T.C.
HAKKARİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

HAKKARİ İLİ ŞARTLARINDA FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN MATLAB/SİMULİNK ORTAMINDA TASARIMI VE BENZETİMİ

Emrullah DEMİR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Sami ŞİT

2024 – HAKKARİ

T.C.
HAKKARİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
HAKKARİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Emrullah DEMİR tarafından hazırlanan "**Hakkari İli Şartlarında Fotovoltaik Sistemlerin Matlab/Simulink Ortamında Tasarımı ve Benzetimi**" başlıklı tez, 19/11/2024 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince oy birliği ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	**Kurumu**	**İmzası**
Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Sami ŞİT	Hakkari Ünv.	
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Latif LEVENT	Hakkari Ünv.	
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ramazan SOLMAZ	Kahramanmaraş İstiklal Ünv.	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun …… sayılı kararıyla ……. tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN

Enstitü Müdür V.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

19/11/2024

İmza

Emrullah DEMİR

ÖZET

HAKKARİ İLİ ŞARTLARINDA FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN MATLAB/SİMULİNK ORTAMINDA TASARIMI VE BENZETİMİ

Emrullah DEMİR
Yüksek Lisans Tezi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Sami ŞİT
2024, 65s.

Dünya nüfusunun hızla yükselmesi ve teknolojinin gün geçtikçe gelişmesi sonucu enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Bu enerji ihtiyacını çevreye zarar vermemesi ve küresel ısınmaya neden olmaması gibi çeşitli sebeplerle yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi sistemlerini tercih ettik.

Güneş enerji sistemlerinde üretilecek güç esasen, FV panel yüzeyine ulaşan ışınım miktarına bağlı olarak değişmektedir. Güneş ışınımının tahmin edilmesi güneş enerji sisteminin güvenilir planlanması ve verimli bir şekilde tasarım oluşturmak için önemlidir. Güneş ışınımının yoğunluğu ne kadar yüksekse, güneş panelleri tarafından üretilecek olan elektrik enerjisi o kadar yüksek olacaktır.

Bu çalışmamızda, bir eğitim kurumunda güneş enerjisinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi yapılarak potansiyel avantajları belirlenmiştir. Çalışmada AutoCAD programı kullanılarak iç tesisat elektrik proje hesaplaması yapılarak talep gücü 281 kW'lık elektrik ihtiyacının olduğu hesaplanmıştır. Daha sonra uygulama için PVsyst ve hesaplama için Matlab/Simulink programları kullanılarak 281 kW'lık Hakkari Üniversitesi Kütüphane Binası enerji ihtiyacı FV sistem kullanılarak tasarım çalışması yapılmıştır.

Çalışmada kullandığımız çatı eğimimiz 21,5° olduğu için 97821 kWh/yıl elektrik üretimi gerçekleştirmiş olduk. Maksimum enerji üretimi 10°'lik çatı eğimi için elde ettik. Hakkari ili kar yükü bakımından 4. bölgede olduğu için minimum çatı eğimi 15° olması gerekiyor. Farklı çatı eğimlerine göre üretilen enerji miktarları karşılaştırması yapıldı. Ayrıca programlardan elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik, Matlab/Simulink, PVsyst, AutoCAD.

ABSTRACT

DESIGN AND SIMULATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN MATLAB/SIMULINK ENVIRONMENT IN HAKKARI CONDITIONS

Emrullah DEMIR
Master of Science (Msc), Department of Electrical and Electronics Engineering
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sami SIT
2024, 65p.

As the world population increases rapidly and technology develops day by day, the need for energy is constantly increasing. We preferred solar energy systems, which are renewable energy sources, for various reasons such as not harming the environment and not causing global warming.

The power to be produced in solar energy systems varies mainly depending on the amount of radiation reaching the PV panel surface. Estimating solar radiation is important for reliable planning of the solar energy system and creating an efficient design. The higher the intensity of solar radiation, the higher the electrical energy to be produced by solar panels.

In this study, the usability of solar energy in an educational institution was evaluated and its potential advantages were determined. In the study, the interior installation electrical project calculation was made using the AutoCAD program and the demand power was calculated as 281 kW electricity need. Then, a design study was carried out using the PVsyst program for the application and the Matlab/Simulink program for the calculation, using the 281 kW Hakkari University Library Building energy requirement PV system.

Since the roof slope we used in the study was 21.5°, we produced 97821 kWh/year of electricity. We obtained the maximum energy production for a roof slope of 10°. Since Hakkari province is in the 4th region in terms of snow load, the minimum roof slope should be 15°. A comparison of the amount of energy produced according to different roof slopes was made. In addition, the data obtained from the programs were compared.

