüm aletleri kullanılmakta ve yapılan ölçümler farklı zaman dilimleri için yapılmaktadır.

Şekil 5.5' te NASA meteorolojik verileri kullanılarak poli-kristal FV modüllerle yapılan modellemede, sistemin ürettiği enerji olarak 7433 kWh/yr değeri elde edilmiştir. Bu sonuç tek kristal FV modüllerle yapılan modellemede elde edilen enerjiden daha düşüktür. Bunun sebebi tek kristal modüller poli kristal modüllerden daha verimli olmasıdır.

5.2 İZMİR için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı

İzmir Türkiye' nin üçüncü büyük ilidir. İzmir Türkiye' nin en batısında yer alan Ege Denizine kıyısı olan iklimi Akdeniz İklimi kuşağında olan bir ildir. Yazın ortalama sıcaklık çizelgede de görüldüğü gibi 30°C derecenin üzerindedir [39] .

İzmir ili için şebekeden bağımsız 5 farklı FV sistem modellemesi gerçekleştirilmiştir, Şekil 5.7- Şekil 5.11. Meteororm 97' nin verileri ile FV tek kristal ve polikristal Si modüller kullanılırken, NASA verileri ile her üç teknoloji ile modelleme yapılmıştır.

Simulation parameters			
Project	İzmir Meteororm-Tez		
Site	İzmir		
System type	Stand alone		
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)		
System			
PV modules	CS6P - 250M	Battery:	PVX-2120L
Nominal Power	5.00 kWp	Battery voltage	24 V
MPP Voltage	30.7 V	Total capacity	2328 Ah
MPP Current	8.2 A		
Main results			
System Production	8235 kWh/yr	Normalized prod.	3.10 kWh/kWp/day
Specific prod.	1647 kWh/kWp/yr	Array losses	1.82 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.603	System losses	0.22 kWh/kWp/day

Şekil 5.7 METEONORM 97 meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için İzmir' nin Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	İzmir Meteororm-Tez	FV modules	CS-P-270-DJ
Site	İzmir	Nominal Power	5.13 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	34.6 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	7.8 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8005 kWh/yr	Normalized prod.	2.96 kWh/kWp/day
Specific prod.	1560 kWh/kWp/yr	Array losses	2.00 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.576	System losses	0.18 kWh/kWp/day

Şekil 5.8 METEONORM 97 meteorolojik verileri ve Poli Si FV Modülleri için İzmir' in Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	İzmir NASA TEZ8	FV modules	CS6P - 250M
Site	İzmir -Nasa	Nominal Power	5.00 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	30.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	8.2 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8233 kWh/yr	Normalized prod.	3.10 kWh/kWp/day
Specific prod.	1647 kWh/kWp/yr	Array losses	1.83 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.603	System losses	0.22 kWh/kWp/day

Şekil 5.9 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için İzmir' in Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	İzmir NASA TEZ8	FV modules	CS-P-270-DJ
Site	İzmir -Nasa	Nominal Power	5.13 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	34.6 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	7.8 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8005 kWh/yr	Normalized prod.	2.96 kWh/kWp/day
Specific prod.	1560 kWh/kWp/yr	Array losses	2.00 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.576	System losses	0.18 kWh/kWp/day

Şekil 5.10 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için İzmir' in Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters			
Project	Izmir NASA TEZ8	System	
Site	Izmir -Nasa	FV modules	PROTECT? ASI 105
System type	Stand alone	Nominal Power	5.04 kWp
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Voltage	31.7 V
		MPP Current	3.4 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8852 kWh/yr	Normalized prod.	3.12 kWh/kWp/day
Specific prod.	1756 kWh/kWp/yr	Array losses	1.81 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.606	System losses	0.21 kWh/kWp/day

Şekil 5.11 NASA meteorolojik verileri ve Amorf Silikon FV Modülleri için İzmir' in Simülasyon Sonuçları

5. 3 ANTALYA için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı

Antalya ili Türkiye Cumhuriyeti' nin güneyinde yer alan Akdenize kıyısı olan bir şehridir. Antalya, nüfusu yaklaşık 2 milyon olan Türkiye' nin tarihi ve turizmi ile öne çıkan bir ilidir. Antalya' nın geneline Akdeniz iklimi hakimdir. Yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve yağışlıdır. Deniz kıyısından uzaklaştıkça yükselti artar ve iklim karasal iklime yaklaşır. Yazın ortalama sıcaklık 30-34 °C, kışın ise 9-15°C'dir. Yılda yaklaşık ortalama 300 güneşli günü bulunmaktadır[40].

Şekil 5.12' de NASA verileri ile tek kristal FV modülleri ile gerçekleştirilen FV sistemin özet sonuçları bulunmaktadır. Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'de NASA verileri ile poli kristal ve a-Si FV modülleri ile gerçekleştirilen sonuçları görülmektedir.

Simulation parameters			
Project	Stand Alone Project at Antalya	System	
Site	Antalya	FV modules	CS6P - 250M
System type	Stand alone	Nominal Power	5.00 kWp
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Voltage	30.7 V
		MPP Current	8.2 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8138 kWh/yr	Normalized prod.	3.21 kWh/kWp/day
Specific prod.	1628 kWh/kWp/yr	Array losses	1.65 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.633	System losses	0.21 kWh/kWp/day

Şekil 5.12 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Antalya' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters			
Project	Antalya NASA-TEZ8	System	
Site	Antalya	FV modules	CS-P-270-DJ
System type	Stand alone	Nominal Power	5.13 kWp
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Voltage	34.6 V
		MPP Current	7.8 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	7754 kWh/yr	Normalized prod.	3.06 kWh/kWp/day
Specific prod.	1512 kWh/kWp/yr	Array losses	1.83 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.604	System losses	0.17 kWh/kWp/day

Şekil 5.13 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için Antalya' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters			
Project	Antalya NASA-TEZ8	System	
Site	Antalya	FV modules	PROTECT? ASI 105
System type	Stand alone	Nominal Power	5.04 kWp
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Voltage	31.7 V
		MPP Current	3.4 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8766 kWh/yr	Normalized prod.	3.21 kWh/kWp/day
Specific prod.	1739 kWh/kWp/yr	Array losses	1.65 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.634	System losses	0.20 kWh/kWp/day

Şekil 5.14 NASA meteorolojik verileri ve a-Si FV Modülleri için Antalya' nın Simülasyon Sonuçları

5.4 VAN için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı

Van ili Türkiye' nin en doğusunda yer alan illerden birisidir. Van Gölü' ne kıyısı vardır. Van Gölü' ne kıyısı olduğundan dolayı karasal iklimi yumuşaktır. Yıllık sıcaklık farkı 25° civarındadır. Van ili, yılın 120 günü açık, 200 günü bulutlu ve 45 günü ise kapalı gün özelliği ile Türkiye' nin en fazla güneş alan illerinden biridir [41]

NASA' nın meteorolojik verileri kullanılarak 3 farklı teknoloji FV modüller için modelleme sonuçları Şekil 5.15- Şekil 5.17'de verilmiştir.

Simulation parameters		System	
Project	VAN-TEZ	FV modules	CS6P - 250M
Site	VAN	Nominal Power	5.00 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	30.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	8.2 A
Battery:	PVX-2120L	Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8565 kWh/yr	Normalized prod.	3.26 kWh/kWp/day
Specific prod.	1713 kWh/kWp/yr	Array losses	1.79 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.621	System losses	0.20 kWh/kWp/day

Şekil 5.15 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Van' ın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	VAN-TEZ	FV modules	CS-P-270-DJ
Site	VAN	Nominal Power	5.13 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	34.6 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	7.8 A
Battery:	PVX-2120L	Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8004 kWh/yr	Normalized prod.	3.13 kWh/kWp/day
Specific prod.	1560 kWh/kWp/yr	Array losses	1.95 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.597	System losses	0.17 kWh/kWp/day

Şekil 5.16 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için Van' ın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	VAN-TEZ	FV modules	PROTECT? ASI 105
Site	VAN	Nominal Power	5.04 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	31.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	3.4 A
Battery:	PVX-2120L	Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	9231 kWh/yr	Normalized prod.	3.26 kWh/kWp/day
Specific prod.	1832 kWh/kWp/yr	Array losses	1.78 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.622	System losses	0.20 kWh/kWp/day

Şekil 5.17 NASA meteorolojik verileri ve A-Si FV Modülleri için Van' ın Simülasyon Sonuçları

5.5 ŞANLIURFA için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı

Şanlıurfa ili Türkiye' nin güneydoğu bölgesinde yer almaktadır. Şanlıurfa deniz etkisinden uzak bir bölgede olduğu için günlük ve yıllık sıcaklık farkları yüksektir. Türkiye' de en yüksek sıcaklık Ceylanpınar ilçesinde 46,5° (Temmuz) ölçülmüştür. Şanlıurfa ili genelde bir plato özelliği gösterir [42]. Şekil 5.2' incelendiğinde, ilin

coğrafi yapısından dolayı küresel güneş radyasyon dağılımı düzenli olduğu, anlaşılacaktır. NASA' nın meteorolojik verileri kullanılarak yapılan modelleme sonuçları Şekil 5.18- Şekil 5.20'de özetlenmiştir.

Simulation parameters		System	
Project	SANLIURFA-TEZ	FV modules	CS6P - 250M
Site	SANLIURFA	Nominal Power	5.00 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	30.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	8.2 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8113 kWh/yr	Normalized prod.	3.19 kWh/kWp/day
Specific prod.	1623 kWh/kWp/yr	Array losses	1.74 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.619	System losses	0.22 kWh/kWp/day

Şekil 5.18 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Şanlıurfa' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	SANLIURFA-TEZ	FV modules	CS-P-270-DJ
Site	SANLIURFA	Nominal Power	5.13 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	34.6 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	7.8 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	7908 kWh/yr	Normalized prod.	3.05 kWh/kWp/day
Specific prod.	1542 kWh/kWp/yr	Array losses	1.92 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.591	System losses	0.18 kWh/kWp/day

Şekil 5.19 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için Şanlıurfa' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	SANLIURFA-TEZ	FV modules	PROTECT? ASI 105
Site	SANLIURFA	Nominal Power	5.04 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	31.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	3.4 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8981 kWh/yr	Normalized prod.	3.21 kWh/kWp/day
Specific prod.	1782 kWh/kWp/yr	Array losses	1.74 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.623	System losses	0.20 kWh/kWp/day

Şekil 5.20 NASA meteorolojik verileri ve A-Si FV Modülleri için Şanlıurfa' nın Simülasyon Sonuçları

5.6 KONYA için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı

Konya ili İç Anadolu Bölgesinin güneyinde yer alır. Konya ili Türkiye' nin en büyük yüzölçümüne sahip ilidir. İlde kışlar sert, soğuk ve kar yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer. Yıllık ortalama sıcaklık 11,5°C'dir. Yılın yaklaşık 23 günü sisli geçer ve bu konuda Türkiye' de önde bulunur. Bunda bu ilin bir çanak içinde kurulmasının büyük rolü vardır[43].

NASA' nın meteorolojik verileri kullanılarak özet sonuç çıktıları Şekil 5.21- Şekil 5.23'te verilmiştir.

Simulation parameters			
Project	KONYA TEZ	System	
Site	KONYA TEZ	FV modules	CS6P - 250M
System type	Stand alone	Nominal Power	5.00 kWp
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Voltage	30.7 V
		MPP Current	8.2 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	8371 kWh/yr	Normalized prod.	3.19 kWh/kWp/day
Specific prod.	1674 kWh/kWp/yr	Array losses	1.77 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.617	System losses	0.21 kWh/kWp/day

Şekil 5.21 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Konya' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters			
Project	KONYA-SI-POLI	System	
Site	KONYA TEZ	FV modules	CS-P-270-DJ
System type	Stand alone	Nominal Power	5.13 kWp
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Voltage	34.6 V
		MPP Current	7.8 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	7876 kWh/yr	Normalized prod.	3.08 kWh/kWp/day
Specific prod.	1535 kWh/kWp/yr	Array losses	1.91 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.595	System losses	0.18 kWh/kWp/day

Şekil 5.22 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modüller için Konya' nın Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters		System	
Project	KONYA TEZ	FV modules	PROTECT? ASI 105
Site	KONYA TEZ	Nominal Power	5.04 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	31.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	3.4 A
Battery:	PVX-2120L	Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	9116 kWh/yr	Normalized prod.	3.20 kWh/kWp/day
Specific prod.	1809 kWh/kWp/yr	Array losses	1.76 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.618	System losses	0.22 kWh/kWp/day

Şekil 5.23 NASA meteorolojik verileri ve a-Si FV Modüller için Konya' nın Simülasyon Sonuçları

5.7 SAMSUN için PVSYST Programında FV Sistem Tasarımı

Türkiye' nin orta Karadeniz bölümünde bulunan ve Karadeniz' e kıyısı olan sahil şehridir. İlde, denize yakın kesimlerde ılıman iklim iç kesimlere gidildikçe karasal iklim hüküm sürer. İlin deniz kıyısında ölçülen sıcaklık değerleri ile iç kısımlarda ölçülen sıcaklı değerleri arasında 10° -15°' lik farklar bulunmaktadır. Yazın ortalama sıcaklık Çizelge' de de görüldüğü gibi 20° civarındadır. Samsun ili ortalama bulutlu gün sayısı 2010 yılı için 226 gün ve sisli gün sayısı 4 gündür [44].

