



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BOYUTLANDIRILMASI İÇİN PVS^2 PAKET PROGRAMININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Emrah KIYANÇİÇEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
Anabilim Dalı

Kasım - 2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN BOYUTLANDIRILMASI İÇİN PVS^2 PAKET PROGRAMININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Emrah KIYANÇİÇEK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ

2013, 66 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Ramazan AKKAYA
Doç. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ
Yrd. Doç. Dr. Hulusi KARACA

Fotovoltaik sistemlerin boyutlandırma çalışmaları, güneş enerjisi uygulamalarında üretim ve tüketim kapasitelerinin hesaplanarak, kurulması planlanan sistemlerin daha anlaşılır olmasını ve amortisman süresinin daha doğru şekilde belirlenmesini sağlamak, sistem içerisinde ihtiyaç duyulan diğer elemanların karakteristik özelliklerini ortaya çıkarmak amacı ile tasarlanmış programlardır. Bu programlar sayesinde yenilenebilir enerji hesaplamalarını etkileyen iklim, malzeme bilgisi, coğrafi koşullar gibi birçok farklı faktör tek ekran üzerinde toplanarak kompakt bir hale getirilip tasarımcının hesaplamalarını daha rahat yapması sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu yazılımlarla yapılan maliyet ve amortisman hesaplamaları, kullanıcı yada yatırımcılar için etkin bir referans olmuş, yatırım analizinin daha kapsamlı yapılması sağlanmıştır.

Bu tezde gerçekleştirilen PVS^2 adlı program ile güneş enerjisi sistemleri hakkında kullanıcıya genel bilgiler verilerek ihtiyacın şekillenmesi ve fazla masraftan kaçınarak maliyetin düşürülmesi, tasarımı etkileyen coğrafi koşulların üretime etkileri, ihtiyaç miktarı hesaplanması, malzeme seçimi işlemlerinde kolaylıklar sağlanması ve seçilen malzemelerin uyumluluk kontrolü, mali analiz işlemleri ile tasarım genel karakteristiğinin görselleştirilmesi amaçlanmıştır. Malzeme bilgilerinin bulunduğu veri tabanının kullanıcı tarafından kolayca güncellenebilmesi ve kullanıcının istediği takdirde veri tabanındaki malzemeler içinden, geliştirdiğimiz otomatik seçim algoritması ile en uygun verim-maliyet göz önünde bulundurularak malzemelerin otomatik seçilmesi sağlanmıştır. Geliştirilen program sayesinde PV sistem tasarımcıları sistemin farklı bileşenlerini kurulumun yapılacağı coğrafi bölgeye, enerji talebine ve sistem güvenilirliği gibi parametrelere göre en uygun şekilde seçebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik, Güneş Panelleri, Sistem Boyutlandırma, Temiz Enerji, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, PVS^2.

ABSTRACT

MS THESIS

PVS^2 SOFTWARE PACKAGE IMPLEMENTATION FOR SIZING PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Emrah KIYANÇİÇEK

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL-ELECTRONICS ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ

2013, 66 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Ramazan AKKAYA
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ
Asst. Prof. Dr. Hulusi KARACA

Photovoltaic system sizing studies deal with calculation of generation and consumption capacities of PV systems, make the systems to be installed more understandable, provides more accurate determination of amortization time, and better reveals the characteristics of the other components needed in the system. By means of these programs, various factors such as climate, component characteristic data, and geographical conditions can be collected in one screen and by making it more compact, they can help designer doing calculations more easily. Besides, cost and amortization calculations implemented by software can be an effective reference for users and investors.

In this thesis, by means of the implemented PVS^2 program, the following objectives are aimed; providing general knowledge on photovoltaic energy systems to the user to help them determine their needs, decreasing the total cost by shortening expenses, determining the effects of geographical conditions on the production, calculation of demand quantity, facilitating the component selection process and matching control of the selected components, financial analysis process and visualization of the general design characteristics. In developed program, the database can easily be updated by the user and user can select among the components by automatic selection algorithm to obtain optimal efficiency–cost criteria. The developed program gives the PV system designer an opportunity to choose among different system components depending on several factors namely the geographical site, energy demand and system reliability.

Keywords: Photovoltaics, Solar Module, System Sizing, Clean Energy, Renewable Energy Sourses, PVS^2

ÖNSÖZ

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yeri bulunan fotovoltaik hücreler, laboratuar ortamında üretime ilk başlanıldığı yıllardan itibaren enerji üretim maliyetlerinin düşmesi ve üretim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte kullanıma daha da uygun hale getirilmeye çalışılmıştır.

Günümüzde istenilen seviyede olmamakla birlikte, gelişime ve yatırıma olan uygunluğu ile gün geçtikçe kullanım alanları genişlemekte, günlük yaşamımızdaki enerji gereksinimimizi daha yüksek oranlarda üstlenmektedir.

Fotovoltaik sistemlerde uygulama alanlarına yansıyan problemlerin en başında ilk maliyetin yüksekliği gelmektedir. Bireysel kullanıcı ya da ticari yatırımcı açısından bakıldığında, uzun vadeli geri dönüşü olacak olan yüklü miktarda yatırımlar, detaylı bir Maliyet-Üretim analizi ile sunulmadığında cazibesini yitirmektedir. Dolayısıyla fotovoltaik panel üretim sektörü, istenildiği kadar pazarlamasını yapamadığı bir ürünün gelişimini de sürdürememekte, buna paralel olarak Ar-Ge bütçesini de istenilen oranlarda besleyememektedir.

Uygulama alanlarındaki diğer bir problem ise fotovoltaik sistem modellerinin kullanıcı tarafından yeterince anlaşılamamasıdır. Anlaşılamayan sistem modelleri, ihtiyaca göre tasarlanacak olan gerçek maliyetten daha yüksek maliyetli algılanarak cazibesini yitirecektir.

Belirtilen problemlerin giderilmesi aynı zamanda fotovoltaik sistemlerin kullanıcı tarafından daha anlaşılır hale gelmesi ve kolay modellenmesi için tasarlanmış olan program ile, kullanıcıya sistem bileşenleri hakkında genel bilgiler verilerek çalışmaları ile ilgili merak yüzeysel olarak giderilecek, kullanıcının gereksinim duyacağı sistem tipi ve ihtiyaç miktarının hesaplanması sağlanacak, veri tabanında bulunan sistem bileşenleri ile isteğe bağlı olarak, ya minimum maliyet-verim-güç oranlarına göre uygun elemanlar otomatik seçilerek, ya da kullanıcının seçtiği ürünlerden oluşturularak ve uyumluluk kontrolleri yapılarak tasarlanabilecektir. Aynı zamanda modellemede kullanılan malzemeler hakkında ayrıntılı bilgilere ulaşılabilecektir.

Ayrıca, program tarafından sistemin kurulacağı yerin bilgileri göz önüne alınarak, aylık üretim grafiği ve maliyet analizi yapılıp, kurulması tasarlanan sistemi kullanıcı için daha anlaşılır hale getirecektir.

Emrah KIYANÇİÇEK
KONYA-2013

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ ..... **iii**
ÖZET ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **viii**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **7**
3.1. PV Hücre Çalışma Prensibi 7
3.2. Fotovoltaik Sistem Temel Bileşenleri 7
3.2.1. Güneş Panelleri 8
3.2.1.1. Kristal Silisyum Güneş Pilleri 8
3.2.1.2. Monokristal Silisyum Güneş Pilleri 8
3.2.1.3. Semikristal (Yarı kristal) Silisyum Güneş Pilleri 9
3.2.1.4. Ribbon Silisyum Güneş Pilleri 9
3.2.1.5. Polikristal Silisyum Güneş Pilleri 9
3.2.1.6. İnce Film Güneş Pilleri 9
3.2.1.7. Amorf Silisyum Güneş Pilleri 10
3.2.1.8. Bakır İndiyum Diselenit Güneş Pilleri 10
3.2.2. Şarj Regülatörleri 10
3.2.2.1. Darbe Genişlik Modülasyonlu (PWM) Şarj Regülatörleri 10
3.2.2.2. Maksimum Güç Noktası İzleyicili (MPPT) Şarj Regülatörleri 11
3.2.3. İnverter 11
3.2.3.1. Şebekeye Bağlı (On-Grid) İnverterler 11
3.2.3.2. Şebekeden Bağımsız (Off_Grid) İnverterler 11
3.2.4. Aküler 11
3.2.4.1. OPzS Akü 12
3.2.4.2. Jel Aküler 12
3.2.4.3. Kuru Aküler 12
3.3. Fotovoltaik Sistem Modelleri 12
3.3.1. Şebekeye Bağlı (On-Grid) Sistemler 12
3.3.1.1. Şebeke İçi Kullanım Sistemleri 13
3.3.1.2. Şebeke İçi Satışlı Sistemleri 14
3.3.1.3. Şebeke İçi Satışlı – Akülü Sistemler 14
3.3.2. Şebekeden Bağımsız (Off-Grid) Sistemler 15
3.3.2.1. Sadece DC Yük İhtiyacı Duyulan Bağımsız Sistemler (Stand-Alone) 15
3.3.2.2. AC ve DC Yük İhtiyacı Bulunan Şebekeden Uzak Sistemler 15
3.4. Fotovoltaik Sistem Hesaplamaları 16
3.4.1. Yük Hesaplamaları 16
3.4.2. Üretim Miktarı Hesaplamaları 17
3.4.3. Batarya Kapasite Hesaplamaları 19
3.4.4. Fotovoltaik Sistem Elemanları Uyum Kriterleri 20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA **22**

4.1. PVS^2 22
4.1.1. Proje'de Kullanılan Yazılım Araçları 22
4.1.1.1. Delphi 7 22
4.1.1.2. Microsoft Office Excel 2007 23
4.2. PVS^2 Formlarına Genel Bakış 23
4.2.1. PVS^2 Ana Sayfa 23
4.2.2. Fotovoltaik Sistemler Hakkında Genel Bilgiler Formu 24
4.2.2.1. Fotovoltaik Sistem Prensipleri Formu 25
4.2.2.2. Malzemeler Formu 26
4.2.2.3. Tasarım Modelleri 27
4.2.3. Veri Tabanı İşlemleri 28
4.2.4. Fotovoltaik Sistem Tasarımına Başla Formu 29
4.2.4.1. Tek Yönlü Tasarım Modeli 31
4.2.4.2. Çift Yönlü Tasarım Modeli 31
4.2.4.3. DC Bağımsız Sistemler 32
4.2.4.4. AC/DC Bağımsız Sistemler 32
4.2.5. Tasarım Formu Bölümleri 33
4.2.5.1. Sistemin Kurulacağı Yere Ait Bilgiler 33
4.2.5.2 İhtiyaç Miktarının Belirlenmesi 34
4.2.5.3. Malzeme Seçimi 37
4.2.5.4. Uyumluluk Kontrolleri 41
4.2.5.5. Tasarım Değerleri Esneklik Katsayısı Seçimi 42
4.2.5.6. Yıllık Üretim Analizi 43
4.2.5.6.1. Batarya Sayısının Hesaplanması 43
4.2.5.6.2. Panel Sayısı Hesaplanması 44
4.2.5.6.3. Aylara Göre Elektrik Üretim Miktarı Hesaplanması 45
4.2.5.7. Mali Analiz 45
4.3. PVS^2 Programı İle Örnek Tasarımlar 47
4.3.1. Şebeke Satışlı Çift Yönlü Örnek Sistem Tasarımı 47
4.3.2. Şebekeden Bağımsız Örnek AC/DC Sistem Tasarımı 50
4.3.3. Tasarımların Mali Yönden Karşılaştırılması 51
4.4. Farklı İllere Kurulacak Aynı Kapasiteli Sistem Verilerinin Kıyaslanması 51

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 53
5.1. Sonuçlar 53
5.2. Öneriler 54

6. KAYNAKLAR 56

7. EKLER 59
Ek-1. Örnek Tasarım Programları 59
Ek-1.1. Renewable Energy Technologies Screen (RETScreen) 59
Ek-1.2. TRaNsient SYstems Simulation (TRNSYS) 60
Ek-1.3. Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER) 60
Ek-1.4. PhotoVoltaic systems (PVsyst) 61
Ek-1.5. PhotoVoltaic Design Program (PV DesignPro) 62
Ek-1 Yıllara göre güneş hücreleri verim değişim tablosu (NREL, 2013) 64

ÖZGEÇMİŞ 66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

W/m^2	:	Birim alana düşen güç
Wp	:	Maksimum güç
E_{PV}	:	PV çıkış gerilimi (Volt)
A	:	PV yüzey alanı (m^2)
$ń_e$	:	Panel verimi
G_t	:	Aylık ortalama güneşlenme miktarı (W-Saat)
E_{grid}	:	İnverter çıkış gerilimi
E_d	:	Şebeke giriş gerilimi
$ń_{abs}$	:	Şebeke kayıp oranı
$ń_{dist}$	:	Dağıtım kayıp oranı
$ń_{inv}$	:	İnverter verimi
C_S	:	Batarya depolama kapasitesi (Gün)
C	:	Batarya enerji kapasitesi (Wh)
L	:	Günlük enerji ihtiyaç miktarı (Wh)

Kısaltmalar

MPPT	:	Maksimum güç noktası izleyici
PV	:	Fotovoltaik
a-Si	:	Amorf silisyum
AC	:	Alternatif akım
DC	:	Doğru akım
Wh	:	Watt saat
Gwp	:	Gigawatt güç

1. GİRİŞ

Gittikçe artan enerji ihtiyacı ve enerji üretiminde kullanılan fosil yakıtların çevreye zarar vermesi gibi temel sebepler, üretimde alternatif kaynak arayışlarına neden olmuştur. Aynı zamanda enerji üretiminde kullanılan çoğu ham maddenin temini genellikle yeraltı kaynaklarından karşılandığı için, mevcudiyeti ülkelerin coğrafi konumlarına göre değişiklik göstermekte, bu kaynaklar çoğunlukla da belirli bölgelerde yoğunlaştığından satın alınarak enerji üretim sistemlerine dahil edilmekte, bu ise enerji üretiminde kullanılan hammadde temininde dışa bağımlılığa neden olmaktadır.

Her ne kadar güneşin dünyaya olan uzaklığı yaklaşık 150 milyon kilometre olsa da, güneş enerjisi tam da bu noktada üretim kaynağı arayışlarını üzerine çekmiş, büyük bir yatırım alanı haline gelmiştir. Bu potansiyel hakkında daha somut bir örnek vermek gerekirse, güneşin dünya üzerindeki 1 saniyelik ışıması (kayıplar göz ardı edildiğinde), Türkiye'nin 1 yıllık enerji üretiminin yaklaşık 1700 katına denk gelmektedir. Fakat kullanılabilir seviyeye inene kadar bu potansiyel çevre ve verim faktörleri tarafından kayıplara uğratılır. Güneş enerjisi kayıplarından aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

Atmosfer dışından güneşe dik olarak yapılan ölçümlerde, birim alandaki ışınım şiddeti yaklaşık 1370 W/m^2 civarındadır (Fröhlich, 1998). Fakat bu değer kullanılabilir seviyelere indikçe çeşitli etkenlerden dolayı zayıflamalara uğrar. Bu zayıflatıcı etkenlerden ilki atmosfer zayıflamalarıdır. Atmosferde %6'lık yansıma %16'lık sönümleme kayıpları meydana gelmekte ve yeryüzüne ulaşan ışınım şiddeti saate bağlı olarak 1100W/m^2 seviyelerine düşmektedir (NASA,2013). Bir diğer zayıflatıcı etken ise bulutlardır. Bulutlar yaklaşık %20'lik bir zayıflama %16'lık bir sönümleme etkisine sahiptirler. Sonuç olarak yeryüzüne ulaşan enerji seviyesi, havanın bulutluluk miktarına göre Şekil 1.1'de görülen değerler arasında değişmektedir (NREL,2013).



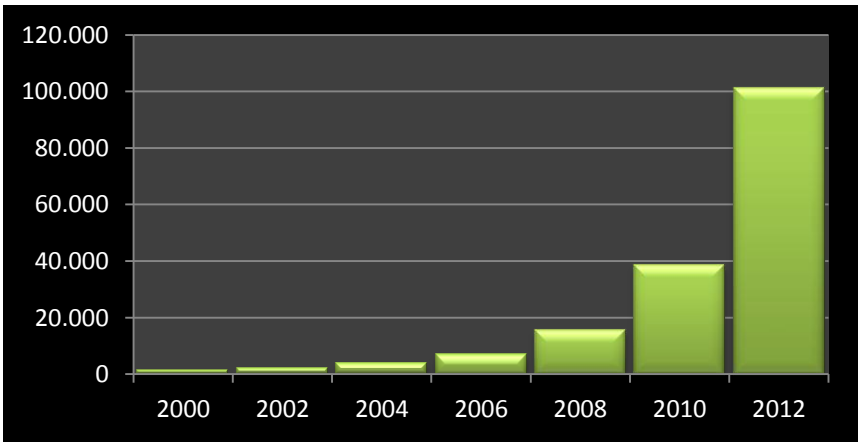
Şekil 1.1. Hava durumuna göre metrekare'ye düşen yaklaşık güneş ışınım şiddeti

Bunların dışında son yıllarda, başta hava kirliliği olmak üzere çeşitli nedenlerden dolayı güneş ışınlarının miktarında %4'lük bir düşme söz konusudur (Liepert, 2006).

Bir diğer etken ise fotovoltaik hücrelerin verim seviyeleridir. Her ne kadar laboratuar ortamında ideal şartlar sağlanıp çok yüksek verim değerleri elde edilse de, kullanılabilir ürünlerde verim ortalama %20 seviyelerindedir. %20 verimli bir panel için ise kullanılabilir seviye gün içerisinde 10 ila 220W/m^2 arasında değişmektedir.

Verim değerleri düşük bir rakam olarak gelse de dünya yüzölçümünün büyüklüğü hesaba katıldığında ya da sadece %29'luk kısmı oluşturan karalar (UN, 2006) göz önüne alındığında bile (kullanıma müsait alanların yaklaşık %10'larda olduğu varsayılırsa) potansiyelin ne denli büyük olduğu kolaylıkla görülebilmektedir.

Bu potansiyel zaman içinde enerji sektörünün dikkatini çekmiş ve fotovoltaik araştırmalar hız kazanmış, 1990'larda 7.5 dolar seviyelerinde seyreden watt başına maliyet 2005 de 4.5 2010 yılında ise yaklaşık 3 dolar seviyelerine kadar gerilemiştir. Bu maliyet düşüşüne paralel olarak toplamda kurulu güç miktarı Şekil 1.2'de görüldüğü gibi 2000'li yıllarda yaklaşık olarak 1.428 GWp iken 2011 yılında yaklaşık 38.584 GWp, 2012 sonunda büyük bir artışla 101 GWp değerine ulaşmıştır (Kıyançiçek, 2010).



Şekil 1.2. Dünya üzerindeki kurulu PV güçlerin yıllara göre miktarları

Güneşin potansiyeline bakıldığı zaman kullanılabilir seviyenin çok düşük değerlerde seyretmesi bu konudaki araştırma alanlarının ağırlıklı olarak verim arttırma konuları üzerinde olmasına neden olmuştur.

Verim arttırma adına fotovoltaik hücrelerin çeşitli geometrik şekillerde üretimi, üretimde farklı maddeler kullanımı, ışık yoğunlaştırıcılar, güneş takip sistemleri vb.

birçok teknik denenmiş, sonuç olarak kullanılırlığı artan sistemlere talebin de artmasıyla üretim seviyesi son yıllarda %130 civarında artış göstermiştir.

Her ne kadar güneş enerjisi sistemlerinin kullanımı gittikçe artsa da, tüm enerji üretim yöntemleri içindeki oranı oldukça düşüktür. Bu oranın düşüklüğünde maliyetin etkisi büyük olmakla birlikte kullanıcının ön yargılarının da etkisi azımsanmayacak derecededir. Bu önyargıda maliyetin ve amortisman süresinin normalden çok daha uzun vadelerde olduğunun düşünülmesi fikri başı çekmekte, bu noktada da üreticiye kurulacak sistemin analizi ve kullanıcıya bu analizin doğru aktarılması konusunda büyük sorumluluk düşmektedir.

Çeşitli firmalar ve kuruluşlar analiz işlemleri ve yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarımı noktasında hatayı minimize etmek ve ileriye dönük detaylı analiz işlemleri yapmak amacıyla çeşitli modelleme ve simülasyon programları tasarlamıştır. Bu programlar sayesinde yenilenebilir enerji hesaplamalarını etkileyen iklim, malzeme bilgisi, coğrafi etkiler gibi birçok farklı faktör tek program üzerinde toplanarak kompakt bir hale getirilmiş, tasarımcının hesaplamaları tek ekran üzerinden daha rahat yapması sağlanmıştır. Aynı zamanda bu programlarla yapılan maliyet ve amortisman hesaplamaları, kullanıcı ya da yatırımcılar için büyük bir referans olmuş, yatırımın analizinin daha kapsamlı yapılması sağlanmıştır.

Yapmış olduğumuz çalışmada tasarladığımız ve PVS^2 adını verdiğimiz program, güneş enerjisi sistemleri hakkında her ne düzeyde olursa olsun kullanıcıya büyük kolaylıklar sunması amacıyla Türkçe menüye sahip olarak tasarlanmıştır. Program içeriğinde hem güneş enerjisi sistemleri ile ilgili genel bilgiler kullanıcıya verilerek ihtiyacının şekillenmesi ve fazla masraftan kaçınarak maliyetin düşürülmesi, hem de tasarımı etkileyen coğrafi konum, ihtiyaç miktarı hesaplanması ve malzeme seçimi işlemlerinde kolaylıklar sağlanması, seçim işlemlerinde belirlenen malzemelerin uyumluluk kontrolü ve mali analiz işlemleri ile tasarımın genel karakteristiğinin görselleştirilmesi amaçlanmıştır. Programın en önemli özellikleri ise malzeme bilgilerinin bulunduğu veri tabanının kullanıcı tarafından kolayca güncellenebilmesi ve geliştirdiğimiz otomatik seçim algoritması ile kullanıcının istediği takdirde bu malzemeler içinden, uyumluluk kontrolü yapılarak ve en uygun verim-maliyet göz önünde bulundurularak malzemelerin otomatik seçilmesinin sağlanabilmesidir.

PVS^2 ile tasarım ve analiz işlemlerinin daha anlaşılabilir, pratik ve görsel olması amaçlanmış ve bu amaç büyük ölçüde uygulamaya geçirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Fotovoltaik sistem boyutlandırma, modelleme ve verim artırımı alanlarında yapılan çalışmalar güneş enerjisi pazarının büyümesi ve fotovoltaik araştırmalara ilginin artması gibi nedenlerden dolayı çeşitli araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Kaynak araştırması olarak incelenen çeşitli makale, tez ve kitaplardan faydalanılmış olup, kısaca içerik ve özetleri aşağıdaki gibidir. Ayrıca fotovoltaik sistem boyutlandırma amacıyla tasarlanmış çeşitli programlar bulunmaktadır. Bu programlar hakkında bilgiler Ek-1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Peippo ve Lund (1994); şebeke bağlantılı PV sistemlerde anma PV panel kapasitesinin anma inverter giriş kapasitesine optimum oranı, birkaç coğrafi bölge, panel yönelimi, inverter karakteristikleri ve bileşen maliyetleri için nümerik simülasyonlarla belirlenmiştir. Boyutlandırma oranı bire yakın değerlerden yaklaşık ikiye kadar değişmiş ve PV panel çıkış karakteristiğinin boyutlandırmayı etkileyen en önemli parametre olduğu belirlenmiştir.