Key Words: Photovoltaic, Matlab/Simulink, PVsyst, AutoCAD.

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca desteklerini her zaman yakından hissettiğim hem akademik hem de mesleki açıdan gelişimime büyük katkı sağlayan danışman hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Sami ŞİT'e çok teşekkür ederim.

Tezimin incelenmesi ve olgunlaşmasında görev olan jüri üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Latif LEVENT ve Dr. Öğr. Üyesi Ramazan SOLMAZ hocalarıma çok teşekkür ederim.

Yine bu tez çalışmamda desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Çağrı BARUTÇU, Öğr. Gör. Dr. Erşan Ömer YÜZER, İlyas ZEYDANOĞLU, Fırat ÜRE, Murat ve Betül ÖZDEMİR çiftine ve eğitim-öğretim hayatım boyunca yanımda olan desteğini hiçbir zaman esirgemeyip bugünlere gelmemi sağlayan aileme çok teşekkür ederim.

Emrullah DEMİR

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI ii

ÖZET iii

ABSTRACT iv

ÖNSÖZ v

SİMGELER DİZİNİ viii

ŞEKİLLER DİZİNİ ix

ÇİZELGELER DİZİNİ x

1. GİRİŞ 1

1.1. Güneş Enerjisi 2

1.1.1. Güneş Enerjisinin Çeşitleri 2

1.1.2. Güneş Enerjisinin Avantajları 3

1.1.3. Güneş Enerjisinin Dezavantajları 3

1.1.4. Türkiye'de Güneş Enerjisinin Durumu 3

1.1.5. Hakkari İli Güneş Enerjisinin Durumu 4

1.1.6. Tezin Özgün Değeri 5

1.1.7. Tezin Amacı 6

2. KAYNAK ÖZETLERİ 7

3. MATERYAL VE YÖNTEM 11

3.1. Materyal 11

3.1.1. Fotovoltaik Sistemler (FV) 11

3.1.2. Sistem Tipleri 24

3.2. Yöntem 25

3.2.1. Matlab Programı 25

3.2.2. PVsyst Programı 25

3.2.3. AutoCAD Programı 26

3.2.4. Kompanzasyon Hesabı 39

4. BULGULAR 42

4.1. Hakkari Üniversitesi Merkez Kütüphane Binası 281 kW Talep Gücünde Çatı Üstü GES Tasarımı 42

4.2. Matlab/Simulink Sonuç Verileri 46

4.3. PVsyst Sonuç Verileri 49

5. TARTIŞMA VE SONUÇ 59

KAYNAKLAR 61

ÖZGEÇMİŞ 65

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Sn	**:**	Saniye
m	**:**	Metre
V	**:**	Gerilim
A	**:**	Amper
W	**:**	Watt
kW	**:**	Kilo Watt
KVA	**:**	Kilo Volt Amper
KVAR	**:**	Kilo Volt Amper Reaktif
P	**:**	Aktif Güç
Q	**:**	Reaktif Güç
S	**:**	Gerçek Güç
kWh	**:**	Kilo Watt Saat
°C	**:**	Santigrat Derece

Kısaltmalar

GES	**:**	Güneş Enerji Santrali
STC	**:**	Standart Test Koşulları
CSP	**:**	Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi
GEPA	**:**	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
EİE	**:**	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
UV	**:**	Ultraviyole Işın
IPP	**:**	Bağımsız Güç Üreticileri
MGN	**:**	Maksimum Güç Noktası
FV	**:**	Fotovoltaik
AA	**:**	Alternatif Akım
DA	**:**	Doğru Akım

