



**GÜNEŞ PANELLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİNDE OPTİMUM EĞİM
AÇISI İÇİN ARAYÜZ TASARIMI**

Canan EREN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2019

Canan EREN tarafından hazırlanan "GÜNEŞ PANELLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİNDE OPTİMUM EĞİM AÇISI İÇİN ARAYÜZ TASARIMI" adlı tez çalışması aŐađıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. H. Hüseyin SAYAN

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin. kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Doç. Dr. İlhan KOŐALAY

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin. kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. Cemal YILMAZ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin. kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 21/06/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŐYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Canan EREN

21/06/2019

GÜNEŞ PANELLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİNDE OPTİMUM EĞİM AÇISI İÇİN
ARAYÜZ TASARIMI
(Yüksek Lisans Tezi)

Canan EREN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2019

ÖZET

İnsanoğlu var olduğundan beri enerji günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Dünya nüfusunu artışı ile doğru orantılı olarak enerjinin önemli bir bileşenini oluşturan elektrik enerji ihtiyacı da artmaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarının tükenecek olması ve artan enerji ihtiyacı yeni arayışlara neden olmuştur. Bu nedendir ki sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerji kaynakları önem kazanmıştır. Bu enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinden de birçok alanda yararlanılmaktadır. Bu alanlardan biri de sabit güneş panelleri kullanarak panel üzerine düşen güneş ışığı sonucunda elektrik üretmektir. Bu elektrik üretiminin maksimum olması için panelin konumlandırılması oldukça önemlidir. Coğrafi konuma, mevsimlere göre değişen bu açı optimum değerde olmalıdır. Bu nedenle bu tez çalışmasında, Türkiye’de ki her il ve örnek olarak Ankara’ nın ilçeleri için ışınım ağırlıklı optimum eğim açısını bulan bir arayüz Visual C # platformu kullanılarak tasarlanmış ve sonuçlar incelenmiştir.

Bilim Kodu : 90544
Anahtar Kelimeler : Optimum eğim açısı, PV sistemler, güneş enerjisi
Sayfa Adedi : 45
Tez Danışmanı : Doç. Dr. H. Hüseyin SAYAN

INTERFACE DESIGN FOR OPTIMUM PLACEMENT IN THE TILT ANGLE OF THE SOLAR PANELS

(M.Sc. Thesis)

Canan EREN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

Since human beings have existed, energy has become an indispensable part of daily life. The need for electricity, which constitutes an important component of energy, increases in line with the increase in world population. The need for renewable energy resources to be exhausted and the increasing energy need led to new searches. For this reason, the energy sources obtained from the existing energy flow in the ongoing natural processes have gained importance. One of these energy sources, solar energy is also used in many areas. One of these areas is to produce electricity as a result of falling sunlight on the panel using fixed solar panels. The positioning of the panel is very important for this power generation to be maximum. Geographically, this angle varies according to the seasons and should be at the optimum value. Therefore, in this thesis, an interface is designed using the Visual C # platform to find an irradiation weighted optimum tilt angle and the results are examined for each province of Turkey and as an example, districts of Ankara.

Science Code : 90544
Key Words : Optimum tilt angle, PV systems, solar energy
Page Number : 45
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. H.Hüseyin SAYAN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında, kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana hep yol gösteren ve destek olan, tezin başlangıcından sonuna kadar bana inanan, kıymetli vaktini ayıran, ilgisi ve önerilerini benden esirgemeyen kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hasan Hüseyin SAYAN' a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca destekleri ve anlayışları için Prokon Mühendislik A.Ş. Genel Müdür Yardımcısı Sayın Tarık BAYSAK' a ve Prokon ailesine, Beni dünyaya getiren, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan, her konuda her zaman destek olan, hayatımı her zaman güzelleştiren canım babam Zakif KIZILATEŞ ve canım annem Gülay KIZILATEŞ'E, daima yanımda olan desteklerini hiçbir zaman hiçbir konuda esirgemeyen canım abim Can KIZILATEŞ'E ve ikizim Candan KIZILATEŞ'E, sonsuz sabrı, sevgisi ve desteğinden dolayı sevgili eşim Ahmet EREN'E teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma, sevgili babaannem ve dedem anısına ithaf edilmiştir...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	5
2.1. Güneşten Gelen Enerji.....	5
2.2. Dünyada Güneş Enerjisi	5
2.3. Türkiye’de Güneş Enerjisi.....	6
2.4. Güneş Açıları ve Işınımı.....	8
2.4.1. Güneş açıları	8
2.4.2. Güneş ışınimleri.....	10
2.5. Fotovoltaik Paneller.....	10
2.5.1. Fotovoltaik hücrelerin çalışma yapısı.....	10
2.5.2. Fotovoltaik hücrelerin verimliliğini etkileyen faktörler	11
2.5.3. Fotovoltaik hücrelerin sistem uygulaması.....	13
3. GÜNEŞ PANELİ KURULUMUNUN MATEMATİKSEL MODEL VE YAZILIMI.....	15
3.1. Matematiksel Model.....	15
3.2. Yazılım	19
3.3. Ankara İli Örnek Alınarak Yapılan Karşılaştırma.....	30
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41

Sayfa

KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	45



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye global radyasyon değerleri (kWh/ m ² .gün)	7
Çizelge 2.2. Türkiye güneşlenme süreleri (saat).....	8
Çizelge 3.1. Her ay için tavsiye edilen gün ve yıl içindeki gün sayısı	16
Çizelge 3.2. Tüm illerin enlem derecesi ve optimum eğim açısı.....	29
Çizelge 3.3. Ankara ilinin eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı ve aylara göre optimum eğim açısı;	32
Çizelge 3.4. $\beta_{optimum} = 33,6666666666667^\circ$ iken eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değerleri.....	33
Çizelge 3.5. $\beta_{optimum} = 27,2741703576942^\circ$ iken eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değerleri	33
Çizelge 3.6. Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değerleri arasındaki fark	34
Çizelge 3.7. Eğim açısı $0^\circ, 25^\circ, 26^\circ, 27^\circ, 28^\circ, 29^\circ, 30^\circ, 31^\circ, 32^\circ, 33^\circ, 34^\circ, 35^\circ, 60^\circ$ ve 90° iken eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık maksimum ortalaması.....	35
Çizelge 3.8. Eğim açısı $27,2741703576942^\circ, 33,6666666666667^\circ, 29^\circ$ iken eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık maksimum ortalaması	35
Çizelge 3.9. Ankara ilçeleri için yıllık optimum eğim açısı	38

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dünya güneş enerjisi haritası.....	6
Şekil 2.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası	7
Şekil 2.3. Açıların birbiriyle olan ilişkisi.....	10
Şekil 2.4. PV Hücre, Modül, Panel ve Dizi	11
Şekil 2.5. Şebekeden bağımsız PV sistemlerin şeması	13
Şekil 2.6. Doğrudan şebekeye bağlı PV sistemlerin şeması	14
Şekil 2.7. Evsel uygulamalarda kullanılan şebeke bağlantılı PV sistem şeması	14
Şekil 2.8. Hibrit sisteme bağlı PV sistem şeması.....	14
Şekil 3.1. Denklinasyon açısının aylara göre değişimi	16
Şekil 3.2. Visual C # platformunun ekran görüntüsü.....	20
Şekil 3.3. Sabit güneş panelleri için optimum eğim açısı bulma akış şeması.....	21
Şekil 3.4. Kullanıcı adı ve şifre doğrulama ekranı.....	22
Şekil 3.5. Kullanıcı adı ve şifre yazılmış ekran	23
Şekil 3.6. Şifrenin doğru yazılıp yazılmadığının kontrolü.....	23
Şekil 3.7. Kullanıcı adı ya da şifrenin yanlış girilmesinde durumunda çıkan uyarı ekran	24
Şekil 3.8. Yıllık optimum eğim açısı bulmak için çıkan ekran.....	24
Şekil 3.9. Şehir seçim ekranı.....	25
Şekil 3.10. Şehir seçim ekranı.....	26
Şekil 3.11. Şehir seçim ekranı.....	27
Şekil 3.12. Gaziantep'in yıllık optimum eğim açısı	28
Şekil 3.13. Ankara aylara göre güneşlenme süresi	31
Şekil 3.14. Ankara seçildiğinde çıkan ekran görüntüsü.....	36
Şekil 3.15. İlçe seçim ekranı	37
Şekil 3.16. Ayaş'ın yıllık optimum eğim açısı	37

Şekil	Sayfa
Şekil 3.17. Güdül aylara göre güneşlenme süresi	39
Şekil 3.18. Güdül ve Ankara için aylara göre güneşlenme süresi	39



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
G_{sc}	Güneş Sabiti
H_0	Günlük atmosfer dışı güneş ışınımının aylık ortalaması (W/m ² .gün)
H_B	Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımının aylık ortalaması (W/m ² .gün)
$H_B(\beta)$	Eğik yüzeye gelen günlük direkt güneş ışınımının aylık ortalaması (W/m ² .gün)
H_D	Yatay düzleme gelen günlük yayılı güneş ışınımının aylık ortalaması (W/m ² .gün)
$H_D(\beta)$	Eğik yüzeye gelen günlük yayılı güneş ışınımının aylık ortalaması (W/m ² .gün)
$H_R(\beta)$	Eğik yüzeye gelen günlük yansıyan güneş ışınımının aylık ortalaması (W/m ² .gün)
$H_T(\beta)$	Eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalaması (W/m ² .gün)
K_T	Berraklık indeksi
R_b	Eğik düzlem üzerine gelen ışınımın yatay düzlem üzerine gelen direkt ışınımına oranı
S_0	Belirli bir ay için mümkün olan en yüksek güneşlenme süresini (saat)
W_s	Saat Açısı
W'_s	Eğimli yüzeydeki güneş batış açısı
$\beta_{optimum}$	Optimum eğim açısı
θ_z	Zenit Açısı
ϕ	Enlem Açısı
n	Yıl içindeki gün sayısı
δ	Denklinasyon Açısı
H	Yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımının aylık ortalaması (W/m ² .gün)
S	Güneşlenme süresini (saat)
a ve b	Ampirik katsayılar

Simgeler**Açıklamalar** **β**

Eğim Açısı

 γ_s

Azimut Açısı

 ρ

Çevre yansıtma katsayısı

Kısaltmalar**Açıklamalar****kW**

Kilo watt

kWh

Kilo watt saat

m

Metre

m²

Metrekare

PV

Fotovoltaik

W

Watt

1. GİRİŞ

Enerji, insan yaşamında önemli bir yere sahiptir. Gelişen teknoloji ile mevcut kaynakların enerji ihtiyacını karşılayamamasından dolayı ortaya çıkan enerji açığı tüm dünyada sorun haline gelmiştir. Bu sorun insanların alternatif enerji kaynaklarını bulma ve geliştirme çalışmalarını hızlandırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları bu nedenle önem kazanmıştır.

Elektrik enerjisi farklı teknikler kullanılarak üretilir. Bunlardan biri yenilenemeyen enerji kaynaklarını kullanmaktır. Bu kaynaklar kömür, petrol veya doğalgaz, fosil yakıtlar ve nükleer enerji olabilir. Fakat bu kaynaklar eninde sonunda bir gün tükenecek kaynaklardır. Sürekli azalmasından dolayı yıldan yıla fiyatları da artmaktadır. Ayrıca bu hammaddeler

- Kentsel hava kirliliği,
- Küresel ısınma,
- Asit yağmurlarının oluşması,
- İnsan sağlığına olumsuz etkileri

gibi sorunlara da yol açmaktadır.

Fakat yenilenebilir enerji kaynakları daha çevre dostudur. Güneş enerjisi de bu kaynaklardan biridir. Güneş enerjisi hiçbir zaman tükenmeyecek bir enerji kaynağıdır. Sınırsız enerji kaynağı olmasının yanı sıra temiz enerji, depolanması kolay ve maliyeti oldukça düşük bir sistem olduğundan günümüzde önemli bir yere sahiptir. Güneş enerjisinden yararlanmanın yollarından biri sabit fotovoltaik paneller kullanarak elektrik üretmektir.

Sabit güneş panellerinden yüksek verim alabilmek için panellerin yatayla olan eğim açısının optimum eğim açısında olması gerekir. Bu tez çalışmasında, Microsoft Visual C# platformu kullanılarak bir arayüz tasarlanmıştır. Bu arayüz ile Türkiye’de ki iller için yıllık optimum eğim açısı hesaplanmıştır.

Optimum eğim açısı ile ilgili yerli ve yabancı literatürde yapılmış çalışmalardan bazıları aşağıda kısaca verilmiştir.

Lahjouji ve arkadaşının Fas'ın orta kuzeyinde yer alan Ifrane bölgesi için yaptıkları çalışmada, matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Ifrane için yıllık optimum eğim açısı 36.6° ve toplam güneş enerjisi de $10,866.80 \text{ MJ/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ifrane enlemi 33.32°N olduğundan, bulguların yaklaşık olarak enlem derecesiyle aynı olduğunu savunmuşlardır. Yıllık sabit eğim açısının düşük kurulum maliyeti olan uygulamalarda kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır. Daha yüksek verim için, eğim açısının aylık değilse de mevsimsel olarak kolayca değiştirilebileceği şekilde tasarlanması gerektiğini öne sürmüşlerdir [1].