Agha ve Sbita (2000); değişken yük profilleri ve sabit panel eğimleri için dört temel boyutlandırma parametresinin optimizasyon analizlerinin sonuçlarını sunmuştur. Çalışmada yük profili ile solar sistemden elde edilen mevcut enerjinin uyumlandırılması amaçlanmıştır. Optimize edilen parametreler solar yüzeyin eğim açısı, tasarım süresi, kolektör dizi kapasitesi ve nispi depolama kapasitesidir.

Kaushika ve ark. (2005); birbirine bağlı dizilere sahip şebekeden bağımsız PV sistemlerin boyutlandırılması için bir simülasyon modeli sunmuştur. Boyutlandırma işleminde dizilerin elektrik üretimi ve değişken yük talebini karşılayan batarya bankasındaki depolama miktarı göz önüne alınmıştır. Çalışmada sabit ve güneş izleyicili sistemler için maliyet analizi de gerçekleştirilmiştir.

Ashok (2007); farklı yenilenebilir enerji kombinasyonları arasından optimum bir hibrit sistemin elde edildiği, toplam maliyeti minimize eden ve sistem güvenilirliğini garanti eden bir sistem tasarlamıştır. Çalışmada Quasi-Newton metoduna dayanan nümerik bir algoritma optimizasyon probleminin çözümünde kullanılmıştır

Benatiallah ve ark. (2007); PV kurulum performansının değerlendirilmesi ve boyutlandırılması için bir simülasyon modeli DELPHI programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu program, kullanıcının PV kurulumunun performansını herhangi bir anda belirlemesine ve üretilen PV enerji ile gerekli tüketim yükünün

karşılaştırılmasına izin vermektedir. Ayrıca sistemin zaman faktörüne bağlı olarak optimizasyonuna da izin vermektedir.

Posadillo ve Luque (2008); değişken aylık enerji talebine ve değişken panel eğimine sahip şebekeden bağımsız PV sistemlerin boyutlandırılması ve ölçümü için analitik bir metot sunmuştur. Boyutlandırma metodu pratik olarak da uygulanmıştır. Çalışmada günlük solar radyasyon miktarının istatistiksel olarak karakterize edilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Cabral ve ark. (2010); fotovoltaik üreteçlerin boyutlandırılmasıyla ilgili parametrelerin stokastik analizini yapmış ve şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlerin boyutlandırılması için bir yöntem geliştirmiştir. Çalışmada, bağımsız sistemlerde enerji depolama ve solar radyasyon rastgele yapılarından dolayı analiz edilmiş, elde edilen sonuçlar deterministik yapıda olan Sandia metodu ile karşılaştırılmıştır. Stokastik metodun daha karmaşık olduğu ancak daha güvenilir ve gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Chikh ve ark. (2011); teknik katalogları içeren veri için, verilen bölgeye uygun enerji ihtiyaçları dikkate alarak PV panel ve batarya kapasitesinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu işlemde verilen bölgeye uyumlu hale getirmek için gerekli fotovoltaik boyutlandırma ve simülasyon aracı (PVSST 1.0) geliştirilmiştir. Bazı geliştirmelere ihtiyaç duymasına karşın boyutlandırma aracının iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Skunpong ve Plangklang (2011); PV boyutlandırma amacıyla PV sistemin çok kısa bir sürede tasarlanması için basit ve pratik bir metot sunmuştur. Hesaplamalar hem şebekeden bağımsız PV sistem hem de hibrid PV sistem için yapılmıştır.

Jakhrani ve ark. (2012); günlük solar radyasyon ve diğer meteorolojik parametreleri kullanarak şebekeden bağımsız bir PV sistemin güvenilirlik ve maliyetine dayalı optimal boyutlandırmasını belirlemek için bir metot geliştirmiştir. Çalışmada gerekli batarya kapasitesinin en kötü hava koşullarında 8 gün boyunca yükleri besleyebileceği görülmüştür. Analitik modelde enlem, absorbe edilen solar radyasyon, PV dizinin verimi, yük, PV dizi ve bataryanın birim maliyeti gibi veriler de dahil edildiğinden daha ikna edici sonuçlar alındığı görülmüştür.

Kazem ve ark. (2013); şebekeden uzak bölgeler için bağımsız PV sistemin optimum boyutlandırması metodunu sunmuştur. PV dizi eğim açısı ve sistemin enerji kaynakları daha iyi performans ve daha düşük enerji maliyeti için optimum şekilde tasarlanmıştır. PV panel eğim açısı, PV dizi boyutu ve depolama bataryası kapasitesi,

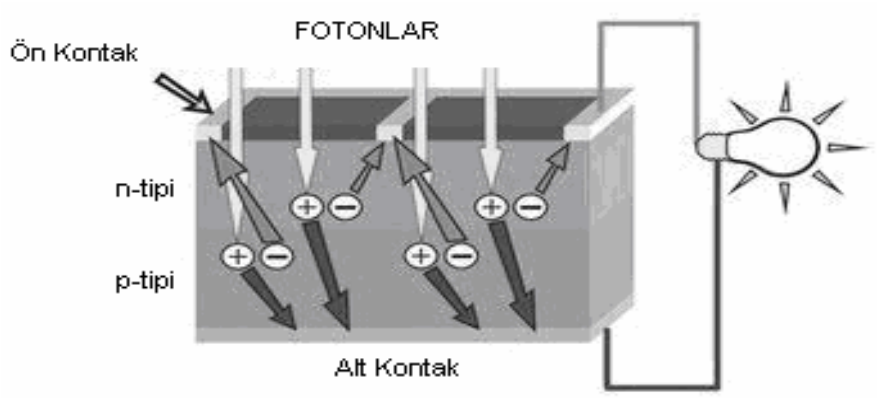
saatlik meteorolojik veri ve yük talebine göre MATLAB kullanılarak nümerik yöntemlerle optimize edilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği bölgede PV dizinin eğim açısının yılda iki defa değiştirilmesi gerektiği bulunmuş, bu ayarlama ile PV diziden alınan enerjinin %20.6 arttığı görülmüştür.

Rezk ve El-Sayed (2013); yüksek verimli çok eklemli güneş pilleri ve güneş izleyici sistemlere dayalı odaklamalı fotovoltaik/batarya depolama sisteminin boyutlandırılması tekniğini sunmuştur. Enerji dengesi metoduna dayalı bilgisayar yazılımı, bir yük talebini karşılamakta kullanılan PV sistemin parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu parametreler PV panellerin ürettiği toplam yıllık enerji, toplam PV panel sayısı, batarya sayısı ve enerji maliyetiyle ilgili rakamlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. PV Hücre Çalışma Prensibi

Bilindiği gibi, güneş pili bir yarı iletken düzenektir. Çoğunluk yük taşıyıcıları elektronlardan oluşan N tipi ile çoğunluk yük taşıyıcıları oyuklardan oluşan P tipi yarı iletken yan yana getirilir. Işık enerjisi bu birleşme noktasına düşürülürse dış devreden Şekil.3.1'de görüldüğü gibi bir akım geçebilmektedir.

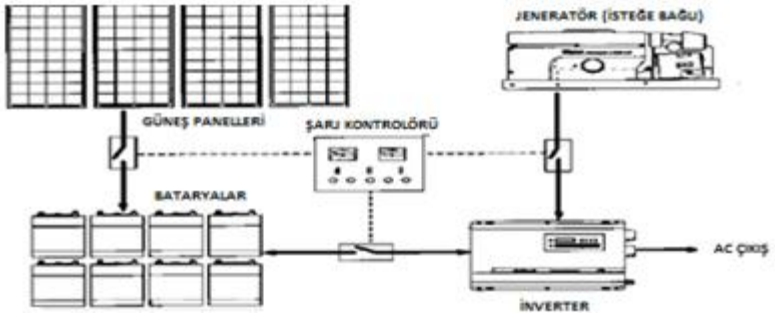


Şekil.3.1. Güneş pili modeli

P-N yarı iletken birleşiminde, elektronlar P tipi bölgeye geçerek birleşme yüzeyine yakın bölgelerde boşluk yük taşıyıcıdaki elektron eksikliğini tamamlayıp (-) iyonlar oluştururken N tipi bölgede de (+) iyon duvarı oluşacaktır. Dış tesir olmazsa bu enerji duvarı akımın geçmesini önleyecektir. Işın demeti bu bölgeye düşerse, yük taşıyıcı elektronlar çok az oranlarda olduğundan, muhtemelen bir valans elektrona enerjisini bırakacak ve onu P tipi bölgeye doğru itecektir. Dış devre akımı ise P'den N'ye doğru olacaktır. Bu şekilde güneş pilleri, belli güneşlenme şartlarında, birim alan başına belirli bir akım ve gerilim üretirler. İstenen bir enerji için birçok pili seri ve paralel olarak bağlamak gerekir. Böylece güneş panelleri oluşturulur (Günkaya, 2001).

3.2. Fotovoltaik Sistem Temel Bileşenleri

Fotovoltaik sistemler, farklı ihtiyaçlara hitaben çeşitli tasarım modelleri ve malzemelerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. En genel sistem şeması Şekil.3.2'de görüldüğü gibi güneş paneli, şarj kontrolörü, batarya ve inverterden oluşmaktadır.



Şekil.3.2. Fotovoltaik sistem genel şeması

3.2.1. Güneş Panelleri

Güneş ışığını doğru akıma (DC) dönüştüren fotovoltaik hücrelerden üretim amacı doğrultusunda oluşan dizilerdir. Oluşturuldukları yarı iletkenin türüne ve işlenme tekniğine göre çeşitli verim ve maliyetlerde üretilmektedir. Bu tezin yazıldığı tarihe kadar laboratuar ortamında elde edilen en yüksek verime % 43.5 ile Solar Junction adlı firma tarafından ulaşılmıştır (NREL, 2013). Yapımında kullanılan malzemelere bağlı olarak farklı özelliklerde birçok güneş pili üretilmiştir. Ek-2'de güneş hücrelerinin yıllara göre gelişimi ve verim değişimleri görülmektedir.

3.2.1.1. Kristal Silisyum Güneş Pilleri

Silisyum, yarı iletken özelliklerini tipik olarak gösteren, güneş pili yapımında en çok kullanılan elementlerden biridir ve uzun yıllar da bu konumunu koruyacak gibi görünmektedir. Fotovoltaik özellikleri daha üstün olan başka elementler de bulunmakla birlikte, silisyum gerek teknolojisinin üstünlüğü nedeniyle gerekse de ekonomik nedenlerle tercih edilmektedir.

3.2.1.2. Monokristal Silisyum Güneş Pilleri

İlk ticari güneş pillerinde, Czochralski kristal çekme tekniği ile büyütülen tek kristal yapılı silisyum kullanılmıştır. Fotovoltaik endüstride hala en çok kullanılan yöntem olan bu teknikte öncelikle ark fırınlarında silisyum oksit çeşitli kimyasal ve termal reaksiyonlardan geçirilerek saf silisyum elde edilir. Daha sonra silisyum eriyiğe çekirdek denen tek kristal yapılı bir silisyum parçası batırılır. Bu çekirdek eriyikten

çıkarıldığında soğuyan silisyum eriyik, çekirdeğin üzerine külçe şeklinde yığılmış olur. Bu silisyum külçe olur olmaz bir keski ile dilimlere ayrılır. Bu, iki aşamada olur. Önce külçe dikdörtgen bloklar şeklinde kesilir. Daha sonra bu bloklar dilimlere ayrılarak pil şeklinde işlenir. Verimleri laboratuar ortamında %27 civarındadır (Ek-2). Yapım sırasında malzeme kaybının çok fazla olması bu pillerin dezavantajıdır. Uzun ömürlü oldukları için uzun vadeli yatırımlar için en iyi seçenektir (Upadhyaya, 2006).

3.2.1.3. Semikristal (Yarı kristal) Silisyum Güneş Pilleri

Bu tip piller, sıvı silisyumun soğutulmasıyla elde edilen kümelenmiş küçük silisyum kristallerinden oluşur. Bu pillerin verimleri %14 civarında olup, kümelenmiş silisyum taneciklerinin sınırlarındaki kayıplara bağlıdır.

3.2.1.4. Ribbon Silisyum Güneş Pilleri

Malzeme kaybının azaltılması amacıyla levha halinde silisyum tabakalarından yapılırlar. Polikristal silisyum güneş hücrelerinden daha düşük verimlerde olmalarına rağmen üretimdeki malzeme tasarrufu sayesinde maliyetleri daha düşüktür. Verimleri laboratuar şartlarında %17-18 arasındadır (Kim, 2003).

3.2.1.5. Polikristal Silisyum Güneş Pilleri

Bu piller de ribbon silisyum teknolojisiyle yapılıp, yapıları polikristal özellik gösterir. Eriyik halinde bulunan silikonun dikkatli bir şekilde soğutulup külçeler haline getirilmesi ile elde edilir. Monokristal silisyum güneş pillerine göre üretim maliyeti az olmasına rağmen verimleri düşüktür (Anonymous, 2013). Verimleri laboratuar ortamında %20 civarındadır (Ek-2).

3.2.1.6. İnce Film Güneş Pilleri

Emilim özelliği daha iyi olan maddeler kullanılarak daha az kalınlıkta (tek kristalin 1-500'ü kalınlığında) güneş pilleri yapılır. Örneğin amorf silisyum güneş pillerinin absorbsiyon katsayısı kristal silisyum güneş pillerinin katsayısından daha fazladır. Dalga boyu katsayısı 0.7 mikrondan küçük bir bölgedeki güneş radyasyonu 1000 mikron kalınlığında amorf silisyum ile emilebilirken, kristal silisyumda ise aynı

radyasyonu emmek için 500 mikron kalınlıkta malzeme kullanılması gerekmektedir. Bu yüzden amorf yapılı güneş pillerinde daha az malzeme kullanılır ve montaj kolaylığı nedeniyle bir avantaj sağlar (Günkaya, 2001).

3.2.1.7. Amorf Silisyum Güneş Pilleri

Amorf silisyum güneş pilleri (a-Si), ince film güneş pili teknolojisinin en önde gelen örneğidir. İlk yapılan a-Si piller Schottky bariyer yapısında iken, daha sonraları p-i-n yapıları geliştirilmiştir. P-i-n yapısındaki pillerin fabrikasyonu kalay oksitle kaplı iletken bir yüzeyin üzerine çöktürme yöntemi ile yapılır. Bu yüzeyin arkası daha sonra metalle kaplanır. Ancak bu piller, kısa zamanda bozunuma uğrayarak çıkışları azalır. Verimleri laboratuar ortamında en yüksek %13 seviyelerindedir (Ek-2).

3.2.1.8. Bakır İndiyum Diselenit Güneş Pilleri

Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı gruptan elementlerin en az üçünün bir araya gelmesi ile oluşan bu bileşik yarı-iletkenlerin soğurma katsayıları oldukça yüksek olup, yasak enerji aralıkları güneşin spekturumu ile ideal bir şekilde uyuşacak biçimde ayarlanabilir. Bakır, indiyum ve selenyumdan yapılan üçlü bileşik (CuInSe) yarı-iletkenle başlayan bu grup CIS güneş pilleri olarak anılır. Laboratuar ortamında en yüksek %20 verim seviyelerine ulaşılmıştır (Ek-2).

3.2.2. Şarj Regülatörleri

Şarj regülatörleri, güneş enerjisinden elde edilen gerilimi istenilen gerilim değerine çeviren ürünlerdir. Genel olarak şebekeden bağımsız (Off-Grid) sistemlerde kullanılan bu ürünlerin seçiminde en önemli kıstas verim değerleridir (Kıyançiçek, 2010). Şarj regülatörleri iki ana gruba ayrılmaktadır.

3.2.2.1. Darbe Genişlik Modülasyonlu (PWM) Şarj Regülatörleri

Basit şarj kontrolörleri bağımsız solar sistemleri için en uygun çözümdür. Üzerindeki LCD ekran veya LED'ler sayesinde akü durumu şarj durumu gibi bilgiler

görülebilmektedir. Açık ve kapalı kurşun aküleri optimum ölçüde şarj edebilir. 12V ve 24V akü veya akü gruplarını şarj edebilir. Verimleri maksimum güç noktası izleyicilere (MPPT) göre düşüktür.

3.2.2.2. Maksimum Güç Noktası İzleyicili (MPPT) Şarj Regülatörleri

Profesyonel şarj denetleyiciler MPPT tekniğine göre çalışır. MPPT şarj regülatörleri gerilim aralıklarında %98 verimlerde çalışmaktadır. Akü özelliklerine göre en uygun şekilde şarj sağladığı için akü ömürlerini %50 uzatmaktadır. Bu nedenle sistem ömrü uzadığından sistem maliyeti de düşmektedir.

3.2.3. İnverter

İnverterler DC üreten güneş enerjisi kaynaklarını AC'ye çeviren, sistemin kalbi niteliğinde ürünlerdir.

3.2.3.1. Şebekeye Bağlı (On-Grid) İnverterler

Güneş panelinden gelen DC gerilimi AC gerilime çevirerek AC kullanıma uygun hale getirebilen ve AC'ye çevirmiş olduğu fazla elektrik enerjisini şebekeye verebilen inverter tipidir.

3.2.3.2. Şebekeden Bağımsız (Off_Grid) İnverterler

Güneş panelinden gelen DC güç ile şarj edilen akülerden aldığı DC gerilimi AC gerilime çeviren inverterlere denir.

3.2.4. Aküler

Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, istenildiğinde bunu elektrik enerjisi olarak veren cihazlardır. Güneş enerjisi ile üretilen enerjinin depolanmasında kullanılan temel aküler; OPzS aküler, Jel aküler ve Kuru akülerdir (Kıyançiçek, 2010).

3.2.4.1. OPzS Akü

Az bakımlı, tüplü sabit tesis (OPzS) akümülatörleri, sistemlere kesintisiz enerji kaynağı olarak bağlanmak üzere üretilmiş sabit tesis akülerdir. Minimum bakım gerektirir ve düşük enerji maliyetlidir. Temel özelliği olan düşük antimonlu kurşun alaşımı, kendi kendine deşarjını azaltarak su kaybı oranını büyük ölçüde düşürür. Aktif maddeyi tutuşu ve şarj-deşarj kabiliyeti aynı seviyededir.

3.2.4.2. Jel Aküler

Jel akü modelleri; soğuk ortam sıcaklıklarında daha uzun kullanım ömrü ve daha iyi performans sağlayan silikon jel teknolojisi ile üretilmektedir. Jel akü modelleri özel seperatör ile donatılmış olup, tam kapalı bakım gerektirmeyen akülerdir. Jel akülerin derin deşarj döngüsü Absorbed Glass Matt (AGM) aküleri ile kıyaslandığında %50 daha fazladır. Yüksek güvenilirlik ve kaliteye sahiptir.

3.2.4.3. Kuru Aküler

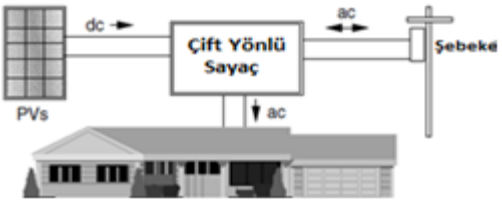
Tamamıyla kapalı, bakım gerektirmeyen tipte akülerdir. Çok geniş bir ısı yelpazesinde çalışılabilir. Emniyet valflarıyla teçhiz edilmiştir. Uzun ömürlü, sağlam ve uygun dizayn yapısına sahiptir. Yatay, dikey ya da herhangi bir pozisyonda çalışabilir. Ters çevrilse bile asit sızdırmaz.

3.3. Fotovoltaik Sistem Modelleri

Fotovoltaik sistemler kullanım amaçlarına göre kurulum farklılığı göstermektedirler. Bu farklılıktan yola çıkarak; şebekeye bağlı (On-Grid) ve şebekeden bağımsız (Off-Grid) olarak 2 temel başlık altında incelemek mümkündür.

3.3.1. Şebekeye Bağlı (On-Grid) Sistemler

Ana elektrik şebekesine bağlı olan sistemlerin genel adıdır. Dünyadaki kullanımı yaygın olmasına rağmen ülkemizde yeni yapılan düzenlemelerle kullanıma teşvik edilen bir sistem türüdür. Çift yönlü sayaç veya çift sayaç kullanılarak, aküye gerek kalmadan şebeke ile karşılıklı elektrik alışveriş imkanı vardır.



Şekil 3.3. On-grid sistem modeli

Sistem; Şekil 3.3'de görüldüğü gibi, üretilen elektriğin fazlasını şebekeye satma ve üretilen elektrik ihtiyacı karşılamadığında ya da üretim durduğunda, şebekeden elektrik temini şeklinde çalışmaktadır. Bu şekilde akü ve şarj kontrol masraflarından tasarruf yapılmakla birlikte üretilen fazlalığın da değerlendirilmesi büyük oranda tasarruf sağlamaktadır. On-grid sistem modeline istenildiği takdirde akü ilave edilerek şebekede oluşabilecek herhangi bir elektrik kesintisi anında ihtiyaç buradan karşılanıp enerji temini sürekli hale getirilebilir.

3.3.1.1. Şebeke İçi Kullanım Sistemleri

Güneş panelleri ile elde edilen DC enerji, inverter aracılığı ile şebeke elektriğiyle aynı özelliklerde AC enerjiye dönüştürülür. Üretilen enerji depolanmadan anlık ihtiyacın karşılanmasında kullanılır. Üretimin durduğu zamanlarda ise şebekeden faydalanılır.

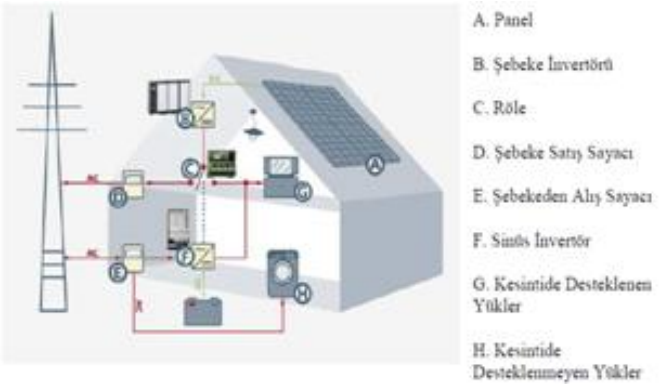


Şekil 3.4. Şebeke içi kullanım modeli

Şekil 3.4'de modellenmiş olan bu sistem, herhangi bir yasal düzenlemeye ihtiyaç duymadan kullanılabilmektedir (Roger, 2004).

3.3.1.2. Şebeke İçi Satışlı Sistemleri

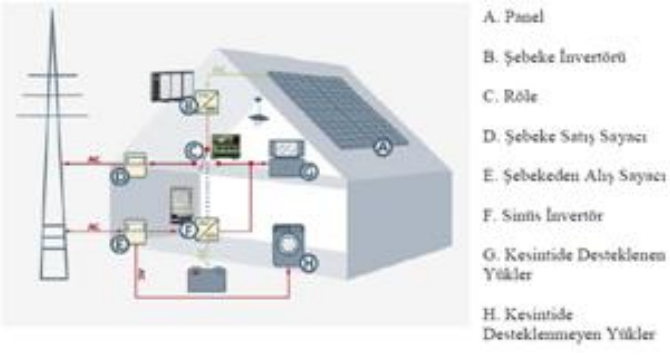
Panel aracılığıyla güneş enerjisinden elde edilen DC enerji, inverter sayesinde şebeke elektriğiyle aynı özelliklerde AC enerjiye dönüştürülür. Üretilen enerji direkt olarak sayaçtan geçirilerek şebekeye aktarılır. Evin ihtiyacı olan enerjinin tamamı mevcut sistemlerdeki gibi şebekeden alınmaya devam eder (Şekil 3.5). Yasal düzenlemelerin gerektiği bu uygulamada sistem sahibi üretilen enerji miktarına göre gelir elde etmektedir.