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası 4
Şekil 1.2. Hakkari ili güneş enerjisi potansiyeli atlası 5
Şekil 3.1. FV hücre çalışma prensibi 13
Şekil 3.2. FV hücrenin yapısı 13
Şekil 3.3. FV hücre eşdeğer devresi 14
Şekil 3.4. FV hücre, modül ve dizi dizaynları 24
Şekil 3.5. İnvertör blok şeması 24
Şekil 3.6. Bina kolon şeması cetveli 38
Şekil 3.7. Bina kompanzasyon cetveli 41
Şekil 4.1. Binanın çatı üstü FV panel dizilimi 44
Şekil 4.2. FV sistem tasarım blok diyagramı 45
Şekil 4.3. SunPower panel dizisi değişken sıcaklıklarda akım-gerilim ve güç-gerilim eğrilerin grafiksel gösterimi 46
Şekil 4.4. Değişken ışınım değerlerine göre akım-gerilim ve güç-gerilim eğrilerin grafiksel gösterimi 47
Şekil 4.5. Matlab/Simulink güç grafiği 48
Şekil 4.6. Matlab/Simulink invertör çıkış gerilimi 49
Şekil 4.7. Tasarım için PVsyst sistem parametreleri 50
Şekil 4.8. Tasarım için PVsyst yönlendirme parametreleri 51
Şekil 4.9. Tasarım için PVsyst ufuk parametreleri 52
Şekil 4.10. Tasarım için PVsyst özet raporu 53
Şekil 4.11. Tasarım için PVsyst ana parametreler, kolektör alanı özellikleri ve dizi kayıpları 54
Şekil 4.12. Tasarım için PVsyst sistem üretimi bilanço ve genel sonuçlar 55
Şekil 4.13. Aylık şebekeye enjekte edilen elektrik enerjisi 56
Şekil 4.14. Tasarım için PVsyst sistem kayıp diyagramı 56
Şekil 4.15. Tasarım için kolektöre yansıyan global ışınım ve yararlı enerji 57
Şekil 4.16. Eğime göre yıllık şebekeye enjekte edilen elektrik enerjisi 58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 . Güneş pillerinde kullanılan malzemeler ve bant genişlikleri 12
Çizelge 3.2 . Pano gerilim düşümü hesabı 28
Çizelge 3.3. Zemin kat tablo yükleme cetveli-1 29
Çizelge 3.4. Zemin kat tablo yükleme cetveli-2 30
Çizelge 3.5. 1. kat tablo yükleme cetveli-1 31
Çizelge 3.6. 1. kat tablo yükleme cetveli-2 32
Çizelge 3.7. 2. kat tablo yükleme cetveli-1 33
Çizelge 3.8. 2. kat tablo yükleme cetveli-2 34
Çizelge 3.9. 3. kat tablo yükleme cetveli-1 35
Çizelge 3.10. 3. kat tablo yükleme cetveli-2 36
Çizelge 3.11. Çatı katı tablo yükleme cetvelleri 37
Çizelge 3.12. Bina toplam güç cetveli 39
Çizelge 4.1. Hakkari iline ait güneşlenme süresi, sıcaklık ve ışınım değerleri 43
Çizelge 4.2. Matlab/Simulink'te kullanılan SunPower panel parametreleri 46
Çizelge 4.3. Kullanılan program sonuçların karşılaştırılması 57

1. GİRİŞ

Dünya, ihtiyaç duyduğu enerjinin hatırı sayılır bir bölümü petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Bu yakıtların rezervleri daha azdır ve bu yakıtlar çevre için tehlikeli ve zararlıdır. Bu sebeple enerjinin karşılanma ihtiyacına karşılık olarak alternatif enerji kaynakları üzerine araştırma ve geliştirme çalışmaları artmıştır. Doğada kendiliğinden oluşan güneş ışığı, rüzgâr, biokütle, jeotermal, dalga gibi sürdürülebilir enerji kaynakları, kullanıma bağlı olarak tükenmez ve çevreye zararı yoktur veya daha azdır.

Sürdürülebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, sonsuz ve çoklu bir kaynak olması, doğrudan elektrik enerjisine dönüşebilmesi gibi avantajlar nedeniyle hızla artmaktadır.

Güneş enerjisinden faydalanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hızlanmıştır. Güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak devam edip maliyet konusunda da düşüş sağlamaktadır ve çevresel olarak kendine önemli bir yer edinmiştir. Özellikle pak bir enerji kaynağı olması ve kurulumu aşamasından sonra daha az maliyetle çalışması güneş enerjisine değer katmaktadır (Özçalık, 2016; Doğmuş, 2017).

Sürdürülebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi; kolay elde edilen olabilmesi üretim fiyatlarının düşüşe geçmiş olması ve geniş uygulama alanına sahip olması nedeniyle fazla tercih edilmektedir. Güneş enerji sistemlerinin çalışmasını anlamak bu enerjinin daha kullanışlı bir şekilde kullanılmasını sağlamak yönünden büyük önem arz etmektedir.

Güneş enerjisi ülkemizde mevcut potansiyele sahip olması nedeniyle son yıllarda tercih edilmesi yönüyle bilinip yükselmiştir. Bu potansiyel fotovoltaik sistemler kullanılarak elektrik üretimine katkıda bulunmuştur. Fotovoltaik sistemler güç santralleri adıyla kullanılarak uydu sistemleri, elektrikli araçlar gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Fotovoltaik güç santrallerinin kurulumundan önce planlanan bölge ve alanlar için ön fizibilite çalışması düzenlenerek kurulacak sistem hakkında aynı özelliklere sahipliği araştırılmalıdır. Fotovoltaik sistemlerin enerji çıkışlarını belirlemede iki önemli parametre bulunmaktadır. Bunlar güneş ışınımı ve hücre sıcaklığıdır. Fotovoltaik hücrelerin performansları veri sayfalarında standart test koşulları (STC, güneş ışınımı 1000 W/m^2, sıcaklık 25˚C)

için verilmektedir. Ancak fotovoltaik panellerin gerçek ortam koşullarındaki performansları hakkında bilgi sahibi olunması son derece önemlidir. Bu amaçla fotovoltaik sistemlerin model sonuçlarının yanında gerçek ortam koşullarında gösterdiği performans sonuçları da dikkatle incelenmektedir.