Ajder'in çalışmasında, bir yıl boyunca yatay düzleme gelen saatlik güneş ışınım verileri MATLAB programı kullanarak, İstanbul ile aynı enlemde bulunan, Boston (ABD) için yataya gelen global ışınım miktarının bileşenlerine ayrılması, eğik düzleme gelen ışınım miktarı ve bunun yanında sabit paneller için optimum eğim açısı hesaplanmıştır. Bu hesap sonucunda geliş açısı değerleri bulunmuş ve Boston için yıllık toplam ışınım değerinin maksimum olduğu optimum açı değeri 49° olarak hesaplanmıştır [2].

Akif ve arkadaşlarının çalışmasında, Bilecik şehri için PV panellerinde aylık, mevsimsel ve yıllık optimum eğim açısı matematiksel olarak hesaplanmıştır. Daha sonra Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi çatısına, aynı özelliklere sahip 6 panel farklı açılarda konularak deney düzeneği oluşturulmuştur. Mayıs, haziran, temmuz, ağustos ayları için matematiksel ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Akif ve arkadaşları arasındaki farkın yaklaşık 11° olduğunu söylemişlerdir. Farkın nedeni olarak da çevresel faktörleri öne sürmüşlerdir [3].

Darhmaoui ve arkadaşının çalışmasında, eğimli bir yüzeydeki toplam güneş ışınımı en üst düzeye çıkarmak ve optimum eğim açısını belirlemek için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Akdeniz bölgesi için optimum eğim açısı ikinci dereceden regresyon modeli (ax^2+bx) sunularak optimum eğim açısı hesaplanmıştır. Bu modelin doğruluk oranının yüksek olduğunu belirtmişler ve kullanılmasını önermişlerdir [4].

Ihaddadene ve arkadaşlarının çalışmasında, M'sila bölgesindeki sabit güneş sistemlerinden en iyi verimi alabilmek için aylık, mevsimsel ve yıllık olarak eğim açısını teorik (Lui & Jordan model, Hay model, Reindl model ve Circumsolar model ile) ve deneysel olarak hesaplamışlardır. Sonuç olarak bu bölge için Reindl modelinin en uygun olduğunu

söylemişlerdir. Paneli sabit kurmak yerine aylık ya da mevsimsel olarak değiştirilmesinin daha verimli olacağını öne sürmüşlerdir [5].

Lanjewar ve arkadaşlarının çalışmasında, Maharashtra eyaletinin 6 şehrinde güneş kolektörlerinin optimum eğim açısını belirlemek için matematiksel model kullanmışlardır. Ek olarak, aylık ve mevsimsel olarak optimum eğim açılarını hesaplamışlardır. Sonuç olarak da güneş panellerinin optimum eğim açısında yerleştirilerek güneş ışınımından önemli bir kazanç elde edileceğini öne sürmüşlerdir [6].

Koçer ve arkadaşlarının çalışmasında, Ankara merkez ve ilçeleri için optimum eğim açısını $34^{\circ} \pm 1^{\circ}$ olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarını literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırarak yapmış oldukları çalışmanın sonuçları ile uyumlu olduğunu savunmuşlardır. Yılda iki kez eğim açısı değiştirildiğinde birim alana düşen enerji miktarının % 5 artacağını, her ay değiştirilirse %8' e kadar artabileceğini savunmuşlardır. Bundan dolayı, panel eğim açısının ayda bir kez ya da yılda en az iki kez değiştirilmesini tavsiye etmişlerdir [7].

Ulgen'in çalışmasında, İzmir için eğik yüzeye gelen toplam güneş ışınımını ve güneş panellerinin optimum eğim açısını belirlemek için matematiksel model kullanmıştır. Optimum eğim açısının Haziran ayında 0° , Aralık ayında 61° olduğunu söyleyerek diğer aylarda optimum eğim açısının bu değerler arasında değiştiğini öne sürmüştür. İzmir için yıllık optimum eğim açısının 30.3° olduğunu savunmuştur [8].

Benghanem' in çalışmasında, Suudi Arabistan da Medine bölgesi için yıllık optimum eğim açısının yaklaşık olarak bölgenin enlem derecesine eşit olduğunu öne sürmüştür. Aylık optimum eğim açısına göre elde edilen enerjinin yıllık optimum eğim açısına göre elde edilenden yaklaşık %8 daha fazla olduğunu savunmuştur [9].

Khorasanizadeh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, İran da ki Tabass bölgesi için güneye bakan güneş panelleri için sabit aylık, mevsimsel, yarı yıllık ve yıllık için optimum eğim açısını hesaplamışlardır. Aylık optimum eğim açısının 0° ve 64° arasında değiştiğini, yıllık optimum eğim açısının 33.6° olduğunu hesaplamışlardır. Ve yıllık optimum eğim açısının Tabass bölgesinin enlem derecesine çok yakın olduğunu söylemişlerdir. Yatay düzleme gelen güneş enerjisinden kazanç aylık, mevsimsel, yarı yıllık ve yıllık olarak sırasıyla %

23.15, % 21.55, % 21.23 ve % 13,76 olduğunu öne sürmüşlerdir. Güneş panellerinin yatayla olan eğim açısının sıcak havalar için (Nisan-Eylül) 10 dereceye, soğuk havalar için (Ekim-Mart) 55 dereceye ayarlanmasını şiddetle tavsiye etmişlerdir [10].

Güneş kolektörü yüzeyinde optimum eğim açısına sahip toplam güneş radyasyonu belirli dönemler için hesaplanır. Optimum eğim açısının yıl boyunca 0° (Haziran) ve 61° (Aralık) arasında değiştiği bulunmuştur. Kışın (Aralık, Ocak ve Şubat) eğim ilkbaharda (Mart, Nisan ve Mayıs) 18.3° , yaz aylarında (Haziran, Temmuz ve Ağustos) 4.3° ve sonbaharda (Eylül, Ekim) 55.7° olmalıdır ve Kasım) 43° . Bu değerlerin yıllık ortalaması 30.3° olarak bulundu ve bu, yıl boyunca optimum sabit eğim olacaktır.

Bu tez çalışmasının birinci bölümünde tez çalışmasının konusu olan sabit güneş panellerinde optimum eğim açısı bulma konusundan kısaca bahsedilmiş ve literatürde konu ile ilgili daha önce yapılan diğer akademik çalışmalara da kısaca değinilmiştir.

İkinci bölümünde dünyada ki ve ülkemizde ki güneş enerjisinden, güneş açılarından ve güneş ışınımdan bahsedilmiştir. Ayrıca fotovoltaik hücrelerden, bu hücrelerin çalışma yapısından, verimliliğini etkileyecek faktörlerden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde güneş panellerinin yatayla oluşturduğu yıllık optimum eğim açısının matematiksel modellenmesinden bahsedilmiştir. Daha sonra Türkiye’de ki illerin yıllık optimum eğim açısını bulmak için tasarlanmış olan, Visual C# kullanılarak, arayüz programı anlatılmıştır ve Ankara ili örnek alınarak bazı karşılaştırmalar yapılmıştır.

Dördüncü bölümde tez çalışmasının üçüncü bölümünde elde edilen sonuçların ne tür anlamlar içerdiği açıklanmış ve öneriler sunulmuştur.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

2.1. Güneşten Gelen Enerji

Güneş, dünyanın kütesinin yaklaşık 330.000 katından daha büyük, 2×10^{27} ton kütleyle sahip ve 7×10^5 km yarıçaplı sıcak bir gaz kütesidir. Güneşten çıkan enerji miktarı, $3,8 \times 10^{20}$ MW civarındadır. Dünyamıza olan uzaklığı 149 milyon km 'dir. Güneşin etkili yüzey sıcaklığı yaklaşık 5800 °K civarındadır [11].

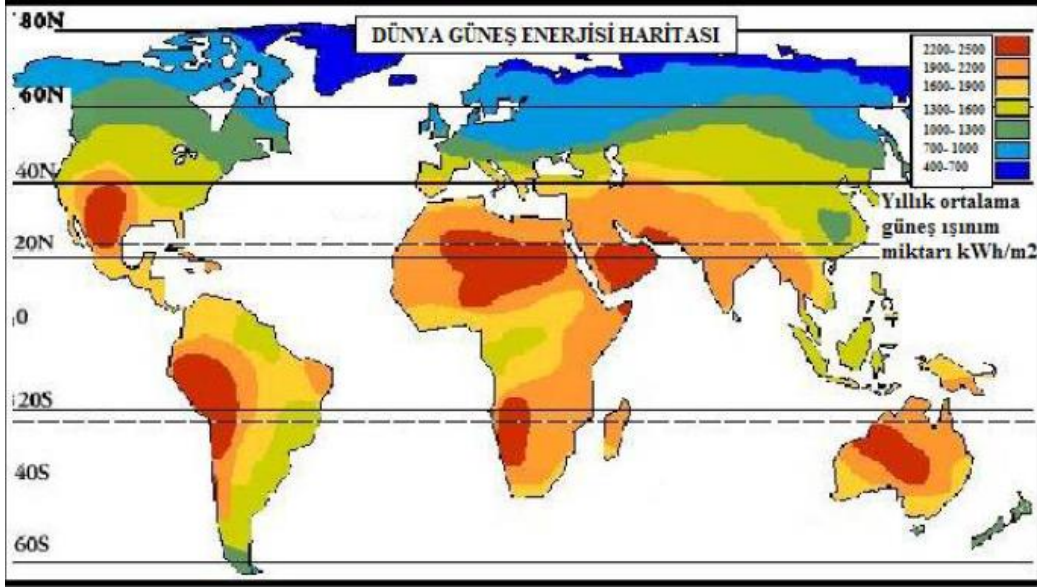
Güneş'in kütesinin %73'ünü hidrojen, %25'ini helyum, %2'sinide diğer elementler oluşturmaktadır. Güneş'te meydana gelen füzyon tepkimeleri (çekirdek tepkimeleri sırasında hidrojenin helyuma dönüşme olayıdır.) sonucu bir miktar enerji üretilir.

Atmosfer bu enerjinin %6'sını yansıtır, %16'sını da sönümler. Bundan dolayı yeryüzüne ulaşan enerji miktarı sadece 0-1100 W/m² değerleri arasındadır. Bu da demektir ki, bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir miktarı bile dünyadaki mevcut enerji tüketiminden çok daha fazladır [12].

Dünya güneş mesafesi yılda % 3.5 oranında değişmektedir. Bundan dolayı atmosfer dışına gelen ışınım 1325 W/ m² ile 1420 W/ m² arasında değişmesine neden olur. Atmosfer dışına gelen ışınım Dünya Işıma Merkezi (WRC, World Radiation Center) tarafından 1367 W/m² kabul edilmiştir. Bu da güneş sabiti (G_{sc}) olarak adlandırılmaktadır.

2.2. Dünyada Güneş Enerjisi

Dünyada güneş enerjisinin kullanım oranı sağladığı avantajlar ve ucuz maliyetten dolayı artmıştır. Dünyada neredeyse her ülkede az ya da çok güneş enerjisinden yararlanıldığı söylenebilir. Şekil 2.1'de dünya güneş enerjisi haritası verilmektedir. Güneş enerjisinden maksimum faydalanan bölge ekvatorun kuzey ve güney enlemleri arasında yer alan kısımdır. Bu bölge "Dünya Güneş Kuşağı" olarak adlandırılır. Bir yılda 2000- 3500 saat güneş almakta ve güneş potansiyeli 3,5-7 kWh/m².gün arasında değişmektedir. Kurak bölgelerde ortalama yıllık güneş radyasyonu 2000-2500 kWh/ m² ve daha üst enlemlerde ise 1000-1500 kWh/ m² arasında değişmektedir [13].



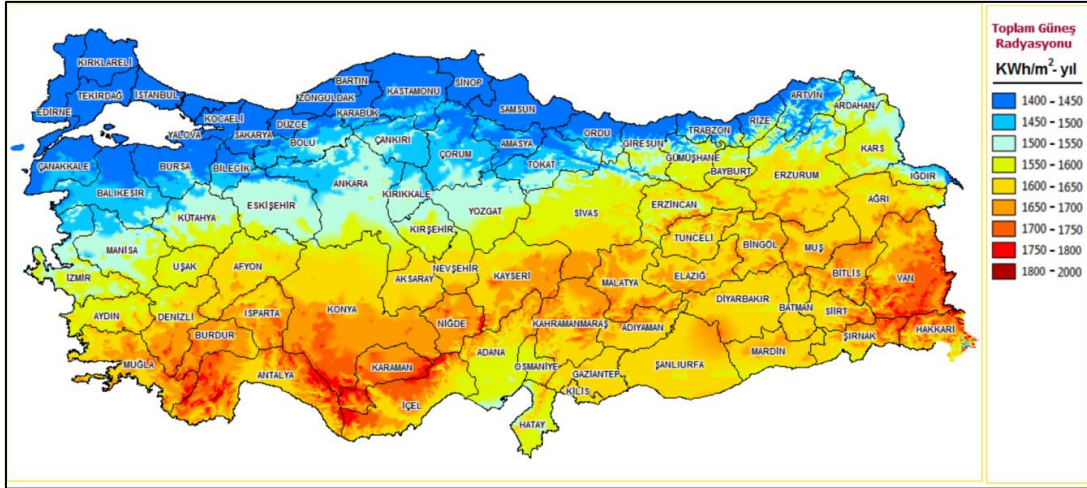
Şekil 2.1. Dünya güneş enerjisi haritası [2]

Dünyada şebeke bağlantılı PV sistemlerin kullanıldığı ülkelere bakıldığında Çin lider konumdadır. Çin'i sırasıyla Japonya, Almanya, ABD, İtalya, Birleşik Krallık (İngiltere ile Krallığa bağlı diğer ülkeler), Hindistan, Fransa, Avustralya, İspanya takip etmektedir.