Şekil 3.5. Şebeke içi satışlı sistem modeli

3.3.1.3. Şebeke İçi Satışlı – Akülü Sistemler

Panel aracılığıyla güneş enerjisinden elde edilen DC enerji regülatör aracılığıyla akü şarjı için kullanılır, akü dolduğunda, inverter aracılığı ile şebeke elektriğiyle aynı özelliklerde alternatif akıma dönüştürülür. Üretilen enerji sayaçtan geçirilip şebekeye aktarılır. Güneş olmasa dahi aküler istenildiği zaman şebeke gerilimi ile de şarj edilebilir.



Şekil 3.6. Şebeke içi satışlı-akülü sistem modeli

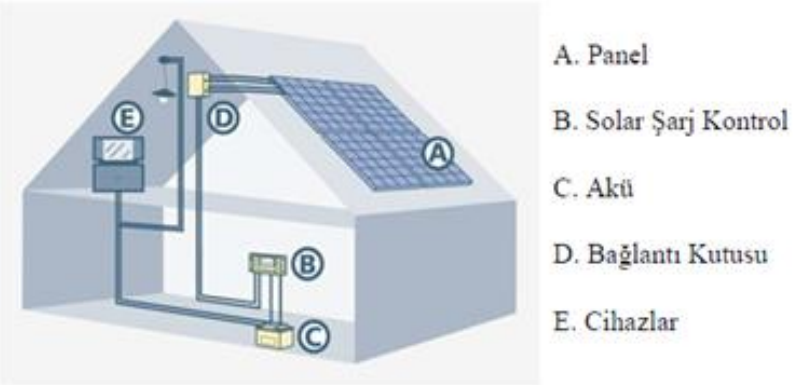
Bu şekilde, üretilen enerji şebekeye aktarılarak sistem sahibi gelir elde ederken, şebeke elektriğinin kesildiği durumlarda evde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi akülerden karşılanabilmektedir (Şekil 3.6).

3.3.2. Şebekeden Bağımsız (Off-Grid) Sistemler

Bu tip sistemlerde üretilen enerji, akü gruplarında depo edilmekte ve bu depo edilen enerji inverterler vasıtasıyla şebeke gerilimine dönüştürülmektedir (Roger, 2004).

3.3.2.1. Sadece DC Yük İhtiyacı Duyulan Bağımsız Sistemler (Stand-Alone)

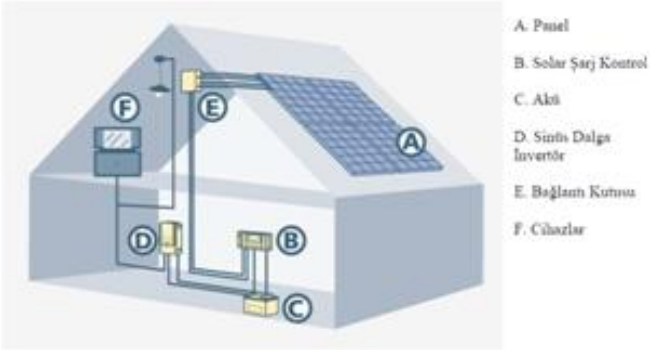
Şekil 3.7'de sistem bağlantısı bulunan bu model, elektrik enerjisi ihtiyacının genelini DC yüklerin oluşturduğu sistemlerdir. Gerilim değeri genelde 12V ya da 24V DC'dir. Elektrik şebekesinin bulunmadığı dağ evi, tekneler, karavanlar, çadırlar vb. yerlerde daha çok tercih edilirler.



Şekil 3.7. DC Stand Alone sistem modeli

3.3.2.2. AC ve DC Yük İhtiyacı Bulunan Şebekeden Uzak Sistemler

Güneş panelleri aracılığıyla güneş enerjisinden elde edilen doğru akım, öncelikle regülatör aracılığıyla akü şarjı için kullanılır. Depolanan enerji inverter aracılığıyla şebeke elektriği özelliklerine uygun olarak alternatif akıma dönüştürülür (Şekil 3.8). Gündüz üretilen ve depolanan enerji, güneş olmadığı zamanlardaki elektrik ihtiyacının akülere depolanan elektrik enerjisi ile giderilmesini sağlar.



Şekil 3.8. AC/DC Stand Alone sistem modeli

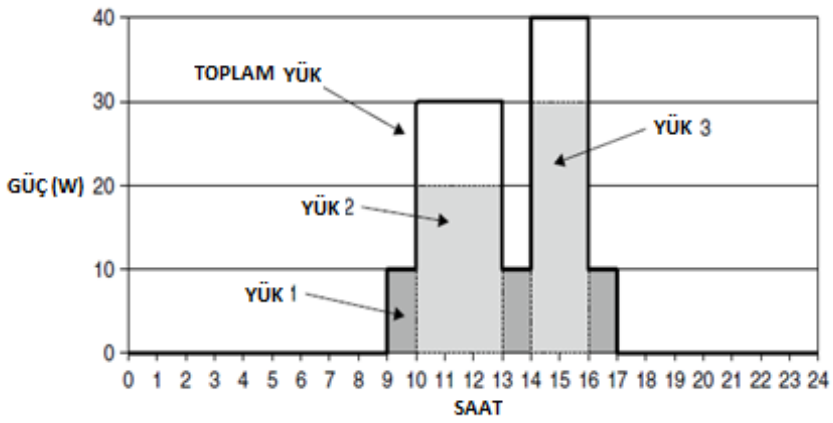
3.4. Fotovoltaik Sistem Hesaplamaları

Fotovoltaik sistem modellerinin tasarımında, kurulacak sistemin ihtiyacının tam olarak karşılanması ve fazla maliyetten kaçınmak büyük öneme sahiptir. Bu amaçla çeşitli hesaplamalar yapılmakta, sistem verimini en üst seviyede tutacak eleman değerleri ve sistem modeli belirlenmekte, ihtiyaç fazlası kapasite artırımından ise kaçınılmaktadır. Bu hesaplamalar; yük, üretim miktarı, batarya kapasitesi hesaplamaları başlıkları altında incelenecektir.

3.4.1. Yük Hesaplamaları

Sistem tasarımının ilk basamağı, ihtiyaç duyulan güç miktarı ve türünün belirlenmesidir.

Günlük Toplam Enerji İhtiyaç Miktarı = (Yük gücü (W)) X (Kullanım Süresi(saat)) (3.1)



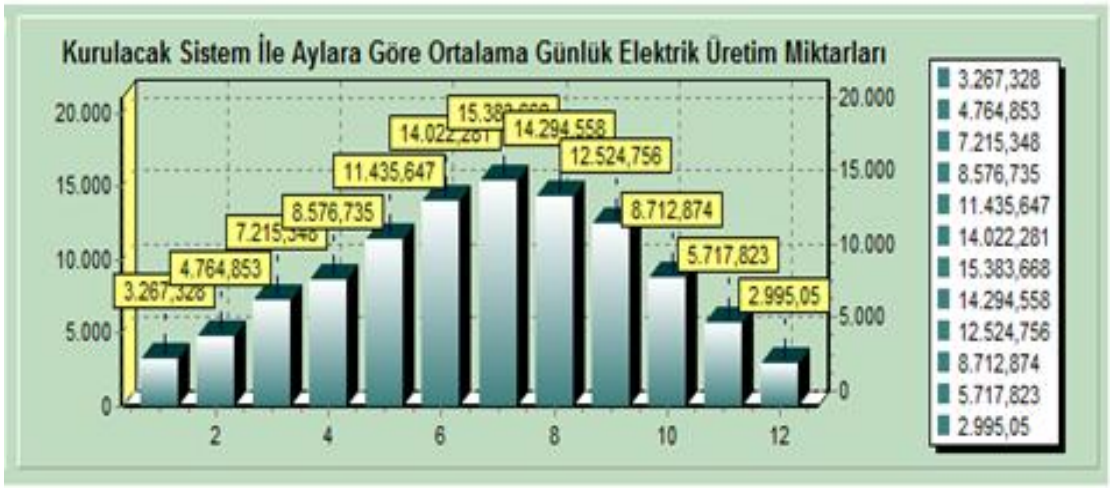
Şekil 3.9. Toplam güç ve anlık maksimum güç grafiği

Panelden elde edilecek elektrik enerjisinin hangi amaçla nerede, hangi değerde ve formda (AC/DC) kullanılacağının belirlenmesinin akabinde, denklem (3.1)'de görüldüğü gibi elektrikli aletlerin saat cinsinden ortalama çalışma süreleri ve güçlerinin çarpımları toplanarak günlük toplam ihtiyaç bulunur (Gilbert, 2004).

Bunun yanında da aynı anda devreye konulabilecek cihazlar Şekil 3.9'da örnek yüklenme miktarları ve zamanlarını gösteren grafikteki gibi çalışma saatleri ve güç miktarları göz önüne alınarak anlık maksimum ihtiyaç değerleri hesaplanmaktadır.

3.4.2. Üretim Miktarı Hesaplamaları

Üretim kapasitesi; panel verimi, panel alanı ve güneşlenme miktarı ile doğrudan bağlantılıdır. Sistemin güç ihtiyacı belirlendikten sonra kurulacağı yer ve kullanılacak panel özellikleri doğrultusunda üretim kapasitesi hesaplanmakta, tasarımda öncelik var ise (panel sayısı, montaj yüzeyi, ihtiyaç fazlası üretim vs.) bu durumlar göz önüne alınarak üretim miktarı ile ihtiyaç miktarlarının birbirini karşılaması sağlanmaktadır.



Şekil 3.10. Aylara göre örnek elektrik üretim miktar grafiği

Üretim hesabı, panel çıkışının en kötü şartlarda bile ihtiyaç miktarından düşük değerde olmaması için, sistemin kurulacağı yerin yıl boyunca en düşük güneşlenme miktarı alınarak yapılmaktadır. Bu nedenle, Şekil 3.10'da görüldüğü gibi üretim her zaman ihtiyacın üzerindedir (Gilbert, 2004).

Panel çıkışı, yani üretim miktarının genel denklemi, denklem (3.2)'de verilmiştir.

$$\mathbf{E_{PV} = A\acute{\eta}_e G_t} \quad (3.2)$$

$\mathbf{E_{PV}}$: PV çıkış gücü (W)

$\mathbf{A}$: PV yüzey alanı (m^2)

$\mathbf{\acute{\eta}_e}$: Panel verimi

$\mathbf{G_t}$: Aylık ortalama güneşlenme miktarı (W-saat)

İnverter bulunan şebekeye bağlı sistemlerin üretim kapasitesi hesaplanmasında inverter verimi, şebeke kayıpları ve dağıtım kayıpları da göz önünde bulundurularak (3.2) genel denklemi aşağıdaki şekli almaktadır;

$$\mathbf{E_{grid} = E_A \acute{\eta}_{inv}} \quad (3.3)$$

$$\mathbf{E_d = E_{grid} \acute{\eta}_{abs} \acute{\eta}_{dist}} \quad (3.4)$$

$\mathbf{E_{grid}}$: İnverter çıkış gücü (W)

$\mathbf{E_d}$: Şebeke giriş gücü (W)

$\mathbf{\acute{\eta}_{abs}}$: Şebeke kayıp oran

$\mathbf{\acute{\eta}_{dist}}$: Dağıtım kayıp oranı

$\mathbf{\acute{\eta}_{inv}}$: İnverter verimi

Bağımsız sistemlerde ise bataryalardan dolayı meydana gelen kayıplar göz önüne alındığında üretim miktarlarının denklemleri;

Yalnızca DC üreten bağımsız sistemler:

$$\mathbf{E_{d,dc,bat} = E_A \acute{\eta}_{bat} \acute{\eta}_{dist}} \quad (3.5)$$

Yalnızca AC üreten bağımsız sistemler:

$$\mathbf{E_{d,ac} = E_A \acute{\eta}_{inv} \acute{\eta}_{dist}} \quad (3.6)$$

Batarya kullanan AC sistemler :

$$\mathbf{E_{d,ac,bat} = E_A \acute{\eta}_{bat} \acute{\eta}_{inv} \acute{\eta}_{dist}} \quad (3.7)$$

şeklinde çıkartılmaktadır.

3.4.3. Batarya Kapasite Hesaplamaları

Depolama ünitesi kullanan sistemlerde depolama kapasitesi, sistemin günlük ihtiyacı ve bağımsız olarak kaç gün yetecek bir depolama istendiğine bağlıdır (Gilbert, 2004).

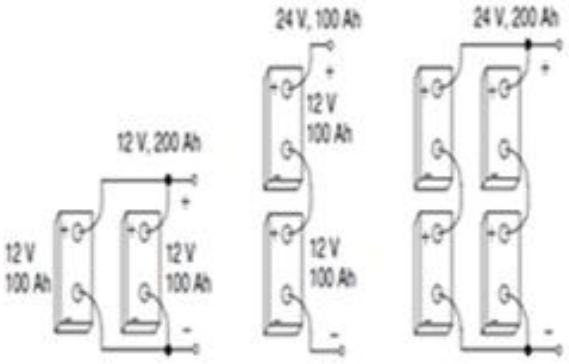
$$\mathbf{C_S = \frac{C}{L}} \quad (3.8)$$

$\mathbf{C_S}$: Batarya depolama kapasitesi (Gün)

C : Batarya enerji kapasitesi (Wh)

L : Günlük enerji ihtiyaç miktarı (Wh)

Bunun yanında batarya iç direncinden dolayı oluşan kayıpların da göz önüne alınması gerekmektedir. Ayrıca depo edilen enerjinin istenilen akım ve gerilim değerlerinde olması için bataryaların montaj şekli önemlidir.



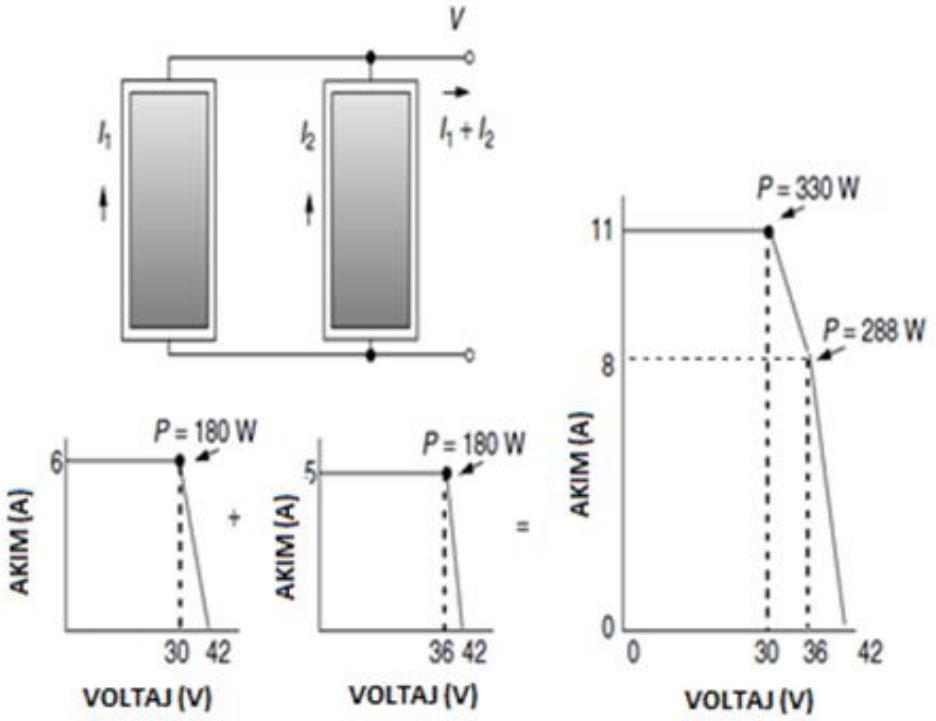
Şekil 3.11. Batarya bağlantıları ve etkileri

Şekil 3.11'de görüldüğü gibi istenilen akım değerini elde etmek için paralel bağlantı, istenilen gerilim değerini elde etmek için ise seri bağlantı yapılmalıdır.

3.4.4. Fotovoltaik Sistem Elemanları Uyum Kriterleri

Tasarımı yapılacak olan sistemde bir araya getirilen elemanlar çeşitli karakteristik özelliklere sahiptir. Bu özellikler göz ardı edilerek yapılacak olan modellemelerde gerek verim düşüklüğü gerekse fiziksel hasara yol açması kaçınılmazdır. Bu sebeple aşağıda bahsettiğimiz ve malzeme seçimi aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar meydana gelmiştir;

1) Elektrik üretim ihtiyacı tek panel tarafından karşılanamıyorsa dizi oluşturma gereği doğacaktır. Dizi oluşturulacak panellerin ise aynı model panellerden yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.12. Farklı panellerden oluşturulan örnek bir dizinin akım-gerilim grafiği

Şekil 3.12'de görüldüğü üzere farklı karakteristiklerdeki panellerden oluşturulan dizilerde dizilerin I-V grafikleri düzgün bir değişim göstermemekte, bu da sistem takibi ve doğrusallığını olumsuz etkilemektedir.

2) Elektriksel bağlantı yapılacak olan PV sistem elemanlarının (PV panel, inverter, şarj kontrol ünitesi, jeneratör) çıkış ve girişlerinin minimum-maksimum akım

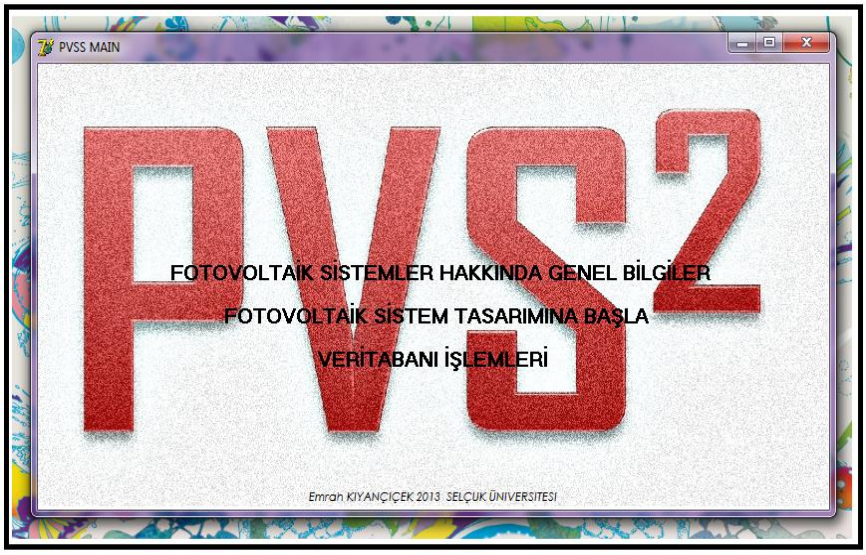
ve gerilim değerlerine dikkat edilmelidir. Aksi takdirde hem sistem bileşenleri hem de sistemden beslenen elektrikli aletler zarar görebilmektedirler.

3) Üretim kapasitesi hesabı, daha önce de belirtildiği gibi, sistemin kurulacağı yerin yıl içindeki en düşük güneşlenme değeri esas alınarak yapılmalıdır. Bu sayede hem olumsuz hava şartlarından doğacak enerji üretim düşüklüğü bir miktar engellenmiş olacak hem de sistemden enerji ihtiyacını karşılayan yüklerdeki beklenmeyen anlık artışlardan doğacak olan aşırı yüklenmelere karşı sistem hazırlıklı olacaktır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. PVS^2

Fotovoltaik sistem boyutlandırma işleminin İngilizce yazılışı olan "Photovoltaic System Sizing" den esinlenerek PVS^2 adını verdiğimiz program, ilgili butonlar ve bilgi giriş pencereleri kullanılarak çeşitli bilgi temini ve hesaplamaları sağlayan 3 temel formdan oluşmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. PVS^2 Ana sayfa görüntüsü

4.1.1. Tezde Kullanılan Yazılım Araçları

Yapmış olduğumuz çalışmada, fotovoltaik sistem hesaplamalarına görsellik kazandırılarak, kolay anlaşılır hale getirilmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, görsel ara yüz tasarımını oluşturmak için Delphi 7 programı, veri tabanı olarak malzeme bilgilerini saklamak için ise Microsoft Office Excel 2007 programından faydalanarak, PVS^2 adını verdiğimiz program tasarlanmıştır.

4.1.1.1. Delphi 7

Temeli Pascal'a dayalı olan Delphi programlama dilini, özellikle nesne yönelimli programlama anlayışı ile yapılandırılmış Turbo Pascal dilinin görsel sürümü olarak tanımlamak mümkündür.

Borland firması tarafından geliştirilen Delphi'nin sadece 16 Bit uygulamalar için kaynak kodları içeren ve bileşenleri son derece kısıtlı olan ilk sürümü 14 Şubat 1995'de satışa sunulmuş, o günden bu yana birçok sürümü üretilmiştir.

Win32 ve .NET platformları üzerinde de yazılım geliştirmeye olanak sağlayan Delphi'nin, GNU/Linux platformu üzerinde geliştirme imkanı sağlayan Kylix isimli bir sürümü de bulunmaktadır.

Oldukça zengin bir kütüphaneye sahip olan Delphi programlama dili, en az Visual Basic kadar kolay bir kullanıma sahip olması nedeniyle pratik ve güçlü sonuçlar elde etmek isteyen kullanıcıların tercihi olmuştur (Anonim, 2013).

4.1.1.2. Microsoft Office Excel 2007

Excel, tablo oluşturmamızı, verileri hesaplamamızı ve çözümlememizi sağlayan bir yazılımdır. Bu türden yazılımlara elektronik tablo yazılımları adı verilir. Excel, girdiğiniz sayısal değerleri otomatik olarak toplayan tablolar oluşturmamızı, temiz düzenlerde tabloların çıkışını almamızı ve basit grafikler oluşturmamızı sağlar.

Excel ürünü belge, elektronik tablo, sunu oluşturma ve e-posta yönetme için farklı türden yazılımların birleştirildiği "Office" ürün paketinin bir parçasıdır.

Her ne kadar Excel bir elektronik tablo yazılımı olsa da, çok sayıda tablo düzen özelliğine sahip olduğundan ve yazdırma tek sayfayla sınırlandırılabildiğinden bunu belge oluşturma yazılımı olarak kullananlar da vardır. Diğer taraftan, Excel'de Word'ün gelişmiş metin biçimlendirme ve karakter düzeni özellikleri yoktur. (Anonim, 2013).