Şekil 5.24, Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da, sırasıyla tek kristal, poli kristal ve amorf Si FV modüller kullanılarak NASA' nın meteorolojik verileri ile yapılan modelleme sonuçları verilmiştir.

Simulation parameters		System	
Project	SAMSUN TEZ1	FV modules	CS6P - 250M
Site	Samsun	Nominal Power	5.00 kWp
System type	Stand alone	MPP Voltage	30.7 V
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	8.2 A
Battery:	PVX-2120L	Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	6525 kWh/yr	Normalized prod.	2.84 kWh/kWp/day
Specific prod.	1305 kWh/kWp/yr	Array losses	1.17 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.680	System losses	0.17 kWh/kWp/day

Şekil 5.24 NASA meteorolojik verileri ve Tek Kristal FV Modülleri için Samsun' un Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters			
Project	SAMSUN TEZ1	System	
Site	Samsun	FV modules	CS-P-270-DJ
System type	Stand alone	Nominal Power	5.13 kWp
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Voltage	34.6 V
		MPP Current	7.8 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	6117 kWh/yr	Normalized prod.	2.69 kWh/kWp/day
Specific prod.	1192 kWh/kWp/yr	Array losses	1.35 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.644	System losses	0.14 kWh/kWp/day

Şekil 5.25 NASA meteorolojik verileri ve Poli Kristal FV Modülleri için Samsun' un Simülasyon Sonuçları

Simulation parameters			
Project	SAMSUN TEZ1	System	
Site	Samsun	FV modules	PROTECT? ASI 105
System type	Stand alone	Nominal Power	5.04 kWp
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Voltage	31.7 V
		MPP Current	3.4 A
		Battery:	PVX-2120L
		Battery voltage	24 V
		Total capacity	2328 Ah
Main results			
System Production	7046 kWh/yr	Normalized prod.	2.86 kWh/kWp/day
Specific prod.	1398 kWh/kWp/yr	Array losses	1.15 kWh/kWp/day
Performance Ratio	0.683	System losses	0.18 kWh/kWp/day

Şekil 5.26 NASA meteorolojik verileri ve a-Si FV Modülleri için Samsun' un Simülasyon Sonuçları

6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1 Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Şebekeden Bağımsız Enerji Depolamalı 3 farklı teknolojiye hazırlanmış FV modüller kullanılarak yapılan 5 kW' lık FV sistemlerin, seçilen 7 il için ürettikleri enerjiler ve iller için Yıllık Ortalama Küresel Işınım Değerleri, Çizelge 6.1'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, seçilen tüm iller için a-Si modüllerin kullanıldığı sistemlerden daha fazla enerji üretilmektedir. En az enerji üretimini gerçekleştiren sistemler ise polikristal Si modül içeren sistemlerdir.

Çizelge 6.1 Seçilen 7 il için FV sistemlerin ürettikleri enerjiler ve iller için Yıllık Ortalama Küresel Işınım Değerleri

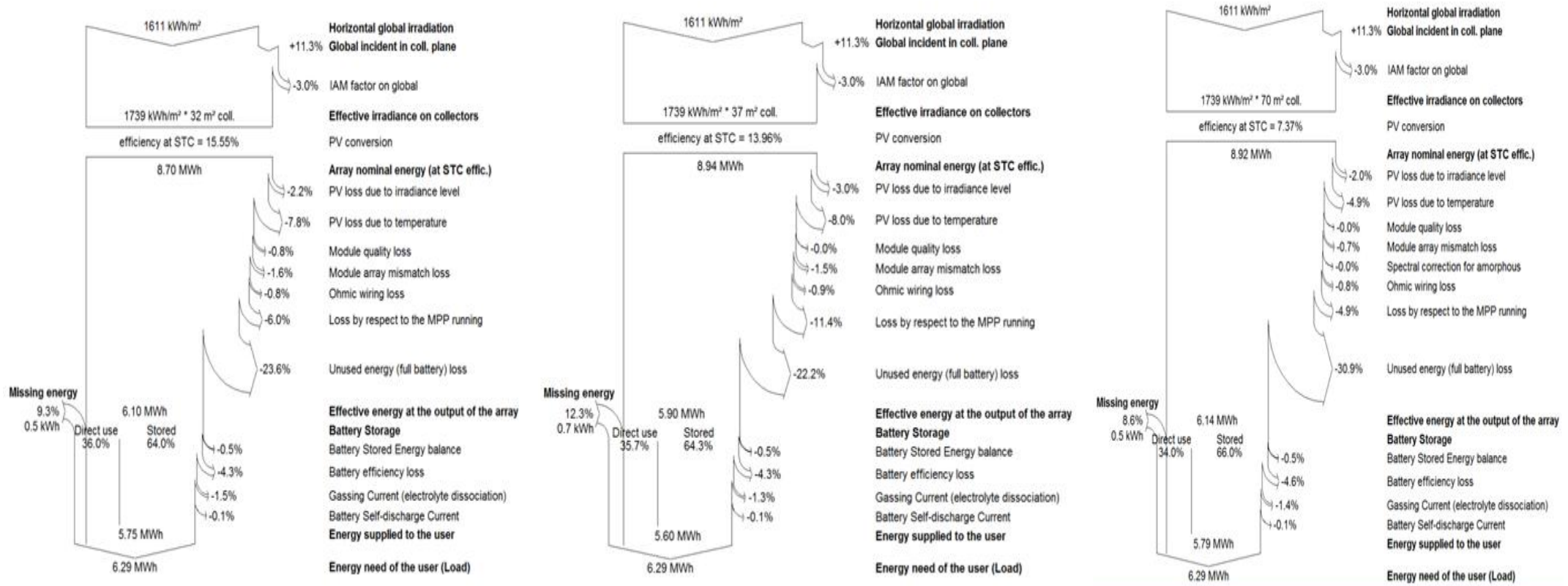
	Sistemin Yıllık Ürettiği Enerji (kWh/yıl) (NASA verileri ile)			Eğim Açısı	Yıllık Ortalama Küresel Işınım Değerleri (kWh/m ² .yıl)
	Tek-Kristal Teknolojisi CS6P-250M	Poli-Kristal Teknolojisi CS-P-270DJ	Amorf –Si Teknolojisi PROTECT ASI-105		
Ankara	7783	7433	8542	32°	1610,6
Antalya	8138	7754	8766	31°	1674,7
İzmir	8233	8005	8852	32°	1712,1
Van	8565	8004	9231	32°	1704
Şanlıurfa	8113	7908	8981	31°	1719,5
Samsun	6325	6117	7046	34°	1392,1
Konya	8371	7876	9116	31°	1697,7

Modelleme sonuçları karşılaştırılırken, sistemlerin yıllık ürettiği enerjileri karşılaştırılmıştır.

Şekil 6.1-Şekil 6.7’de, seçilen 7 il için 3 farklı teknolojideki FV modeller kullanılarak yapılan modelleme sonuçlarından elde edilen, tüm yıl için kayıp diyagramları verilmiştir. Kesim 4’te açıklandığı gibi, PVSYST yazılımında, FV modül kayıpları ısı kayıpları (thermal loss), kablo kayıpları (ohmic loss), modül kalitesi kaybı (modul quality loss), uyumsuzluk kayıpları (mismatch) ve ışımaya kayıpları (IAM losses) olarak gruplandırılmıştır. Diyagramlarda görüldüğü gibi, bu kayıplar içinde en büyük paya sahip olan sıcaklıktan dolayı FV modülde oluşan kayıptır. Bu sonuç, tüm diyagramlarda ortak bir gözlemdir. Sıcaklıktan dolayı FV modülde oluşan kayıplar, FV modül teknolojisine göre karşılaştırıldığında, a-Si modüller içeren sistemlerde bu kayıp oranının daha az olduğu gözlenmiştir. Polisilikon FV modüllerde ise kayıp oranı daha fazladır.

Sistemde kullanılan FV modüllerin verimleri birbirlerinden farklıdır. Tek kristal Si modüller, %15,55 verim değeri ile en yüksek verime sahiptir. Modül verimi sıcaklıkla değişmektedir. Modül veriminin sıcaklıkla değişim katsayısı tek kristal Si ve polikristal Si modüllerde $0,45/^\circ\text{C}$ iken a-Si modüllerde $-0,20/^\circ\text{C}$ dir. Dolayısıyla, tek kristal ve polikristal Si modüllerin verimlerinin sıcaklıkla değişimine duyarlılığı daha fazladır ve bunun sonucu olarak da sıcaklıktan dolayı FV modülde oluşan kayıp, a-Si modüllere oranla daha yüksektir. Ancak sıcaklığa bağlı yüzde olarak verim kaybı $-0,20/^\circ\text{C}$ ile en düşük amorf silikon modüllerdir. Bu da sıcaklığa bağlı kayıpları etkilemektedir. Sıcaklığa bağlı sistemin kaybı %4,9 ile en düşük amorf silikon teknolojili sistem en yüksekde %8 ile poli silikon teknolojili sistemdir. Tek kristal teknolojili sistemde ise %7,8’ dir.

Elde edilen sonuçların daha ayrıntılı yorumlanabilmesi amacıyla, 7 il arasından Ankara ve Antalya seçilmiş, bu illere ait veriler ve modelleme sonuçları ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Çizelge 6.2’ de Ankara, Çizelge 6.3’te Antalya için elde edilen sonuçlar verilmiştir. FV modül seçimi yapılırken modülün verimine, maliyetine ve kayıplarına bakılır. Bu kayıplarda en baskın olan ve modülden modüle farklılığı en fazla olan modülün sıcaklığa bağlı olan kayıplarıdır.