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'na (IRENA) göre, 2017 yılı Yenilenebilir Enerji İstatistikleri Raporu'nda Türkiye 13. sıradadır.

2.3. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Ülkemiz, bulunduğu coğrafi konumu sebebiyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m².gün) olduğu tespit edilmiştir [14]. Şekil 2.2'de Türkiye Güneş Enerji Atlası verilmiştir [14].



Şekil 2.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası [14]

Şekil 2.2’de görüldüğü üzere güney bölgelerden kuzeye doğru gidildikçe toplam güneş radyasyonu (kWh/ m²) azalmaktadır. Güneşlenme süreleri ve ışıınım değerleri bölgesel değişiklik göstermesinin yanı sıra aylara göre de değişiklik göstermektedir. Çizelge 2.1’de aylara göre global radyasyon değerleri verilirken (kWh/ m².gün), Çizelge 2.2’de de güneşlenme süreleri (saat) verilmiştir [14].

Çizelge 2.1. Türkiye global radyasyon değerleri (kWh/ m².gün)

AY	GLOBAL RADYOSYAN DEĞERLERİ (kWh/ m ² .gün)
Ocak	1.79
Şubat	2.50
Mart	3.87
Nisan	4.93
Mayıs	6.14
Haziran	6.57
Temmuz	6.50
Ağustos	5.81
Eylül	4.81
Ekim	3.46
Kasım	2.14
Aralık	1.59

Çizelge 2.2. Türkiye güneşlenme süreleri (saat)

AY	GÜNEŞLENME SÜRELERİ (saat)
Ocak	4.11
Şubat	5.22
Mart	6.27
Nisan	7.46
Mayıs	9.10
Haziran	10.81
Temmuz	11.31
Ağustos	10.70
Eylül	9.23
Ekim	6.87
Kasım	5.15
Aralık	3.75

Buna göre Türkiye'nin en çok güneş üreten ayı Temmuz iken en az ayı ise Aralık ayıdır. Bölgeler arasında ise en fazla Güneydoğu bölgesi iken en az Karadeniz bölgesidir. Fakat güneş enerjisinde lokomotif ülke olan Almanya ile Karadeniz bölgesinin ışınlam değerleri çok yakındır. Özetle, Türkiye güneşlenme potansiyelinin yüksek olduğu şanslı ülkelerdendir.

2.4. Güneş Açıları ve Işınımı

2.4.1. Güneş açıları

Güneş ışınimleri ile dünya yüzey arasında belirli açılar vardır. Bu açılar aşağıda anlatılmaktadır.

Enlem açısı (ϕ)

Konulandırılan yeri dünya merkezine birleştiren doğrunun, ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Ekvatordan kuzeye gidildikçe 0° 'den $+90^\circ$ 'ye kadar değer alırken, ekvatordan güneye gidildikçe 0° 'den -90° 'ye kadar değer almaktadır.

Denklinasyon açısı (δ)

Güneşin, ekvator düzlemine göre açısal pozisyonunu diğer bir deyişle güneş ışınlarının aylar ve mevsimlere göre dünyaya geliş açısıdır. Ekinoks tarihlerinde denklinasyon açısı sıfır iken, 21 Aralık kış dönümünde $-23,45^\circ$ iken 21 Haziran yaz döneminde $+23,45^\circ$ değeri alır. Diğer tarihlerde ise $-23,45^\circ$ ile $+23,45^\circ$ arasında değerler alır.

Zenit açısı (θ_z)

Zenit açısı, doğrudan güneş ışınımı ile yatay düzlemin normali (diki) arasındaki açıdır. Başka bir ifadeyle güneş ışınlarının yatay düzleme geliş açısıdır. Bu açı, güneş doğarken ve batarken 90° iken, güneş ışınlarının dik geldiği zaman ise sıfırdır.

Saat açısı (W_s)

Saat açısı, güneş ışınlarının bulunduğu boylam ile göz önüne alınan yerin boylamı arasındaki açıdır. Kısaca, zamanın açısal hali denecek olursa, 1 saat 15° boylama denk gelmektedir. Güneş öğleden önce eksi işaret alırken, sonrasında artı işaret almaktadır.

Azimut açısı

Azimut açısı, güneş azimut açısı ve yüzey azimut açısı olmak üzere ikiye ayrılır. Güneş azimut açısı (γ_s), güneş ışınlarının kuzeye göre saat dönüşü yönünde sapmasını gösteren açıdır. Yüzey azimut açısı ise (γ), yerel boylama göre sapmasını gösteren açıdır.

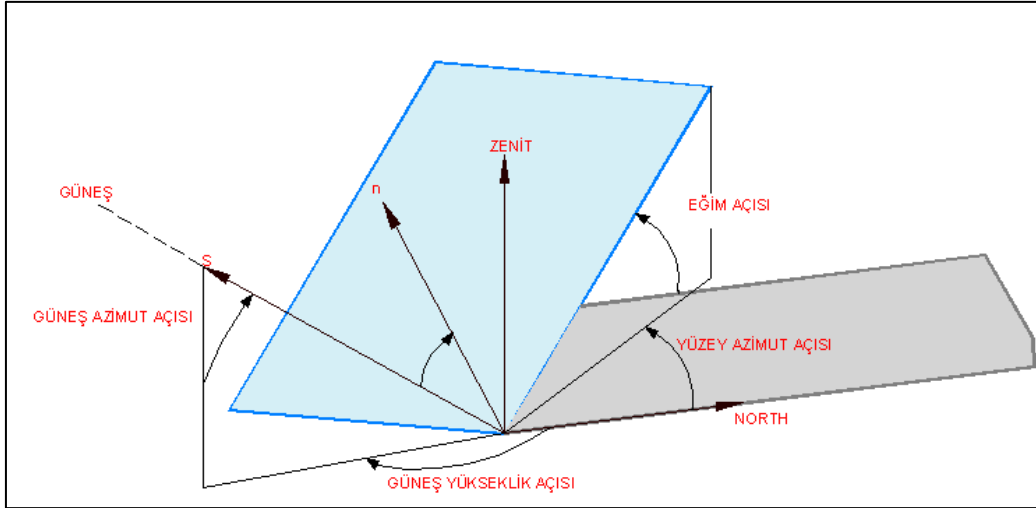
Güneş yükseklik açısı (α_s)

Yatay düzlem ile güneş çizgisi arasında kalan açıdır. Zenit açısı ile güneş yükseklik açısı birbirini 90° 'ye tamamlar.

Eğim açısı (β)

Panelin yüzey düzlemi ile yatay düzlem arasında oluşturduğu açıdır.

Şekil 2.3'te açıların birbiriyle ilişkileri gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Açıların birbiriyle olan ilişkisi [15]

2.4.2. Güneş ışınimleri

Güneş ışınımının tamamı yeryüzüne ulaşamaz. %30 kadarı atmosfer tarafından geri yansır. %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulurken %50'si de dünyamıza ulaşmaktadır.

Yatay yüzeye gelen ışınım direkt ve yaygın olmak üzere ikiye ayrılır. Yaygın ışınım, atmosferdeki bulutlar ve tozlar tarafından saçılmaya uğrayan ışınımlardır. Direkt ışınım, bu saçılmaya uğramamış ışınımlardır. Literatür de bu konuyla ilgili tam kesinlik kazanmış metot yoktur. Eğik yüzeye gelen ışınım ise; doğrudan, yaygın ve yansıyan ışınım olarak 3'e ayrılmaktadır. Eğik yüzeye gelen ışınımardan üçüncü bölümde detaylı olarak bahsedilmiştir.

2.5. Fotovoltaik Paneller

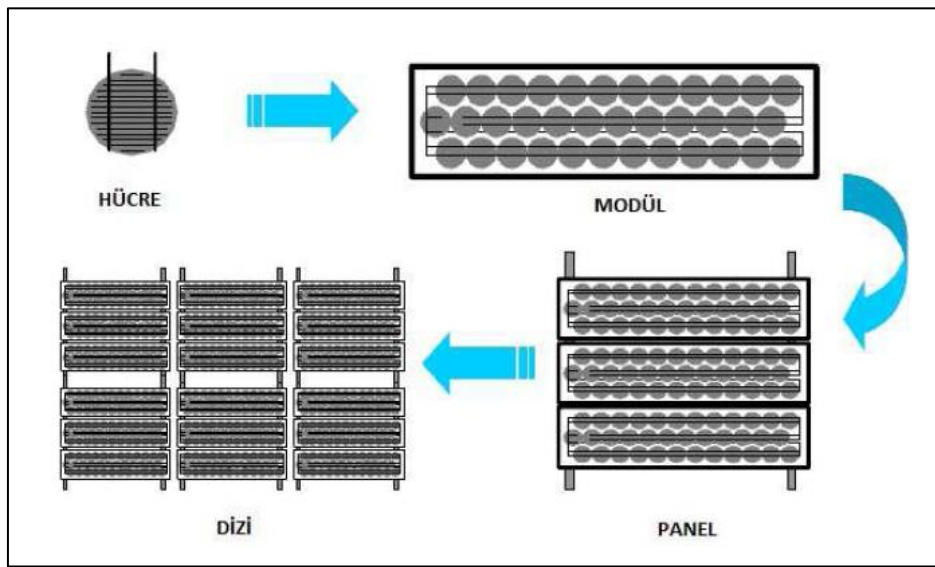
Fotovoltaik kelimesinin kökenine bakıldığında Latince ışık anlamında kullanılan "Photo" ve elektriksel bir büyüklük olan gerilimin birimi "Volta" (Count Volta: 1745–1827 İtalyan fizikçi) kelimelerinden oluşmaktadır [16].

2.5.1. Fotovoltaik hücrelerin çalışma yapısı

Fotovoltaik (Photovoltaic, PV) hücreler, yüzeyine gelen enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine çeviren yarı iletken yapılardır. Güneş pilleri de diyotlar, transistörler, tristörler, doğrultucu diyotlar gibi yarı iletken maddelerden yapılır. Güneş pillerinin yapıları basitçe

pozitif-negatif (P-N) birleşimli bir diyota benzer. Fotoelektrik olayına dayanarak pilden fotonlar tarafından kopartılan elektronlar P-N birleşiminde harekete geçer ve bir elektrik akımı oluşturur.

Sistemin en küçük birimi PV hücreleridir. Sistemin çıkışındaki gücü artırmak için birden fazla güneş pili birbirine seri ya da paralel bağlanır ve bu yapıya fotovolttaik modül adı verilir. Güç çıkışını daha da artırmak için, modüller birbirine seri ya da paralel bağlanarak panel, paneller birbirine bağlanarak dizi haline getirilebilir [2].



Şekil 2.4. PV Hücre, Modül, Panel ve Dizi [2]

2.5.2. Fotovolttaik hücrelerin verimliliğini etkileyen faktörler

Modüllerden maksimum verim alınabilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar vardır.

Sabit PV panellerinden yüksek verim alabilmek için, panelleri optimum eğim açısında konumlandırmak gerekir. Bu konu detaylı olarak 3. Bölümde anlatılacaktır. Hareketli panellerin tasarımında ise güneş ışığını takip edebilmesini ve günün her saatinde en yüksek verimin alınabilmesine dikkat edilmelidir.

Panellerin aşırı ısınması durumunda da veriminin düştüğü gözlemlenmiştir. Yapılan deneylerde her 10°C sıcaklık artışında PV panelin performansı %1 düştüğü gözlemlenmiştir.

Bu sorunun çözümü olarak da panelin arka yüzeyinin havalandırılması önerisinde bulunulmuştur [18].

Panel yüzeylerinin çevresel faktörlere bağlı olarak kirlenmesi de panellerdeki verimin düşmesine neden olmaktadır. Bundan dolayı PV modülünün kullanıldığı yerin temizlemeye elverişli olması gerekir.

PV panellerin gölgede kalması da modülün performansını etkileyen faktörlerdendir.

Panelin yakınında ki yüksek binalar, çatıdaki antenler ve bacalar, ağaç dalları yaptığı gölgeden dolayı panelin veriminin düşmesine neden olmaktadır.

Fotovoltaik hücreler de ki malzeme farklılığı da verimi etkileyen faktörlerdendir. Aşağıda en çok kullanılan malzemelerin verimleri incelenmiştir.

Kristal Silisyum: Tek kristal Silisyum bloklarında laboratuvar ortamında %24 verim elde edilirken, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Çok kristal Silisyum güneş pillerinde ise, laboratuvar şartlarında %18 iken, ticari modüllerde yaklaşık %14 verim sağlanmaktadır. Ayrıca bu piller daha ucuzdur.