4.2. PVS^2 Formlarına Genel Bakış

4.2.1. Ana Sayfa

PVS^2 ana sayfasında, Şekil 4.2'de verilen algoritmaya göre;

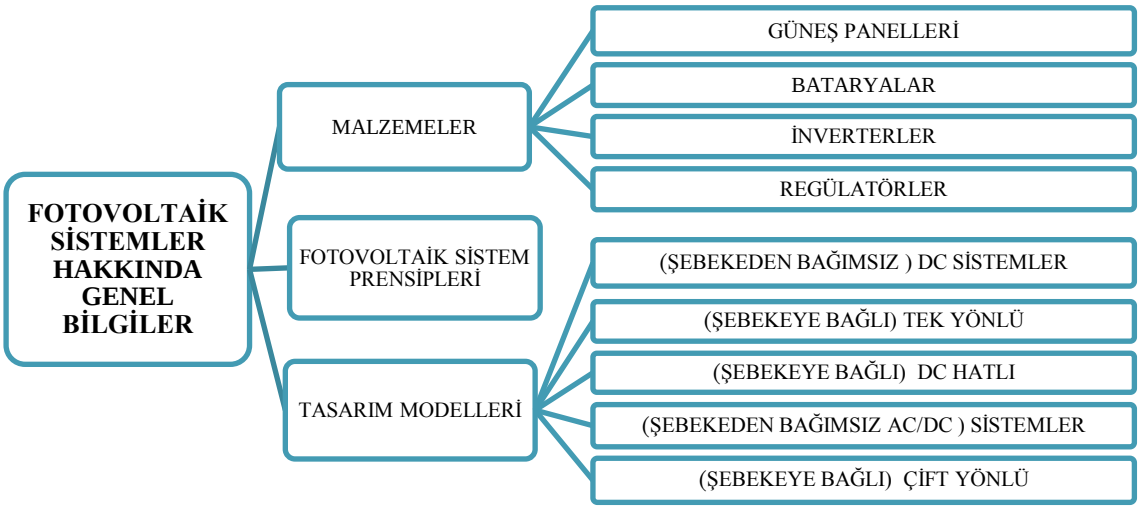


Şekil 4.2. PVS^2 Ana menü algoritması

* Genel teorik bilgileri içeren: Fotovoltaik Sistemler Hakkında Genel Bilgiler,
* Fotovoltaik sistem tasarımı yapılabilen : Fotovoltaik Sistem Tasarımına Başla
* Malzeme karakteristiklerine ulaşmak için : Veri Tabanı İşlemleri olarak adlandırılmış butonlar kullanarak, bu 3 seçenek içinden istenilen amaca yönelik detaylı formlara ulaşım sağlanmaktadır.

4.2.2. Fotovoltaik Sistemler Hakkında Genel Bilgiler Formu

Kullanıcıya fotovoltaik sistemler hakkında genel bilgiler vererek sistem içerisinde kullanılabilecek malzemelerin çalışma prensipleri, çeşitleri, özellikleri hakkında fikir sahibi yapmaya çalışmanın amaçlandığı bu menüde, aynı zamanda tasarım modelleri hakkında da bilgiler bulunmakta, ihtiyacın ne tür bir tasarımla karşılanabileceği ile ilgili veriler kullanıcıya sunulmaktadır.



Şekil 4.3. Fotovoltaik sistemler hakkında genel bilgiler menüsü sayfa akış algoritması

Şekil 4.3'de algoritması verilen bu formda içerik, 3 temel başlık altında toplanmış, butonlar vasıtasıyla mevcut formun, önceki ünitelerde anlatılan teorik bilgilere paralel içeriğe sahip hale gelmesi ve bu bilgileri kullanıcıya aktarması sağlanmıştır. Gerek duyulan bilgiler alındıktan sonra Şekil 4.4'de de görüldüğü gibi formun alt orta kısmında bulunan "Ana Sayfa" butonunu kullanarak ana menüye dönüş yapılabilir.

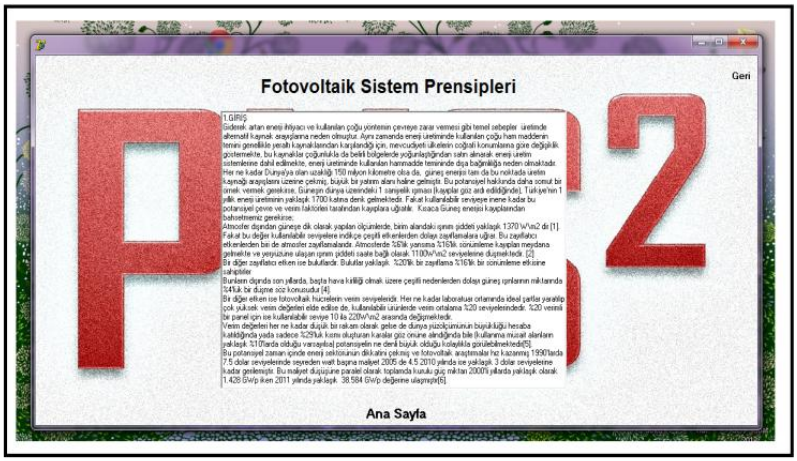


Şekil 4.4. " Fotovoltaik Sistemler Hakkında Genel Bilgiler " başlığı ana menü görüntüsü

Seçilecek alt menülerden, formun sağ üst kısmında bulunan "Geri" butonu kullanılarak "Fotovoltaik Sistemler Hakkında Genel Bilgiler" başlığı ana menüsüne dönüş yapmak mümkündür. Bu sayede menüler arası geçişe çift yönlü bir akış kazandırılarak programın kullanım kolaylığı arttırılmıştır.

4.2.2.1. Fotovoltaik Sistem Prensipleri Formu

Fotovoltaik Sistem Prensipleri butonu kullanılarak çağırılan Şekil 4.5'deki form modeli ile fotovoltaik sistemlerin kuruluşundan potansiyeline, çalışma prensiplerinden gelişim süreçlerine kadar çeşitli konularda her düzeyde kullanıcıya hitap edebilecek bilgiler içeren sayfa görüntülenmektedir.



Şekil 4.5. " Fotovoltaik Sistem Prensipleri " menü görüntüsü

4.2.2.2. Malzemeler Formu

Malzemeler butonu kullanılarak çağırılan Şekil 4.6'da görülen form modeli ile, tam bir güneş enerjisi sisteminin kurulması için gerekli ekipmanlar, ekipman modelleri, örnek resimler ve çalışma prensipleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.



Şekil 4.6. " Malzemeler " menü görüntüsü

Kullanıcı, Şekil 4.7 örneğinde olduğu gibi, bilgi alınmak istenilen malzemelerin butonları vasıtası ile ilgili bilgi ve görüntülere ulaşabilmektedir.



Şekil 4.7. " Bataryalar " menü görüntüsü

4.2.2.3. Tasarım Modelleri



Şekil 4.8. " Tasarım Modelleri " menü görüntüsü

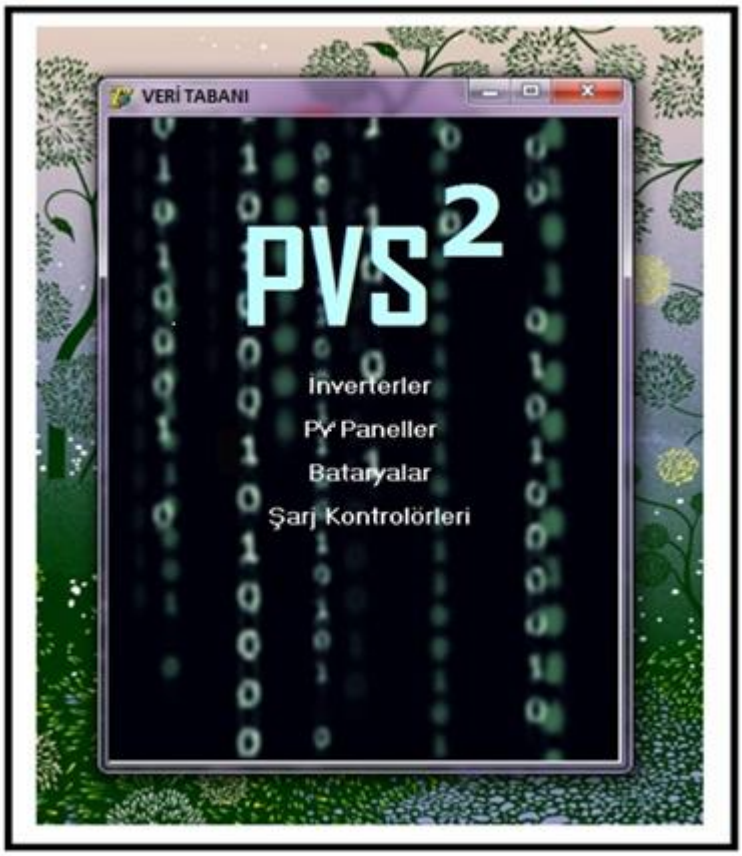
Şekil 4.8'de görülen ve "Tasarım Modelleri" butonu ile çağırılan form modelinde ise, en yaygın kullanıma sahip güneş enerjisi tasarım başlıklarıyla, Şekil 4.9'da görülen ilgili modelleri meydana getiren elemanlar, sistemlerin ne tür ihtiyaçlara hitap ettiği ve montaj şekilleri hakkında görsel dokümanlar ile birlikte çeşitli bilgiler içeren metinlerden meydana gelen, alt form modelinden oluşmaktadır.



Şekil 4.9. " Bağımsız Sistemler " menü görüntüsü

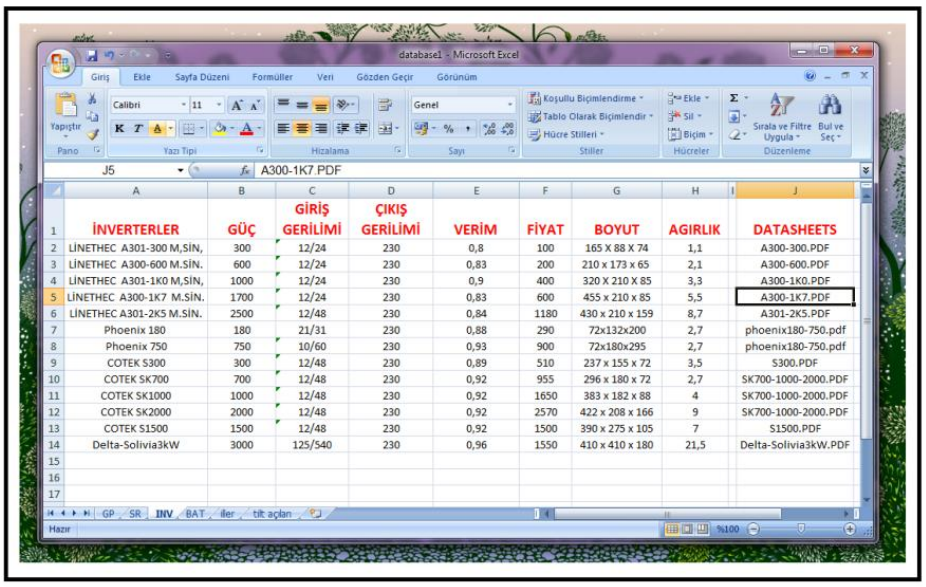
4.2.3. Veri Tabanı İşlemleri

PVS^2 programı içeriğinde, tasarım aşamasında kullanıcıya sunulan ekipman seçeneklerine ait çeşitli karakteristik bilgilerin bulunduğu bir veri tabanı oluşturma gereksinimi duyulmuş, bu ihtiyaç Microsoft Office 2007 Excel'de oluşturulan tablolar ve sayfalar aracılığı ile içerisinden otomatik yada manuel bilgi çekilebilecek şekilde bir veri tabanı hazırlanmıştır. Bu veritabanı, sütun ve sayfaların ana dizilişleri değiştirilmemek suretiyle eklenecek yeni malzeme çeşitleri ve bilgiler doğrultusunda genişletilebilmekte, yeni eklenen bilgiler program içinden çağırılarak kullanılabilmektedir.



Şekil 4.10. " Veri Tabanı " menü görüntüsü

PVS^2 programı ana menüsünden "Veri Tabanı İşlemleri butonu aracılığıyla girilen menüde Şekil 4.10'da görüldüğü gibi 4 ana başlık bulunmakta, bilgi girişi-çıkışı yapılmak istenilen malzeme adı seçilerek Şekil 4.11'de görülen Excel sayfası açılmaktadır.



	A	B	C	D	E	F	G	H	J
1	İNVERTERLER	GÜÇ	GİRİŞ GERİLİMİ	ÇIKIŞ GERİLİMİ	VERİM	FİYAT	BOYUT	AGIRLIK	DATASHEETS
2	LİNETHEC A301-300 M,SİN,	300	12/24	230	0,8	100	165 X 88 X 74	1,1	A300-300.PDF
3	LİNETHEC A300-600 M.SİN.	600	12/24	230	0,83	200	210 x 173 x 65	2,1	A300-600.PDF
4	LİNETHEC A301-1K0 M,SİN,	1000	12/24	230	0,9	400	320 X 210 X 85	3,3	A300-1K0.PDF
5	LİNETHEC A300-1K7 M.SİN.	1700	12/24	230	0,83	600	455 x 210 x 85	5,5	A300-1K7.PDF
6	LİNETHEC A301-2K5 M.SİN.	2500	12/48	230	0,84	1180	430 x 210 x 159	8,7	A301-2K5.PDF
7	Phoenix 180	180	21/31	230	0,88	290	72x132x200	2,7	phoenix180-750.pdf
8	Phoenix 750	750	10/60	230	0,93	900	72x180x295	2,7	phoenix180-750.pdf
9	COTEK S300	300	12/48	230	0,89	510	237 x 155 x 72	3,5	S300.PDF
10	COTEK SK700	700	12/48	230	0,92	955	296 x 180 x 72	2,7	SK700-1000-2000.PDF
11	COTEK SK1000	1000	12/48	230	0,92	1650	383 x 182 x 88	4	SK700-1000-2000.PDF
12	COTEK SK2000	2000	12/48	230	0,92	2570	422 x 208 x 166	9	SK700-1000-2000.PDF
13	COTEK S1500	1500	12/48	230	0,92	1500	390 x 275 x 105	7	S1500.PDF
14	Delta-Solivia3kW	3000	125/540	230	0,96	1550	410 x 410 x 180	21,5	Delta-Solivia3kW.PDF

Şekil 4.11. Örnek Veri Tabanı Görüntüsü

Her malzeme farklı karakteristik özellik ve çalışma prensibine sahip olduğundan dolayı, farklı sütunlarla çeşitli karakteristik değerler sınıflandırılmış, program içerisinde kullanılmak istendiği zaman ise ilgili malzemenin bilgileri bu sütunlar gözetilerek hesaplama ve tasarımlara dahil edilmiştir.

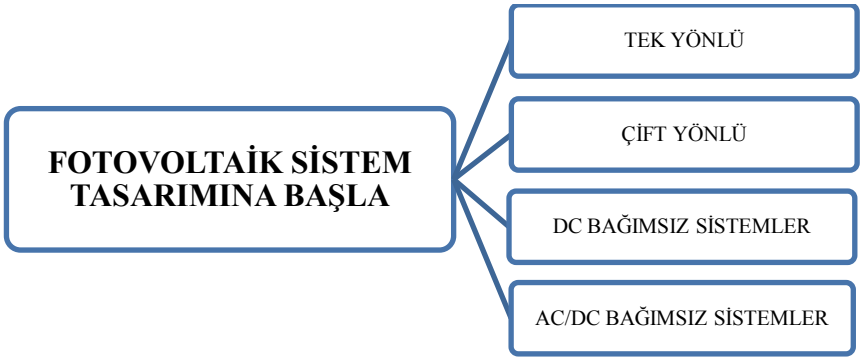
İlk etapta oluşturulan veri tabanı, seçiciye çeşitlilik oluşturacak şekilde farklı özelliklere sahip 16 adet güneş paneli, 14 adet şarj regülatörü, 14 adet inverter ve 10 adet batarya ve bu malzemelere ait teknik bilgiler eklenmiştir.

Ayrıca tasarım sayfası içerisinde, kullanılmak istenilen malzemelerin tabloda yer almayıp da kataloglarında bulunabilen çeşitli bilgilere ulaşmak istenmesi durumlarında kullanılmak için daha önceden " C:\program files\delphi1\dat\datasheet " uzantısındaki klasöre kaydedilmiş katalogların dosya adları, tüm Excel sayfalarında "J" sütununa konulmuş olan dosya adları sütununa kaydedilerek seçilen malzemeye göre veri tabanında belirtilen PDF formatındaki belge otomatik olarak açılabilir. Böylece kullanılmak istenilen malzeme ile ilgili daha ayrıntılı üretici ve karakteristik bilgilerine ulaşılabilir.

4.2.4. Fotovoltaik Sistem Tasarımına Başla Formu

PVS^2 programının tâli özelliklerinin dışında aslî tasarlanma amacı olan bu form, kullanıcının talepleri doğrultusunda ihtiyacı karşılamak amacıyla çeşitli algoritmalar ile

tasarım formu ve hesaplama işlemlerini şekillendirmekte, ihtiyaç duyulan modeli optimum verim ve düşük maliyetle hesaplamakta, aynı zamanda, tasarım aşamasında çeşitli çevre faktörlerini de hesaba katarak, sistemin yıl boyu ihtiyacı karşılayacak şekilde çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.12. Fotovoltaik Sistem Tasarımına Başla Menüsü Sayfa Akış algoritması

Toplamda en yaygın kullanılan 4 tasarım modeli şebeke ile bağlantılarındaki temel farkları üzerinden "Şebekeye Bağlı Sistemler" ve "Şebekeden Bağımsız Sistemler" ana başlıkları üzerinden 2 gruba ayrılmış, seçilen tasarımın karakteristik özelliklerine uygun form şekline yönlendirilen kullanıcı, istediği tasarım modeline göre sınırlandırılarak gereksiz maliyetten uzaklaştırılmıştır (Şekil 4.12).



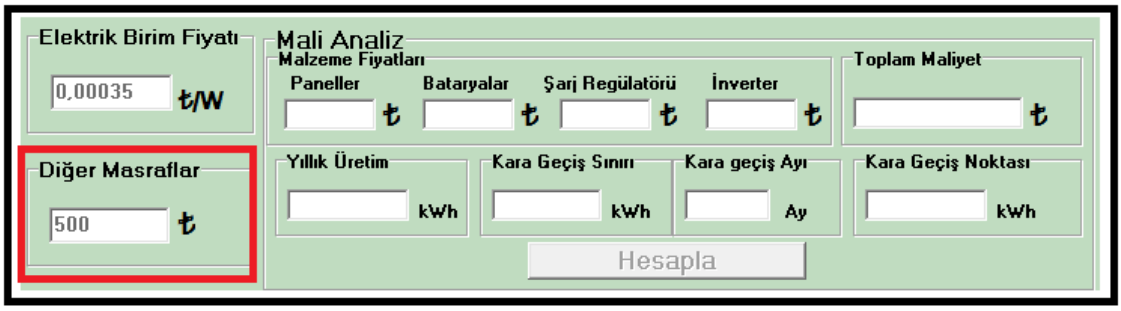
Şekil 4.13. "Fotovoltaik Sistem Tasarımına Başla" Ana menü görüntüsü

Ana menüden "Fotovoltaik Sistem Tasarımına Başla" butonu kullanılarak Şekil 4.13'deki tasarım modelleri seçim menüsüne gidilmektedir. Tasarım Modelleri başlığı

altında modeller hakkında bilgi edinmesi sağlanmış olan kullanıcı, ihtiyacı olan modeli seçerek tasarım işlemine devam etmektedir. Önceki başlıklarda tasarım modelleri hakkında kapsamlı bilgi verildiğinden dolayı bu başlıklarda sadece yapılacak seçimin hesaplamalar ve formlar üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir.

4.2.4.1. Tek Yönlü Tasarım Modeli

Tek yönlü tasarım modeli seçildiğinde, şebekeye herhangi bir elektrik satışı olmadığı için "Diğer Masraflar" penceresindeki montaj, bakım ve çift yönlü sayaç maliyetlerini temsilen toplam maliyete katılacak tutar Şekil 4.14'te kırmızı çerçeve ile işaretlenmiş pencerede görüldüğü gibidir. Burada, çift yönlü sayaç maliyeti ve abonelik masrafları hesaba katılmadan yaklaşık olarak 500₺ alınmakta, bu değer istenildiği takdirde ilgili pencereden değiştirilebilmektedir. Aynı zamanda sistem elemanlarına, bu tasarımda AC elektrik ihtiyacı olduğu için inverter de dahil edilmiştir.

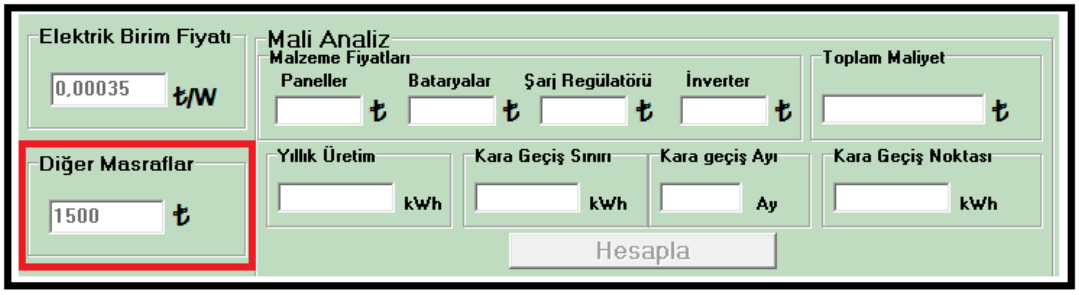


Şekil 4.14. Tek yönlü tasarımda diğer masraflar

Ayrıca uzun vadeli maliyet hesabında, üretilen elektriğin şebekeye satılması için gerekli altyapı bulunmayacağından, ilk maliyetin üretilecek elektrik ile geri kazanılması süreci uzayacaktır.

4.2.4.2. Çift Yönlü Tasarım Modeli

Çift yönlü tasarım modelinde ise tek yönlü tasarımdan farklı olarak şebekeye satış söz konusu olduğundan "Diğer Masraflar" penceresindeki tutar, sayaç ve abonelik ücretlerini temsilen 1000₺ arttırılıp 1500₺ olarak program tarafından otomatik atanacak (Şekil 4.15), yine tek yönlü tasarımda olduğu gibi kullanıcı tarafından istenildiği takdirde değiştirilebilecektir.

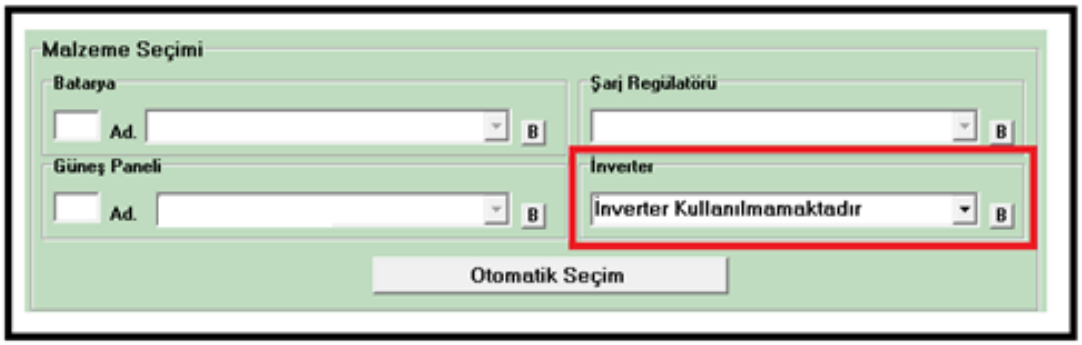


Şekil 4.15. Çift yönlü tasarımda diğer masraflar

Uzun vadeli maliyet hesabında ise ilk maliyetin, tek yönlü tasarıma göre daha yüksek olmasına rağmen şebekeye satış söz konusu olduğundan ilk yatırımın üretimle karşılanması yani "Kâra Geçiş Sınırı" daha kısa süreli olacaktır.