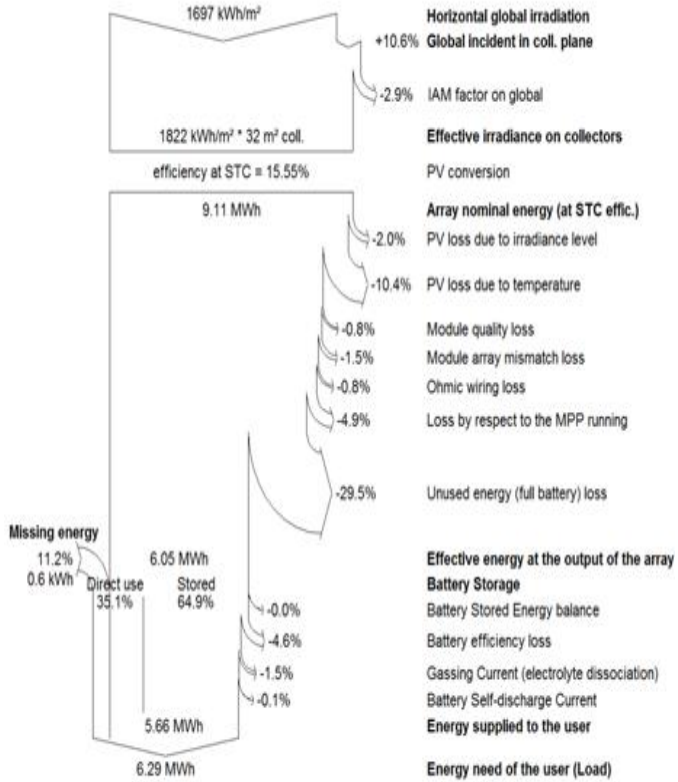


a) Tek Kristal FV Sistem

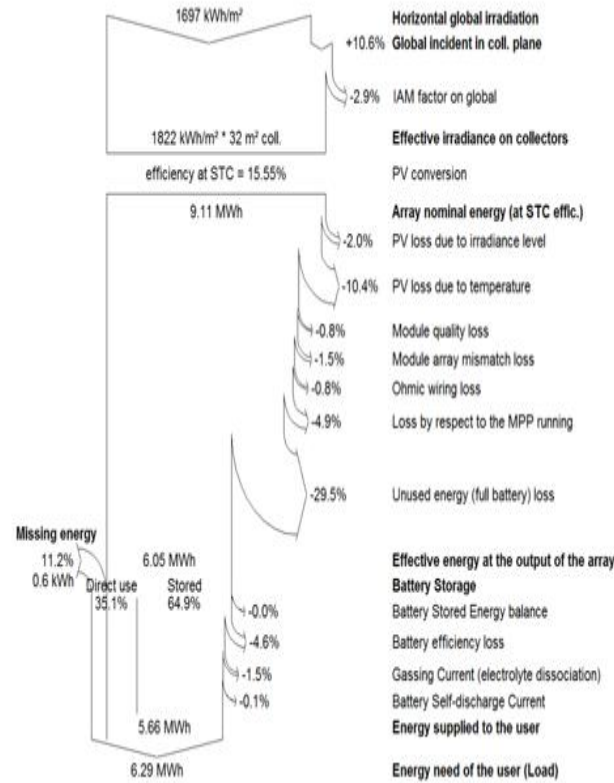
b) Poli Kristal FV Sistem

c) Amorf Silikon FV Sistem

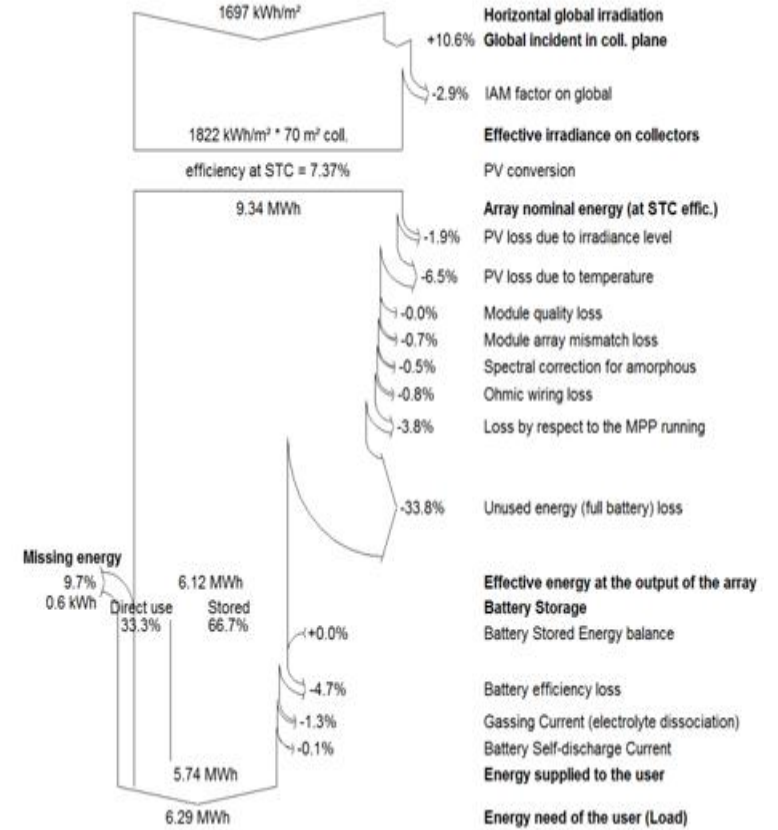
Şekil 6.1 Ankara için Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı



a) Tek Kristal FV Sistem

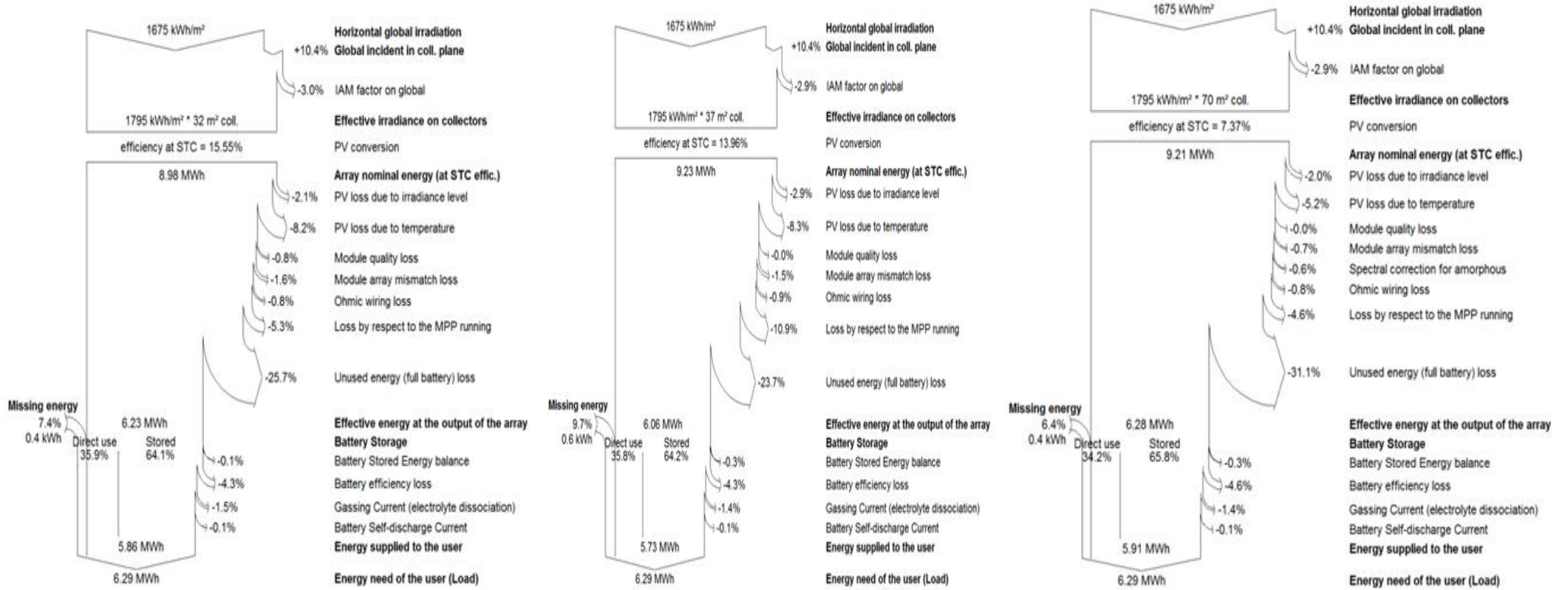


b) Poli Kristal FV Sistem



c) Amorf Silikon FV Sistem

Şekil 6.2 İzmir için Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı

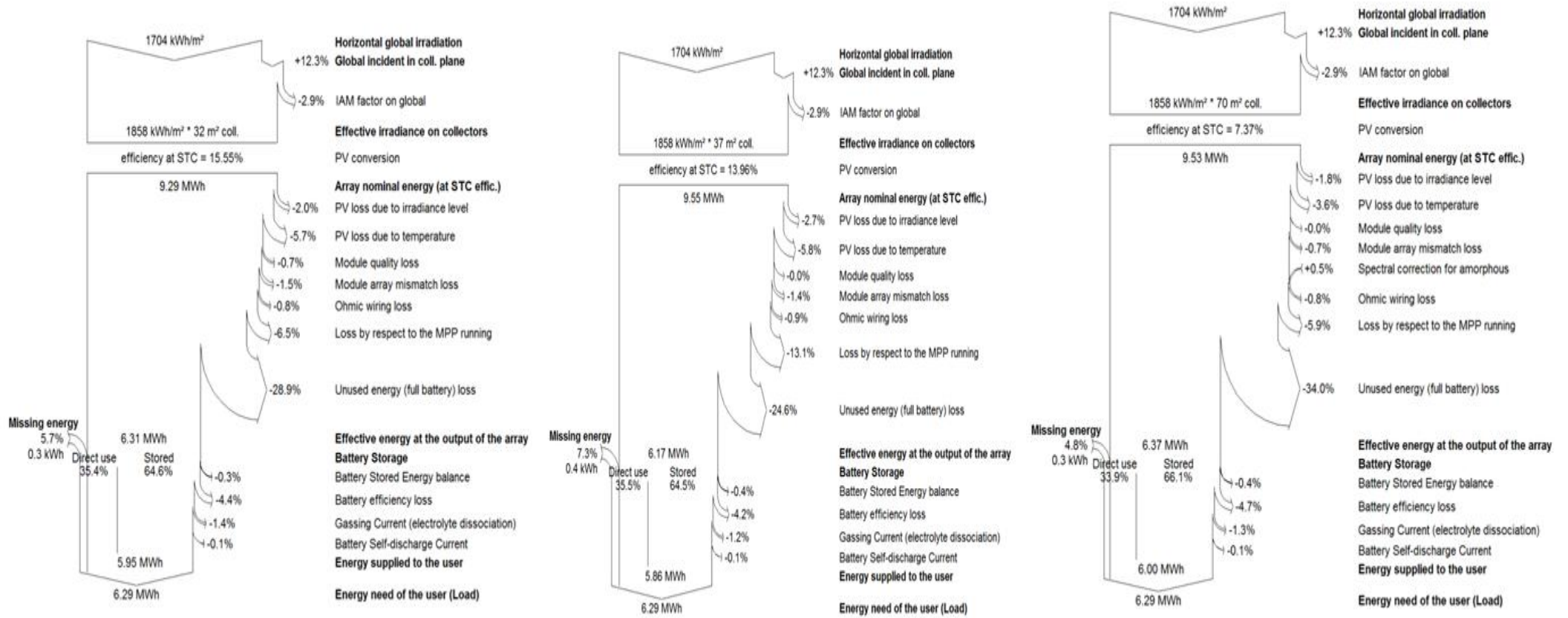


a) Tek Kristal FV Sistem

b) Poli Kristal FV Sistem

c) Amorf Silikon FV Sistem

Şekil 6.3 Antalya için Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı

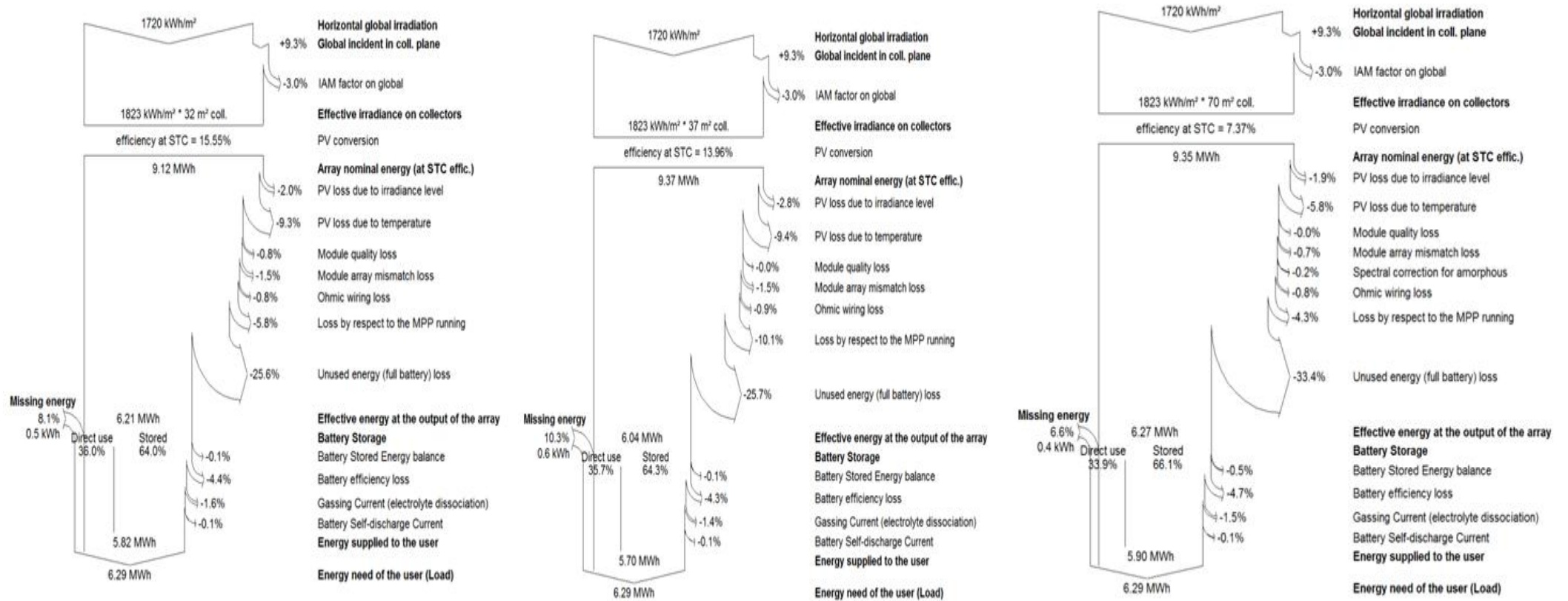


a) Tek Kristal FV Sistem

b) Poli Kristal FV Sistem

c) Amorf Silikon FV Sistem

Şekil 6.4 Van için Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı

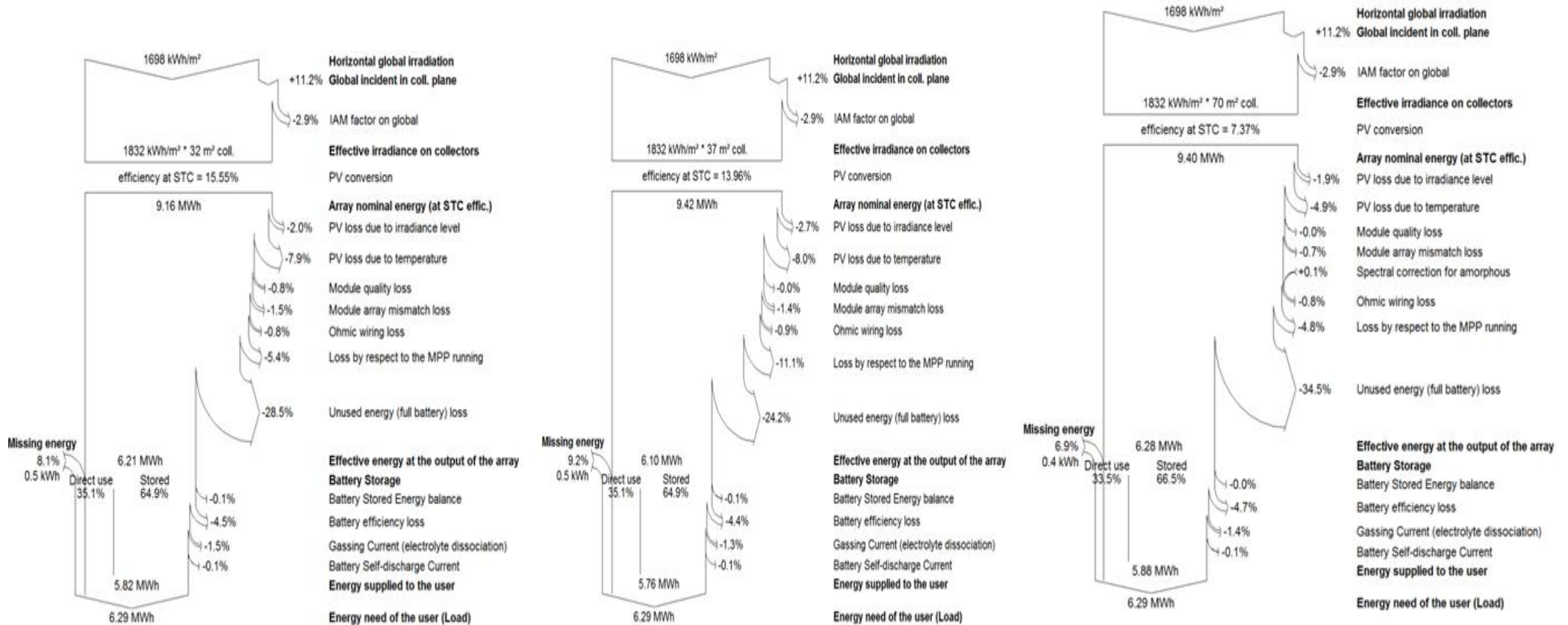


a) Tek Kristal FV Sistem

b) Poli Kristal FV Sistem

c) Amorf Silikon FV Sistem

Şekil 6.5 Şanlıurfa için Modellemesi Yapılan FV SisteminTüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı

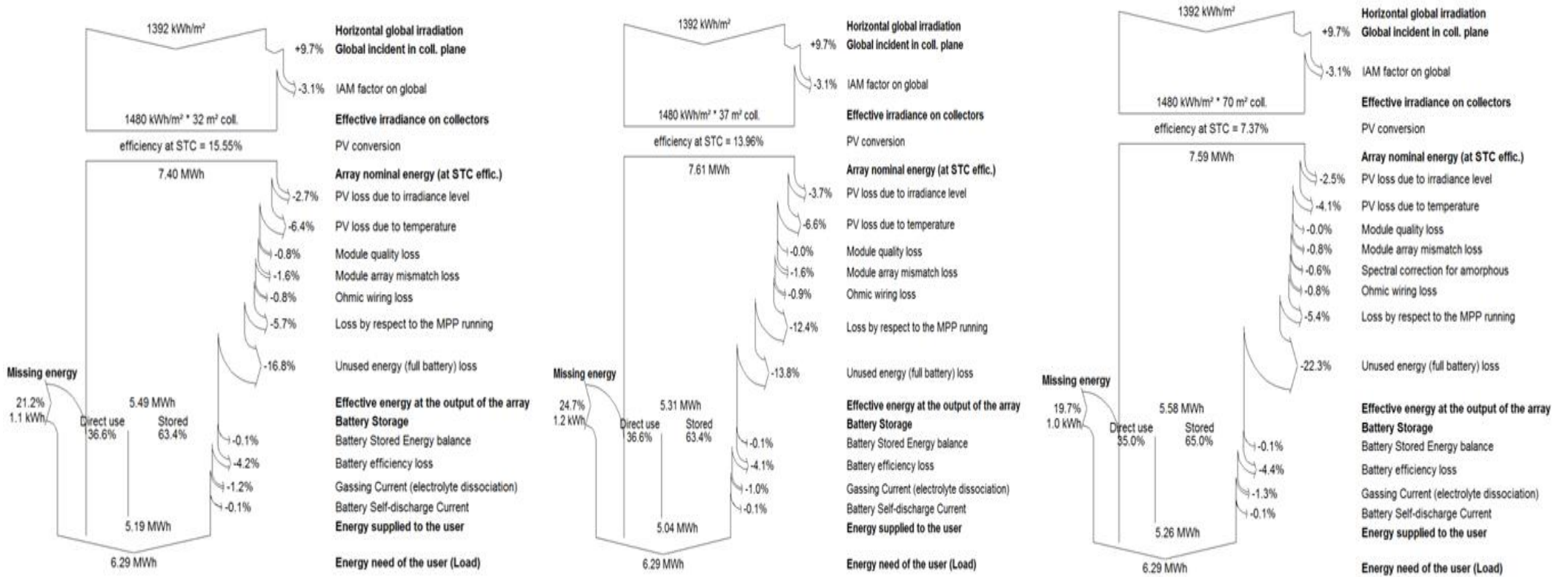


a) Tek Kristal FV Sistem

b) Poli Kristal FV Sistem

c) Amorf Silikon FV Sistem

Şekil 6.6 Konya için Modellemesi Yapılan FV Sistemin Tüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı



a) Tek Kristal FV Sistem

b) Poli Kristal FV Sistem

c) Amorf Silikon FV Sistem

Şekill 6.7 Samsun için Modellemesi Yapılan FV SisteminTüm Yıl İçin Kayıp Diyagramı

Çizelge 6.2 - Ankara için Sistem Değerlendirmesi

	Tek-Kristal Teknolojisi CS6P-250M	Poli-Kristal Teknolojisi CS-P-270DJ	Amorf –Si Teknolojisi PROTECT ASI-105
<i>FV Verim</i>	%15,55	%13,96	%7,37
<i>FV Modül Sıcaklık Güç Katsayısı</i>	-0,45%/°C	-0,45%/°C	-0,20%/°C
<i>Işınım Seviyesinden dolayı FV modüldeki kayıp</i>	%2,2	%3,0	%2,0
<i>Sıcaklık değişiminden dolayı FV modüldeki kayıp</i>	%7,8	%8,0	%4,9
<i>FV modül kalitesinden dolayı kayıp</i>	%0,8	%0,0	%0,0
<i>Modül dizisindeki mismatch kaybı</i>	%1,6	%1,5	%0,7
<i>Kablolardaki omik kayıp</i>	%0,8	%0,9	%0,8
<i>MPP çalışmaya göre olan kayıp</i>	%6,0	%11,4	%4,9
<i>Akülerin dolu olmasından dolayı kullanılan enerji</i>	%23,6	%22,2	%30,9
<i>Modül dizisinin çıkışındaki etkin enerji</i>	6,10 MWh	5,90 MWh	6,14 MWh
<i>Kullanıcıya Sağlanan Enerji</i>	5,75 MWh	5,60 MWh	5,79 MWh
<i>FV Sistem Performans Oranı</i>	%0,642	%0,609	%0,641

Tek kristal Si modül içeren sistemde, %23,6 oranında **akülerin dolu olmasından dolayı kullanılan enerji** mevcuttur. 6.10MWh enerji **modül dizisinin çıkışındaki etkin enerjidir**. Akü depolama sisteminde de %0,5 **akülerde depolanan enerji dengelenmesinden kaynaklanan kayıp**, %4,3 **akü verim kaybı**, %1,5 **akü gazlaşma akımı kaybı** ve %0,1' de **akülerin kendiliğinden boşalmasından kaynaklanan** kayıplar bulunmaktadır.

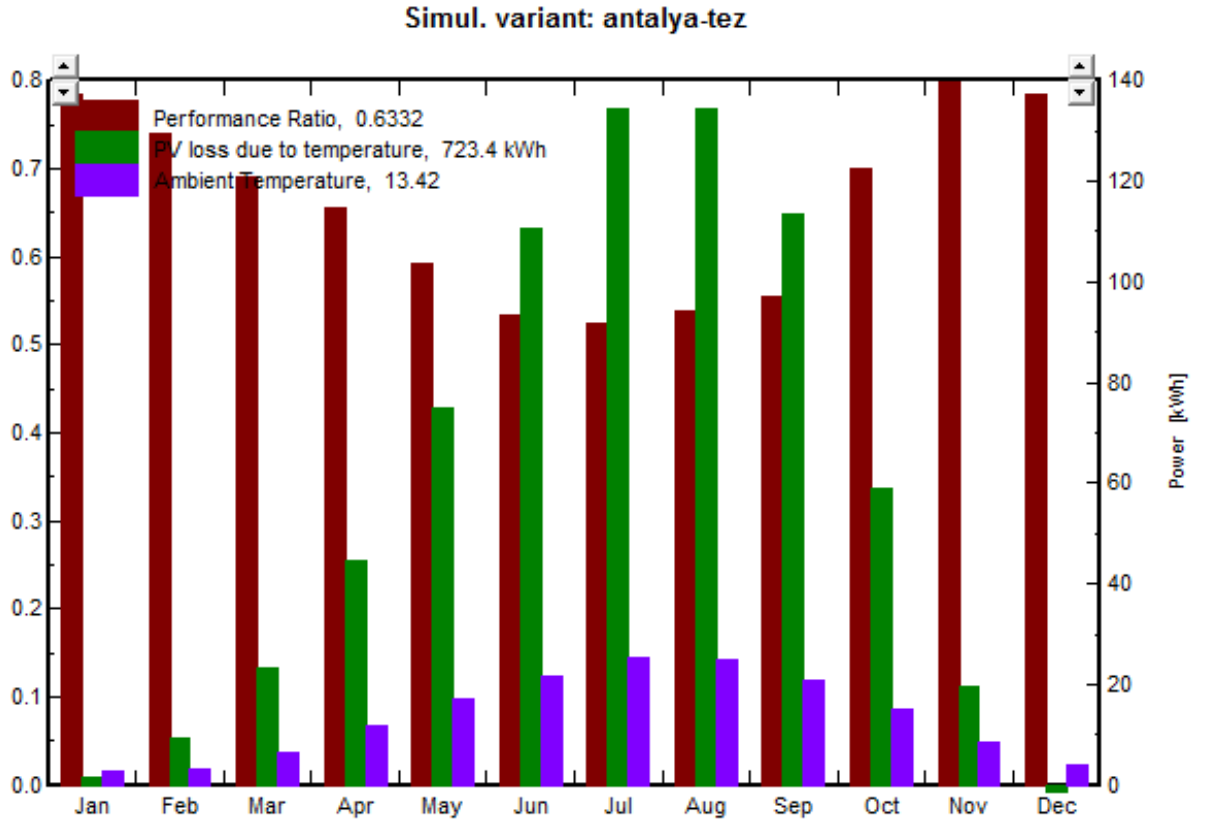
Çizelge 6.3 - Antalya için Sistem Değerlendirmesi

	Tek-Kristal Teknolojisi CS6P-250M	Poli-Kristal Teknolojisi CS-P-270DJ	Amorf –Si Teknolojisi PROTECT ASI-105
<i>FV Verim</i>	%15,55	%13,96	%7,37
<i>FV Modül Sıcaklık Güç Katsayısı</i>	-0,45%/°C	-0,45%/°C	-0,20%/°C
<i>Işınım Seviyesinden dolayı FV modüldeki kayıp</i>	%2,1	%2,9	%2,0
<i>Sıcaklık değişiminden dolayı FV modüldeki kayıp</i>	%8,2	%8,3	%5,2
<i>FV modül kalitesinden dolayı kayıp</i>	%0,8	%0,0	%0,0
<i>Modül dizisindeki mismatch kaybı</i>	%1,6	%1,5	%0,7
<i>Kablolardaki omik kayıp</i>	%0,8	%0,9	%0,8
<i>MPP çalışmaya göre olan kayıp</i>	%5,3	%10,9	%4,6
<i>Akülerin dolu olmasından dolayı kullanılmayan enerji</i>	%25,7	%23,7	%31,1
<i>Modül dizisinin çıkışındaki etkin enerji</i>	6,23MWh	6,06 MWh	6,28 MWh
<i>FV Sistem Performans Oranı</i>	0,633	0,604	0,634

Antalya ilindeki sıcaklıktan dolayı modül kayıpları Ankara' da elde sonuçlara benzer olarak en yüksek kayıp poli kristal silikon modüller için, en düşük kayıp değeri amorf silikon modüller için elde edilmiştir. Fakat Antalya ilinde sıcaklıktan dolayı FV modüllerin verim kaybı Ankara'dan daha yüksektir. Antalya'nın yıllık sıcaklık ortalamaları Ankara' ya göre daha yüksektir.