Amorf Silisyum: Laboratuvar ortamında yaklaşık %10 iken, ticari modüllerde ise %5'lerde verim sağlanmaktadır.

Galyum Arsenit(GaAs): Bu malzemeyle laboratuvar şartlarında %28'e kadar verim elde edilirken, diğer yarı iletkenler ile birlikte oluşturulan çok eklemli GaAs pillerde verim %30'lara kadar çıkabilmiştir.

Kadmiyum Tellürid(CdTe): Laboratuvar şartlarında %16, ticari şartlarda ise yaklaşık %7 verim elde edilmektedir.

Bakır İndiyum Diselenid(CuInSe₂): Laboratuvar şartlarında yaklaşık %18 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise yaklaşık %10 verim elde edilmiştir.

Ticari alanda bulunan alışlagelmiş silisyum güneş modüllerinin yerine geçecek, verimleri aynı fakat üretimi daha kolay ve ekonomik olan güneş modülleri üzerinde son yıllarda

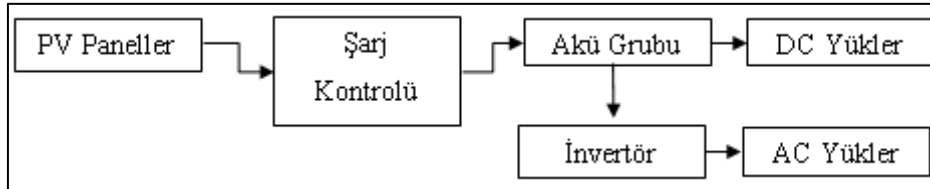
çalışmalar artırılmıştır. Bu çalışmalar; foto elektrokimyasal çok kristalli Titanyum Dioksit hücreler, polimer yapıları Plastik hücreler ve güneş spektrumunun çeşitli dalga boylarına uyum sağlayacak şekilde üretilen enerji bant aralığına sahip Kuantum güneş hücreleri gibi yeni teknolojilerdir [12].

2.5.3. Fotovoltaik hücrelerin sistem uygulaması

Fotovoltaik sistemlerin kullanım açısından şebekeden bağımsız, şebekeye bağlı ve hibrit sistemler olmak üzere 3 çeşit uygulaması vardır.

Şebekeden bağımsız (off grid) sistemler

Bu sistemler şebekeye ulaşımın güç olduğu yerlerde kullanılır. Şebekeden bağımsız olan bu sistemlerde üretilen elektrik akülerde depolanır. Bu sistemler PV pnelleri, şarj grubu ve akülerden oluşmaktadır. Doğru akımı alternatif akıma çevirmek istenilirse bunların yanına invertör de eklenmektedir. Yani sistem doğru akım (DC) yüklerini hem de alternatif akım (AC) yüklerini besleyebilmektedir [19]. Şekil 2.5 de şebekeden bağımsız PV sistemlerin şeması verilmiştir.

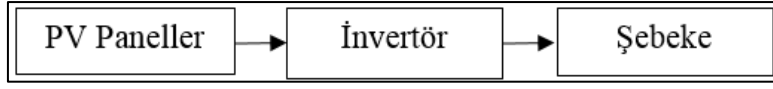


Şekil 2.5. Şebekeden bağımsız PV sistemlerin şeması

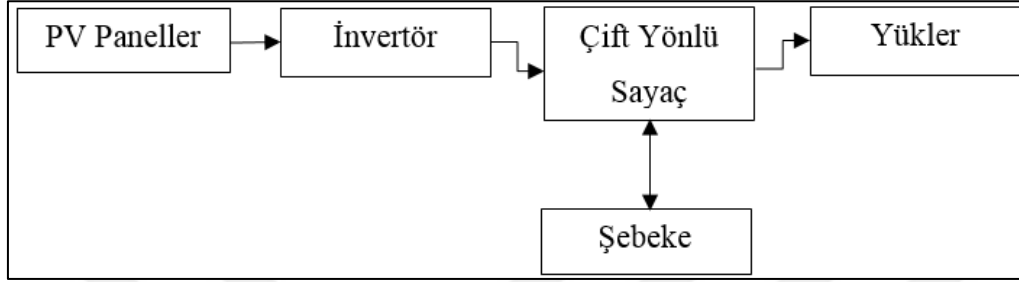
Şebeke bağlantılı (grid) sistemler

Şebeke bağlantılı PV sistemler 2 şekilde tasarlanabilmektedir. Bunlardan ilki, üretilen doğru akımı, invertör aracılığıyla alternatif akıma çevirerek şebekeyi doğrudan besleyebilir. Şekil 2.6 da doğrudan şebekeye bağlı PV sistemlerin şeması verilmiştir. Diğerisi ise evsel uygulamalarda kullanılan şebeke bağlantılı PV sistemlerdir. Bu sistemlerde invertörden sonra çift yönlü sayaç kullanılmasıdır. Böylelikle hem çeşitli yükler beslenebilir hem de fazla enerji şebekeye verilir. Güneş ışınlarının yetersiz olduğu durumda enerji şebekeden sağlanır. Şekil 2.7 de evsel uygulamalarda kullanılan şebeke bağlantılı PV sistem şeması

verilmiştir [19].



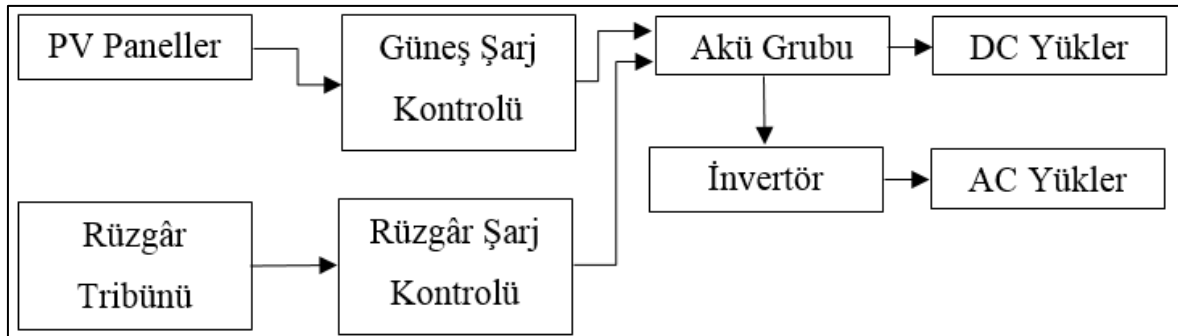
Şekil 2.6. Doğrudan şebekeye bağlı PV sistemlerin şeması



Şekil 2.7. Evsel uygulamalarda kullanılan şebeke bağlantılı PV sistem şeması

Hibrit sistemler

Hibrit sistemlerde, güneş panellerinin yanında farklı bir kaynak kullanılır. Bu kaynak rüzgâr tribünü gibi yenilenebilir enerji kaynağı olabileceği gibi, dizel jeneratör gibi yenilenmez enerji kaynağı da olabilir. Bu sistemde daha fazla elektrik üretmek amaçlanmaktadır. Şekil 2.8 de hibrit sisteme bağlı PV sistem şeması verilmiştir [19].



Şekil 2.8. Hibrit sisteme bağlı PV sistem şeması

3. GÜNEŞ PANELİ KURULUMUNUN MATEMATİKSEL MODEL VE YAZILIMI

Güneş enerjisinden yararlanmanın yollarından biride sabit güneş panelleri sistemini kullanarak elektrik üretmektir. Bu güneş panellerinden yüksek verim elde etmek için panellerin yatayla olan eğim açısının optimum eğim açısında olması gerekir. Bu açı bölgenin coğrafik konumuna ve mevsimlere göre değişmektedir. Bu tez çalışmasında, yıllık optimum eğim açısı bulmak için teorik analiz yapılmıştır. Türkiye'nin tüm şehirleri için sabit panellerdeki gerekli yıllık optimum eğim açısı Visual C# programı kullanarak hesaplanmıştır. Ayrıca özelde örnek olarak Ankara' nın tüm ilçeleri içinde Visual C# programı kullanarak yıllık optimum eğim açısı hesaplanmıştır.

3.1. Matematiksel Model

Sabit güneş panel sistemi için eğik düzleme gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalaması Eş. 3.1' deki gibi ifade edilmektedir.

$$H_T(\beta) = H_B(\beta) + H_D(\beta) + H_R(\beta) \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte $H_T(\beta)$, $H_B(\beta)$, $H_D(\beta)$, $H_R(\beta)$ sırasıyla eğik yüzeye gelen günlük toplam, direkt, yayılı, yansıyan güneş ışınımının aylık ortalamasını ($W/m^2.gün$) ifade etmektedir.

$H_B(\beta)$, eğik yüzeye gelen günlük direkt güneş ışınımının aylık ortalamasını ($W/m^2.gün$) ise Eş. 3.2' deki gibi ifade edilmektedir.

$$H_B(\beta) = R_b \times H_B \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte R_b eğik düzlem üzerine gelen ışınımın yatay düzlem üzerine gelen direkt ışınım oranını, H_B de yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımının aylık ortalamasını ($W/m^2.gün$) belirtmektedir.

R_b , Eş. 3.3' teki gibi ifade edilir.

$$R_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \times \cos \delta \times \sin W_s' + \frac{\pi \times W_s'}{180} \times \sin(\phi - \beta) \times \sin \delta}{\cos \phi \times \sin \delta \times \sin W_s + \frac{\pi \times W_s}{180} \times \sin \phi \times \sin \delta} \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte görmüş olduğumuz ϕ , β , δ , W_s , W_s' sırasıyla enlem açısını, panelin yüzey düzlemi ile yatay düzlem arasında oluşturduğu eğim açısını, denklinasyon açısını, saat açısını, eğimli yüzeydeki güneş batış açısını belirtmektedir.

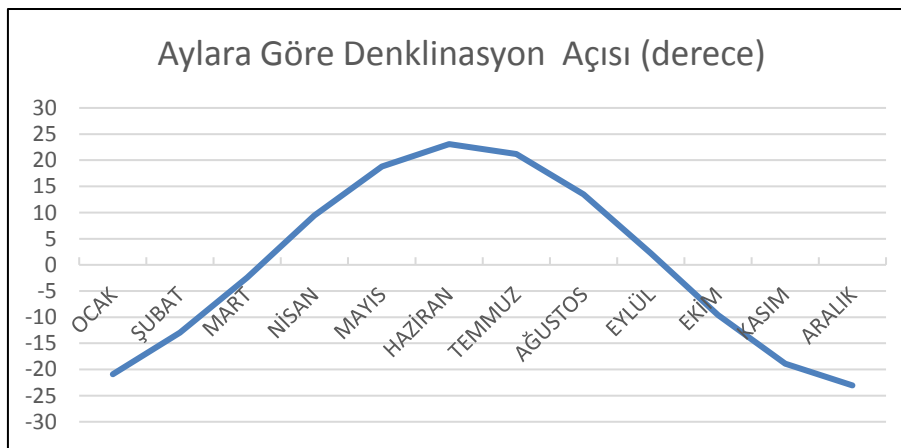
Deklinasyon açısının (δ) (derece) yaklaşık değeri Cooper (1969) Eş. 3.4' teki denklemden hesaplanmaktadır.

$$\delta = 23.45 \times \sin \left[(284 + n) \times \frac{360}{365} \right] \quad (3.4)$$

n , yıl içindeki gün sayısını ifade etmektedir. 1 Ocak da $n=1$ iken, 31 Aralık da $n=365$ 'dir. Her bir ay için tavsiye edilen günler kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır (Duffie ve Beckman, 1991). Çizelge 3.1. de her ay için tavsiye edilen gün ve n sayısının değeri belirtilmiştir. Şekil. 3.1' de denklinasyon açısının aylara göre değişimi verilmiştir.

Çizelge 3.1. Her ay için tavsiye edilen gün ve yıl içindeki gün sayısı

Aylar	Tarih	Yıl İçindeki Gün Sayısı (n)
Ocak	17 Ocak	17
Şubat	16 Şubat	47
Mart	16 Mart	75
Nisan	15 Nisan	105
Mayıs	15 Mayıs	135
Haziran	11 Haziran	162
Temmuz	17 Temmuz	198
Ağustos	16 Ağustos	228
Eylül	15 Eylül	258
Ekim	15 Ekim	288
Kasım	14 Kasım	318
Aralık	10 Aralık	344



Şekil 3.1. Denklinasyon açısının aylara göre değişimi

W_s saat açısının yaklaşık değeri (Duffie 2007) Eş. 3.5' teki denklemeden hesaplanmaktadır.

$$W_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \times \tan \delta) \quad (3.5)$$

W_s' eğimli yüzeydeki güneş batış açısı Eş. 3.6' da ki denklemden hesaplanmaktadır.

$$W_s' = \min\{W_s, f(\phi, \beta, \delta)\} \quad (3.6)$$

$$f(\phi, \beta, \delta) = \cos^{-1}(-\tan(\phi - \beta) \times \tan \delta) \quad (3.7)$$

Eş. 3.2' deki H_B de Eş. 3.8' deki gibi hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte H , yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımının aylık ortalamasını ($W/m^2.gün$), H_D ise yatay düzleme gelen günlük yayılı ışınımının aylık ortalamasını ($W/m^2.gün$) belirtmektedir.

$$H_B = H - H_D \quad (3.8)$$

H , yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımının aylık ortalaması da Eş. 3.9' da ki eşitlik kullanarak hesaplanmaktadır.

$$H = H_0 \times \left(a + b \times \frac{s}{s_0}\right) \quad (3.9)$$

Eş. 3.9' da ki H_0 , S , S_0 sırasıyla günlük gelen atmosfer dışı güneş ışınımının aylık ortalamasını ($W/m^2.gün$), güneşlenme süresini (saat), belirli bir ay için mümkün olan en yüksek güneşlenme süresini (saat) ifade etmektedir.