4.2.4.3. DC Bağımsız Sistemler

DC bağımsız sistem modelinde başlığından da anlaşıldığı üzere şebekeden bağımsız bir tasarım söz konusudur. Şebeke ile satış amaçlı bir bağlantı olmadığından ilk maliyette çift yönlü sayaç ücreti diğer masraflara eklenmemektedir. Aynı zamanda Şekil 4.16'da görüldüğü gibi, ihtiyacın yalnızca DC elektrik olmasından dolayı da sistem tasarımında inverter kullanılmamakta bu da ilk maliyeti düşürmektedir.

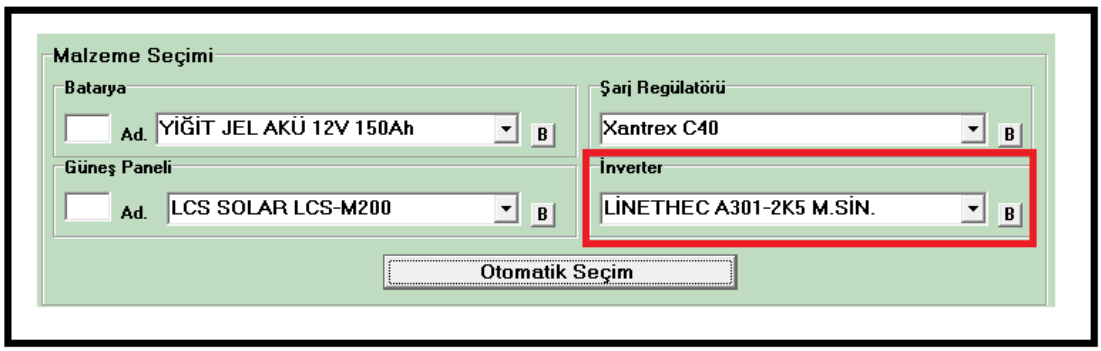


Şekil 4.16. DC Bağımsız Sistemler' de kapalı inverter seçim menü görüntüsü

4.2.4.4. AC/DC Bağımsız Sistemler

Bu bağlantı modelinde de şebeke ile sistem arasında herhangi bir satış söz konusu olmadığından, çift yönlü sayaç ihtiyacı bulunmamaktadır. DC bağımsız

sistemlerden farklı olarak Şekil 4.17'de görüldüğü gibi AC üretim de olacağından dolayı sistem elemanlarına inverter de dahil edilmiş, bu da ilk maliyeti artırmıştır.



Şekil 4.17. AC/DC Bağımsız sistemlerde inverter kullanımı

4.2.5. Tasarım Formu Bölümleri

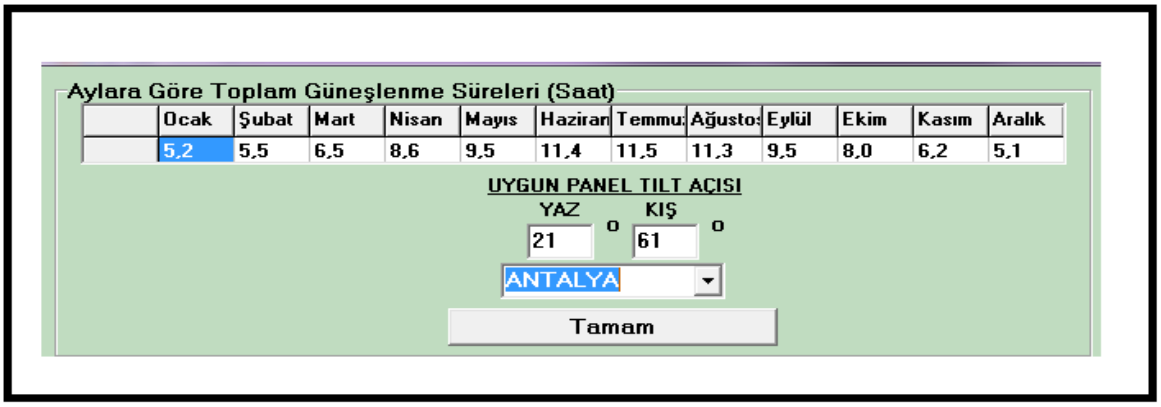
İstenilen sistem modelinin seçilmesi ile ana hatları belirlenmiş olan tasarımın; fiziki ortam bilgileri, ihtiyaç miktarının tespiti ya da hesaplanması, malzeme seçimi, malzeme uyumluluklarının kontrol edilmesi, esneklik katsayısı seçimi, yıllık üretim analizi, mali analiz gibi seçim ve hesaplamalarının tespiti için tasarlanmış olan menüde, oluşturulacak sistemin, en verimli ve gerçeğe en uygun şekilde ihtiyacı karşılaması amaçlanmıştır.

4.2.5.1. Sistemin Kurulacağı Yere Ait Bilgiler

Bilindiği üzere coğrafi konuma göre şehirlerin güneşlenme süreleri ve aldığı güneş enerjisi miktarları değişiklik göstermektedir. Bu değişiklik de yıllık üretim miktarını ve ihtiyacı karşılayacak gücü doğrudan ilgilendirmektedir. PVS^2 programında, sistemin kurulacağı yerin güneşlenme potansiyelini analiz etmek ve hesaplamak adına oluşturulan bu pencerede, ülkemizin her bölgesini temsil edecek şekilde toplamda 10 ilin bilgileri programa dahil edilmiştir.

Şekil 4.18'de görülen pencerede, ilgili combobox içerisindeki illerden istenilen il seçilerek "Tamam" butonuna basıldığında, ilgili şehre ait aylara göre yaklaşık olarak ölçülmüş yıllık güneşlenme süreleri, pencerenin üst kısmındaki tabloda görülecek, aynı değerler ilerideki hesaplamalara dahil edilerek kullanıcının ihtiyacı olan güç miktarı ve

ilgili şehrin güneşlenme potansiyeli göz önünde bulundurularak kurulacak sistemdeki panel sayısı hesaplanacaktır.



Şekil 4.18. Örnek şehir seçimi

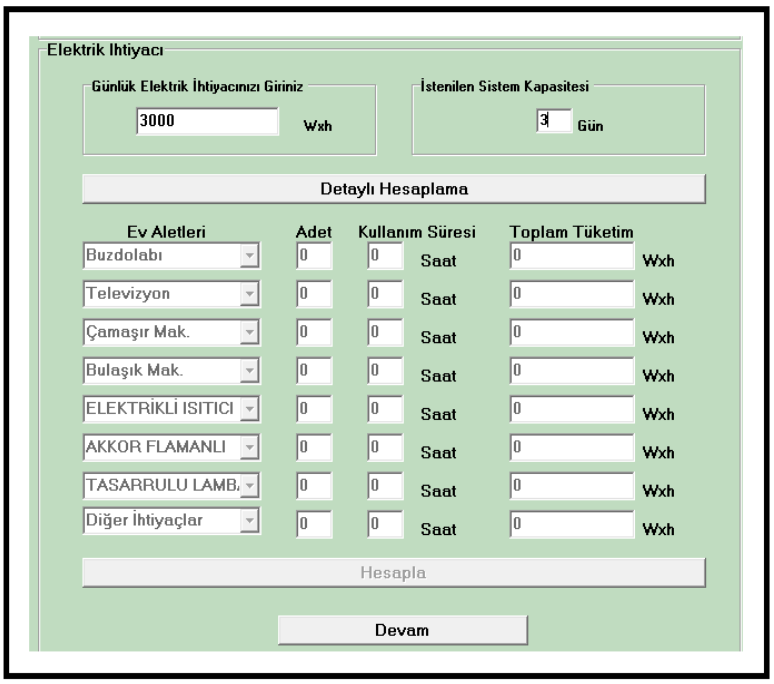
Optimum güneşlenme açıları yaz ve kış dönemlerinde farklılık gösterdiğinden dolayı seçilen ilin yaz ve kış dönemlerine ait panel eğim (tilt) açıları da şehir seçimi yapıldıktan sonra kullanıcıya bildirilmekte, bu şekilde güneş ışınlarından en üst seviyede faydalanması amaçlanmaktadır (MGM, 2013).

4.2.5.2. İhtiyaç Miktarının Belirlenmesi

Sistem tasarımında temel kriter olan ihtiyaç miktarının Watt-saat cinsinden belirtildiği penceredir. Yazılımda, sayfa ilk açıldığı anda ilgili seçenek 3000 Wh olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu değer istenirse ilgili pencere üzerinden istenilen değeri yazmak suretiyle direkt olarak değiştirilebilir.

Bir diğer veri girişi yapılması gereken nokta ise "İstenilen Sistem Kapasitesi" penceresi ile girilmesi istenen, sistemin kendi kendine idame süresidir (otonomi süresi). Bunun anlamı, üretilen enerjinin bataryalara depolanıp tam kapasite dolum olduğu anda kendi kendini ne kadar gün idare edebileceğidir.

Şekil 4.19'da pencerenin alt kısmında bulunan "Devam" butonuna basılarak bir sonraki basamağa geçilir.



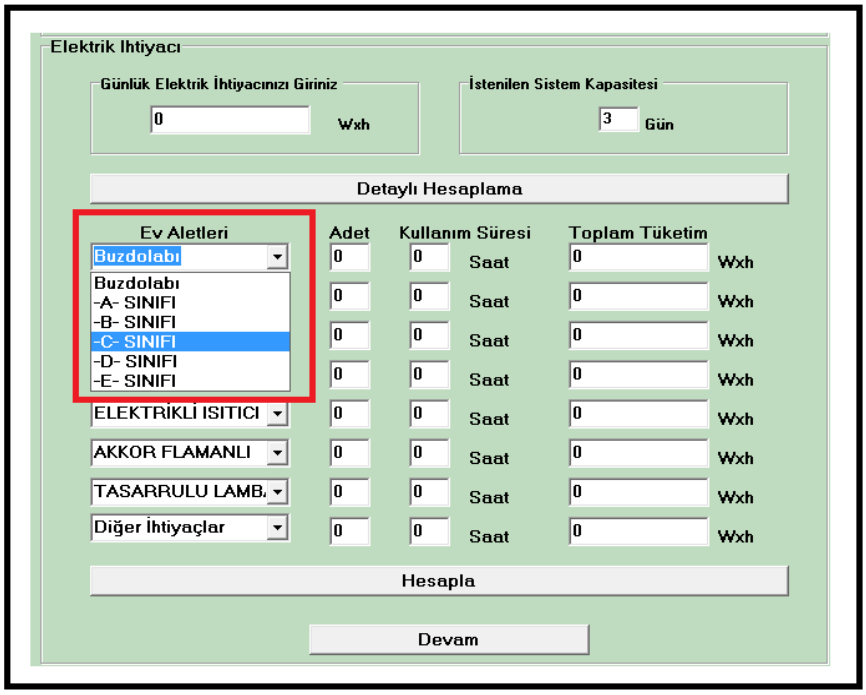
Şekil 4.19. İhtiyaç miktarı penceresi

İhtiyaç miktarı hakkında bir fikrin olmadığı durumlarda, ilgili pencerenin alt kısmında kullanıcıya yardımcı olmak amaçlı bir alt menü oluşturulmuştur. Bu menünün kullanılması için "Detaylı Hesaplama" butonuna basılarak alt seçimlerin aktif hale getirilmesi gerekmektedir.

Yaygın kullanımı bulunan elektrikli ev aletleri, aydınlatma sistemleri ve menü dışı sistemleri temsilen "Diğer ihtiyaçlar" başlıkları altında, toplamda 8 kategori belirlenmiştir. Her bir cihaz ise kendi içinde uluslararası standartlar göz önünde bulundurularak Şekil 4.20'de gösterildiği gibi alt kategorilere ayrılmıştır. İlgili kategori seçildiğinde, tüketim miktarı sistem tarafından otomatik olarak hesaba katılmaktadır.

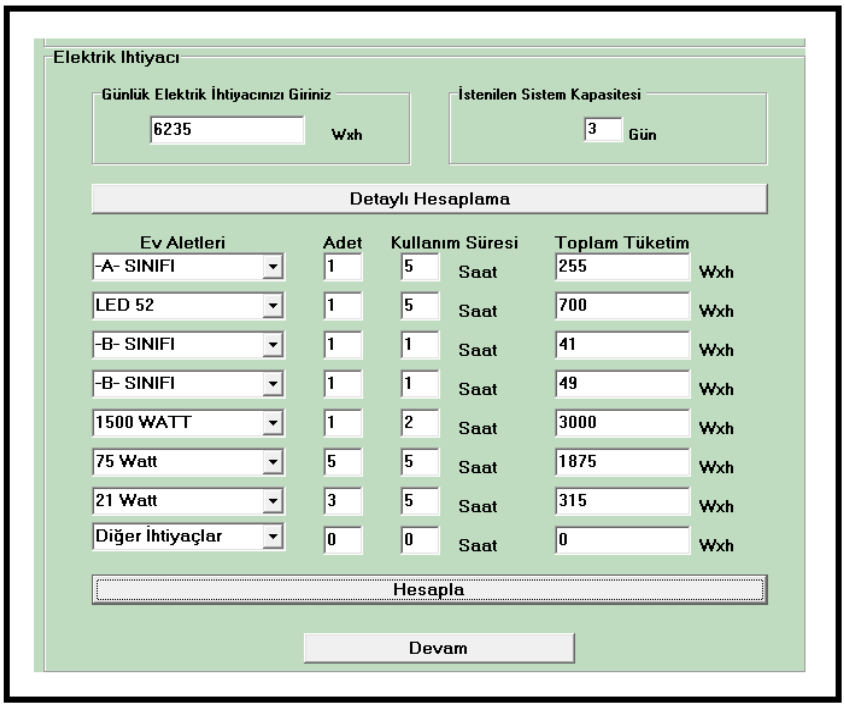
Kullanılan cihazların tüketim sınıfları alt başlıklardan seçildikten sonra aynı satırdaki kullanım adeti ve kullanım süreleri tamsayı cinsinden yazılmalıdır. İstenilen tüm pencereler doldurulduktan sonra "Hesapla" butonu kullanılarak girilen veriler doğrultusunda gerekli olan ihtiyaç miktarı şu şekilde hesaplanmaktadır;

(İlgili elektrikli aletin tüketim sınıfı **X** Adeti **X** Kullanım saati) = Toplam Tüketim (4.1)



Şekil 4.20. Örnek Alt kategori gösterimi

Her satır için ayrı ayrı hesaplanacak olan toplam tüketim değerlerinin toplamı ise günlük elektrik ihtiyacını belirleyecek ve Şekil 4.21'de görüldüğü gibi "Günlük Elektrik İhtiyacınızı Giriniz" penceresine bu değer program tarafından yazılmış olacaktır.

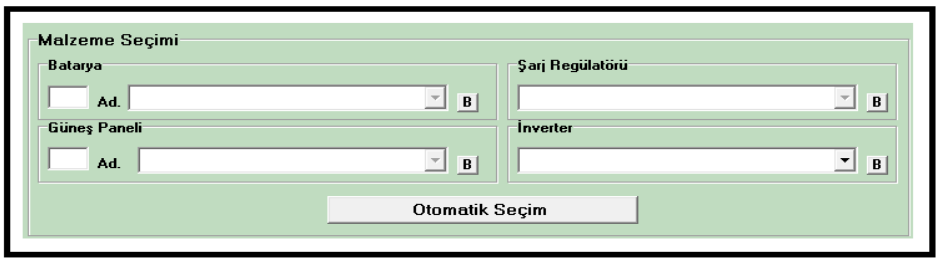


Şekil 4.21. Örnek hesaplama gösterimi

4.2.5.3. Malzeme Seçimi

İhtiyaç hesaplama penceresinde ilgili yerler doldurulup "Devam" butonuna basıldığında veri tabanında bulunan malzemeler ve karakteristik bilgileri PVS[2] tarafından dizilere alınmaktadır. Bu nedenle devam butonu altında işleyen kodlar, malzeme seçimi ve seçilen malzemelerin hesaplamalarda ihtiyaç duyulan karakteristik değerlerini alma açısından büyük önem taşımaktadır.

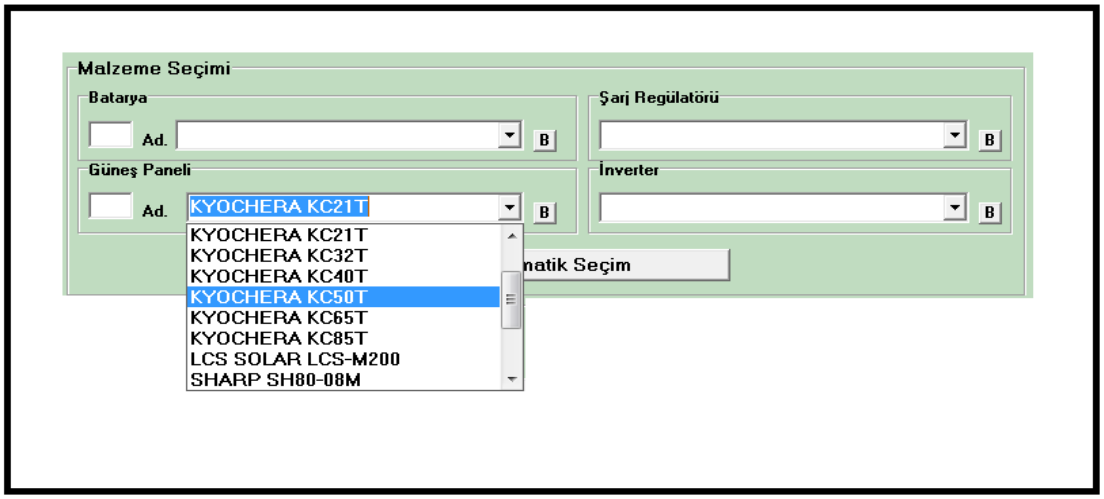
Devam butonu algoritmasını açıklamak gerekirse; İlgili Buton altındaki kodlar aracılığıyla, veri tabanı oluşturulan Excel dosyası çalıştırılarak ilgili sayfa (sheet) aktif hale getirilir. Delphi'de Excel satırları sıfırdan başladığı için, başlıklar
da göz önünde bulundurularak 1.satırdan ilgili eleman adı malzeme adlarının tutulduğu dizinin ilk elemanı olarak kaydedilir. Kaydedilen değerler malzeme seçimi penceresindeki ilgili malzeme comboboxlarına yüklenerek seçim için opsiyonlar oluşturulur. İlk malzeme adının kaydedildiği noktada algoritma yatay ilerler, yani Excel hücrelerinden veri çekmek için kullanılan ve bilginin çekileceği hücrenin koordinatlarını içeren " ActiveSheet.cells[i,j].Value " kodunda, parantezin içinde soldaki "i" değeri satırı, "j" değeri ise sütunu temsil etmektedir. Adı isimlerin tutulduğu diziye yazılan ilk elemanın ihtiyaç duyulan diğer değerleri, " ActiveSheet.cells[i,j].Value " kodu ile satır sabit tutulup sütunun yani "j" değerinin değiştirilmesiyle, istenilen sütundan çekilerek tüm elemanların bu değerlerinin olduğu dizi içinde sıralanır. Bu işlem yatayda son değerin alındığı sütundan sonra bir alt satırda kendini tekrarlar. Yataydaki tarama işlemi ise boş satırda yani son kaydedilen elemandan bir sonraki satırda biter. Burada saydırılan sayaç değeri ileride kullanılmak üzere veri tabanında kayıtlı malzeme sayısını tespit etmektedir. Aynı zamanda bu butona basıldığında, malzeme seçim pencereleri de aktif hale gelir.



Şekil 4.22. Malzeme seçimi penceresi

Şekil 4.22'de görülen malzeme seçim penceresi; batarya, şarj regülatörleri, güneş panelleri ve inverterler olarak 4 alt başlığa ayrılmıştır.

Batarya ve güneş paneli seçiminde, diğer iki başlıktan farklı olarak kullanım adetleri yazan birer pencere bulunmaktadır.



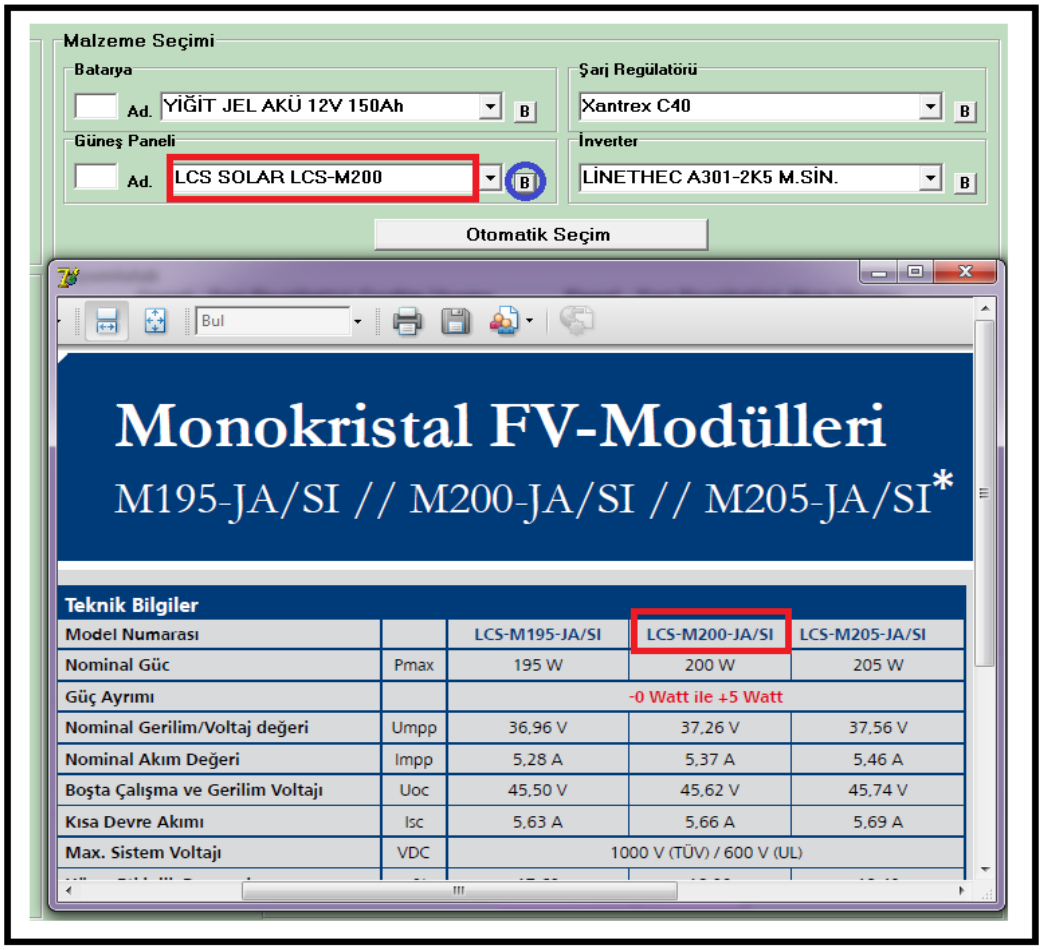
Şekil 4.23. Malzeme seçimi penceresi, örnek alt menü görüntüsü

Veri tabanında kayıtlı olan malzemelerin adlarının tutulduğu diziler vasıtasıyla ilgili malzeme başlığı altındaki comboboxlara Şekil 4.23'de görüldüğü gibi yüklenen malzeme adlarından istenilen malzemeler seçilebilir. Şekil 4.24'de görüldüğü gibi seçimi yapılan malzeme hakkında detaylı bilgi edinilmek isteniyorsa malzeme adı seçildikten sonra sağ tarafında bulunan ve de üzerinde "B" yazan butonu kullanarak seçilen malzemenin kataloglarına ulaşılabilir. Bu sayede malzeme hakkında ayrıntılı bilgi edinilebilir. Bu özelliğin çalışması için seçili malzemenin kataloglarının PDF olarak daha önceden belirtilen klasöre kaydedilmesi ve dosya adının Veri Tabanı Excel tablosunda ilgili sütuna yazılmış olması gerekmektedir.