PVSYST programında özel olarak değişkenlerin seçilerek Antalya ili için hazırlanan Şekil 6.8'deki grafik incelendiğinde de Çizelge 6.3'dekideki sonuçlar görülebilir. Sıcaklık arttıkça verim kaybı artmakta, performans oranı azalmaktadır.

Antalya ilinde tek kristal Si modüller kullanılarak gerçekleştirilen modelleme sonuçlarına göre elde edilen performans oranları, FV modüllerde sıcaklıktan dolayı oluşan kayıp ve aylık sıcaklık değerleri Şekil 6.8’de verilmiştir. Şekilden gözlemlendiği gibi, yaz aylarında, artan sıcaklıkla modüllerde sıcaklıktan dolayı oluşan kayıp artmakta, sistemin performans oranı azalmaktadır.



Şekil 6.8 Antalya ilinde Tek Kristal Si modüller için Performans oranı, FV modüllerde sıcaklıktan dolayı oluşan kayıp ve aylık sıcaklık değerleri

6.2 Maliyet Analizi

Uluslar arası Enerji Ajansının (UEA) Yol Haritasında 2030 yılında tüketilen elektriğin %5'i, 2050'de tüketilen elektriğin de %11'inin FV'den sağlanması öngörülmektedir. Bu hedeflere ulaşmak için en büyük engel FV sistem maliyetleridir. FV sistem maliyetleri şu an için yüksektir. 2008 yılı için ülkeden ülkeye değişmekle birlikte kWh başına maliyet büyük FV santralleri için 4000 dolar civarında iken apartman ya da binalar gibi küçük uygulamalar için 6000 dolar civarlarındaydı [6].

FV pazarı 10 yıldan fazla bir sürede %40 büyüme göstermiş, bu büyüme ile birlikte maliyetlerin azalması da gerçekleşmiştir. UEA gelecekte de bu maliyetlerdeki düşüşün geçmişte tecrübe edilen düşüş şeklinde olacağını varsaymıştır. Bu düşüş konutlarda kullanılan FV sistemler için aşağıdaki çizelgede görüldüğü gibi 2030 yılı için 1800 dolar, 2050 yılı için 1200 dolar olarak tahmin edilmektedir [6].

FV sistemin teknik kriterlerini belirledikten ve tasarımı yaptıktan sonra maliyet analizine geçilir. Maliyet analizi hem sistemin maliyetlerini hem de yararlarını değerlendirmektir. Maliyet analizi yapmanın çeşitli yöntemleri vardır. Ayrıca maliyet analizi yapılırken o ülkedeki düzenlemeleri, teşvikleri, faizleri, elektrik alış satış fiyatlarını, vergileri gibi çok çeşitli unsurları göz önünde bulundurmak gerekir.

Tez kapsamında, 5kW FV sistemin maliyet analizi yapılırken, Türkiye' de perakende satılan elektriğin 2012 yılına ait kWh başına birim fiyatı hesaplamalarda kullanılmıştır. Maliyet analizi bölümünde detaylı bir maliyet analizi yapılmamıştır. Maliyet analizinde kablolama, kurulum masrafları ve vergiler hesaba katılmamıştır.

İnternette satış yapan firmalar şebekeden bağımsız belirli güçteki FV sistemleri paket halinde satışa sunmaktadır. Türkiye' deki bir firma, 5kW' lık bir sistemi 48615 TL 'ye karşılık gelen 21000 Avro ya satmaktadır [45].

Çizelge 6.4 Konut Sektörü İçin UEA' nın FV Sistemlerin Gelecek Projeksiyonu

		2008	2020	2030	2050
Tipik Sistem Maliyeti (2008 Dolar/kW)		6000	2700	1800	1200
Elektrik Üretim Maliyetleri (2008 Dolar/MWh)*	2000 kWh/kW	360	160	100	65
	1500 kWh/kW	480	210	135	90
	1000 kWh/kW	720	315	205	135

*Kabuller: Faiz oranı%1, Teknik ömür 25 yıl(2008), 30 yıl(2020) ve 40 yıl(2050), işletme maliyeti %1

1DOLAR=1,798 TL ve 1 AVRO =2.315 TL

Çizelge 6.5 Üç Farklı Modül Teknolojisi için Maliyet Tablosu

FV SİSTEM BİLEŞENLERİ	ADET FİYATI	SİSTEMDEKİ ADEDİ	TOPLAM MALİYET	FİYAT KAYNAKLARI
FV PANELLER CS6P-250M	297 DOLAR	20	10 680 TL	www.civicsolar.com
AKÜ	569 DOLAR	24	24 553 TL	www.ecodirect.com
İNVERTER	2525 TL	1	2 525 TL	www.gunespazari.com
ŞARJ REGÜLATÖRÜ	838 DOLAR	1	1506 TL	www.tanfen.en.made-in.china.com
			39 264 TL	
FV PANELLER CS-P-270DJ	399 DOLAR	19	13 630 TL	www.homedepot.com
AKÜ	569 DOLAR	24	24 553 TL	www.ecodirect.com
İNVERTER	2525 TL	1	2 525 TL	www.gunespazari.com
ŞARJ REGÜLATÖRÜ	838 DOLAR	1	1506 TL	www.tanfen.en.made-in.china.com
			42 214 TL	
FV PANELLER	150 AVRO	48	16 668 TL	www.gbc-montaze.cz
AKÜ	569 DOLAR	24	24 553 TL	www.ecodirect.com
İNVERTER	2525 TL	1	2 525 TL	www.gunespazari.com
ŞARJ REGÜLATÖRÜ	838 DOLAR	1	1506 TL	www.tanfen.en.made-in.china.com
			45 202 TL	

Elektriğin vergiler hariç Ağustos 2012, 1 kWh'in birim fiyatı 0,2085TL'dir. Ağustos 2012'de örnek alınan eve ait elektrik faturasında birim maliyet üzerinden vergiler ve diğer bedellerle birlikte %65' lik bir oranda fazla da fatura bedeli ortaya çıkmaktadır.

FV sistemin kullanıcıya sağladığı elektrik enerjisi miktarı, kWh birim miktarı ve yaklaşık yıllık kazancı çizelge 6.5' de verilmiştir.

Çizelge 6.6 FV Sistemin Kullanıcıya Sağladığı Enerji

	Sistemin Kullanıcıya Sağladığı Enerji			Eğim Açısı
	MWh/year (NASA verileri ile)			
	Tek-Kristal Teknolojisi CS6P-250M	Poli-Kristal Teknolojisi CS-P-270DJ	Amorf –Si Teknolojisi PROTECT ASI-105	
Ankara	5,75	5,60	5,79	32°
Antalya	5,86	5,73	5,91	31°
İzmir	5,66	5,66	5,74	32°
Van	5,95	5,86	6,00	32°
Şanlıurfa	5,82	5,70	5,90	31°
Samsun	5,19	5,04	5,26	34°
Konya	5,82	5,76	5,88	31°

Çizelge 6.6'da Van ili için Amorf silikonla yapılan sistemde yıllık kazanç yaklaşık 2064 TL olacaktır. Bu da yaklaşık 21 yılda tüketilen elektriğin fiyatıdır.

Van ili için tek kristal teknoloji ile yapılan sistemde yıllık kazanç yaklaşık 2047 TL olacaktır. Bu da yaklaşık 19 yılda tüketilen elektriğin fiyatıdır.

Samsun ili için poli silikon teknoloji ile yapılan hesaplamada yıllık kazanç yaklaşık 1734 TL olacaktır. Bu da yaklaşık 24 yılda tüketilen elektriğin fiyatıdır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında 5kW'lık şebekeden bağımsız FV sistem Türkiye' nin farklı bölgelerinde bulunan 7 il için PVSYST 5.0 paket programı ile modellemeleri gerçekleştirilmiştir. 5kW'lık bir FV sistemin ne kadarlık bir yükü besleyeceği belirlenmiş ve bu yükün hesaplamalarla ortalama 3 evin tüketimine karşılık geldiği bulunmuştur ve tasarım buna göre yapılmıştır.

Tez çalışmasında Güneş ışınımı, FV Güç Sistem Bileşenleri, FV Sistem Tasarımı ve FV sistem tasarımında kullanılan programlar incelenmiştir. Daha sonra PVSYST programı tanıtılmış ve 7 il için modellemeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar neticesinde şu sonuçlara varılmıştır.

- FV sistem tasarımı gerçekleştirirken sistemin tipi, meteorolojik veriler, albedo değeri, coğrafi koordinatlar, yükseklik bilgisi, FV panellerin yönelim şekilleri, eğim açısı, yakın ve uzak gölgeleme tanımlaması, sistem bileşenlerin doğru seçimi, sistem kayıplarının göz önünde bulundurulması gibi çok fazla giriş parametresi bulunmaktadır. Bu sistemin gerçekleştirilmesinde doğru değerlendirmenin yapılması ve doğru sonuçların alınması için uzman kişiler tarafından yapılması gerekmektedir.
- FV sistem tasarımında modellemelere yardımcı olacak bir program kullanılması hem yapılan işi kolaylaştıracaktır hem de doğru sonuçların alınmasında yardımcı olacaktır.
- Dünyada FV sistem tasarımında kullanılan çok çeşitli programlar bulunmaktadır. Bu programlar genellikle hükümetlerin ve üniversitelerin öncülüğünde yapılmaktadır. Böyle bir programın ülkemizde yazılması yenilenebilir enerjilerin yaygınlaştırılması ve doğru kullanımının artırılması açısından faydalı olacaktır.
- Modellemede kullanılan PVSYST programının sistem modellemesinde, sistemin giriş ve çıkış parametrelerini değerlendirmede çok fazla çizelge ve grafik sunması, kullanıcıya değerlendirme yaparken fayda sağlamaktadır.

- FV sistem tasarımı yaparken ilk önce meteorolojik verilerin elde edilmesi gerekir. Bu meteorolojik verileri değerlendirirken dünyadaki ülkeler ile kıyaslamak doğru bir yöntem olarak düşünülmektedir. 2008 yılında UEA' nın raporuna göre dünyada FV sistemlerde ilk iki sırayı paylaşan ülkelere FV kurulu gücünün %36' sı Almanya'ya %23'de İspanya' ya aittir [6]. Bu iki ülkeden İspanyanın güneş enerji potansiyeli ve coğrafi konumu Türkiye ile büyük benzerlik göstermektedir. Türkiye 36°-41° Kuzey enleminde iken, İspanya 36°-43° Kuzey, Almanya 47°-54° Kuzey enlemleri arasındadır. Almanya' nın ise güneş enerji potansiyeli Çizelge 7.1' de de görüldüğü gibi çok düşüktür.