Bu tez çalışmasında Hakkari Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınacak olan 1 yıllık güneş verileri kullanılarak fotovoltaik sistem tasarımı için bir optimizasyon çalışması yapılmıştır. Seçilecek olan yerin öncelikle elektrik ihtiyacı projelendirilip değerlendirilecektir.

Fotovoltaik sistemler için Matlab/Simulink ortamında modelleme yapılacak olup, ışınım ve sıcaklık etkenleri göz önüne alınarak benzetme çalışması gerçekleştirmek planlanmıştır.

1.1.Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneş ışığından elde edilen enerji türüdür. Bu enerji, fotovoltaik (FV) hücreler veya güneş termal sistemler gibi teknolojilerle elektrik veya ısı enerjisine dönüştürülür. Güneş enerjisi, temiz, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilir.

1.1.1. Güneş Enerjisinin Çeşitleri

i. Fotovoltaik (FV) Sistemler:

FV sistemler, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Bu sistemlerde kullanılan güneş panelleri, güneş ışığını absorbe eden ve elektrik akımı üreten yarı iletken malzemelerden yapılmıştır (Fraas, 2014) .

ii. Güneş Termal Sistemler:

Bu sistemler, güneş ışığını ısı enerjisine dönüştürerek su veya hava ısıtmak için kullanılır. Güneş kolektörleri, bu sistemlerin ana bileşenleridir ve genellikle evlerde sıcak su sağlamak için kullanılır (Kalogirou, 2013) .

iii. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi (CSP) Sistemleri:

CSP sistemleri, güneş ışığını yoğunlaştırarak yüksek sıcaklıklarda ısı üretir ve bu ısıyı elektrik üretmek için kullanır. Aynalar veya lensler kullanılarak güneş

ışığı yoğunlaştırılır ve bir ısı motoruna veya buhar türbinine yönlendirilir (Quaschning, 2005) .

1.1.2. Güneş Enerjisinin Avantajları

i. Yenilenebilir ve Sürdürülebilir:

Güneş enerjisi, tükenmeyen bir kaynaktır ve fosil yakıtların aksine zamanla bitme gibi bir durum söz konusu değildir.

ii. Çevre Dostu:

Güneş enerjisi üretimi sırasında sera gazı emisyonları ve çevreye bırakılan zararlı atıklar en az düzeydedir.

iii. Düşük İşletme Maliyetleri*:*

Güneş enerjisi sistemlerinin ilk kurulum maliyetleri yüksektir ancak işletme ve bakım maliyetleri açısından düşüktür.

1.1.3. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

i. Başlangıç Maliyeti:

Güneş enerjisi sistemlerinin kurulum maliyetleri, kullanılan malzemelerden kaynaklı ilk etapta yüksek olabilir.

ii. Hava Koşullarına Bağımlılık:

Güneş enerjisi üretimi, ultraviyole ışınının mevcut olmasına bağlıdır bu yüzden bulutlu veya yağmurlu günlerde verim düşebilir.

iii. Yer Kaplama:

Güneş panelleri ve diğer ekipmanlar, geniş yüzey alanlarına sahiptir. Bu yüzden kurulum esnasında geniş alanlara ihtiyaç duyulabilir, bu da özellikle şehir merkezlerinde sorun olabilir.

1.1.4. Türkiye'de Güneş Enerjisi Durumu

Güneş ışınımının şiddeti yeryüzünde 0-1100 W/m^2 arasında değişim göstermektedir. Türkiye'de ise güneş enerji potansiyeli coğrafi konumu nedeniyle

oldukça yüksektir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan, Şekil 1.1'de Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre (Web1, 2024) ;

i. Ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi = 2741,07 saat/yıl
ii. Ortalama günlük toplam güneşlenme süresi = 7,50 saat/gün
iii. Ortalama yıllık toplam ışınım şiddeti = 1527,46 kWh/m^2-yıl
iv. Ortalama günlük toplam ışınım şiddeti = 4,18 kWh/m^2-gün