Sistem elemanlarının zarar görmemesi için, seçilen malzemelerin giriş-çıkış akım ve gerilim değerlerinin birbiriyle uyumlu olması gerekmektedir. Bu tip bir sorunu engellemek için bir sonraki basamakta anlatacağımız "Kontrol Et" butonu kullanılacaktır.

PVS^2 programının en önemli özelliği olan otomatik malzeme seçimi ile veri tabanındaki malzemeler incelenerek Fiyat-Performans açısından en uygun bileşeni

seçmek amaçlanmıştır. "Otomatik Seçim" butonuna basılarak yapılan bu seçimde her malzeme için ayrı bir algoritma kullanılmıştır.



Şekil 4.24. LCS-M200 Örnek katalog görüntüsü

.

Otomatik seçim işleminde, toplam maliyetin büyük kısmını panel maliyeti oluşturduğundan ilk olarak güneş paneli seçimi yapılır. Sonraki bileşenler panel merkezli olacak bu sistem etrafında uygun karakteristik ve maliyetlere göre seçilir.

Güneş paneli seçiminde ideal bileşen kriteri watt başına maliyettir (₺/W). Panel seçim algoritmasında bu özelliğin tutulacağı bir dizi oluşturularak her malzeme için watt başına maliyet değeri hesaplanmış, veri tabanındaki malzeme sıralaması bozulmadan bu diziye kaydedilmiştir. Daha sonra ise "minvalue" komutu ile serinin en düşük değeri tespit edilmiş böylece en uygun maliyet/watt değerine ulaşılmıştır. Fakat bulunan değerin hangi malzemeye ait olduğu bilinmediği için, birim maliyet dizisindeki sıralaması belirlenmelidir. Bu tespitin yapılabilmesi için bir döngü oluşturulmuş bu döngüde minimum değer dizinin ilk elemanından başlayarak sıra ile eşit değer bulunana

kadar kontrol edilmiştir. Bulunan değerdeki dizi elemanının sıra sayısını malzeme adlarını barındıran diziye yazmak suretiyle uygun malzemenin adı belirlenmiştir. Belirlenen bu ad ilgili combobox içine yazdırılarak güneş paneli seçiminin en uygun değerde olan malzeme ile yapılması sağlanmıştır.

En verimli şarj regülatörü seçiminde öncelikli kıstas fiyat olarak alınmıştır. Bu nedenle tüm malzemelerin fiyatları bir dizi içinde toplanmış, minimum değere sahip olan belirlenmiştir. Fakat minimum değere sahip olan şarj regülatörü giriş akım ve gerilim değerleri ile bir önceki basamakta seçilen güneş panelinin çıkış akım ve gerilim değerlerinin uygun olması gerekmektedir. Bu nedenle seçimi yapılmış olan güneş panelinin çıkış akım ve gerilim değerleri ile minimum maliyetli olan modelden başlamak şartı ile şarj regülatörlerinin giriş akım gerilim değerleri kıyaslanmaktadır. Giriş gerilim ve akım değeri panel çıkışından yüksek değerde olan ilk modelde algoritma bu malzemeyi seçerek en uygun bataryayı bulmak için veri tabanını taramaya geçecektir.

Batarya seçiminde ise kıstas amper-saat cinsinden batarya kapasitesinin batarya fiyatına oranlanarak birim maliyet oluşturulmasıdır. Bu birim maliyetlerin sıralandığı dizinin en küçük elemanı bulunduktan sonra güneş panellerindeki aynı algoritma ile önce sırası sonrada malzeme model adı tespit edilir.

Son olarak inverter seçimi yapılmaktadır. Bu seçimde de öncelikli kıstas maliyettir. En düşük maliyete sahip model program tarafından belirlendikten sonra sıra inverter ile yükün yani elektrik ihtiyacının uyumlu hale getirilmesiyle olmaktadır. İhtiyaç miktarının hesaplandığı pencereyi düşündüğümüzde tüketim yapması muhtemel malzemeler, adetleri ve çalışma saatleri ile yaklaşık tüketim ihtiyacı belirlenmişti. Fakat bu belirlenen ihtiyaç değeri tüm elektrikli cihazların aynı anda çalıştırılması ile mümkün olmakta, bu da pratikte pek rastlanır bir durum olmamaktadır. Kapasitesi yüksek inverter seçerek maliyeti artırmamak için, ihtiyaç miktarının yaklaşık olarak %70'i sınır alınarak seçim yapılmaktadır. Maliyeti en düşük olandan başlayarak, çıkış gücü %70 kıstasına uyan malzemeler kontrol edilir. İstenilen standartları sağlayan ilk inverter modeli algoritmaya takılarak sistem tarafından otomatik olarak seçilir.

Otomatik seçimlerde kullanıcı, sunulan seçimlerden bazılarını değiştirmesi durumunda oluşabilecek uyumsuzlukları engellemek için uyumluluk kontrol algoritması devreden çıkarılmamıştır. Bu nedenle bir sonraki basamağa geçiş için "Uyumluluk" butonu kullanılmalıdır.

4.2.5.4. Uyumluluk Kontrolleri

Kullanıcının kendi seçimleri ile oluşturulacak sistemlerde bileşenlerin birbiri ile uyumluluğu önem arz etmektedir. Birbiri ile örtüşmeyen karakteristikteki malzemeler ileride problem yaratarak diğer elemanlara ya da şebekeye zarar verebileceklerdir. Bu aynı zamanda PVS^2 programının etkinliğini azaltacaktır.

Problemin önlenmesi için "Uyumluluk" penceresi oluşturulmuş, ilgili butonlar vasıtası ile seçilen güneş paneli ve şarj regülatörlerinin akım-gerilim değerleri kıyaslanarak kullanıcı uyarılmış, bir sonraki basamağa geçmesi engellenmiştir.

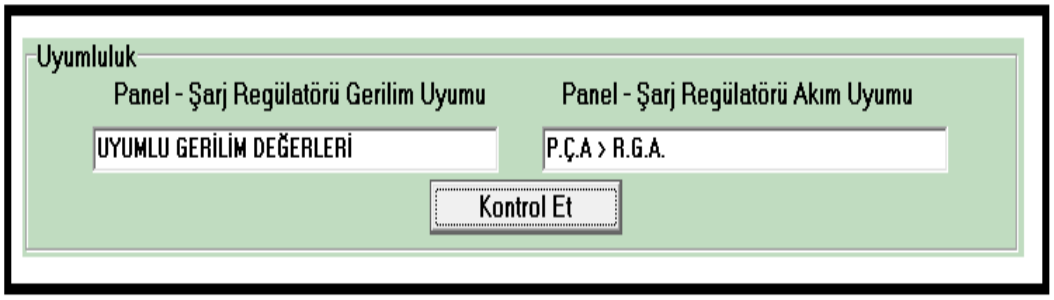
Örnek olarak seçilen 2 elemanın algoritma tarafından kontrolü ve kullanıcıyı uyarma şeklini inceleyelim;

Seçilen Güneş Paneli : SUNRISE SR-M200

Çıkış Değerleri: V_{max} = 23,9 Volt I_{max} = 8,32 A

Seçilen Şarj Regülatörü: STECA SOLSUM 6.6f

Giriş Değerleri: V_{max} = 24 V I_{max} = 6 A



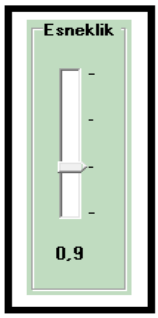
Şekil 4.25. Uyumluluk penceresi örnek görüntüsü

Uyumluluk kontrol penceresindeki "Kontrol Et" butonuna basıldığında yukarıdaki bilgiler ilgili tablodan çekilerek karşılaştırılmakta, Şekil 4.25'te görüldüğü gibi " P.Ç.A > R.G.A." uyarısı ile panel çıkış akımının regülatör giriş akımından büyük olduğu kullanıcıya hatırlatılmaktadır. Aynı şekilde, çıkış gerilimi, regülatör giriş geriliminden büyük bir güneş paneli seçildiğinde soldaki uyarı penceresinde "P.Ç.G.> R.G.G." uyarısı verilerek seçimin tekrar kontrol edilmesi sağlanacaktır.

4.2.5.5. Tasarım Değerleri Esneklik Katsayısı Seçimi

Sistem tasarımı yapılırken malzeme sayı ve özelliklerinin seçimi, ihtiyaç miktarı hesaba katılarak yapılmaktadır. Güneş paneli sayısı hesaplanırken, örneğin 3.6 panel ile karşılanabilecek ihtiyaçta yuvarlama yukarı doğru yapılacağından hem üretim hem de maliyet artımı ortaya çıkacaktır. Bu tip durumlarda kullanıcının ihtiyaç miktarını esnetebilmesi amacıyla eklenmiş esneklik potansiyometresi aracılığı ile ihtiyaç miktarı düşürülüp, farklı panel sayıları ile elde edilebilecek sonuçların da görülmesi amaçlanmıştır.

Genel yaklaşımlarda 0.8-0.9 arasında sabit bir çarpan olarak hesaplamalara dahil edilen esneklik katsayısı, PVS^2 programında, Şekil 4.26'da görüldüğü gibi 0.8 ile 0.95 arasında değiştirilebilir bir potansiyometre aracılığı ile hesaplamaya dahil edilmektedir.



Şekil 4.26. Esneklik katsayısı potansiyometresi

Bu potansiyometre aracılığıyla, sınır değerindeki sistemlerde fazla maliyeti gidermek amaçlanmıştır. Bir örnek ile açıklamak gerekirse; İhtiyaç miktarı 3000Wh olan bir sistemde kullanılmak istenen LCS SOLAR LCS-M200 güneş paneli sayısı incelenirse;

Tablo.4.1. Esneklik katsayısına göre panel sayısı değişimi

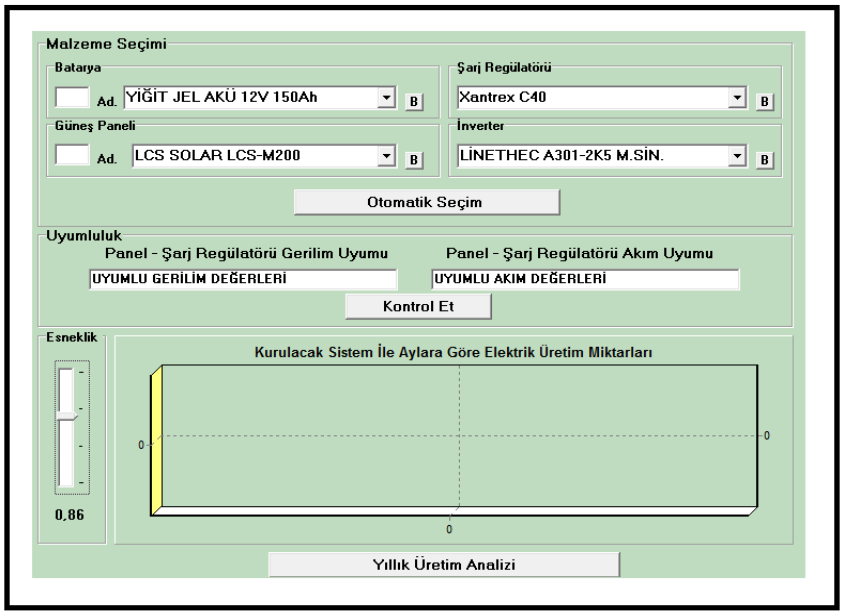
Esneklik Katsayısı	İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı
0.9	9
0.86	10
0.85	11

Tablo.4.1'de görüldüğü gibi 0.01 fark ile 1 adet panel ihtiyacı doğmakta, potansiyometre aracılığıyla esnetilen değer sayesinde, 1 adet panel maliyeti olan 840₺ masraftan kaçınılmış bulunulmaktadır.

4.2.5.6. Yıllık Üretim Analizi

Sistemi oluşturan elemanlar seçildikten sonra, bu elemanların kullanım sayılarının ve kurulacak sistemin aylara göre üretimlerinin hesaplanması ve oluşturulacak modelin elektrik üretim kapasitesinin görsellik kazanması amaçlanmaktadır. PVS[2] programında her iki işlem de Şekil 4.27'de görülen "Yıllık Üretim Analizi" butonu altında tasarlanmış ve kodlanmış algoritmalar vasıtası ile yapılmakta, hesaplanan veriler ilgili pencerelere ve grafik üzerine yazdırılmaktadır.

Batarya ve panel sayılarının hesaplanması ile aylık üretim değerlerinin hesaplanıp grafik üzerinde aktarılması işlemlerine ait hesaplama ve algoritmalar alt başlıklarda ayrıntılı olarak verilecektir.



Şekil 4.27. Malzeme seçimleri ve uyumluluk kontrolleri yapılmış model örnek görüntüsü

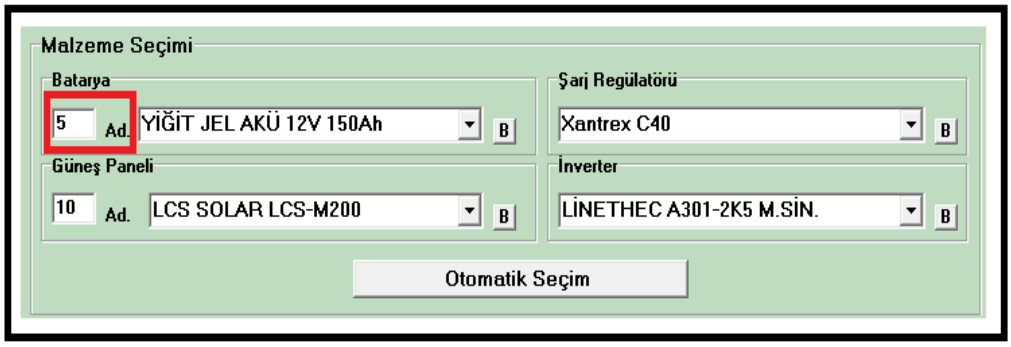
4.2.5.6.1. Batarya Sayısının Hesaplanması

Kurulacak olan sistemin güneş enerjisinin olmadığı olumsuz şartlarda da kullanıcı ihtiyaç miktarını karşılayabilmesi için tasarıma batarya eklenmiş, bu sayede üretilen fazla elektrik enerjisi depolanarak daha sonra kullanılabilecek şekilde bir sistem tasarlanmıştır.

Kullanıcının günlük elektrik ihtiyacı ve depolamanın kaç günlük bir süre boyunca bu ihtiyacını karşılamasını istediği ve seçilen batarya kapasitesi göz önünde

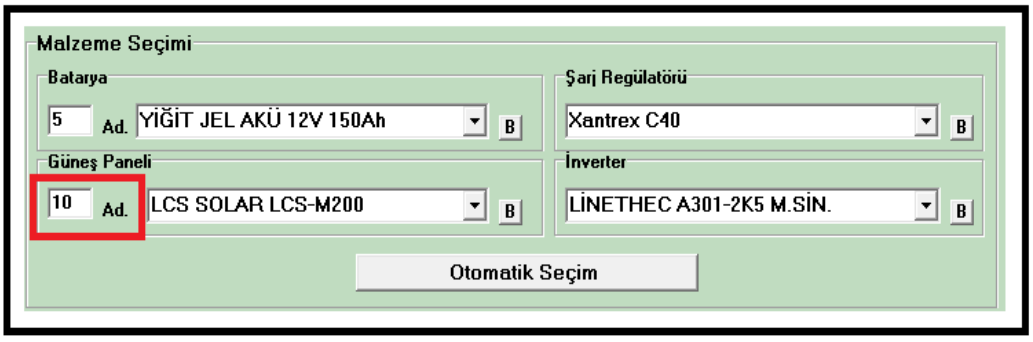
bulundurularak kullanılması gereken batarya sayısı, "Yıllık Üretim Analizi" butonu vasıtası ile algoritma tetiklenerek aşağıdaki formül ile hesaplanmakta ve Şekil 4.28'de görüldüğü gibi, bulunan değer ilgili pencereye yazdırılmaktadır.

(Günlük Elektrik İhtiyacı (Wh) X İdame Süresi (Gün)) / (Batarya Kapasitesi X Batarya Gerilimi) (4.2)



Şekil 4.28. Batarya sayısı hesaplanmış model

4.2.5.6.2. Panel Sayısı Hesaplanması



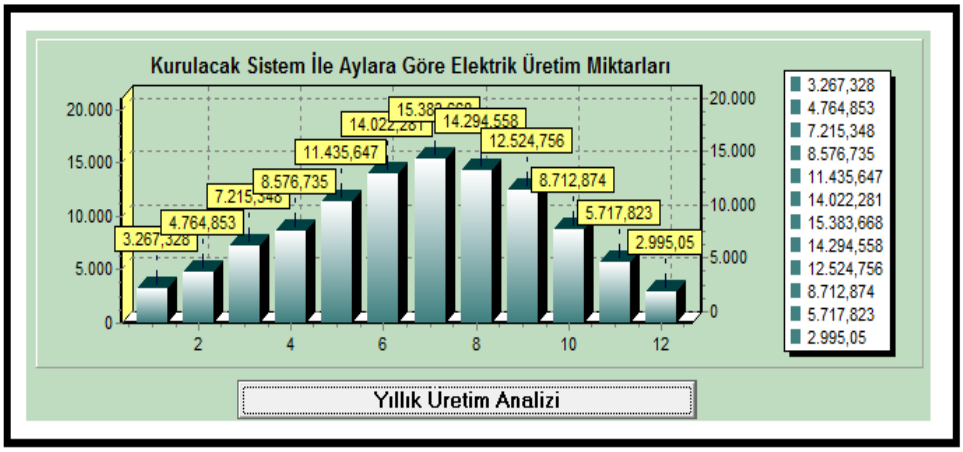
Şekil 4.29. Panel sayısı hesaplanmış model

Panel sayısı hesaplanırken, seçilen panelin karakteristik özellikleri, sistemin kurulacağı yerin minimum güneşlenme süresi, esneklik katsayısı, batarya kayıpları, kullanılıyorsa inverter verimi göz önünde bulundurularak tek panelin üretim kapasitesi hesaplanmakta, kullanıcı tarafından ya da hesaplama aracı vasıtasıyla girilen ihtiyaç miktarı bu değere oranlanarak da gerek duyulan panel sayısı hesaplanıp güneş paneli seçim menüsünün solundaki kutucuğa Şekil 4.29'da görüldüğü gibi yazdırılmaktadır.

4.2.5.6.3. Aylara Göre Elektrik Üretim Miktarı Hesaplanması

Tasarımda kullanılacak ürünler ve sayıları belirlendikten sonra sıra, sistemin aylara göre elektrik üretim miktarının hesaplanması ve grafik üzerinde gösterilmesi işlemine gelmektedir. Bu şekilde, sistemin kurulacağı yerin güneşlenme süreleri hesaba katılarak 12 ay için ayrı ayrı elektrik üretim hesaplaması yapılmakta ve bu değerler grafik üzerinde gösterilmektedir.

PVS[2] programında panel sayısı hesaplamasında hatırlayacağımız üzere tek bir panelin üretimi ve kullanılması gereken panel sayısı hesaplanmıştı. Bu hesaplama yapılırken sistemin kurulması düşünülen bölgenin minimum güneşlenme süresi alınarak hesaplama yapılmış böylece üretim kapasitesinin her türlü ortamda ihtiyaçtan fazla olması sağlanmıştır.

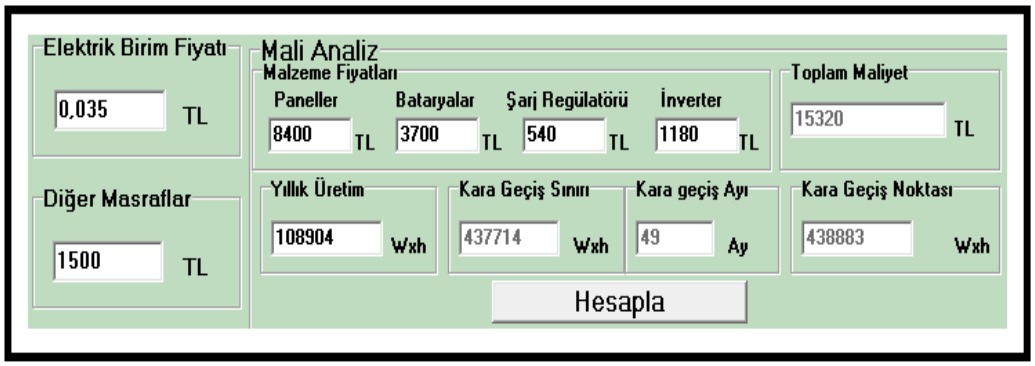


Şekil 4.30. Yıllık elektrik üretim analizi

Yıllık analizde ise seçilen ilin 12 aylık güneşlenme süreleri hesaba katılarak her ay için ayrı ayrı hesaplama yapılıp, bu değerlerin kayıtlı olduğu diziyi grafik üzerinde göstererek istenilen sonuç elde edilmiştir (Şekil 4.30).

4.2.5.7. Mali Analiz

Tasarım aşaması tamamlanan fotovoltaik sistemin mali analizinin yapılması kullanıcı açısından büyük önem arz etmektedir. Uzun vadeli ihtiyacına karşılık gelecek bir ilk maliyet söz konusu olduğu için yatırımı yapılacak sistemin hangi sınırda kullanıcıyı kara geçirmeye başlayacağı ikna edicilik yönünden etkilidir.



Şekil 4.31. Örnek mali analiz tablosu

Şekil 4.31'de verilen örnek mali analizde, kullanılacak her bir malzemenin maliyeti ve toplam maliyetin yanında, oluşabilecek beklenmeyen giderleri temsilen "Diğer masraflar" penceresi konulmuştur.

Şebekeye satış söz konusu olan sistemlerde, programın kullanıldığı yer ve döneme göre birim elektrik fiyatı değişeceğinden "Elektrik Birim Fiyatı" penceresi oluşturularak, bu pencere üzerinden değiştirilebilir bir birim maliyet değeri ile yapılacak hesaplamaların her duruma uyması sağlanmaktadır.

Kurulacak sistemin iklimsel değişiklikler göz önünde bulundurularak 12 ay boyunca ürettiği elektrik değerlerinin toplamı olan "Yıllık Üretim" penceresinde (Watt x saat) cinsinden yazdırılacak, bu sayede kullanıcı yıllık üretim miktarı hakkında fikir sahibi olacaktır.

PVS^2 programındaki analiz işlemlerinin en önemli verisi olan "Kâra Geçiş Sınırı" ve "Kâra Geçiş Ayı" verileri, yıllık üretim kapasitesini meydana getiren ilk 12 aylık üretim değerleri toplamı üzerine tekrar 1. aya dönecek şekilde oluşturulan bir döngüsel toplama işlemi sonucu ile "Toplam Maliyet" değerinde belirtilen tutara "Birim Maliyet" penceresinde belirtilen elektrik birim fiyatından alınabilecek elektrik miktarı ile kıyaslanarak üretimin hangi noktasında ve hangi ayında ilk maliyetin karşılanıp kâra geçiş işleminin başladığı görülebilmektedir.