H_0 , Eş. 3.10 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$H_0 = \frac{24 \times G_{sc}}{\pi} \times \left[1 + 0,033 \times \cos\left(\frac{360 \times n}{365}\right)\right] \times \left[\cos \phi \times \cos \delta \times \sin W_s + \frac{\pi \times W_s}{180} \times \sin \phi \times \sin \delta\right] \quad (3.10)$$

Türkiye Güneş Enerji Atlas'ından ilgili yerin S değeri alınabilir [20]. Türkiye'nin Çizelge 2.2'de de güneşlenme süreleri (saat) verilmiştir.

S_0 , Eş. 3.11 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$s_0 = \frac{2}{15} \times W_s \quad (3.11)$$

Eş. 3.9' da ki a ve b katsayıları Tırıs v.d., (1997), Agström- Prescott- Page modeline bağlı olarak a değeri 0.18, b değeri 0.62'dir [21].

Eş. 3.8' deki H_D değerini Eş. 3.12 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$H_D = H \times (1 - 1,13 \times K_T) \quad (3.12)$$

Eş. 3.12' deki K_T berraklık indeksini ifade etmektedir. Eş. 3.13 kullanılarak K_T hesaplanmaktadır.

$$K_T = \frac{H}{H_0} \quad (3.13)$$

Eş. 3.1'deki $H_D(\beta)$ ve $H_R(\beta)$ değeri sırasıyla Eş. 3.14 ve 3.15 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$H_D(\beta) = 0,5 \times (1 + \cos \beta) \times H_D \quad (3.14)$$

$$H_R(\beta) = 0,5 \times (1 - \cos \beta) \times \rho \times H \quad (3.15)$$

Eş. 3.15' deki ρ , çevrenin yansıtma oranının ortalama değerini ifade etmektedir. Bitki örtüsüne, topografik yapıya, kar durumuna bağlı olarak değişebilen çevre yansıtma katsayısının ortalama değeri 0,2 olarak alınmıştır [17].

Yukarıda belirtilen formüller her ay için ayrı ayrı uygulanır. Aylara göre her ay için tavsiye edilen gün sayısı (n) ve güneşlenme süresi (S) değişmektedir. Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı 0° ile 90° arasındaki tüm eğim açısı (β) değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Işınımın maksimum olduğu anda ki eğim açısı değeri, o ayın optimum açısı olarak belirlenir. Eş. 3.16' da ki β_{ocak} , Ocak ayında maksimum ışınım karşılık gelen eğim açısı değeridir. Diğer aylar içinde ilgili ayın maksimum ışınım karşılık gelen açısını ifade etmektedir.

İlgili yerin yıllık optimum eğim açısı ise Eş. 3.17 ile hesaplanır.

$$\sum \beta_{ay} = \beta_{ocak} + \beta_{şubat} + \beta_{mart} + \beta_{nisan} + \beta_{mayıs} + \beta_{haziran} + \beta_{temmuz} + \beta_{ağustos} + \beta_{eylül} + \beta_{kasım} + \beta_{aralık} \quad (3.16)$$

$$\beta_{optimum} = \frac{\sum \beta_{ay}}{12} \quad (3.17)$$

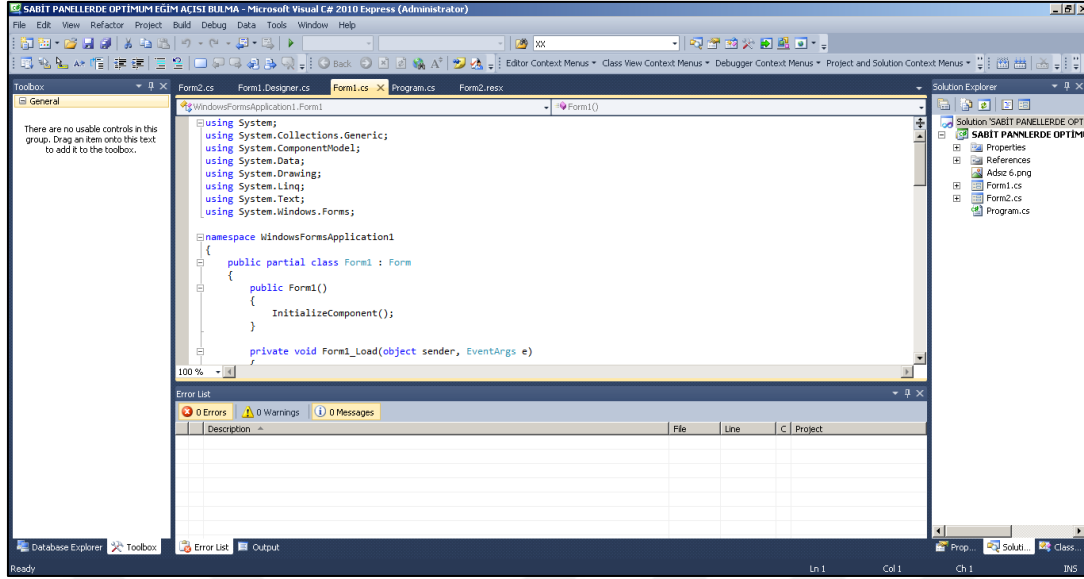
Literatürdeki birçok çalışmada Eş. 3.17 kullanılarak yıllık optimum eğim açısı hesaplandığı görülmüştür. Fakat bu tez çalışmasında aylık maksimum ışınım miktarları dikkate alınarak yıllık optimum eğim açısı hesaplanmıştır. Neden ışınım ağırlıklı olduğu Bölüm 3.3 de verilmiştir. Eş. 3.18 ve Eş. 3.19'da ki $H_{Tmaxocak}(\beta)$ ocak ayı içerisindeki eğik düzleme gelen maksimum ışınım değerini ifade etmektedir. Diğer aylar içinde ilgili ayın maksimum ışınım değerini ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} \sum H_{Tmax}(\beta) = & H_{Tmaxocak}(\beta) + H_{Tmaxşubat}(\beta) + H_{Tmaxmart}(\beta) \\ & + H_{Tmaxnisan}(\beta) + H_{Tmaxmayıs}(\beta) + H_{Tmaxhaziran}(\beta) \\ & + H_{Tmaxtemmuz}(\beta) + H_{Tmaxağustos}(\beta) + H_{Tmaxeylül}(\beta) \\ & + H_{Tmaxekim}(\beta) + H_{Tmaxkasım}(\beta) + H_{Tmaxaralık}(\beta) \end{aligned} \quad (3.18)$$

$$\beta_{optimum} = \frac{\beta_{ocak} \times H_{Tmaxocak}(\beta) + \beta_{şubat} \times H_{Tmaxşubat}(\beta) + \dots + \beta_{aralık} \times H_{Tmaxaralık}(\beta)}{H_{Tmax}(\beta)} \quad (3.19)$$

3.2. Yazılım


Visual C#, Microsoft tarafından geliştirilen bir arayüz geliştirme ortamıdır. Windows form uygulamaları, web siteleri, web uygulamaları ve web servislerinden oluşur ve konsol ve grafik kullanıcı ara yüzü uygulamaları tasarlamak için kullanılır. Derleyici ekran görüntüsünün genel görünümü aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Visual C # platformunun ekran görüntüsü

Visual C# platformunu kullanarak, sabit panellerden maksimum verim alabilmek için, panellerin yatayla olan yıllık optimum eğim açısını bulmak için arayüz programı geliştirilmiştir. Bu program Türkiye'nin tüm şehirlerini kapsamaktadır. Yazılım akış şeması Şekil. 3.3' te verilmiştir.

olmasına dikkat edilmelidir.) ve şifre 1478'dir. Eğer istenirse checkbox şifre göster sekmesini işaretlenerek şifrenin doğru yazılıp yazılmadığı kontrol edilebilir. Eğer kullanıcı adı ya da şifre yazıldıktan sonra "GİRİŞ" butonuna tıklandıktan sonra eğer yanlış girilmiş ise Şekil. 3.7' de ki gibi uyarı ekranı çıkacaktır.



The image shows a login window with a title bar that reads "SABİT PANELLERDE YILLIK OPTİMUM EĞİM AÇISI BULMA". The window has a light gray background. It contains two text input fields. The first is labeled "Kullanıcı Adı" and the second is labeled "Şifre". To the right of the "Şifre" field is a checkbox with the label "Şifre Göster". Below these fields is a button labeled "GİRİŞ".

Şekil 3.4. Kullanıcı adı ve şifre doğrulama ekranı

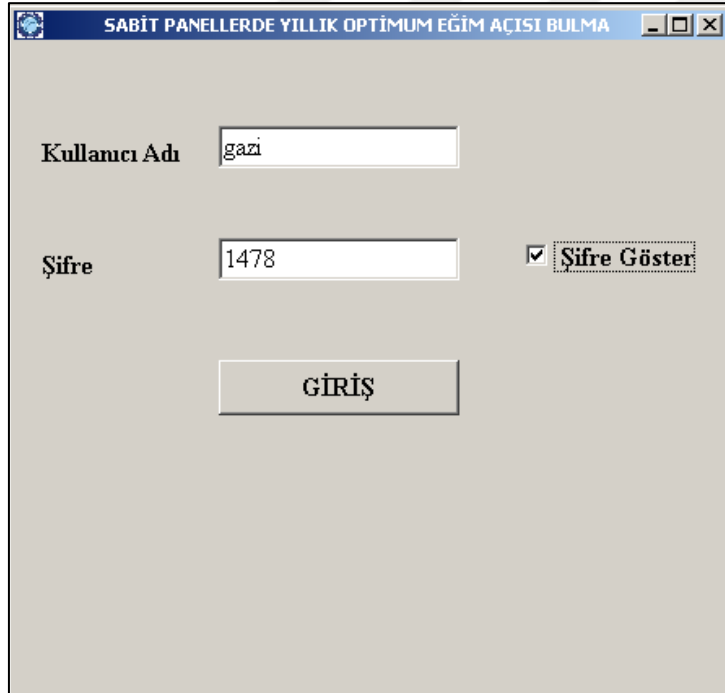


SABİT PANELLERDE YILLIK OPTİMUM EĞİM AÇISI BULMA

Kullanıcı Adı

Şifre Şifre Göster

Şekil 3.5. Kullanıcı adı ve şifre yazılmış ekran

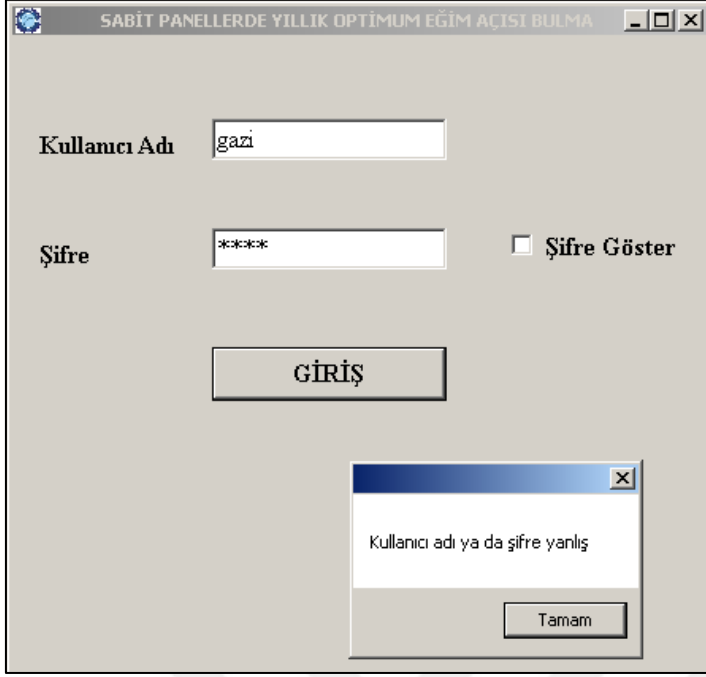


SABİT PANELLERDE YILLIK OPTİMUM EĞİM AÇISI BULMA

Kullanıcı Adı

Şifre Şifre Göster

Şekil 3.6. Şifrenin doğru yazılıp yazılmadığının kontrolü



Şekil 3.7. Kullanıcı adı ya da şifrenin yanlış girilmesinde durumunda çıkan uyarı ekranı

Şekil. 3.5' te ki gibi kullanıcı adı ve şifre doğru yazılıp “GİRİŞ” butonuna tıkladığında Form 2 ekrana gelecektir. Bu ekran görüntüsü Şekil. 3.8’ te verilmiştir.