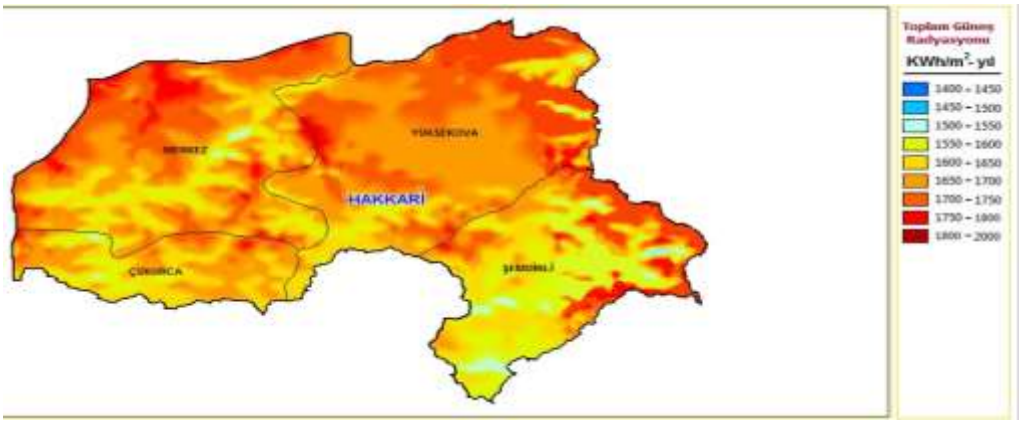
olarak hesaplanmıştır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'nin yaptığı araştırmalara göre başta Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri olmak üzere ülkemiz fotovoltaik uygulamalarına oldukça elverişlidir (Kalogirou, 2013).



Şekil 1.1. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası

1.1.5. Hakkari İli Güneş Enerjisi Durumu

Hakkari'nin güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Güneş enerji santralleri için uygun iller arasında yer almaktadır. İlin günlük ortalama güneş ışınımı yaklaşık 4,5 kWs/m^2 düzeyindedir. Bu durum ise enerji üretimi için elverişli bir durum oluşturmaktadır. Şekil 1.2'de Hakkari ili güneş enerjisi potansiyeli atlası verilmiştir (Web1, 2024).



Şekil 1.2. Hakkari ili güneş enerjisi potansiyeli atlası

Hakkari'de şu anda işletmede olan 0,44 MW kapasiteli bir güneş enerji santrali bulunuyor. Ayrıca, Yüksekova Belediyesi tarafından yapım aşamasında olan 1 MW kapasiteli güneş enerji santrali ile birlikte ön lisans almış diğer projeler arasında ise toplam 20 MW kapasiteli iki santral yer almaktadır.

1.1.6. Tezin Özgün Değeri

Güneş enerjisinin kullanım kolaylığı, potansiyeli, hijyeni, yenilenebilirliği ve çevresel dost olması nedeniyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha kolay bir şekilde yaygınlaşacak durumdadır. Diğer enerji kaynaklarına nazaran kurulum maliyetlerinin fazlalığı, düşük verim faktörü gibi benzeri bazı teknolojik ve ekonomik zorlukların aşılması, güneş enerjisini gelecekte daha cazip hale getirecektir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli son derece elverişli olmasına rağmen yeterince bu alandaki enerjiden yararlanılamamaktadır (Bahnemann, 2004).

Ülkemizde artan nüfus ile artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli olduğu bu dönemde GES'lerin tesis edilmeden önce arazilere şartlarına uygun şekilde projelendirmesinin yapılması ve mühendislik hizmetlerinin ön planda tutulması gerektiği anlaşılmaktadır.

Fotovoltaik panelleri sayesinde daha fazla enerjinin üretilmesi hedeflenmektedir. Bir yandan ar-ge çalışmalarıyla bu sektördeki teknolojinin çıtası yukarı çıkartılmaya çalışılıyorken diğer yandan yeni çıkan ürünlerin elektrik üretiminde kullanılarak ticarileştirilmesi yapılmaktadır (Güneş, 2021).

Güneş enerjisi; kolay elde edilebilir olması, üretim maliyetinin düşük olması, temiz bir enerji kaynağı olması ve geniş uygulama alanına sahip olması sebebiyle çokça tercih edilmektedir.

Özgünlük olarak yapacağımız tez çalışması sonucunda, Türkiye'de kurulu güneş enerji gücü olmayan illerden biri olan Hakkari ili için FV güneş santralinin ekonomik, teknik ve çevresel olarak uygulanabilir nitelikte olup olmadığı değerlendirilecektir.