PVS^2 programının diğer bir özelliği de şebekeye satışlı sistem tasarımlarında ihtiyaç fazlası üretimin satışından elde edilecek kârın mali analize katılarak "Kâra Geçiş Sınırı" ve "Kâra Geçiş Ayı" değerlerine, diğer sistemlere göre daha kısa sürede ulaşıldığını görmemizi sağlamaktadır.

"Kâra Geçiş Noktası" ise sistemin kuruluşundan kâra geçiş sınırını geçtiği ilk aya kadarki toplam üretim miktarını temsil etmektedir.

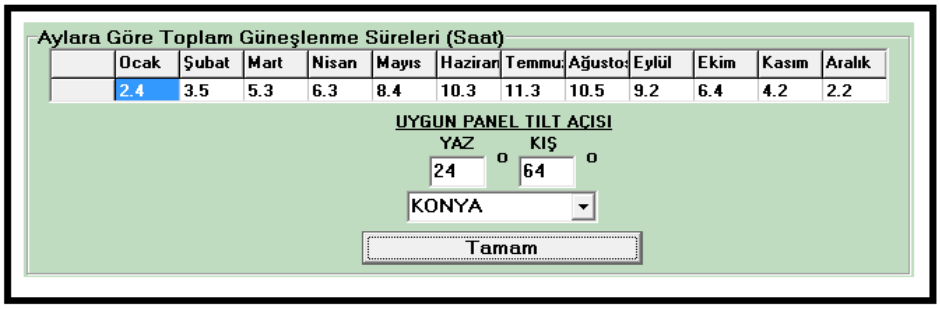
4.3. PVS^2 Programı İle Örnek Tasarımlar

PVS^2 programı kullanılarak, Konya şehrine kurulmak istenilen ve bir evin ihtiyacını karşılaması düşünülen satışlı ve satışsız fotovoltaik sistemlerin tasarımı, analizi ve kıyaslanması işlemleri aşağıdaki gibidir.

4.3.1. Şebeke Satışlı Çift Yönlü Örnek Sistem Tasarımı

PVS^2 programı ana sayfasından sıra ile, "FOTOVOLTAİK SİSTEM TASARIMINA BAŞLA" butonuna, sonrasında açılan formdaki "Şebekeye bağlı sistemler" başlığı altında bulunan "Çift Yönlü" butonuna basılarak tasarım işlemi ana sayfasına gelinir.

Şehir seçim menüsünden sistemin kurulması istenilen yer olan Konya ili seçilir ve "Tamam" butonuna basılır, aylık güneşlenme verileri ve uygun eğim (tilt) açıları Şekil 4.32'de görüldüğü gibi ekrana gelmektedir.



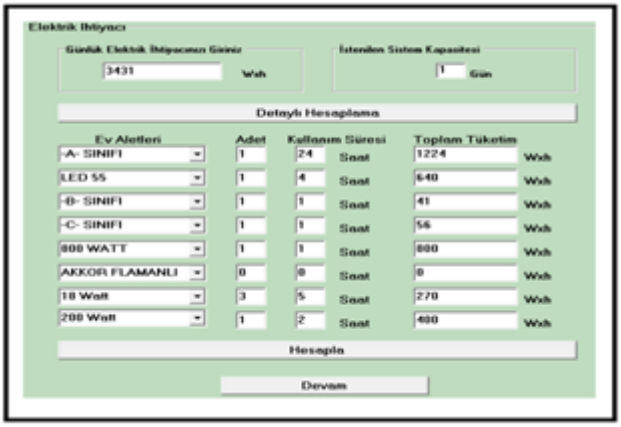
Şekil 4.32. Konya ili güneşlenme süreleri ve eğim (tilt) açıları

Konya ili 12 aylık güneşlenme süreleri incelendiğinde en az güneşlenme süresi olan ayın Aralık ayı olduğu görülmektedir. PVS^2 programı tasarım ve hesaplamalarını yaparken, üretim miktarının en olumsuz iklim şartlarında bile optimum düzeyde ihtiyaç karşılaması amacıyla, en düşük güneşlenme anındaki üretim kapasitesini göz önünde bulundurmaktadır. Bu nedenle Konya için yapılacak hesaplamalarda en düşük güneşlenme süresi olan 12'nci aya göre sınır değerleri belirlenecektir. Ayrıca kullanıcının sistem üretimini optimum düzeyde tutması için, güneş panellerinin yaz aylarında 24^o, kış aylarında ise 64^o 'lik bir açıyla yere monte edilmesi gerektiğini hatırlatmaktadır.

Tablo.4.2. Kullanımı muhtemel elektrikli ev aletleri ve kullanım süreleri

EV ALETLERİ	ADET	TÜKETİM SINIFI	KULLANIM SÜRESİ
BUZDOLABI	1	A SINFI	24
TELEVİZYON	1	55' LED TV	4
ÇAMAŞIR MAKNASI	1	B SINIFI	1
BULAŞIK MAKİNASI	1	C SINIFI	1
ELEKTRİKLİ ISITICI	1	800W	1
TASARRUFLU LAMBA	3	18WATT	5
DİĞER İHTİYAÇLAR	1	200WATT	2

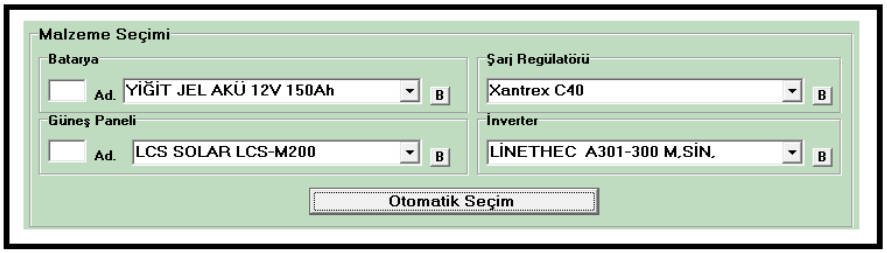
Kullanıcının elektrik ihtiyacını bilmediği için detaylı hesaplama menüsünden faydalandığı ve Tablo 4.2'deki ihtiyaç değerlerine sahip olduğu ve istenilen sistem kapasitesinin 1 gün olmasının talep edildiği varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4.33. Konya şehrine kurulması düşünülen çift yönlü sistemin elektrik ihtiyaç hesabı

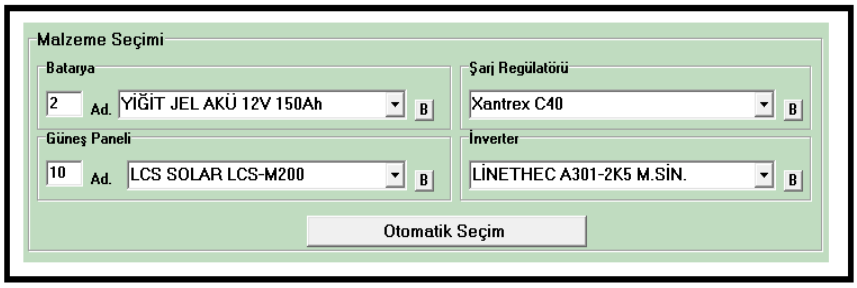
Bu değerler programa girilip hesapla butonuna basıldığında, günlük toplam tüketim miktarı 3431 Wh olarak elde edilmiştir (Şekil 4.33).

İhtiyaç miktarı belirlendikten sonra, kullanılacak malzemelerin seçimi için otomatik seçim butonu kullanıldığında Şekil 4.34'de görüldüğü gibi veri tabanındaki en uygun malzemeler program tarafından kullanıcıya sunulmuştur.



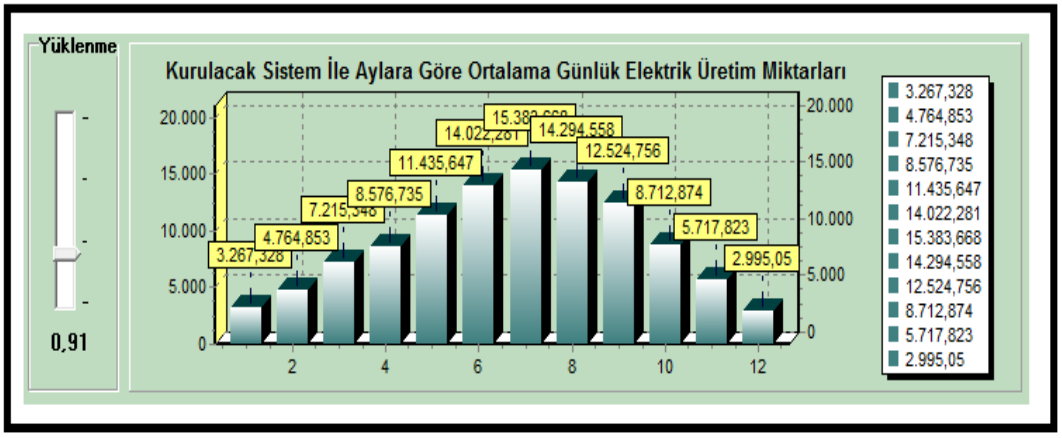
Şekil 4.34. Konya şehrine kurulması düşünülen çift yönlü sistemin malzeme seçimi

Uyumluluk kontrolleri de ilgili butona basılarak yapıldıktan sonra, esneklik katsayısı 0.91 olarak belirlendi ve "Yıllık Üretim Analizi" butonuna basılarak Şekil 4.35'de görüldüğü gibi 2 adet 12Volt 150Ah'lik batarya, 10 adet LCS SOLAR LCS-M200 model güneş paneli, 1 adet Xantrex C40 şarj regülatörü, 1 adet Linethec A301-2K5 M.sin invertere ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.35. Konya şehrine kurulması düşünülen çift yönlü sistemin malzeme sayıları

Aylara göre üretim miktarlarının ise Şekil 4.36'da kesiti alınmış olan grafik üzerinden ya da grafiğin sağ tarafında bulunan tablodan görülmesi mümkündür.



Şekil 4.36. Konya şehrine kurulması düşünülen çift yönlü sistemin aylık elektrik üretim miktarları

Son olarak, şebekeden satın alınan elektrik birim fiyatını 0,35₺, diğer masrafları 1500₺ olarak kabul ettiğimizi varsayıp, "Hesapla" butonuna bastığımızda mali analiz Şekil 4.37'de görüldüğü gibi olmuştur.

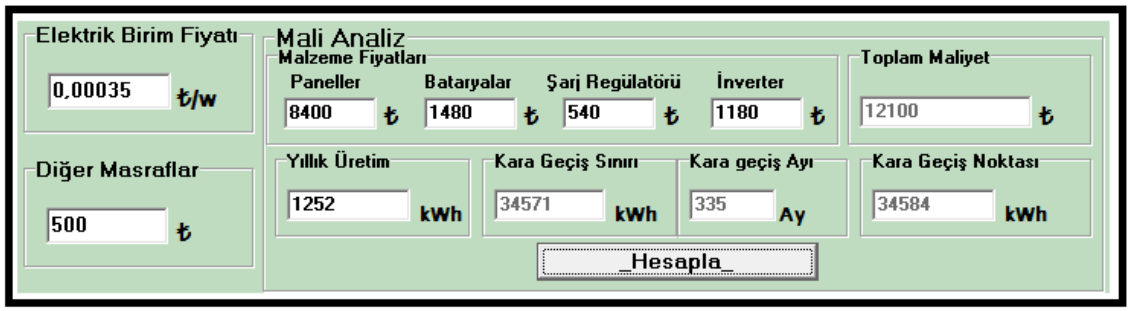


Şekil 4.37. Konya şehrine kurulması düşünülen çift yönlü sistem kâr analizi

4.3.2. Şebekeden Bağımsız Örnek AC/DC Sistem Tasarımı

PVS[2] programı ile, şebekeye satış söz konusu olmayan bu ihtiyaç modelinde tasarım yapmak için sırasıyla; "FOTOVOLTAİK SİSTEM TASARIMINA BAŞLA" butonuna, sonrasında açılan formdaki "Şebekeye bağlı sistemler" başlığı altında bulunan "Tek Yönlü" butonuna basılarak tasarım işlemi ana sayfasına gelinir.

Şebekeye satışlı sistem ile tam bir kıyaslama yapılabilmesi için ihtiyaç miktarı, sistemin kurulacağı şehir ve kullanılacak malzemeler, önceki tasarım ile aynı alınmıştır.



Şekil 4.38. Konya şehrine kurulması düşünülen şebekeden bağımsız AC/DC sistem kâr analizi

Mali analiz'e kadar olan kısım; çift yönlü sayaç masrafını temsilen toplam maliyete eklenen 1000₺ hariç aynı olan bu iki sistemde şebekeye satış söz konusu olmayan model için Şekil 4.38'deki gibidir.

4.2.3. Tasarımların Mali Yönden Karşılaştırılması

Kapasiteleri, kurulacakları şehirler, kullanılan malzeme model ve sayıları aynı olan şebekeye satışlı ve satışsız iki sistemin PVS[2] ile yapılan mali analizleri Tablo 4.3'de görüldüğü gibidir.

Tablo 4.3. Satışlı ve satışsız sistemlerin mali analizlerinin kıyaslanması

MODEL	ELEKTRİK BİRİM FİYATI	DİĞER MASRAFLAR	TOPLAM MALİYET	YILLIK ÜRETİM	KÂRA GEÇİŞ SINIRI	KÂRA GEÇİŞ AYI	KÂRA GEÇİŞ NOKNASI
SATIŞLI	0,35 ₺/kWh	1500₺	13100₺	3.2 MWh	37.4 MWh	139.	37.9 MWh
SATIŞSIZ	0,35 ₺/kWh	500₺	12100₺	1.2 MWh	34.5 MWh	335.	34.6 kWh
FARK	-	1000₺	1000₺	2 MWh	2.9 MWh	196	3.3 MWh

İlk maliyetler, 1000₺'lik fark ile 13100₺ ile 12100₺ olarak hesaplanmıştır. Satışlı sistemin yıllık üretimi, ihtiyaç fazlası miktarın satışı söz konusu olduğundan dolayı her ay için hesaplanıp bu değerler toplanarak yaklaşık 3.2 MWh'lik bir yıllık üretim değeri elde edilmiştir. Satışsız sistemde ise fazla üretimin herhangi bir anlam ifade etmemesinden dolayı yıllık üretim miktarı sadece yıllık tüketim miktarı göz önünde bulundurularak yaklaşık 1.2 MWh değerinde kalmaktadır.

Toplam maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, ilk yatırımın geri kazanılması için satışlı sistemde kâra geçiş sınırı 37.4 MWh, satışsız sistemde kara geçiş sınırı 34.5 MWh olarak hesaplanmıştır. İlk maliyetin daha düşük olmasından dolayı satışsız sistemin kâra geçiş noktası 2 MWh kadar daha düşük bir değerde hesaplanmaktadır.

Yıllık üretim değerleri arasında gerçekte çok büyük bir fark olmamasına rağmen, satışsız sistem modeli toplam üretim kapasitesinin yalnızca 1/3'ü civarını tüketip kalan kısmını değerlendirememesinden dolayı satışlı sistemin ilk maliyeti karşılama süresi 139 ay olarak hesaplanırken satışsız sistemin bu maliyeti karşılaması 335 ay gibi çok uzun bir süreyi bulmaktadır.

4.4. Farklı İllere Kurulacak Aynı Kapasiteli Sistem Verilerinin Kıyaslanması

Farklı şehirler coğrafi konumlarından dolayı güneş enerjisi sistemlerinde farklı maliyetler doğurabilmektedir. Örneğin Antalya şehrinin yıl içinde en az güneşlenme süresi ortalama 5.1 saat iken İstanbul şehrinde bu değer 2.2, İzmir şehrinde ise 4 saattir. Tablo.4.2'de belirtilen ihtiyaçlara sahip bir sistemin genel karakteristikleri, 9 farklı il için PVS[2] ile hesaplandığında, güneşlenme sürelerindeki farklılıklardan dolayı değişik maliyet ve üretim değerleri ortaya çıkmıştır.

Tablo.4.4'de görüldüğü gibi 3431 Wh'lik bir ihtiyaç, Antalya şehrinde 4 adet panel ve toplamda 8060 ₺ ilk maliyet ile karşılanabilirken, İstanbul şehrinde 10 adet panel ve 13100₺ ilk maliyet gerektirmektedir. Bunun nedeni güneşlenme süreleri arasındaki farklılıktır.

Tablo.4.4. Aynı İhtiyaç Miktarını Karşılayacak Fotovoltaik Sistemin İllere Göre Analizi

ŞEHİR	İHTİYAÇ DUYULAN PANEL SAYISI	TOPLAM MALİYET	YILLIK ÜRETİM	KARA GEÇİŞ SINIRI	KARA GEÇİŞ AYI
ANKARA	10	12360₺	3.3 MWh	35.3 MWh	129
ANTALYA	4	8060₺	1.6 MWh	23 MWh	173
GAZİANTEP	6	9740₺	2 MWh	27.8 MWh	164
İSTANBUL	10	13100₺	2.8 MWh	37.4 MWh	154
İZMİR	5	8900₺	1.9 MWh	25.4 MWh	161
KONYA	10	13100₺	3.2 MWh	37.4 MWh	139
TRABZON	8	11420₺	1.7 MWh	32.6 MWh	230
VAN	5	8900₺	1.9 MWh	25.4 MWh	161
MALATYA	7	10580₺	2.5 MWh	30.2 MWh	141

Fakat yıllık üretim ve kâra geçiş sınırlarına bakıldığında ise ilk maliyeti yüksek olan şehirlerin kâr sınırını daha çabuk aştığı görülmektedir. Bunun nedeni ise; olumsuz hava koşullarında bile istenilen miktarda elektrik üretebilmeleri için panel sayısı yüksek tutulan sistemler olumlu hava şartlarında panel sayısı az olan diğer sistemlere göre daha yüksek kapasitede üretim yaparak ihtiyaç fazlası miktarı yüksek tutmuş bu şekilde de kâra geçiş sınırını daha çabuk aşmışlardır. Aynı zamanda yıllık üretim kapasiteleri de daha fazladır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

PVS^2, fotovoltaik sistemlerin boyutlandırılmasında ve bu sistemler hakkında teorik bilginin her seviyede kullanıcıya iletilmesinde kolaylık sağlamak amacı ile tasarlanmış bir paket programdır. Sistem tasarımı işlemleri, sistemin şehir şebekesine bağlantı durumu ve AC ya da DC elektrik enerjisi ihtiyacına göre tasarımları değişen 4 ana başlık üzerinden hesaplamalarını yapmaktadır. Bu program aynı zamanda kullanıcıya; günlük elektrik ihtiyacının hesaplanması, sistemin kurulacağı şehrin güneşlenme miktarlarının üretime etkisi, veri tabanında bulunan birçok malzeme ile oluşturulacak tasarımların uyumluluk kontrolleri, aylara göre elektrik üretim miktarları ve mali analiz konularında bilgilendirmektedir. Programın en önemli özelliği ise, veri tabanında bulunan malzemeler içinden birbiri ile uyumlu ve fiyat-performans açısından en uygun malzemeleri otomatik olarak seçebilmesidir. Aynı zamanda veri tabanının Microsoft Excel programında oluşturulmuş olmasından dolayı, tasarımcı malzeme veri tabanını herhangi bir derleyici gerekmeksizin ilgili sütunları doldurarak yapabilmekte, program içerisinde oluşturulmuş algoritma sayesinde veri tabanındaki ürün sayısı genişletilse bile program en uygun ürünleri seçebilmektedir.

Kendi alanında tasarlanmış olan diğer modelleme ve boyutlandırma programları ile kıyaslandığında PVS^2'nin çeşitli artı ve eksileri bulunmaktadır. Fakat kıyaslama yapılırken göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus, kendi alanındaki diğer çalışmaların tamamına yakınının ticari amaç içererek, belli bütçeler ayrılarak ve bir çalışma ekibi ile tasarlanmış, genel itibariyle daha derinlemesine programlar olmasıdır.

5.1. Sonuçlar

Olumlu yönlerini incelediğimizde PVS^2 programı;

Akademik bir çalışma olmasından dolayı ücretsizdir, dolayısıyla kullanıcıya herhangi bir mali yük getirmemektedir.

Kullanıcıya, fotovoltaik sistem modelleri ve bileşenleri hakkında bilgi vermek amacı ile tasarlanmış olan menüleri üzerinden sistem hakkında bilgi sahibi olmayan kişilerin temel düzeyde bilgi edinerek ihtiyaçlarının daha sağlıklı ve düşük maliyetle giderebilecekleri sistemleri modellemelerini sağlamaktadır.

İhtiyaç miktarının belirlenmesi amacıyla sıkça kullanılan elektrikli ev aletleri ve bunların tüketim kategorileri göz önünde bulundurularak oluşturulan hesaplama motoru ile kullanıcının yaklaşık ihtiyacının belirlenmesi sağlanmaktadır.

Kullanıcı tarafından güncellenebilir, sistemde kullanılan malzeme bilgileri ve bu malzemelerin kataloglarından oluşan veri tabanı.

Programın en önemli özelliği ise, veri tabanındaki malzemelerin içerisinden optimum verim ve minimum maliyet sağlayacak sistem bileşenlerini uyumluluk kontrolü de yaparak otomatik seçebilmesidir.

5.2. Öneriler

Tasarlanan PVS^2 programının analiz edilerek geliştirilmesi gereken eksi yönleri üzerinde şu öneriler belirtilebilir;

Kullanım dili sadece Türkçe'dir. Farklı dillerin eklenmesi programın geniş bir kitleye hitap etmesini sağlayacak ve ileride yapılabilecek geliştirmelerle birlikte programın daha profesyonel bir hal almasına katkıda bulunacaktır.

İllere göre güneşlenme verilerinde sadece Türkiye'de bulunan şehirlerin güneşlenme sürelerini içermesi, Türkçe dışında kullanım dili olmasa da programın hitap ettiği kesimi kısıtlamaktadır. İleride yapılacak PVS^2 geliştirme çalışmaları ile farklı dillerle birlikte farklı ülkelerden şehirlerin de eklenmesi programı global bir hale dönüştürerek uluslararası pazarlanabilir ürün haline getirecektir.

Muadil yazılımlarla kıyaslandığında PVS^2 ile ilgili diğer bir eksiklik, yenilenebilir enerji kaynaklarından sadece güneş enerjisi modellemeleri için kullanılabilir olmasıdır. PVS^2 programı hibrit sistemlerin boyutlandırılmasında da kullanılmak üzere geliştirilebilir. Bu, programın hitap ettiği kesimi sınırlamaktadır.

Aynı zamanda, görsel tasarımının dinamik sitelere oranla daha sıradan çizgilere sahip olması, içeriği her ne kadar kapsamlı olsa da profesyonel çalışmalara oranla basit görünmesine neden olmaktadır.

Kullanıcı tarafından çoğaltılabilir olmasına rağmen veri tabanındaki malzeme sayısı azdır. Bu eksiklik giderilmesi zor bir eksiklik olmamakla birlikte, istenilen marka ve modellerin veri tabanına yüklenmesi ve sadece istenilen marka-modellerin tasarımda yer alması kişiselleştirilmiş bir veri tabanı oluşturulmasını sağlamaktadır.