Çizelge 7.1 Modellemede Seçilen 7 ilin ve Almanya ve İspanya' da Seçilen İllerin Yıllık Ortalama Küresel Işınım Değerleri

	Yıllık Ortalama Küresel Işınım Değerleri (W/m²)	Yıllık Ortalama Küresel Işınım Değerleri (kWh/m²)
ANKARA	183,4	1610,6
İZMİR	195,4	1712,1
ANTALYA	191,2	1674,7
VAN	194,5	1704,0
KONYA	193,8	1697,7
ŞANLIURFA	196,3	1719,5
SAMSUN	158,9	1392,1
BERLİN (ALMANYA)	114,6	1004,0
MÜNİH (ALMANYA)	130,7	1145,0
SEVİLLA (İSPANYA)	200,6	1757,0
SANTANDER (İSPANYA)	144,5	1266,0

- Bu veriler ışığında ülkemiz FV sistem tasarımına Almanya'dan daha uygun iklime ve coğrafi konuma sahiptir ve İspanya ile de benzer özellikler göstermektedir.
- Yedi il için gerçekleştirilen modellemelerin sonuçları incelendiğinde, üretim sonuçlarına enlemin etkisi açık bir şekilde görülmektedir. Daha güneyde olan illerin üretim değerleri daha yüksektir. Fakat daha güneyde olmasına karşın Antalya ilinin üretim değerleri Van ilinden daha düşüktür. Bu gözlemlerde o bölgedeki iklim özellikleri, bulutluluk miktarının etkili olduğu söylenebilir.
- FV sistemde kullanılan modüller incelendiğinde en yüksek verime tek kristal teknoloji modül, ardından poli kristalli modül ve sonuncu olarak Amorf silikon teknoloji modül sahiptir. FV sistem modellemelerin sonuçları karşılaştırıldığında ise en yüksek üretim değeri Amorf Silikon teknoloji FV sistemden çıkmıştır. Daha sonra, tek kristal ve poli kristal teknoloji sistemler olmuştur. Bunun sebebi olarak modellemelerin sistem kayıplarına bakıldığında bunun modüllerin sıcaklıktan kaynaklanan kayıptan olduğu görülmektedir.
- FV sistemde kullanılacak modüllerin seçimi yapılırken ilin yıl içindeki sıcaklık farkları ve modüllerin sıcaklıktan kaynaklanan verimlerdeki düşmelerin göz önünde bulundurulması gerektiği ortaya çıkmaktadır.
- Maliyet analizi yapıldığında sistem kurulum maliyeti en fazla olan Amorf-Silikon modüllerle tasarlanan sistemdir. Ardından sırasıyla tek kristal ve poli kristal teknolojileri ile tasarlanan sistemler gelmektedir.
- Her üç teknoloji ile yapılan FV sistemin maliyeti, sistemin kullanıcıya sağladığı enerjinin 19 ile 24 yıl arasındaki elektrik toplam maliyetine denk gelmektedir.
- Amorf silikonla gerçekleştirilen sistem tek kristale göre 2 yıl daha uzun süredeki sistemin kullanıcıya sağladığı enerji maliyetine denk gelmektedir.
- FV modüllerin ömürleri düşünüldüğünde bu süre çevre açısından da sağladığı katkılardan dolayı göze alınabilir bir süredir.

KAYNAKLAR

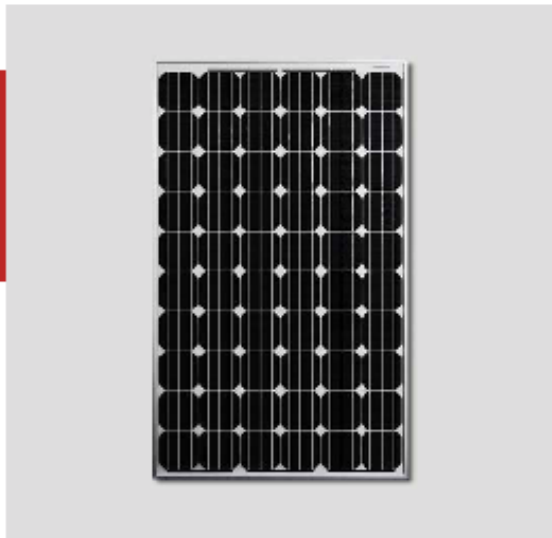
- 1 A Fay J. A., Golomb D. S., 2002, **Energy And The Environment**, Oxford University Pres, New York Oxford, A.B.D.
- 2 B. Sorenson, 2010, **Renewable Energy**, Elsevier Academic Press,
- 3 A. Kalogirou Soteris, 2009, **Solar Energy Engineering**, Elsevier Academic Press
- 4 PVCDROM, <http://www.pveducation.org/pvcdrom>, Erişim tarihi: 01.07.2012
- 5 **Planning&Installing Photovoltaic Systems**, 2008, German Energy Society
- 6 Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy, 2010, International Energy Agency
- 7 4628 numaralı Elektrik Piyasası Kanunu, 2001
- 8 Ulusal Fotovoltaik Teknoloji Platformu, <http://www.uftp.org.tr>, Erişim tarihi:15.08.2012
- 9 K Peippo, PD Lund, Optimal sizing of grid-connected PV-systems for different climates and array orientations: a simulation study, **Solar energy materials and solar cells**, 1994, vol. 35, 446-461.
- 10 A Fragaki, T Markvart , Stand-alone PV system design: results using a new sizing approach, **Renewable energy**, Vol. 33, 162-167. 2008
- 11 T. Khatib, A review of designing, installing and evaluating standalone photovoltaic power systems, **Journal of Applied Science**, vol. 10, 1212-1228, 2010,
- 12 G. Notton, V. Lazarov, L. Stoyanov, Optimal sizing of a grid-connected PV system for various PV module technologies and inclinations, inverter efficiency characteristics and locations, **Renewable Energy**, Vol. 35, 541–554, 2010.
- 13 A, Phowan, P. Sripadungtham, A. Limmanee, E. Hattha, Performance analysis of polycrystalline silicon and thin film amorphous silicon solar cells installed in Thailand by using simulation software, **8th International Conference, ECTI-CON**, 625-628, 2011
- 14 R. Posadillo, R. Lopez A. Luque Sizing method for stand-alone PV installations with variable demand, **Renewable Energy**, Vol. 33, 1049, 2008

- 15 Michael Bragard, Nils Soltau, Rik W. De Doncker ,Armin Schmiegel, Design and Implementation of a 5 kW Photovoltaic System with Li-Ion Battery and Additional DC-DC Converter, **IEEE**, 2944-2949, 2010
- 16 T. Köroğlu, A. Teke, K. Çağatay Bayındır, M. Tümay, Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı, Elektrik mühendisliği, 439. temmuz 2010
- 17 Solar House, A Guide For The Solar Designer,Terry Galloway, Elsevier, 2004,
- 18 C.P. Cameron, W. E. Boyson, D. M. Riley , Comparison Of Pv System Performance-Model Predictions With Measured Pv System Performance, Sandia National Laboratories, 2008
- 19 R. Battisti, A. Corrado, Evaluation of technical improvements of photovoltaic systems through life cycle assessment methodology, 2003
- 20 A. Balouktsis,T. D. Karapantsios,A. Antoniadis,D. Paschaloudis,A. Bezergiannidou,and N. Bilalis, ,Sizing Stand-Alone Photovoltaic Systems, 2005
- 21 Messenger, Roger A.; Ventre, Jerry, ,**Photovoltaic Systems Engineering** 2Nd Ed., CRC Press
- 22 Mahendra Lalwani, D.P. Kothari, Mool Singh, Investigation of Solar Photovoltaic Simulation Softwares **International Journal Of Applied Engineering Research**, Volume 1, No 3, 2010
- 23 Mary Mwogeza-Feasibility, Study for School Renewable Energy Supply, REPORT, 2009,
- 24 André Mermoud, Technico-economical Optimization of Photovoltaic Pumping Systems November 2006
- 25 T.M. Iftakhar Uddin, Md. Abrar Saad, Husnain-Al-Bustam, Md. Zakaria Mahbub,, Computational Modeling of a GRID Connected System Using PVSYST Software, Islamic University of Technology, May-2012
- 26 Stephen Rose Performance Evaluation, Simulation and Design Assessment of the 56 kWp Murdoch University Library Photovoltaic System, School of Engineering and Energy,2011
- 27 Ga Rick Lee, Lyndon Frearson, and Paul Rodden , An Assessment Of Photovoltaic Modelling Software Using Real World Performance Data,
- 28 Geoffrey T. Klise and Joshua S. Stein, Models Used to Assess the Performance of Photovoltaic Systems, 2009
- 29 A. Benatiallah, R. Mostefaoui, M. Boubekri, N. Boubekri, **A Simulation Model For Sizing PV Installation** ,2007,

- 30 Shady Attia, Andre De Herde, 2010, Sizing PV Systems During Early Design: A Decision Tool For Architects
- 31 Louy Qoaidier Dieter Steinbrecht, 2010, PV Systems:A Cost Competitive Option To Supply Energy to OFF-Grid Agricultural Communities In Arid Regions
- 32 Tse Clc/Ts 61836 Haziran 2010 Fotovoltaik Güneş Elektriği Enerji Sistemleri -Terimler, Tarifler Ve Semboller
- 33 David Del Vecchio , Optimizing a PV Array with Orientation & Tilt , **Home power**, 53-56, 2009.
- 34 _Free Sun Power [2012,http://www.freesunpower.com/designtools.php](http://www.freesunpower.com/designtools.php)
Erişim tarihi: 03.06.2012
- 35 PVSYST <http://www.pvsyst.com> Erişim tarihi: 17.05.2012
- 36 Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü <http://www.yegm.gov.tr> Erişim tarihi: 17.07.2012
- 37 Solargis <http://solargis.info/imaps/> Erişim tarihi: 02.02.2012
- 38 _Coğrafya Dünyası <http://www.cografya.gen.tr/tr/ankara/iklim.html> Erişim tarihi: 04.07.2012
- 39 _Coğrafya Dünyası <http://www.cografya.gen.tr/tr/izmir/iklim.html> Erişim tarihi: 28.04.2012
- 40 Antalya Büyükşehir Belediyesi
<http://www.antalya.bel.tr/content.asp?MAINMENUID=38&MENUID=97>
Erişim tarihi: 12.07.2012
- 41 Van Valiliği http://www.van.gov.tr/default_B0.aspx?content=1012 Erişim tarihi: 16.07.2012
- 42 Şanlıurfa Belediyesi <http://www.sanlıurfa.bel.tr/> Erişim tarihi: 16.07.2012
- 43 Coğrafya Dünyası <http://www.cografya.gen.tr/tr/konya/iklim.html> Erişim tarihi: 16.07.2012
- 44 Samsun Mimarlar Odası
www.samsunmimar.org/dosyalar/130313654815579.doc Erişim tarihi: 28.06.2012
- 45 Akademi Mühendislik <http://www.akademimuhendislik.net/sebeke-bagimsiz-solar-sistemler/5-kw-otonom/item/5-kw-pv-sistem-otonom.html> Erişim tarihi: 05.06.2012
- 46 Solar Atlas <http://www.solaratlas.com> Erişim tarihi: 17.06.2012

EKLER

EK 1. Modellemede Kullanılan Tek Kristal Modüllerin Özellikleri



CS6P

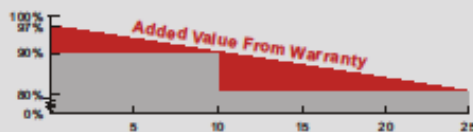
235/240/245/250/255M

CS6P is a robust solar module with 60 solar cells. These modules can be used for on-grid solar applications. Our meticulous design and production techniques ensure a high-yield, long-term performance for every module produced. Our rigorous quality control and in-house testing facilities guarantee Canadian Solar's modules meet the highest quality standards possible.

Key Features

- High module efficiency up to 15.85%
- Positive power tolerance: 0 ~ +5W
- Robust frame to up to 5400 Pa load
- Anti-reflective with self-cleaning surface
- Outstanding performance at low irradiance
- High energy yield at Low NOCT

• Backed By Our New 10/25 Linear Power Warranty Plus our added 25 year insurance coverage



- 10 year product warranty on materials and workmanship
- 25 year linear power output warranty

Best Quality

- 235 quality control points in module production
- EL screening to eliminate product defects
- Current binning to improve system performance
- Accredited Salt mist/Ammonia resistant

Best Warranty Insurance

- 25 years worldwide coverage
- 100% warranty term coverage
- Providing third party bankruptcy rights
- Non-cancellable
- Immediate coverage
- Insured by 3 world top insurance companies

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701 ED2, UL 1703, KEMCO, CEC Listed, CE, JET and MCS
- ISO 9001:2008: Quality Management System
- ISO/TS 16949:2009: The automotive quality management system
- ISO 14001:2004: Standards for Environmental management system
- QC080000 HSPM: The Certification for Hazardous Substances Regulations
- OHSAS 18001:2007 International standards for occupational health and safety
- Reach Compliance



www.canadiansolar.com

CS6P-235/240/245/250/255M

Electrical Data

STC	CS6P-235M	CS6P-240M	CS6P-245M	CS6P-250M	CS6P-255M
Nominal Maximum Power (Pmax)	235W	240W	245W	250W	255W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.1V	30.2V	30.3V	30.4V	30.5V
Optimum Operating Current (Imp)	7.82A	7.95A	8.09A	8.22A	8.35A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V	37.7V
Short Circuit Current (Isc)	8.34A	8.46A	8.61A	8.74A	8.74A
Module Efficiency	14.61%	14.92%	15.23%	15.54%	15.85%
Operating Temperature	-40°C~+85°C				
Maximum System Voltage	1000V (IEC) /600V (UL)				
Maximum Series Fuse Rating	15A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ +5W				

Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C:

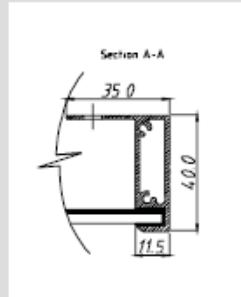
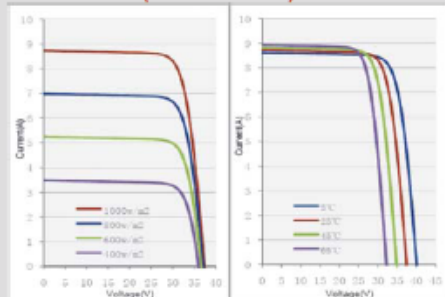
NOCT	CS6P-235M	CS6P-240M	CS6P-245M	CS6P-250M	CS6P-255M
Nominal Maximum Power (Pmax)	170W	173W	177W	180W	184W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	27.5V	27.5V	27.6V	27.7V	27.8V
Optimum Operating Current (Imp)	6.18A	6.29A	6.40A	6.51A	6.62A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.1V	34.2V	34.3V	34.4V	34.6V
Short Circuit Current (Isc)	6.75A	6.85A	6.97A	7.08A	7.18A

Under Normal Operating Cell Temperature, irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s

Mechanical Data

Cell Type	Mono-crystalline 156 x 156mm, 2 or 3 Busbars
Cell Arrangement	60 (6 x 10)
Dimensions	1638 x 982 x 40 mm (64.5 x 38.7 x 1.57in)
Weight	19kg (41.9 lbs)
Front Cover	3.2mm Tempered glass
Frame Material	Anodized aluminum alloy
J-BOX	IP65, 3 diodes
Cable	4mm ² (IEC)/12AWG(UL), 1000mm
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging (Modules per Pallet)	24pcs
Module Pieces per container (40 ft. Container)	672pcs (40'HQ)

I-V Curves (CS6P-250M)



*Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice.