1.1.7.Tezin Amacı

Sürdürülebilir enerji kaynaklarının ilk başta kurulum ücretleri yüksek olduğundan dolayı bu alanda yapılacak olan yatırımların bilgisayar ortamında tasarlanıp, yaklaşık maliyetlerinin ve amortisman sürelerinin belirlenmesi verimli bir yatırım yapılması bakımından önemlidir. Güneş enerjisi kurulu gücü olmayan Hakkari ili genelinde güneş potansiyelini araştırmak, güneşten en iyi verimin sağlanacağı yerleri belirlemektir. Bu sistem tasarımlarını yapmak, ilin alternatif enerji ihtiyacını karşılamak için temiz, çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşten maksimum verim elde edilecektir. Böylece yapılacak incelemeler ve bu incelemeler sonucunda elde edilen veriler göz önüne alınarak halkın bu alana yönelmesine ön ayak olacak şekilde planlanmıştır. Avrupa Birliği sürdürülebilir enerji amaçları doğrultusunda yapılması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Güneş enerjisinin kullanım kolaylığı, potansiyeli, hijyeni, yenilenebilirliği ve çevresel dost olması nedeniyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha kolay bir şekilde yaygınlaşacak durumdadır. Diğer enerji kaynaklarına nazaran kurulum maliyetlerinin fazlalığı, düşük verim faktörü gibi benzeri bazı teknolojik ve ekonomik zorlukların aşılması, güneş enerjisini gelecekte daha cazip hale getirecektir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli son derece elverişli olmasına rağmen yeterince bu alandaki enerjiden yararlanılamamaktadır (Bahnemann, 2004).

Keçel, çalışmasında fotovoltaik sistemlerin genellikle DA elektrik enerjisi elde etmek amacıyla kurulduğunu, 220V AA elektrik enerjisi ihtiyacı olduğunda, invertör aracılığı ile doğru akımın alternatif akıma dönüştürüldüğünü ve hesaplamalarda invertör kaybını %10 kabul ettiğini açıklamıştır (Keçel, 2007).

Tuaimah, Irak'ta farklı şehirlerde güneş enerjisi üzerine yaptığı çalışmada 22 yıllık verileri kullanarak enerji potansiyelini değerlendirmiştir. Bu çalışmasıyla uygun açı ile alınabilecek enerjinin miktarını hesaplamıştır. En uygun açı bulunan konuma göre 150 olarak belirlemiştir (Tuaimah, 2012).

Fantidis ve arkadaşları, Yunanistan'ın 46 bölgesi için ortalama günlük küresel güneş ışınım verilerini elde etmek için HOMER yazılımı (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable - Elektrik Yenilenebilir Sistemler için Hibrid Optimizasyon) kullanarak yıllık çevresel faktörleri, enerji üretimini ve ekonomik analizini hesaplamışlardır. Güncel kurlarla bir fotovoltaik sistemin şebekeden bağımsız olarak ortalama 7 yıl içerisinde kendini amorti ettiğini belirlemişlerdir (Fantidis ve ark., 2013).

Morshed, Ankon, Chowdhury ve Rahman, Bangladeş Dhaka'da bulunan, 2kW'lık şebekeye bağlı olmayan FV sistemini, PVsyst, Matlab, SolarMAT ve HOMER gibi farklı programları kullanarak simüle etmişler, bu programların avantajlarını ve dezavantajlarını incelemişlerdir (Morshed, Ankon, Chowdhury ve Rahman, 2015).

Bianchini ve ark., çalışmalarında değişik fotovoltaik sistemler kullanarak bu sistemlerin kuruluş maliyet analizlerini, sistemlerin kendini geri ödeme sürelerini ve temizlik giderlerini araştırmışlardır. Yaptıkları bu çalışma sonucunda

fotovoltaik sistemlerin kendilerini geri ödeme sürelerini 5.5 yıl bulmuşlardır (Bianchini ve ark., 2016).

Raj, Gupta ve Panda, Hindistan'daki Jaipur kentinde bulunan Poornima Üniversitesi'nde 100 kWp kurulu güce sahip olan güneş santralini, PVsyst programı ile modelleyip simüle etmişlerdir. Nisan ayının gerçek üretim verisi ile PVsyst programıyla elde etmiş olduğu veriyi karşılaştırdığında % 6,75'lik bir hata oranı belirlemişlerdir (Raj, Gupta ve Panda, 2016).

Nirwan & Thakur, PEC University of Technology'de bulunan 1 MW'lık şebekeye bağlı güneş enerjisi santralini incelemişler ve PVsyst yazılımı kullanılarak performansını gözlemlemişlerdir. Çalışmalarında, 15° derecelik eğim açısı ve -30° derecelik azimut açısını, 30° derece eğim açısı ve 0° derecelik azimut açısı olarak optimize ettiğinde %4,71 daha fazla enerji üretebildiğini tespit etmişlerdir (Nirwan, D., Thakur, 2017).