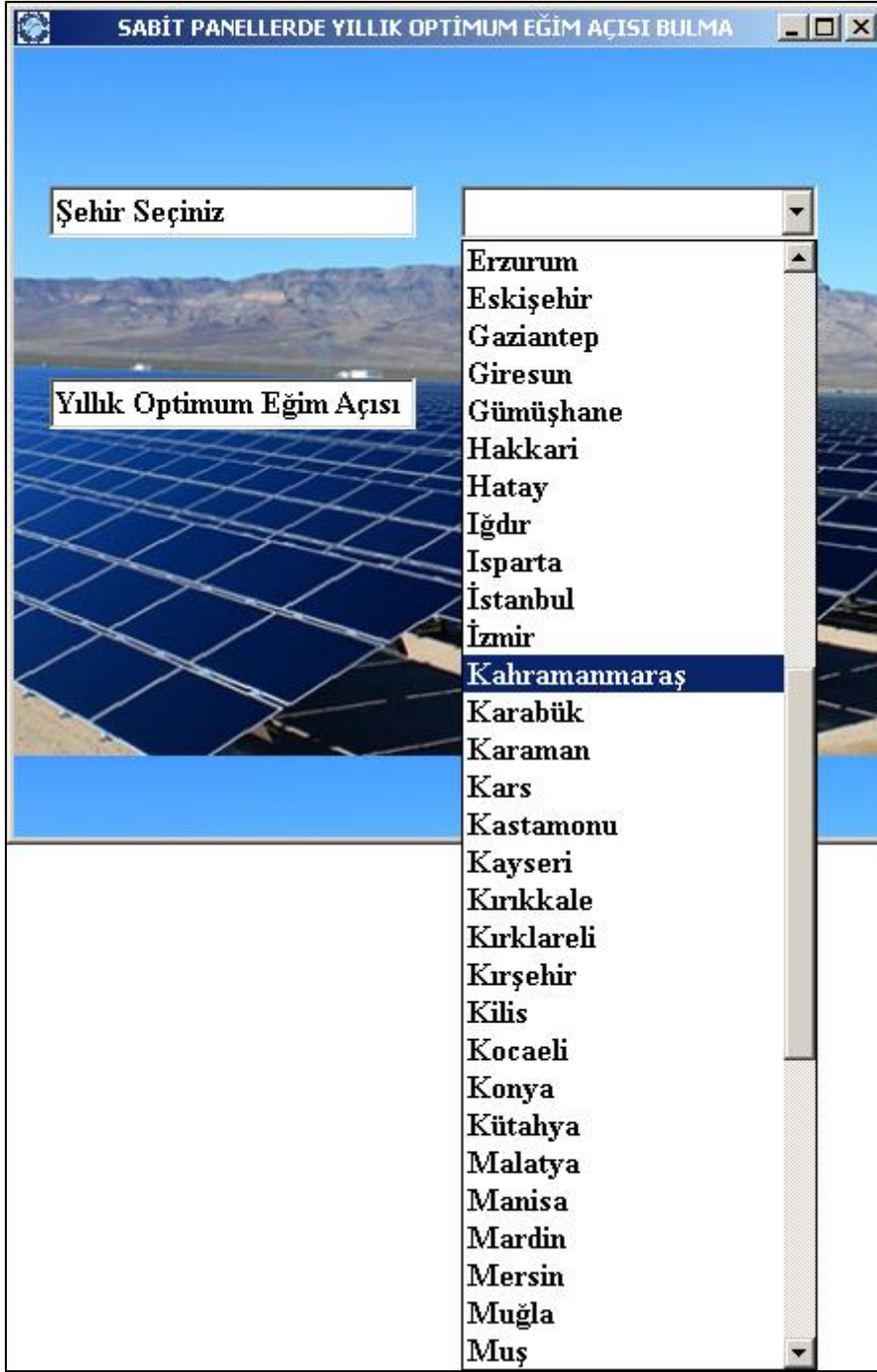


Şekil 3.8. Yıllık optimum eğim açısı bulmak için çıkan ekran

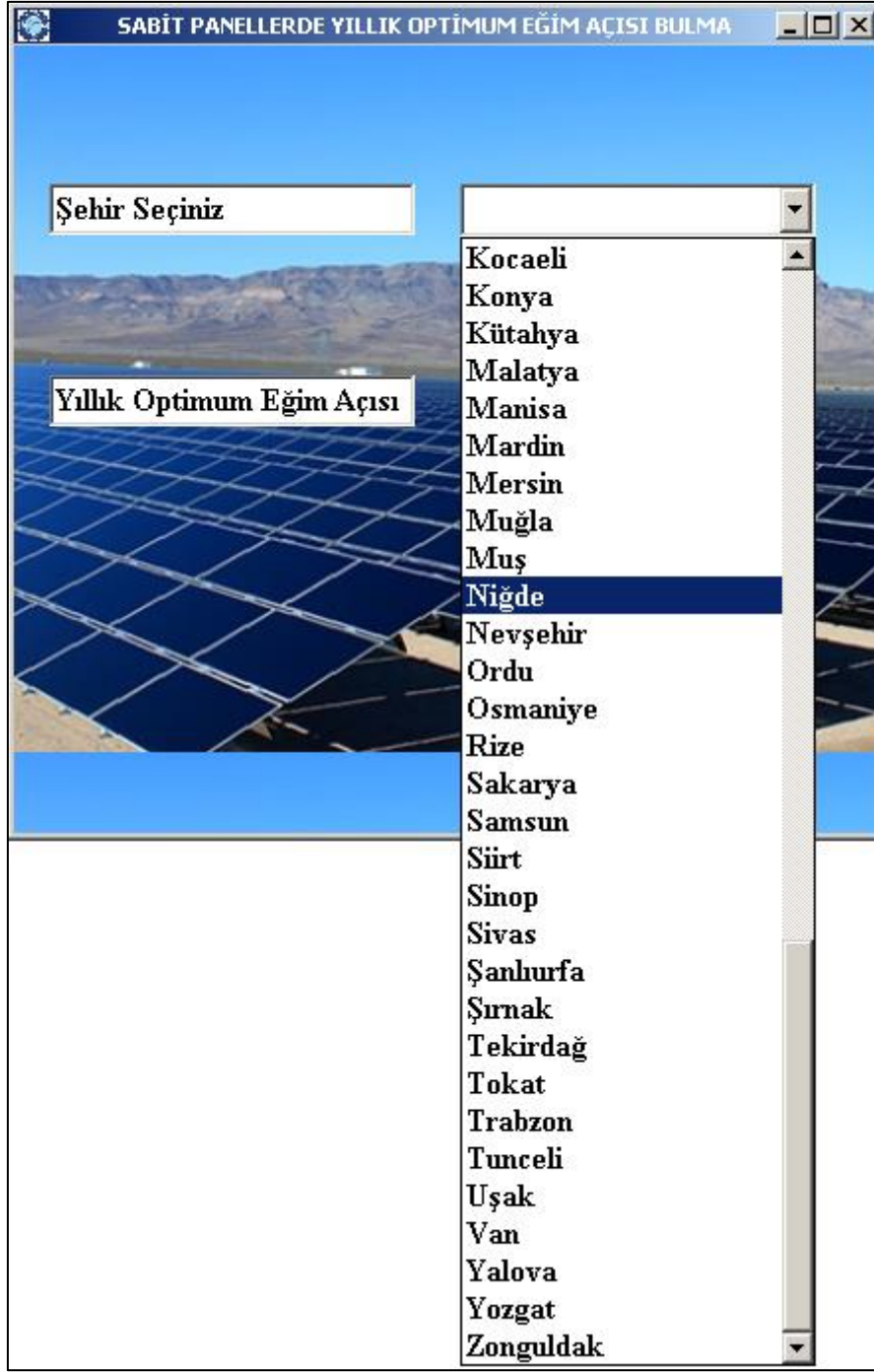
Form 2 de 2 adet textbox, 1 adet combobox ve label kullanılmıştır. Şehir seçerek istenilen şehrin yıllık optimum eğim açısını derece cinsinden görülebilir. Şekil. 3.9, 3.10 ve 3.11 de tüm şehirlerin görüldüğü ekran alıntıları verilmiştir.



Şekil 3.9. Şehir seçim ekranı



Şekil 3.10. Şehir seçim ekranı



Şekil 3.11. Şehir seçim ekranı

Herhangi bir şehir seçildiğindeki ekran görüntüsü Şekil. 3.12' de verilmiştir.



Şekil 3.12. Gaziantep'in yıllık optimum eğim açısı

Şekilde de görüldüğü üzere herhangi bir şehir seçildiğinde ekrana yıllık optimum eğim açısı çıkmaktadır. 81 ilin optimum eğim açısı Çizelge. 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tüm illerin enlem derecesi ve optimum eğim açısı

İL ADI	ENLEM DERECEŚİ	$\beta_{optimum}$ (derece)
Adana	37	26,8330154654956
Adıyaman	37,764751	26,8047107968099
Afyonkarahisar	38,750714	26,6430117639776
Ağrı	39,626922	28,138025544067
Aksaray	38,36869	27,0696841421053
Amasya	40,64991	27,462959694652
Ankara	39,92077	27,2741703576942
Antalya	36,88414	27,3077295263537
Ardahan	41,110481	28,3780287266156
Artvin	41,18277	27,9962176547483
Aydın	37,856041	27,8173997509396
Balıkesir	39,648369	26,9742765695029
Bartın	41,581051	27,1500179571442
Batman	37,881168	26,3149863532378
Bayburt	40,255169	27,3378995146173
Bilecik	40,056656	26,4222805693101
Bingöl	39,062635	26,9177684708284
Bitlis	38,393799	31,4810845285843
Bolu	40,575977	26,657903283679
Burdur	37,461267	27,051710998069
Bursa	40,266864	26,7660892432735
Çanakkale	40,155312	27,9127882526309
Çankırı	40,601343	27,5539425406026
Çorum	40,550556	27,5280545291276
Denizli	37,77652	27,2937301405884
Diyarbakır	37,91441	25,8052748376852
Düzce	40,843849	26,5978214520806
Edirne	41,681808	28,3775922506744
Elazığ	38,680969	26,9725668346989
Erzincan	39,75	27,1356719735216
Erzurum	39,9	27,203576781431
Eskişehir	39,776667	26,3552347321872
Gaziantep	37,06622	26,9841403495754
Giresun	40,912811	27,6699819435546
Gümüşhane	40,438588	27,0728928873712
Hakkâri	37,583333	30,9493395246025
Hatay	36,401849	27,5059805049972
İğdır	39,887984	31,7394744189743
Isparta	37,764771	26,899713921834
İstanbul	41,00527	26,4322485333689
İzmir	38,41885	27,7604470230762
Kahramanmaraş	37,585831	26,4811718453934
Karabük	41,2061	27,3032113153508
Karaman	37,17593	26,9375436213608

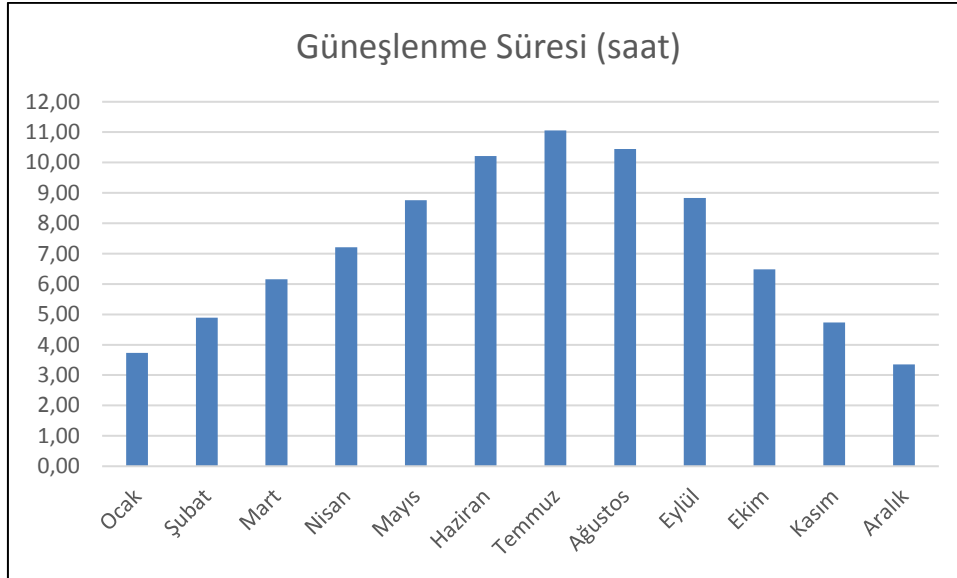
Çizelge. 3.2. (devam) Tüm illerin enlem derecesi ve optimum eğim açısı