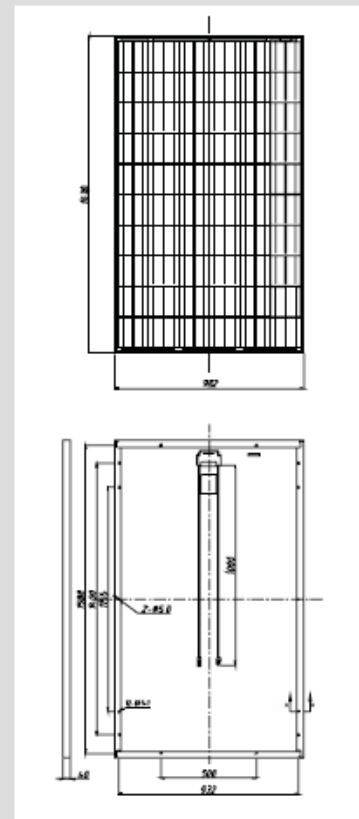
Temperature Characteristics

Temperature Coefficient	Pmax	-0.45%/°C
	Voc	-0.35%/°C
	Isc	0.060%/°C
Normal Operating Cell Temperature		45±2°C

Performance at Low Irradiance

Industry leading performance at low irradiation environment, +95.5% module efficiency from an irradiance of 1000w/m² to 200w/m² (AM 1.5, 25°C)

Engineering Drawings



About Canadian Solar

Canadian Solar Inc. is one of the world's largest solar companies. As a leading vertically-integrated manufacturer of ingots, wafers, cells, solar modules and solar systems, Canadian Solar delivers solar power products of uncompromising quality to worldwide customers. Canadian Solar's world class team of professionals works closely with our customers to provide them with solutions for all their solar needs.

Canadian Solar was founded in Canada in 2001 and was successfully listed on NASDAQ Exchange (symbol: CSIQ) in November 2006. Canadian Solar has module manufacturing capacity of 2.05GW and cell manufacturing capacity of 1.3GW.

Headquarters | 545 Speedvale Avenue West
Guelph | Ontario N1K 1E6 | Canada
Tel: +1 519 837 1881
Fax: +1 519 837 2550
inquire.ca@canadiansolar.com
www.canadiansolar.com

EN-Rev 3.00 Copyright © 2012 Canadian Solar Inc.

EK 2. Modellemede Kullanılan Poli Kristal Modüllerin Özellikleri

MODEL: CS-P-270-D

High Efficiency Poly-crystalline
Photovoltaic Mod



Overview

- High efficiency solar cells (approx. 17%) with quality silicon material for high module conversion efficiency and long term output stability and reliability.
- Positive power output tolerance from 0% to +3%.
- Rigorous quality control to meet the highest international standards.
- High transmittance, low iron tempered glass with enhanced stiffness and impact resistance.
- Unique frame design with strong mechanical strength for greater than 30 lbs/ft² wind load and snow load withstanding and easy installation.
- Advanced encapsulation material with multilayer sheet lamination to provide long-life and enhanced cell performance.
- Outstanding electrical performance under high temperature and weak light environments.

Applications

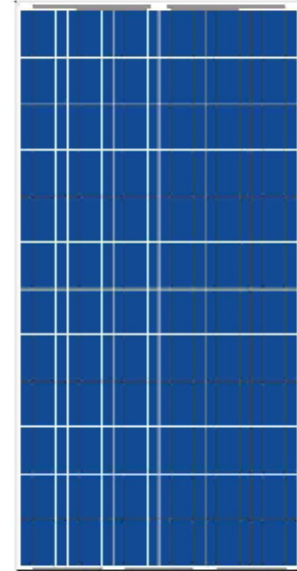
- Any large or small on-grid /off-grid solar power stations.
- Commercial/industrial building roof-top and ground systems.
- Residential roof-top and ground systems.

Warranty

- 10 year limited product warranty on materials and workmanship.
- 25 year warranty on >80% power output and 10 year warranty on >90% power output.
- Refer to warranty document for detailed warranty information.

Certifications

- UL-1703 ISO 9000:2000
- CE TUV IEC61215 IEC61730



Mechanical Specifications

Characteristic	Details
Cell Size	156mm x 156mm (6.14" x 6.14")
Module Dimension (L x W x T)	1957mm x 990mm x 50mm (77.0" x 38.9" x 2.0")
No. of Cells	6 x 12 = 72
Weight	25.0 kg (55.6 lbs)
Cable Length	1100mm (43.3") for positive (+) and negative (-)
Type of Connector	MC-IV
Junction Box	IP65 Rated
No. of Holes in Frame	4 draining holes, 8 installation holes, 2 grounding holes, 16 air outlet holes.

Rev.08- 0911

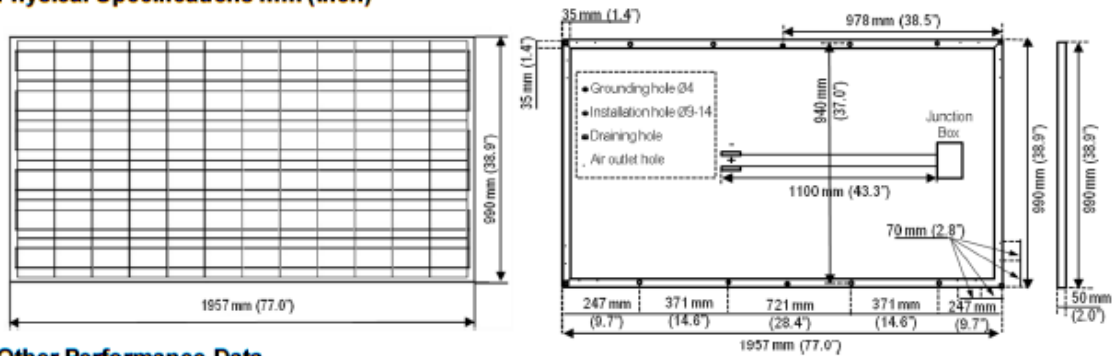
Electrical Specifications

(STC* = 25 °C, 1000W/m² Irradiance and AM=1.5)

Model	CS-P-270-DJ	
Max System Voltage (IEC/UL)	1000V / 600V	
Maximum Power P _{max}	270 W (0%, +3%)	
CEC Listed PTC Power	238.9 W	
Voltage at Maximum Power Point V _{mpp}	35.2 V	
Current at Maximum Power Point I _{mpp}	7.67 A	
Open Circuit Voltage V _{oc}	43.65 V	
Short Circuit Current I _{sc}	8.59 A	
Module Efficiency (%)	13.9%	
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.153 V/°C	(-0.35% /°C)
Temperature Coefficient of I _{sc}	4.45x10 ⁻³ A/°C	(0.05% /°C)
Temperature Coefficient of P _{max}	-1.21 W/°C	(-0.45% /°C)

*Standard Test Conditions

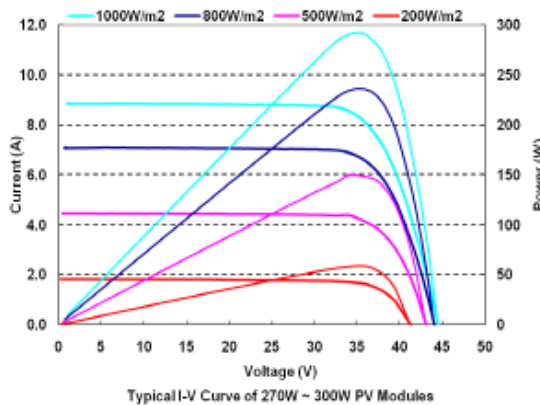
Physical Specifications mm (inch)



Other Performance Data

Power Tolerance	Operating Temperature	Max Series Fuse Rating	NOCT*
0%, +3%	-40 °C to +85 °C	15 A	48 °C ± 2 °C

*Normal Operating Cell Temperature



1305 South Bertelsen Road
Eugene, Oregon 97402, USA
Tel: 541.349.9000; Fax: 541.343.9000



Grape Solar reserves the rights to modify these specifications without notice.

Rev.08-0911

EK 3. Modellemede Kullanılan a-Si Modüllerin Özellikleri

Double glazed module with a-Si cells



SCHOTT ASI® 100/103/105/107

SCHOTT ASI®
100/103/105/107

At a glance

- Long life through double glazing
- High energy output
- Double of the required standard
- High performance output
- Long-term reliability
"Made In Germany"
- Long-term stability of encapsulation

The long-established German company SCHOTT Solar operates worldwide and started with the development and manufacturing of components for the solar industry in 1958.

The ASI® thin film technology is the result of extensive experience and the most modern production standards. Thin film solar modules with ASI® cell technology guarantee long-lasting high performance and an above-average energy output year after year.

Long life through double glazing: The exceptionally long life is ensured by the use of double glazing.

High energy output: SCHOTT ASI® modules are characterised by their ability to produce a high energy output in a range of climatic conditions. Performance remains high, whether in diffused light conditions, in high temperatures, with poor module ventilation, or even with non-ideal module orientation.

Double of the required standard: SCHOTT Solar tests its modules for twice as long as is required by the IEC.

High performance output: All SCHOTT Solar modules hold a positive tolerance of their nominal power rating. This ensures a stable high-energy output and a quick return on investment.

Long-term reliability "Made In Germany": SCHOTT Solar offers a power output guarantee of 30 years and a product warranty of five years.

Long-term stability of encapsulation: SCHOTT ASI® modules with the proven ASI® encapsulation have exceptionally high resistance to UV radiation, as well as to extremes of temperature and weather.