Gözmen ve Dilsel, çalışmalarında Mersin'deki ofis olarak kullanılan konteynerin ihtiyacı olan elektrik enerjini üretmek için bir güneş enerjisi sistemi tasarlayıp maliyet analizi yapmışlardır. Verilerin en düşük gerçekleştiği Ocak ayı değerlerini dikkate alarak gerçekleştirdikleri çalışma neticesinde, konteynerin ihtiyacı olan elektrik enerjisinin tamamının 12 ay boyunca sistemden elde edilebileceğini bulmuşlardır (Gözmen ve Dinsel, 2018).

Pakma, çalışmasında Batmanda bir okulun terasına 30^{o} eğimli 24 adet amorf silisyum panel ile kurulmuş şebeke bağlantılı GES tesisinin performansını dış etkenlerin nasıl etkilediği konusunda Osman Pakma bir çalışma yapmıştır. Buna göre 2016 yılına ait elektrik üretim verilerini dikkate alarak ortam ve modül sıcaklıklarının sistem performansını %6 - %9 arasında etkilediğini hesaplamıştır (Pakma, 2018).

Dondariya ve ark., 2018 yılında 6.4 kWp şebekeye bağlı çatı fotovoltaik sistemini Hindistan'ın Ujjain şehri için analiz etmişlerdir. PVSOL yazılımı kullanarak, 20 tane 320 Wp nominal güçte monokristal silikon fotovoltaik teknolojisinin enerji üretimi verimini incelemişlerdir. Monokristal silikon bir yılda 1528.125 kWh/kWp enerji üreterek, elektrik ihtiyacının %41'inden daha fazlasını karşıladığını tespit etmişlerdir (Dondariya ve ark., 2018).

Arslan, yüksek lisans tez çalışmasında Tekirdağ ve Batı Marmara Bölgesi için en uygun panel tipini belirlemek amacıyla 150 Wp'lik monokristal ve 150 Wp'lik polikristal panellerle yapılan deneyde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre iki panelinde ürettikleri gerilim ve güç değerinin birbirine yakın olduğu ve Tekirdağ iklim şartlarında monokristal panelin verimini % 15, polikristal panelin verimini % 14.9 olarak tespit etmişlerdir (Arslan, 2018).

Ramanan ve ark. Güney Hindistan'ın Tamil Nadu şehrinde 2019 yılında yaptıkları çalışmada şebekeye bağlı polikristal silikon ve ince film güneş panellerini içeren, FV sistemin bir yıllık performansını PVsyst yazılımını kullanarak gerçek ölçüm değerleriyle kıyaslamışlardır. Performansın belirlenmesinde FV verimliliği, dizi verimi, performans oranı, nihai verim ve kapasite kullanım faktörü gibi parametreleri göz önüne almışlardır. Sistemde polikristal için 1536.9 kWh, ince film için 1698.4 kWh yıllık enerji üretimi olarak hesaplamışlardır. Yıllık ortalama performans değeri polikristal için %78.48, ince film için %86.73 bulunmuştur. İnce film panellerin yüksek performans oranına sahip olması nedeniyle polikristal panellerden daha yüksek verim sağladıklarını belirtmişlerdir (Ramanan ve ark., 2019).

Kılınç, 2019 yılında tez çalışmasında İzmir için 500 kW'lık fotovoltaik sistemin yüzey alanının hesabı yaparak, panellerin yatayla yaptığı eğim açısını sabit tutmak yerine kış ve yaz aylarında farklı eğim açılarıyla kurulum yapılacağı belirlenmiştir. Bu sistemin hangi aylarda ve farklı durumlarda daha fazla enerji üreteceği veya daha verimli güneş ışınımından yaralanabileceği ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalarda mono-kristal FV paneller ile polikristalli FV panel arasında %4 verim farkı olduğunu ve panel alanında %23.6 değerinde ciddi miktarda kazanç farkı olduğunu gözlemlemişlerdir(Kılınç, 2019).

Shilpa ve Sridevi, Bengaluru şehrindeki üniversite kampüs binası için şebekeden bağımlı ve bağımsız çalışabilen fotovoltaik sistem tasarımı üzerine çalışma yapmışlardır. HOMER yazılımı ile yaptıkları çalışmada, şebekeye bağlı sistemin mevcut maliyetinin, şebekeden bağımsız sisteme göre daha düşük maliyette olduğunu tespit etmişlerdir. Şebekeden bağımsız sistem için tamamen yenilenebilir enerji kullanılmasına rağmen akü ve dizel jeneratör ihtiyacının

olması maliyeti arttırmış ve sistemde daha fazla emisyon gaz salınımına sebep olduğu görülmüştür. Şebeke bağlantılı sistemin daha minimum sistem maliyetli olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Shilpa ve Sridevi, 2019).