PV sistem boyutlandırma işleminde, uygun özelliklerde panel, inverter, şarj regülatörü ve akü seçiminin otomatik olarak yapılmasını sağlayan algoritmayı daha çok

malzeme içerisinden daha etkili sonuç alması için yerine genetik algoritma vb. yapay zeka yöntemleri uygulanabilir.

PVS^2 programında, güneş paneli gibi birden fazla kullanılması gerekebilecek malzemelerin farklı marka-modellerden seçilebilmesi mümkün değildir. Bu durum sağlıklı uygulamaların oluşturulması için tavsiye edilmediğinden büyük bir eksiklik olmasa da birbirinden farklı karakteristik özellikleri olan panellerin ya da panel gruplarının bir arada kullanılmak istendiği durumlarda hesaplamalar ayrı yapılmalı, çıkış akım ve gerilim değerlerinde var olan farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak ilgili problemler, PVS^2 programının ileride tasarlanabilecek versiyonlarında giderilebilecek problemlerdir. Aynı zamanda programın kapsamının genişletilmesi ve ticari kullanıma daha uygun hale gelebilmesi için, tasarımcı şirketlerin depolarında bulunan malzemelerin takibi ve bu malzemeler üzerinden optimizasyon işlemlerinin yapılması ile derinlemesine bir stok yönetimi ve sistem tasarımı programı oluşturulabilir.

6. KAYNAKLAR

A Screen Shot of PV-DesignPro - One of the solar energy programs on the Solar Design Studio, www.mauisolarsoftware.com, [Ziyaret Tarihi:10.02.2013]

A TRaNsient SYstems Simulation Program, http://sel.me.wisc.edu/trnsys, [Ziyaret Tarihi:12.02.2013]

Agha K.R., Sbit M.N. , 2000 , On the sizing parameters for stand-alone solar-energy systems, Applied Energy 65 (2000) 73–84

Ashok S. , 2007, Optimised model for community-based hybrid energy system, Renewable Energy 32 (2007) 1155–1164

Benatiallah A., Mostefaoui R. , 2007, A simulation model for sizing PV installations, Desalination 209 (2007) 97–101

Cabral C., Filho D., 2010, A stochastic method for stand-alone photovoltaic system sizing, Solar Energy 84 (2010) 1628–1636

Chikh M. , Mahrane A. , Bouachri F. , 2011, PVSST 1.0 sizing and simulation tool for PV systems, Energy Procedia 6 (2011) 75–84

Details of PV SOL Expert ,www.valentin.de/en/products/photovoltaics/12/pvsolexpert, [Ziyaret Tarihi:10.02.2013]

Fröhlich C.,Lean, J. 1998, Total solar irradiance variations: the construction of a composite and its comparison with models, International Astronomical Union Symposium, The Netherlands,

Gilbert M. Master, 2004, Renewable and efficient electric power systems, *Stanford University*

Heywang W., Zaininger K.H., 2004, Silicon: the semiconductor material, in Silicon: evolution and future of a technology, P.Siffert, E.F.Krimmel eds., Springer Verlag,

https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell#cite_ref-29 [Ziyaret Tarihi:27.07.2013]

Http://office.microsoft.com/tr-tr/novice/HA010265948.aspx, [Ziyaret Tarihi:22.03.2013]

https://smartech.gatech.edu/handle/1853/25915 [Ziyaret Tarihi:27.07.2013]

Http://tr.wikipedia.org/wiki/Delphi_(programlama_dili), [Ziyaret Tarihi:22.03.2013]

INSEL - The graphical programming language for the simulation of renewable energy systems, www.insel.eu, [Ziyaret Tarihi:07.02.2013]

Jakhrani A. , Othman A., 2012, A novel analytical model for optimal sizing of standalone photovoltaic systems, Energy 46 (2012) 675e682

Kaushika N.D. , Gautam N. K., Kaushik K., 2005, Simulation model for sizing of stand-alone solar PV system with interconnected array, Solar Energy Materials & Solar Cells 85 (2005) 499–519

Kazem H. A., Khatib T., Sopian K., 2013, Sizing of a standalone photovoltaic/battery system at minimum cost for remote housing electrification in Sohar, Oman Elsevier - Energy and Buildings 61 (2013) 108–115

Kıyançiçek E, Kulaksız A., 2010, RF haberleşmesi ile bilgisayar destekli pv sistem analizi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Bursa

Kıyançiçek E. 2010, RF Haberleşmesi ile bilgisayar destekli pv sistem analizi, Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Müh.Mim.Fak. Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Konya

Kim D.S., Gabor A.M., 2003, String ribbon silicon solar cells with 17.8% efficiency, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332 USA

Lalwani M., D.P., Singh M.K., 2010, Investigation of solar photovoltaic simulation softwares international journal of applied engineering research, Dindigul, Volume 1(3), India, 585–601

Lalwani M., Kothari D.P., Singh M. , 2011, Size optimization of stand-alone photovoltaic system under local weather conditions in India, International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul, Volume 1(4), (2011) 951–961

Liepert, B., 2006, G.Observed Reductions in Surface Solar Radiation in the United States and Worldwide from 1961 to 1990, Geophysical Research Letters Vol. 29

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ortalama Güneşlenme Süresi , www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx, [Ziyaret Tarihi:12.01.2013]

NASA, Earth's Radiation Budget Facts, http://science.edu.larc.nasa.gov/EDDOCS/radiation_facts.html, [Ziyaret Tarihi:24.07.2013]

National Renewable Energy Laboratory, https://www.nrel.gov/analysis/sam, [Ziyaret Tarihi:12.01.2013]

National Renewable Energy Laboratory (NREL), World solar maps, http://www.nrel.gov/gis/solar.html, [Ziyaret Tarihi:24.07.2013]

Natural Resources Canada, www.retscreen.net, [Ziyaret Tarihi:10.02.2013]

New Distribution Process for NREL's HOMER Model, www.nrel.gov/homer, [Ziyaret Tarihi:07.02.2013]

National Renewable Energy Laboratory, http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg [Ziyaret Tarihi:10.07.2013]

PVsyst: Software for Photovoltaic Systems, www.pvsyst.com/5.2/index.php, [Ziyaret Tarihi:07.02.2013]

Peippo K. , Lund P.D., 1994, Optimal sizing of grid-connected PV-systems for different climates and array orientations: a simulation study, Solar Energy Materials and Solar Cells 35 (1994) 445-451

Posadillo R., Luque R. , 2008 , A sizing method for stand-alone PV installations with variable demand, Renewable Energy 33 (2008) 1049–1055

Rao, 1996 , A text book on Engineering optimization, theory and practice, third ed. Wiley, New York

Rezk H., El-Sayed M. , 2013, Sizing of a stand alone concentrated photovoltaic system in Egyptian site, Electrical Power and Energy Systems 45 (2013) 325–330

Skunpong R.,Plangklang B. , 2011, A practical method for quickly pv sizing, 2nd International Science, Social-Science, Engineering and Energy Conference, Procedia Engineering 8 (2011) 120–127

Solar design tool for configuring grid-tied solar electric systems, www.solardesigntool.com, [Ziyaret Tarihi:10.02.2013]

United Nations, Population by sex, rate of population increase, surface area and density, http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/DYB2003/Table03.pdf [Ziyaret Tarihi:24.07.2013]

Upadhyaya A., Yelundur V. , Rohatg A. ,2006 , High efficiency mono-crystalline solar cells with simple manufacturable technology, Georgia Institute of Technology,

7. EKLER

EK-1 Örnek Tasarım Programları

Mahendra Lalwani ve arkadaşlarının Hindistan Teknoloji Enstitüsü'nde 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada, bu yıla kadar literatürde ön plana çıkan fotovoltaik sistem yazılımları, 5 kategori altında incelenmiştir. Bu programlardan bazıları diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını da içerecek şekilde tasarlanmış geniş kapsamlı programlardır.

Ön plana çıkan yazılımlar aşağıdaki kategorilerde incelenmiştir ;

C1: Ticari durumları	:	Ücretli yada ücretsiz kullanılabilirlik.
C2: Çalışma platformları	:	Bilgisayar işletim sistemi bazında programların çalışabileceği platformlar
C3: Çalışma kapasiteleri	:	Programın tasarım ve kullanım kapasitesi
C4: Çalışma Alanları ve Dokümantasyonlar	:	Programın çalışma alanları
C5: Güncellenebilirlik	:	Devam eden güncellemelerin olup olmadığı

Belirtilen incelemeler, piyasada yaygın olarak kullanılan programlardan seçilen ve aşağıda listesi verilen yazılımlar için yapılmıştır.

1. Renewable Energy Technologies Screen (RETScreen)
2. TRaNsient SYstems Simulation (TRNSYS)
3. Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER)
4. PhotoVoltaic systems (PVsyst)
5. PhotoVoltaic Design Program (PV DesignPro)

EK-1.1. Renewable Energy Technologies Screen (RETScreen)

Kanada hükümetinin katkılarıyla, sanayici ve akademisyenlerin bir araya gelerek yapmış olduğu bir çalışmadır (Anonymous, 2013). Bu program, kullanıcının enerji üretimi, korunumu, maliyeti, finansal ulaşılabilirliği, yenilenebilir enerji riskleri, enerjiyi etkin kullanma yöntemleri hakkında karar vermesine yardımcı olmaktadır. Bu program, gerek mühendislik gerekse mimarlık alanında herhangi bir temiz enerji projesinin modellenmesi ve analiz edilmesine kolaylıklar sağlamaktadır. RETScreen programı, enerji analizi, maliyet analizi, emülsiyon analizi, finansal analiz ve risk analizi olmak üzere bu 5 temel analiz yapabilmektedir.

C1(Maliyet) : Ücretsiz
C2(Çalışma Platformu) : Son sürümü RETScreen4, Windows 2000 veya üzeri Microsoft® Excel 2000 veya üzeri
C3(Çalışma kapasiteleri) : Program, dünya nüfusunun 2/3'ünü kapsayacak şekilde 35'den fazla dilde kullanılabilmektedir. Çok geniş uygulama içeriği bulunmaktadır. Büyük ölçekli endüstriyel projeler için, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ya da hibrit sistem tasarımları yapılabilmektedir.
C4(Çalışma Alanları ve Dokümantasyonlar) : Enerji üretimi, depolanması, maliyeti, çeşitli yenilenebilir enerji teknolojilerinin GHG emülsiyon bilgileri, finansal ulaşılabilirlikleri hakkında bilgiler verebilmektedir.
C5(Güncellenebilirlik) : Güncellenmesi devam etmektedir. Son sürümü 23 Ağustos 2010 tarihinde RETScreen 4 olarak yayınlanmıştır.

EK-1.2. TRaNsient SYstems Simulation (TRNSYS)

TRNSYS programı 1975 yılında geliştirilmiş ticari bir programdır. Bu program ABD, Fransa ve Almanya işbirliği ile yapılmıştır (Anonymous, 2013). TRNSYS sayesinde tasarımların matematik modellemelerine, çok bölmeli sistemlerin toplam potansiyellerinin hesabında tasarımcının yükünü hafifletmiş aynı zamanda diğer simülasyon programlarıyla bağlantı yapabilmesinden dolayı kolaylıklar sağlamıştır. En esnek simülasyon yazılımlarından biridir. Sistemde kullanılacak malzemelerin belirlenmesiyle genel davranışları program üzerinden izlenebilmektedir.

C1(Maliyet) : Eğitim sürümü $2100
C2(Çalışma Platformu) : Tüm Windows sürümleri
C3(Çalışma kapasiteleri) : Her kapasitede Fotovoltaik Sistem modelleme ve simülasyon işlemi yapılabilmektedir.
C4(Çalışma Alanları ve Dokümantasyonlar) : TRNSYS, kontrol şemaları analizi, termal performans bina simülasyon, güneş enerjisi tasarımı, HVAC analiz ve boyutlandırma, çok bölgeli hava akışı analizi gibi birçok alanda fayda sağlamaktadır.
C5(Güncellenebilirlik) : Güncellenmesi devam etmektedir. Son sürüm olan TRNSYS 17 Haziran 2010 tarihinde yayınlamıştır.

EK-1.3. Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER)

Şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı sistemlerin her ikisinin de modellemesini yapabilen HOMER yazılımı, optimizasyon ve duyarlılık analizi, teknolojik değişimler, maliyet, enerji kaynağı durumu, çok sayıda teknolojik seçenekle ekonomik ve teknik fizibilite işlemleri yapacak şekilde tasarlanmıştır. Aslen köy enerji programı için tasarlanan bu yazılım daha sonra HOMER Energy firması tarafından lisansı alınarak ticarileştirilmiştir (Anonymous, 2013).

C1(Maliyet) : HOMER v2.80 sürümü 6 aylık ücreti $99, HOMER 2.68 sürümü ücretsizdir.
C2(Çalışma Platformu) : Tüm Windows ve Macintosh sürümleri
C3(Çalışma kapasiteleri) : Küçük çaptaki hibrit güç sistemlerinin tasarımını kolaylaştırır. Birçok yenilenebilir enerji kaynağını içermesi ve bu alanlarla ilgili problemleri gidermesinden dolayı tercih edilen bir programdır. HOMER, çok güçlü bir hesaplama motorunun yanı sıra mantıklı ve sezgisel bir ara yüz içerir. Bu sayede binlerce sistemin simülasyonunu ve mali analizini kısa sürede yapabilmektedir. Yazılım sayesinde profesyonellerin yanında mühendislik bilgisi olmayan kişilerin de sistem tasarımında kullanılabilmesi sağlanmaktadır. Hassasiyet analizi, optimizasyon, simülasyon olmak üzere 3 temel analiz sergilemektedir.
C4(Çalışma Alanları ve Dokümantasyonlar) : Güneş Enerjisi (PV), Rüzgar Türbinleri, Hidroelektrik, Dizel, Benzin, Biyogaz, Alternatif ortak çalışan ve özel yakıtlı jeneratörler, mikro türbinler ve yakıt hücreleri hesaplamaları yapılmaktadır.
C5(Güncellenebilirlik) : Güncellenmesi devam etmektedir. Son sürüm olan HOMER 2.81, Nisan 2008 yılında yayınlamıştır.

EK-1.4. PhotoVoltaic systems (PVsyst)

PVsyst programı, şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız, sulama ve DC tasarım yapma özelliğine sahiptir. Bu program; boyutlandırma, simülasyon ve veri analizi için mimarlar, mühendisler, araştırmacılar ve akademisyenlere oldukça yararlı araçlar içermektedir. En yeni PVsyst Sürümü olan 5.0, İngilizce, Fransızca, Almanca, İspanyolca ve İtalyanca gibi bir çok dilde arayüzünü kullandırma imkanı sağlamaktadır (Anonymous, 2013).

C1(Maliyet) : İlk satın alma $900, her ek bilgisayar için $150
C2(Çalışma Platformu) : Tüm Windows ve Macintosh sürümleri
C3(Çalışma kapasiteleri) : PVsyst gölgeleme parametreleri göstermek için birden fazla nesne önermektedir ve sürüm 5.3 önceki sürümlerden çok daha iyi hata düzeltmeleri içermektedir. En son sürümünde birden fazla fotovoltaik sistemi aynı anda simüle etme özelliği de kazandırılmıştır. Ana menüsü üzerinde ön tasarım, proje tasarımı ve araçlar başlıkları altında 3 seçim bulunmaktadır. Ön tasarım; şebekeye bağlı-bağımsız sistemler ve sulama sistemleri için hızlı ve kolay modelleme menüsüdür. Bu menü, ön ekonomik değerlendirme yaparak sistem bileşenlerini, boyutlarını, aylık üretim ve performanslarını değerlendirir. Proje tasarım bölümü ise, PV sistemin kurulacağı alanı ve doğru sistem bileşenleri seçmek için kullanılan, tasarlanacak sistemin saatlik değerlerini ve ayrıntılı simülasyonunu içerir. Araçlar menüsü ise veritabanındaki veri ve bileşenlerin yönetimi ile grafik görüntüler ve tablolar içerir. PVsyst, 1,750 PV panel, 650 inverter, yaklaşık 100 güneş enerjisi ile çalışan su pompası ve düzinelerce batarya içermektedir.
C4(Çalışma Alanları ve Dokümantasyonlar): Sistem modelleme, Meteorolojik hesaplamalar (açık-kapalı hava performanslarının kıyaslanması, gölgelenme etkisi vb.)
C5(Güncellenebilirlik) : Güncellenmesi devam etmektedir. PVsyst 5.30 adlı son sürümü 30 Kasım 2010 tarihinde yayımlanmıştır.

EK-1.5. PhotoVoltaic Design Program (PV DesignPro)

PV-DesignPro yazılımı, bir yıl içindeki fotovoltaik enerji sistem çalışmasını saat saat simüle etmek için tasarlanmıştır. Simülasyon, iklim etkileri ve kullanıcının seçimleri baz alınarak yapılmaktadır. PV-DesignPro-S, PV-DesignPro-G, PV-DesignPro-P olmak üzere sırası ile şebekeden bağımsız bataryalı modelleme, şebekeye bağlı bataryasız modelleme ve sulama sistemleri tasarımı yapan 3 versiyonu bulunmaktadır (Anonymous, 2013).

C1 (Maliyet) : $249

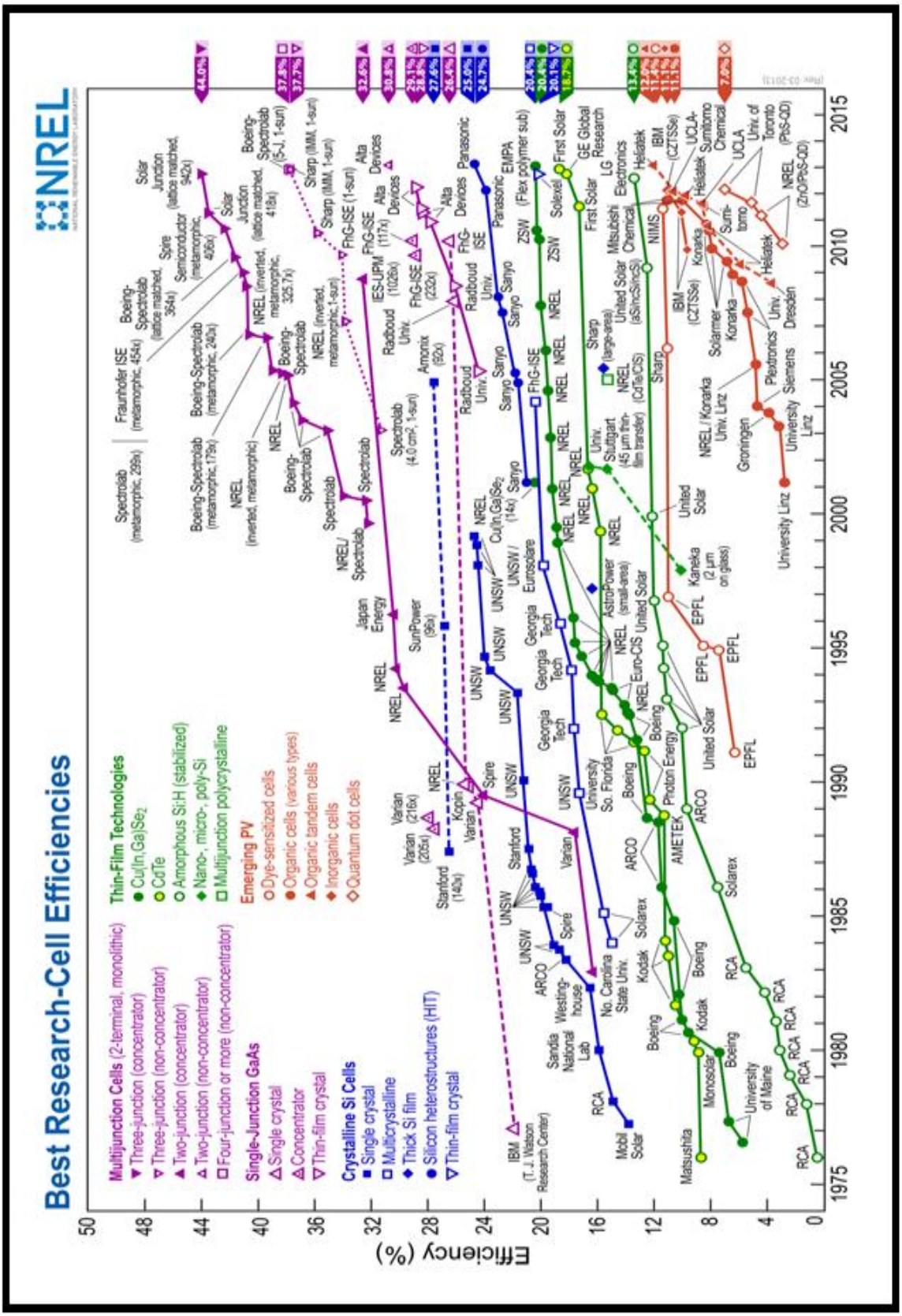
C2 (Çalışma Platformu) : Windows Vista and Windows 7

C3 (Çalışma kapasiteleri) : Profesyonel tasarımcılar ve araştırmacılar kadar daha alt seviyede tasarımcılara da hizmet verebilen bir programdır. Sistem güç çıkışı ve yük tüketimi hakkında hassas ve ayrıntılı değerlendirme yapabilmektedir. Kurulu sistemin çalışmaması anında gerekli enerji ihtiyacını da belirleyebilmektedir. Mevsim değerlerinin sisteme etkisi kullanıcı tarafından seçilebilen bir menü ile hesaplamalara dahil edilebilmektedir.

C4 (Çalışma Alanları ve Dokümantasyonlar) : Yıllık güneşlenme grafikleri, aylık batarya şarj miktarı grafikleri, yıllık performans tablosu, yıllık enerji maliyet analizi, dikey ışıma bilgileri, paneller üzerindeki güneş ışığı şiddeti, güç bilgileri, panel verimliliği, satılan enerji maliyeti, sistemin yaklaşık ömrü, watt başına maliyet gibi bilgileri kullanıcıya sunar.

C5 (Güncellenebilirlik) : Güncellenmesi devam etmektedir. Version 6.0 adlı son sürüm 14 Ağustos 2010 tarihinde yayımlanmıştır.

EK-2 Yıllara göre güneş hücreleri verim değişim tablosu (NREL, 2013)



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Emrah KIYANÇİÇEK
Uyruğu	**:**	TÜRKİYE CUMHURİYETİ
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	SAMSUN 22/06/1987
Telefon	**:**	507 755 9327
Faks	**:**	
e-mail	**:**	Emrah_kiyancicek@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Salih Dede Lisesi Balçova-İZMİR	2003
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği	2010
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2013
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2005-2013	H.V.K.K.	Avionik Sistem Teknisyeni

UZMANLIK ALANI

Uçak Elektroniği, Güneş Enerjisi, Matlab, C++, Photoshop.

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Emrah Kıyançiçek, Ahmet Afşin Kulaksız, "RF Haberleşmesi ile Bilgisayar Destekli PV Sistem Analizi", **VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 1-5 Aralık 2010, Bursa** (Lisans Tez Konusu)

Emrah Kıyançiçek, Ahmet Afşin Kulaksız, "Fotovoltaik Sistemlerin Boyutlandırılması İçin PVS^2 Paket Programının Gerçekleştirilmesi", **UTES'13 - 9. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 25-28 Aralık 2013, KONYA** (Yayın kabul edilmiştir.)