SCHOTT
solar

Technical Data

Data at standard test conditions (STC)*

Module type	SCHOTT ASI [®] 100		SCHOTT ASI [®] 103		SCHOTT ASI [®] 105		SCHOTT ASI [®] 107		
	stated value	initial value	stated value	initial value	stated value	initial value	stated value	initial value	
Nominal power [Wp]	P_{MPP}	> 100	122.0	> 103	125.6	> 105	128.0	> 107	130.5
Voltage at nominal power [V]	U_{MPP}	30.7	34.1	30.9	34.3	31.1	34.5	31.3	34.7
Current at nominal power [A]	I_{MPP}	3.25	3.58	3.33	3.66	3.36	3.71	3.42	3.76
Open-circuit voltage [V]	U_{OC}	40.9	42.6	41.1	42.8	41.3	43.0	41.5	43.2
Short-circuit current [A]	I_{SC}	3.85	3.97	3.94	4.07	4.00	4.12	4.05	4.12
Module efficiency (%)	η	6.9		7.1		7.2		7.4	

STC (1000W/m², AM 1.5; cell temperature 25°C)

Power tolerance (as measured by Nasser): -0 W / +1.99 W / +2.99 W

Data at normal operating cell temperature (NOCT)*

Nominal power [Wp]	P_{MPP}	78	80	81	83
Voltage at nominal power [V]	U_{MPP}	28.9	29.0	29.2	29.4
Open-circuit voltage [V]	U_{OC}	37.3	37.5	37.7	37.9
Short-circuit current [A]	I_{SC}	3.09	3.17	3.21	3.25
Temperature [°C]	T_{NOCT}	49.0	49.0	49.0	49.0

NOCT (800 W/m², AM 1.5, windspeed 1 m/s, ambient temperature 20°C)

Data at low irradiation

Nominal power [Wp]	P_{MPP}	20.0	20.5	21.0	21.4
Voltage at nominal power [V]	U_{MPP}	30.7	30.9	31.1	31.3
Current at nominal power [A]	I_{MPP}	0.65	0.67	0.68	0.68
Open circuit voltage [V]	U_{OC}	36.8	37.0	37.2	37.3
Short-circuit current [A]	I_{SC}	0.73	0.75	0.76	0.77
Module efficiency (%)	η	6.9	7.1	7.2	7.4

Irradiance 200 W/m², spectrum AM 1.5, cell temperature 25°C

Measurement accuracy at irradiance of 200 W/m²: ± 10%

Temperature coefficients

Power [%/K]	P_{MPP}	-0.20
Open-circuit voltage [%/K]	U_{OC}	-0.33
Short-circuit current [%/K]	I_{SC}	+0.08

Characteristic data

Solar cells per module	72 (3 x 24)
Cell type	a-Si/a-Si tandem (amorphous silicon)
Junction box	2 x IP65 by Lumberg, without bypass diode, single-pole, sealed with ZK silicon; 2.5 mm ² solar cable
Connector	LC4 connector
Dimensions junction box [mm]	40.1 x 54.4 x 10.5
Front panel	thermally treated float glass 1.8 mm
Backside panel	hardened back glass
Frame material	aluminium, black

Dimensions and weight

Dimensions [mm]	1,308 x 1,108
Thickness [mm]	35
Weight [kg]	20.8

Limits

Maximum system voltage [V _{DC}]	1000
Maximum reverse current I_R [A]**	10
Operating module temperature [°C]	-40 ... +85
Maximum load (to IEC 61646)	pressure: 3,400 N/m ² or 550 kg/m ² suction: 2,400 N/m ² or 245 kg/m ²
Application classification (to IEC 61730)	A
Fire classification (to IEC 61730)	C

** No external voltage in excess of U_{OC} shall be applied to the module.

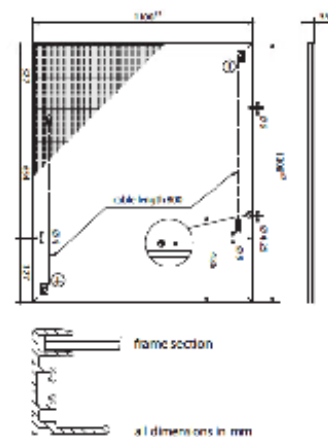
Permission and certificates

The modules are certified to IEC 61646 and IEC 61730, Electrical Protection Class II and the CE-guidelines. Moreover SCHOTT Solar is certified and registered to ISO 9001 and ISO 14001.

* Tolerance for power, if not stated differently in this datasheet, is subject to ± 5% and to other parameters ± 10% respectively.

SCHOTT Solar AG
Hattenbergstrasse 10
55122 Mainz
Germany

Phone: +49 (0)6131/66-14099
Fax: +49 (0)6131/66-14105
solar.sales@schottsolar.com
www.schottsolar.com



The **Installation manual** contains additional information on installation and operation. SCHOTT Solar AG reserves the right to make specification changes in this datasheet without notice. All information complies with the requirements of the standard EN 50380.



SCHOTT
solar

Ek4. Modellemede Kullanılan Bataryaların Özellikleri

NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

- SEE DRAWING NO. CB-00294 AND PROCEDURE P-1000 FOR ASSEMBLY AND TEST INSTRUCTION. PROCEDURES AND ASSEMBLY DRAWINGS ARE FOR INTERNAL USE ONLY.
- ALL TESTING IS PERFORMED IAW BATTERY COUNCIL INTERNATIONAL STANDARDS.
- ALL DIMENSIONS ARE INCH [MM].
- ABBREVIATION USED IN TITLE IS: SEALED LEAD ACID (SLA).

REVISIONS			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
D	SEE DCN PVX2120D	8/10/11	JBT

20.76 [527.4mm]
19.72 [501.0mm]
8.70 [221.0mm]

PVX-2120 TERMINAL OPTION
PART NUMBER: PVX-2120L
2X 1.13 [28.8mm]
HEAVY DUTY L-BLADE

NOTE: SEE OPTION LISTED

2X #.325 [#8.3mm]
HANDLES
8.64 [219.5mm]
8.03 [203.9mm]

CAPACITY RATINGS	
PART NUMBER	PVX-2120
NOMINAL WEIGHT	127 LBS[57.6 KG]
AMPERE HOUR CAPACITY @ 24 HOUR 1.75 VOLTS/CELL @ 77°F (25° C)	212 AH

DATE	BY	DESCRIPTION	APPROVED	DATE	BY	DESCRIPTION
08/10/11	JBT	ISSUED FOR PRODUCTION				

PARTS LIST		CONTRACT NO.	
CONCORDE BATTERY CORPORATION			
2200 SAN BERNARDINO RD. W. CORONA, CA 91702			
BATTERY, SLA, 12 VOLT,			
PVX-2120			

REV	DATE	BY	DESCRIPTION	REV	DATE	BY	DESCRIPTION
C	6/30/17	JBT	ISSUED FOR PRODUCTION	D	8/10/11	JBT	ISSUED FOR PRODUCTION

The data/information contained herein has been reviewed and approved for general release on the basis that this document contains no export-controlled information.

Ek 5. Seçilen 7 İl İçin İklim Verileri

ANKARA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.3	2.1	6.2	11.3	16.0	20.2	23.5	23.2	18.7	13.0	6.8	2.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.3	6.7	11.9	17.2	22.2	26.6	30.2	30.2	26.0	19.6	12.3	6.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.1	-2.0	1.1	5.7	9.7	13.1	16.1	16.1	11.9	7.5	2.3	-0.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.6	3.8	5.4	6.4	8.6	10.4	11.4	10.8	9.2	6.6	4.5	2.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.1	10.4	10.6	12.1	12.3	9.3	4.1	3.2	4.2	7.5	8.9	11.0
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	39.2	33.6	36.1	50.0	49.7	35.1	16.0	12.4	18.9	32.5	36.0	42.6
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.6	19.9	26.4	30.6	33.0	37.0	40.8	40.4	36.0	32.2	24.4	19.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-21.2	-21.5	-19.2	-6.7	-1.6	5.0	6.8	7.2	2.5	-3.4	-8.8	-17.2
İZMİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.9	9.4	11.8	16.0	20.9	25.7	28.1	27.6	23.6	18.9	13.8	10.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.6	13.4	16.5	21.0	26.1	31.0	33.3	32.8	29.1	24.0	18.3	13.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	6.0	6.2	8.0	11.6	15.7	20.2	22.8	22.7	18.8	14.8	10.5	7.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.4	5.0	6.5	7.5	9.9	11.7	12.2	11.7	10.0	7.4	5.4	4.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.8	10.5	8.8	8.1	5.0	2.3	1.8	1.4	3.4	5.9	8.7	12.0
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	114.8	104.7	79.3	46.3	25.7	9.8	6.0	3.9	22.1	52.5	105.8	130.8
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.4	23.8	30.5	32.2	37.5	41.3	42.6	43.0	40.1	36.0	29.0	25.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.0	-5.0	-3.1	0.6	7.0	10.0	16.1	15.6	10.0	5.3	0.0	-2.7
ANTALYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	9.7	10.2	12.6	16.0	20.5	25.4	28.4	28.1	24.6	19.8	14.6	11.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	15.0	15.4	18.1	21.5	25.9	31.3	34.3	34.3	31.3	26.8	21.0	16.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.7	6.1	7.8	10.9	14.8	19.4	22.4	22.4	19.0	14.9	10.2	7.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.4	5.9	6.9	8.1	9.9	11.7	11.9	11.4	9.9	8.1	6.4	5.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.6	10.7	8.8	7.2	5.3	2.8	1.5	1.4	2.2	5.7	7.7	11.1
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	219.6	161.8	97.0	56.8	30.1	8.5	5.7	3.5	13.8	80.8	160.9	252.5
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.9	23.4	28.8	33.2	37.6	43.5	45.0	43.3	41.2	37.7	33.0	25.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.0	-4.0	-1.6	1.4	6.7	11.1	14.8	15.3	10.6	4.9	0.8	-1.9

VAN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-3.6	-2.7	1.7	7.9	13.1	18.3	22.3	21.9	17.4	10.9	4.2	-0.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	1.7	2.6	6.8	12.8	18.1	23.7	27.9	28.0	24.0	17.3	9.9	4.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-7.7	-6.8	-2.4	3.1	7.3	11.2	15.0	14.9	11.2	6.0	0.3	-4.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.7	5.3	6.2	7.2	9.3	11.7	12.2	11.7	10.2	7.4	5.7	4.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.2	10.0	12.0	12.7	11.7	6.0	2.5	2.8	3.2	8.3	9.3	9.9
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	30.4	31.1	46.0	52.3	49.1	19.0	6.9	6.5	15.9	43.0	51.8	38.3
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	11.0	13.6	22.7	27.2	28.3	33.2	37.0	35.1	35.0	27.0	20.1	15.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-25.0	-24.8	-22.7	-9.8	-0.8	2.2	7.0	7.0	-0.1	-7.5	-14.8	-20.8
SANLIURFA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.7	7.0	11.1	16.2	22.3	28.2	31.9	31.2	26.8	20.3	12.6	7.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.1	11.9	16.7	22.3	28.8	34.7	38.7	38.2	33.9	27.0	18.4	11.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	2.3	3.0	6.3	10.7	15.8	21.0	24.5	24.0	20.2	15.0	8.3	4.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.1	4.9	6.2	7.6	10.0	12.1	12.2	11.3	10.0	7.7	5.8	4.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.9	11.1	10.7	9.9	6.5	2.3	1.3	1.2	1.8	5.2	8.5	10.9
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	73.0	69.1	65.0	47.0	25.4	4.5	2.7	4.6	5.4	25.6	47.0	72.9
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	21.6	22.7	29.5	36.4	40.0	44.0	46.8	44.8	42.0	36.4	29.2	26.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.8	-9.3	-7.3	-0.7	6.7	12.3	16.2	16.9	11.3	3.8	-2.7	-6.4

KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.3	1.2	5.8	11.0	15.8	20.3	23.6	23.1	18.7	12.6	5.9	1.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.2	6.4	11.6	16.9	21.7	26.2	29.6	29.4	25.6	19.5	12.0	5.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.2	-3.4	0.1	4.6	8.7	13.0	16.3	15.8	11.4	6.2	0.6	-2.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	4.6	6.1	7.0	8.7	10.5	11.4	11.0	9.6	7.2	5.1	3.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.2	8.7	8.5	10.1	10.4	6.4	3.1	2.6	3.6	6.9	7.2	9.4
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	32.9	24.5	25.6	37.4	40.5	22.9	8.2	8.0	11.8	33.3	35.3	41.8
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.6	21.6	28.9	31.5	33.4	37.2	40.6	39.6	36.1	31.6	25.2	20.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-25.8	-25.0	-15.8	-8.6	-1.2	3.2	7.5	7.5	1.2	-7.6	-20.0	-22.4
SAMSUN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.0	6.9	8.0	11.3	15.4	20.3	23.3	23.5	20.0	16.0	12.0	8.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.7	10.9	12.1	15.3	18.8	23.6	26.5	27.0	23.9	20.1	16.4	12.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.0	3.7	4.7	7.9	11.8	16.1	19.1	19.6	16.5	12.8	8.7	6.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.8	3.3	3.7	4.7	6.4	8.2	8.7	8.1	6.3	4.6	3.8	2.7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.2	13.4	15.0	14.7	12.5	9.6	6.3	6.6	10.0	12.8	12.2	13.6
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	58.0	50.2	57.1	58.8	51.1	48.0	31.8	36.7	52.9	91.9	80.2	76.9
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	24.2	26.2	32.3	37.0	36.4	37.4	37.5	35.2	34.8	38.4	29.7	28.9
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.6	-6.8	-7.0	-2.4	2.7	9.0	13.6	14.0	7.0	1.5	-2.2	-3.6

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Etem KESKİN

Doğum Yeri : SAKARYA

Doğum Yılı : 1982

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Askerlik Durumu: Üniversite, Yapıldı.

Lise: Şht. Yzb. H.İbrahim Sert Lisesi YDA Bölümü 1996-2000

Lisans: Samsun Ondokuzmayıs Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği
2000-2006

Yabancı Dil: İngilizce

İş Tecrübesi:

2008.-2010 Elektrik Üretim Anonim Şirketi, Mühendis

2010-.... Türk Standartları Enstitüsü, Mühendis