İL ADI	ENLEM DERECESESİ	$\beta_{optimum}$ (derece)
Kars	40,616667	28,1277747322825
Kastamonu	41,38871	27,3580101586581
Kayseri	38,73122	27,2105828316964
Kırıkkale	39,846821	27,491061515144
Kırklareli	41,733333	27,3413333755695
Kırşehir	39,14249	27,1360624197921
Kilis	36,718399	27,0971737693122
Kocaeli	40,85327	26,4631770879734
Konya	37,866667	26,8775105656779
Kütahya	39,416667	26,7116153320482
Malatya	38,35519	26,8525454857988
Manisa	38,619099	27,3214137175607
Mardin	37,321163	26,4350172750235
Mersin	36,8	27,5944949240533
Muğla	37,215278	27,5159740150741
Muş	38,946189	26,6197770883869
Niğde	38,69394	27,0755452133529
Nevşehir	37,966667	27,0781651985952
Ordu	40,983879	27,4076769651863
Osmaniye	37,213026	26,9242122903595
Rize	41,02005	27,4906366352483
Sakarya	40,693997	26,3765556707784
Samsun	41,292782	27,9110601563965
Siirt	37,933333	26,4347777738331
Sinop	42,02314	28,0986657917257
Sivas	39,747662	27,3475374567401
Şanlıurfa	37,159149	26,6330083655362
Şırnak	37,418748	26,6336694492307
Tekirdağ	40,983333	26,8954653880462
Tokat	40,316667	27,4501278113558
Trabzon	41,00145	27,2473165953277
Tunceli	39,307355	27,1277603183558
Uşak	38,682301	27,2647406922217
Van	38,48914	29,0883832599365
Yalova	40,65	26,5229179540231
Yozgat	39,818081	27,5460950813156
Zonguldak	41,456409	27,1190182554644

3.3. Ankara İli Örnek Alınarak Yapılan Karşılaştırma

Ankara ili örnek olarak yapılmış olanlara karşılaştırmalar bu bölümde anlatılmıştır. Ankara ili İç Anadolu Bölgesi'nin kuzey batısında yer almaktadır. Enlem derecesi 39,92077

derecedir. Ankara ilinin aylara göre güneşlenme süresi Şekil. 3.13' te verilmiştir [20]. Her ay için tavsiye edilen gün dikkate alınarak eğim açısı 0 dereceden 90 dereceye kadar tüm eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalaması ($H_T(\beta)$) bulunmuştur. Ve maksimum ışınımın hangi eğim açısında (β) sağlandığı Çizelge 3.3' te verilmiştir.



Şekil 3.13. Ankara aylara göre güneşlenme süresi

Çizelge 3.3. Ankara ilinin eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı ve aylara göre optimum eğim açısı;

Ay	$H_T(\beta)$ (W/m ² .gün)	β (derece)
Ocak	3000,92956724403	60
Şubat	3797,3234145179	52
Mart	4594,05035964301	38
Nisan	5283,73263291057	21
Mayıs	6280,30044694236	7
Haziran	7149,13549284624	0
Temmuz	7467,24405464779	3
Ağustos	6957,52883532009	17
Eylül	6085,49667342308	35
Ekim	4789,97084432938	50
Kasım	3676,62479640215	59
Aralık	2716,1114320567	62

Ankara' nın yıllık optimum eğim açısı ise Eş. 3.17'yi kullanılarak hesaplanırsa

$$\beta_{optimum} = \frac{\sum \beta_{ay}}{12} = \frac{410}{12} = 33,6666666666667^\circ,$$

Eş. 3.19'u kullanılarak hesaplanırsa

$$\beta_{optimum} = \frac{\beta_{ocak} \times H_{Tmaxocak}(\beta) + \beta_{şubat} \times H_{Tmaxşubat}(\beta) + \dots + \beta_{aralık} \times H_{Tmaxaralık}(\beta)}{H_{Tmax}(\beta)} =$$

$$27,2741703576942^\circ$$

elde edilmektedir.

Çizelge 3.4. ve 3.5.' te bu iki optimum açısına göre eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değeri hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4. $\beta_{optimum} = 33,6666666666667^\circ$ iken eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değerleri

Ay	$H_T(\beta)$ (W/m ² .gün)
Ocak	2759,18399449971
Şubat	3655,79507499324
Mart	4582,32242076162
Nisan	5200,66231971405
Mayıs	5858,78053785572
Haziran	6380,24790731089
Temmuz	6794,57032544246
Ağustos	6754,24539083082
Eylül	6084,71207952499
Ekim	4639,82572192206
Kasım	3383,29672464153
Aralık	2464,32724119269

Çizelge 3.5. $\beta_{optimum} = 27,2741703576942^\circ$ iken eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değerleri

Ay	$H_T(\beta)$ (W/m ² .gün)
Ocak	2630,83617540744
Şubat	3539,18453795869
Mart	4529,90509687238
Nisan	5264,7729754246
Mayıs	6036,30818122533
Haziran	6634,59340319198
Temmuz	7044,00576402719
Ağustos	6882,7264996598
Eylül	6044,95569045096
Ekim	4499,59134569511
Kasım	3224,16904584906
Aralık	2340,97784125714

Çizelge 3.6. Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım değerleri arasındaki fark

Ay	$H_T(27,2741703576942^\circ)$	$H_T(33,6666666666667^\circ)$	Aradaki fark
Ocak	2630,83617540744	2759,18399449971	-128,34781909227
Şubat	3539,18453795869	3655,79507499324	-116,61053703455
Mart	4529,90509687238	4582,32242076162	-52,41732388924
Nisan	5264,7729754246	5200,66231971405	64,11065571055
Mayıs	6036,30818122533	5858,78053785572	177,52764336961
Haziran	6634,59340319198	6380,24790731089	254,34549588109
Temmuz	7044,00576402719	6794,57032544246	249,43543858473
Ağustos	6882,7264996598	6754,24539083082	128,48110882898
Eylül	6044,95569045096	6084,71207952499	-39,75638907403
Ekim	4499,59134569511	4639,82572192206	-140,23437622695
Kasım	3224,16904584906	3383,29672464153	-159,12767879247
Aralık	2340,97784125714	2464,32724119269	-123,34939993555
Toplam	58672,0265570197	58557,9697386898	114,05681832990

Çizelge 3.6. dikkatle incelendiğinde, $\beta_{optimum} = 27,2741703576942^\circ$ iken eğik yüzeye gelen yıllık ortalama günlük toplam güneş ışınım değeri daha fazladır. Işınım ağırlıklı optimum eğim açısında 114,05681832990 W/m².gün daha fazla ışınım elde edilmektedir. 1 günde elde edilen bu fark yıl bazında 41,6307386904149 kW/m².yıl farka neden olmaktadır.

Ankara için Visual C # platformu kullanılarak yapılan başka bir ara yüz ile eğim açısı 0° ile 90° arasında değer verilerek eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam maksimum güneş ışınımı değerleri bulunmuştur. Ankara için ışınım ağırlıklı ve aritmetik olarak hesaplanan açılar 25° ile 35° arasında olduğu için bu değere arası incelenmiştir. Ve görülmüştür ki eğim açısı 29° iken eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık maksimum ortalama değeri sağlanmıştır. Çizelge 3.7 de eğim açısı 0°, 25°, 26°, 27°, 28°, 29°, 30°,31°, 32°, 33°, 34°,35°, 60° ve 90° iken eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık maksimum ortalama değerleri verilmiştir. Çizelge 3.8 de eğim açısı 27,2741703576942°, 33,6666666666667°, 29° iken eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık maksimum ortalama değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.7. Eğim açısı 0°, 25°, 26°, 27°, 28°, 29°, 30°,31°, 32°, 33°, 34°,35°, 60° ve 90° iken eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık maksimum ortalaması

β	H_T (W/m ² .gün)
0°	53516,545776766
25°	58587,8416253702
26°	58632,904744721
27°	58665,3414901628
28°	58685,1324747805
29°	58692,2630092612
30°	58686,723072373
31°	58668,5072836502
32°	58637,6148780479
33°	58594,0496823604
34°	58537,8200932237
35°	58468,9390565488
60°	52764,4192333
90°	37478,5450979852

Çizelge 3.8. Eğim açısı 27,2741703576942°, 33,6666666666667°, 29° iken eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık maksimum ortalaması

β	H_T (W/m ² .gün)
27,2741703576942°	58672,0265570197
33,6666666666667°	58557,9697386898
29°	58692,2630092612

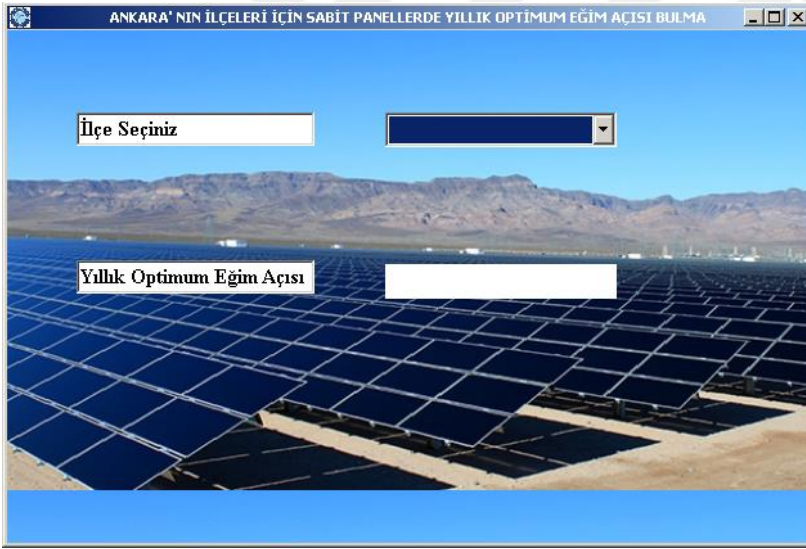
Elde edilen bulguların literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılması yapıldığında; Şenpınar

(2006), Ankara için yıllık optimum eğim açısını 35°, Koçer, Şevik, Güngör (2015) 34° olarak hesapladığı görülmüştür. Bu çalışmalar da yıllık optimum eğim açısı aritmetik ortalamaya göre hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise aritmetik ortalama alınarak bulunan yıllık optimum eğim açısı 33,6666666666667° dir. Görüldüğü üzere yapılmış olan çalışmalara çok yakın bir değer bulunmuştur.

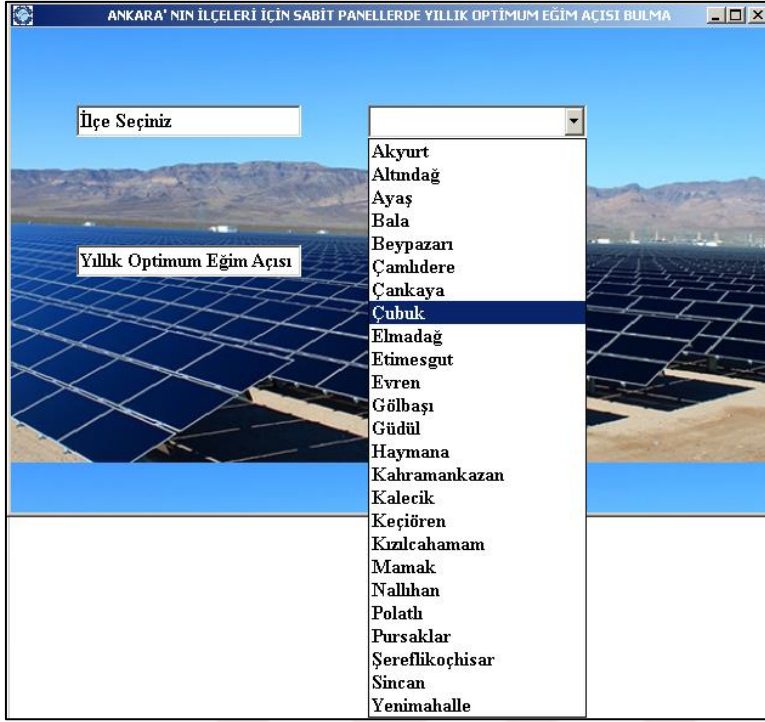
Çizelge 3.8 de görmüş olduğumuz üzere yıllık optimum eğim açısı 33,6666666666667° iken bulunan eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalaması, 29° iken bulunan eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalamasından daha azdır. Bu çalışmada da önerilen ışınım ağırlıklı yıllık optimum eğim açısı ile hesaplanan eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalaması, 29° iken bulunan eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalamasından daha azdır. Aritmetik ortalamaya

göre hata oranı % 0,229333891 iken ışınım ağırlıklı hata oranı % 0,034490802' dir. Görüldüğü üzere ışınım ağırlıklı yıllık optimum eğim açısı ile hesaplanan eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalaması, eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık maksimum ortalama değerine oldukça yakındır.

Ayrıca Ankara' nın tüm ilçeleri için ışınım ağırlıklı yıllık optimum eğim açısı hesaplanmıştır. Visual C # platformu kullanılarak yapılan arayüzde Form 2 de Ankara ili seçildiği zaman ilçelerin olduğu Form 3 sayfası açılmaktadır. Bu form sayfasında 2 adet textbox, 1 adet combobox ve label kullanılmıştır. İlçe seçerek istenilen ilçenin yıllık optimum eğim açısı derece cinsinden görülebilir. Şekil. 3.14' te Ankara seçildiği zaman çıkan ekran görüntüsü, 3.15 ve 3.16 da tüm ilçelerin görüldüğü ve herhangi bir ilçe seçildiğindeki yıllık optimum eğim açısının verildiği ekran alıntıları verilmiştir. Çizelge 3.9 da da tüm ilçelerin yıllık optimum eğim açısı verilmiştir.



Şekil 3.14. Ankara seçildiğinde çıkan ekran görüntüsü



Şekil 3.15. İlçe seçim ekranı

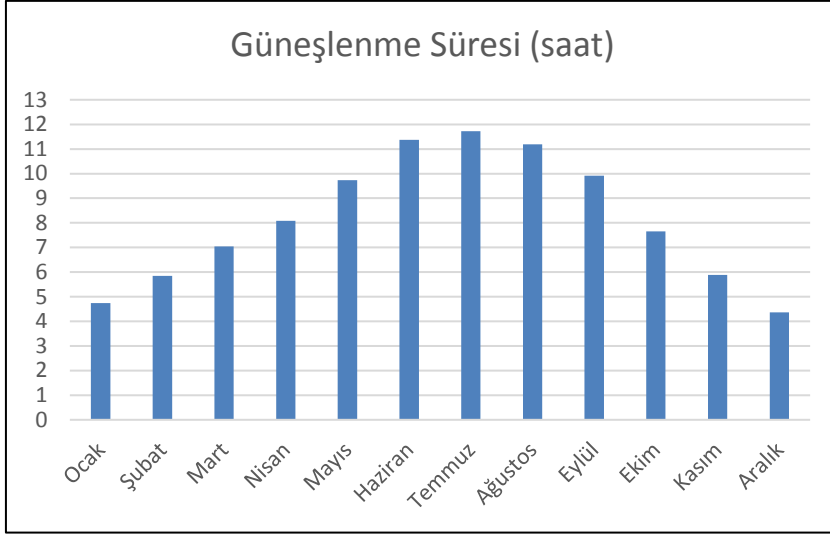


Şekil 3.16. Ayaş'ın yıllık optimum eğim açısı

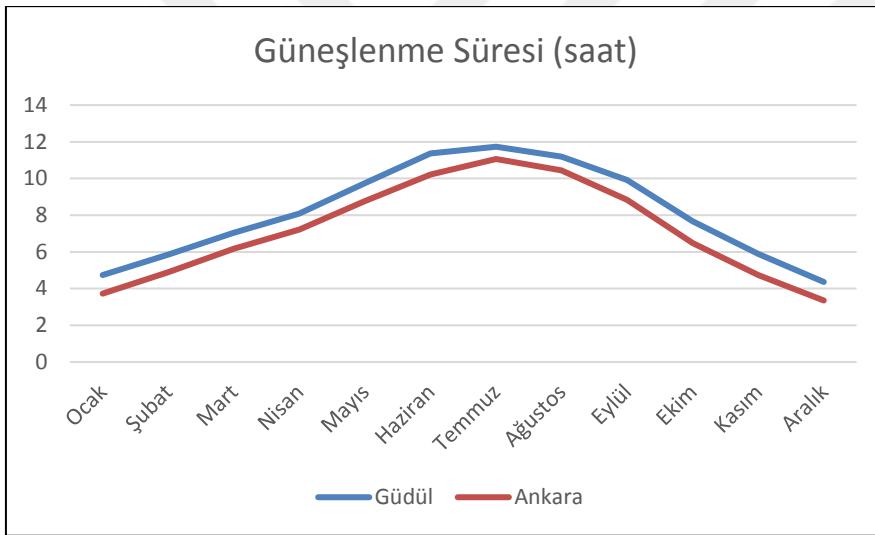
Çizelge 3.9. Ankara ilçeleri için yıllık optimum eğim açısı

İLÇE ADI	ENLEM DERECEŚİ	$\beta_{optimum}$ (derece)
Akyurt	40,1408	27,5043652452396
Altındağ	39,9437	27,4509971793611
Ayaş	40,03	27,4509971793611
Bala	39,5546	27,4688358957172
Beypazarı	40,1608	27,0138905962731
Çamlıdere	40,4839	27,5043021680821
Çankaya	39,9075	27,4519801360698
Çubuk	40,2867	27,5430531417869
Elmadag	39,92	27,4826595303101
Etimesgut	39,9558	27,3805195082762
Evren	39,0224	27,2697443350505
Gölbaşı	39,8032	26,7300951205124
Güdül	40,2111	29,8241227624877
Haymana	39,4356	27,3655993866514
Kahramankazan	40,0788	27,3054134403605
Kalecik	40,0947	26,7668702578984
Keçiören	39,9727	27,3399225184627
Kızılcahamam	40,4729	27,3399225184627
Mamak	39,9194	27,458922441179
Nallıhan	40,1733	26,5173766942681
Polatlı	39,5834	27,2345937259728
Pursaklar	40,0317	27,1913499686154
Şereflikoçhisar	38,9539	27,3438374846471
Sincan	39,9986	27,2572164214689
Yenimahalle	39,9343	27,3661051306227

Enlem derecesi 38,9539° ile 40,4839 ° arasında değişen ilçelerin yıllık optimum eğim açısı da 26,51737669427° ile 29,82412276249° arasında değişmektedir. Çizelge 3.9' incelendiğinde de Güdül hariç yıllık optimum eğim açısı 26,51737669427° ve 27,54305314179° arasında değişmektedir. Güdül'ün yıllık optimum eğim açısı 29,82412276249°' dir. Bunun nedeni güneşlenme saatinin diğer ilçelerden daha farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Güdül'ün aylara göre güneşlenme süresi Şekil.3.17 de verilmiştir [20].



Şekil 3.17. Güdül aylara göre güneşlenme süresi



Şekil 3.18. Güdül ve Ankara için aylara göre güneşlenme süresi

Şekil.3.18 de görüldüğü üzere Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre Güdül'ün güneşlenme süresi Ankara' nın güneşlenme süresinden daha fazladır. Ayrıca da tüm ilçelerin güneşlenme süresinden de fazladır.

Bu bölümdeki tüm değerler Visual C # platformu kullanılarak hesaplanmıştır.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Birçok alanda kullanılan elektrik enerjisi insanoğlunun vazgeçilmez ihtiyaçlarından. Bununla beraber elektriğin üretimi için yeni enerji kaynakları arayışına girilmiştir ve güneş enerjisinden yararlanma konusu önem kazanmıştır. Güneş enerjisi hiçbir zaman tükenmeyecek enerji kaynağı olmasının yanı sıra, temiz enerji, depolanması kolay ve maliyetinin oldukça düşük olması nedeniyle gün geçtikçe daha fazla tercih edilmektedir.

Güneş enerjisinden elektrik üretme yollarından biri de sabit panelleri kullanmaktır. Bu sabit panellerden maksimum ışınım elde etmek için panellerin yatayla olan açısına dikkat edilmelidir. Bu açı rastgele değil optimum değerde konumlandırılmalıdır ki kazanılan ışınım ve verim daha fazla olsun.

Bu tez çalışmasında, Visual C # platformu kullanılarak optimum eğim açısı bulan arayüz tasarlanmıştır. Bu arayüz programında Türkiye’de ki tüm iller için ve özelde Ankara’nın tüm ilçeleri için optimum eğim açısının hesaplanması kullanıcıya sunulmuştur. Bu çalışmada, optimum eğim açısı literatür de ki çalışmalardan farklı olarak, eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük güneş ışınımı ($W/m^2.gün$) etkisi de düşünülerek hesaplanmıştır.

Ankara ili için yapılan örnekte her ay için bulunan optimum eğim açılarının aritmetik ortalaması alınarak bulunan yıllık optimum eğim açısı bulunmuş olup, daha sonra ışınım ağırlıklı olarak ortalama yıllık optimum eğim açısı bulunmuştur. Aritmetik ortalamaya göre bulunan optimum eğim açısıyla hesaplanan eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük güneş ışınımı ($W/m^2.gün$), Ocak, Şubat, Mart, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık aylarında ışınım ağırlıklı optimum eğim açısıyla hesaplanan eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının aylık ortalaması ($W/m^2.gün$) daha fazladır. Fakat diğer aylarda bu olay tam tersinedir. Ve toplamda ışınım ağırlıklı optimum eğim açısıyla hesaplanan eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının yıllık ortalaması ($W/m^2.gün$), aritmetik ortalamaya göre bulunan optimum eğim açısıyla hesaplanan eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının yıllık ortalamasından ($W/m^2.gün$) daha fazladır. Bu fark Ankara için $41,6307386904149 kW/m^2.yıl$ olarak hesaplanmıştır. Aritmetik ortalamaya göre hata oranı % 0,229333891 iken ışınım ağırlıklı hata oranı % 0,034490802’ dir.

Sonraki çalışmalarda, ışınım ağırlıklı bulunan yıllık optimum eğim açısındaki hata oranı tamamen ortadan kaldırılabilir. Ayrıca Ankara ilçeleri için yapılan bu çalışma, diğer illerin tüm ilçelerini kapsayacak şekilde yapılarak daha hassas sonuçlar elde edilebilir.



KAYNAKLAR

1. Lahjouji, D. and Darhmaoui, H. (2013, March). *Tilt angle optimization for maximum solar energy collection-Case study for Ifrane, Morocco*. In 2013 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC) (pp. 96-101). IEEE.
2. Ajder, A. (2011). *Fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri için optimum eğim açısının hesaplanması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2-29.
3. Karafil, A., Ozbay, H., Kesler, M. and Parmaksiz, H. (2015, November). *Calculation of optimum fixed tilt angle of PV panels depending on solar angles and comparison of the results with experimental study conducted in summer in Bilecik, Turkey*. In 2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO) (pp. 971-976). IEEE.
4. Darhmaoui, H. and Lahjouji, D. (2013). Latitude based model for tilt angle optimization for solar collectors in the Mediterranean region. *Energy Procedia*, 42, 426-435.
5. Ihaddadene, N., Ihaddadene, R. and Charik, A. (2017). Best tilt angle of fixed solar conversion systems at M'Sila Region (Algeria). *Energy Procedia*, 118, 63-71.
6. Lanjewar, A. B. Wakchaure, N. S. and Joshi, S.S, (2016). *Determination of optimum tilt angle of solar collectors for solar cities in Maharashtra, India*, Special Issue Tech-Ed 2016 (International Conference), ISSN No: 2454-1958, 94-97.
7. Koçer, A., Şevik, S. ve Güngör, A. (2016). Ankara ve ilçeleri için güneş kolektörü optimum Eğim açısının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(1), 63-78.
8. Ulgen, K. (2006). Optimum tilt angle for solar collectors. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 28(13), 1171-1180.
9. Benganem, M. and Joraid, A. A. (2007). A multiple correlation between different solar parameters in Medina, Saudi Arabia. *Renewable Energy*, 32(14), 2424-2435.
10. Khorasanizadeh, H., Mohammadi, K. and Mostafaeipour, A. (2014), Establishing a diffuse solar radiation model for determining the optimum tilt angle of solar surfaces in Tabass, Iran, *Energy Conversion and Management*, 78, 805-814.
11. Yılmaz, M. (2013). *Güneş takip sistemi ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme yöntemleri ve optimum verimin belirlenmesi*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 13.
12. İnternet: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. URL: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx.http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.yegm.gov.tr%2Fyenilenebilir%2Fg_enj_tekno.aspx&date=2019-05-16, Son Erişim Tarihi: 16.05.2019.

13. Aksungur, K. M., Kurban, M. ve Başaran Filik, Ü. (2013, 23-24 Mayıs). *Türkiye' nin farklı bölgelerindeki güneş ışınım verilerinin analizi ve değerlendirilmesi*, EVK'2013, Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli.
14. İnternet: Enerji Atlası. URL: <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>.<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.enerjiatlası.com%2Fulkelere-gore-gunes-enerjisi.html&date=2019-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2019.
15. Yılmaz, S., Karatutlu, A. and Kecec, C. (2015). Designing a PLC-Based real-time sun tracking system. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 1, 5.
16. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. URL: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>.<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.enerji.gov.tr%2Ftr-TR%2FSayfalar%2FGunes&date=2019-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2019.
17. Kılıc, A. ve Öztürk, A. (1983). *Güneş enerjisi*. İstanbul: Kipaş Dağıtımçılık.
18. Çelebi, G. (2002). Bina düşey kabuğunda fotovoltaiik panellerin kullanım ilkeleri, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(3), 17-33.
19. Çolak, Ş. Ç. (2010). *Fotovoltaiik paneller yardımı ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin maliyet analizi ve gelecekteki projeksiyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 26-32.
20. İnternet: Güneş Enerji Potansiyel Atlası. URL: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>.<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.yegm.gov.tr%2FMyCalculator%2F&date=2019-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2019.
21. Öztürk, M., Özek, N. ve Berkama, B. (2012). Isparta için aylık ortalama günlük global güneş radyasyonu tahmininde mevcut olan bazı modellerin karşılaştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(1), 13-27.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : EREN, Canan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 02.11.1991, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 286 69 47
 e-mail : canan_kizilates@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/ Elektrik Elektronik Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gaziantep Üniversitesi/ Elektrik Elektronik Mühendisliği	2015
Lise	Aydınlıkevler Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-2016	Prokon Mühendislik	Proje Tasarım Müh.
2016-2018	Troy Mühendislik	Proje Tasarım Müh.
2018-2019	Prokon Mühendislik	Proje Tasarım Müh.

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Seyahat, Spor, Sinema



GAZİ GELECEKTİR..