Fotovoltaik panelleri sayesinde daha fazla enerjinin üretilmesi hedeflenmektedir. Bir yandan ar-ge çalışmalarıyla bu sektördeki teknolojinin çıtası yukarı çıkartılmaya çalışılıyorken diğer yandan yeni çıkan ürünlerin elektrik üretiminde kullanılarak ticarileştirilmesi yapılmaktadır (Güneş, 2021).

Perdahlıyan & Öztuna, çalışmalarında Edirne'deki bir işletme binasın da çatı için PVSYST programı kullanarak fotovoltaik sistem tasarlamışlardır. Sistemin geri ödeme süresini en kısa 7,43 yıl, en uzun 10,18 yıl olduğunu hesaplamışlardır (Perdahlıyan ve Öztuna, 2021).

Iva Batić ve Željko Đurišić. Sırbistan'ın çeşitli bölgelerinde bulunan bazı okullarda binalara çatı tipi fotovoltaik sistem kurulması durumunu ele almışlardır. Farklı senaryolar oluşturarak olası kurulu kapasite ve yıllık elektrik üretim tahminleri vermişlerdir. PVGIS programını kullanarak fotovoltaik panellerin yıllık üretimini hesaplamışlardır. Verimleri %15, %17 ve %20 olan fotovoltaik paneller için çatı yüzeyinden elde edilebilecek maksimum kurulu kapasiteleri karşılaştırmışlardır. Binaların çatı eğim açıları ve güneş enerjisi potansiyelini hesaplamışlardır. Yapılan incelemeler sonucunda, okul binalarının yıllık elektrik tüketiminin %50'sinin tasarlanan fotovoltaik panellerden karşılanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Okul binalarının çatılarının farklı yön ve eğime sahip olan yüzeylerden olması kurulacak olan fotovoltaik sistemlerin enerji ve ekonomik değerlerinin farklı olmasına sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Yatırımın kendini en hızlı şekilde amorti etmesi ve en yüksek enerji üretimini sağlaması için yıllık güneşlemenin en iyi olduğu alanlara öncelik verilerek ulaşılabileceği sonucuna varmışlardır (Iva Batić ve Željko Đurišić, 2021).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Fotovoltaik güç santrallerinin kurulumundan önce planlanan bölge ve alanlar için ön fizibilite çalışması yapılarak kurulacak sistem hakkında karakteristik özellikler araştırılmaktadır. Fotovoltaik sistemlerin enerji çıktılarını belirlemede iki önemli parametre bulunmaktadır. Bunlar güneş ışınımı ve hücre sıcaklığıdır.

Bu tez çalışmasında; Hakkari Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınacak olan 1 yıllık güneş verileri kullanılarak fotovoltaik sistem tasarımı için bir optimizasyon çalışması yapılacaktır. Ayrıca Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi, ortalama yıllık toplam ışınım değeri verileri alınarak benzetim çalışmasında kullanılacaktır. Seçilecek olan yerin öncelikle elektrik ihtiyacı projelendirilecektir. Seçilen yerin kullanım amacına uygun olarak çizilecek elektrik projesine göre güç tespiti yapılacaktır. Elde edilen bu güç için kullanılacak panel sayısı, şarj ünitesi, invertör, kablo kesitleri, akü grubu vs. tespiti için fotovoltaik sistemlerin Matlab/Simulink ortamında modellemesi yapılacak olup, ışınım ve sıcaklık etkenleri göz önüne alınarak benzetim çalışması gerçekleştirilecektir. Türkiye'de güneş enerjisi kurulu gücü olmayan üç ilden biri olan Hakkari ili için, fotovoltaik sistemlerden enerji üretiminin modellemesi yapılarak bu alana teşvik ve yatırımların önünün açılması amaçlanmaktadır.

3.1. Materyal

3.1.1. Fotovoltaik Sistemler

Güneş, her gün yaklaşık olarak 60.000 EJ enerjiyi dünyaya gönderir. Bu enerjinin %6'sı atmosfer %20'si bulutlar, %4'ü dünyanın yüzeyi tarafından yöneltilir; aynı anda %16'sı atmosfer, %3'ü bulutlar, %5'i de karalar ve okyanuslar aracılığıyla emilir. Üst atmosfere erişen toplam güneş enerjisi 1367 W/m^2'dir. Dünya yüzeyine eriştiğinde, kullanılabilir güneş enerjisi yaklaşık olarak 300 W/m^2 olmaktadır (Breeze, P., 2014).

Güneş enerjisini sağlayabilmek ve elektrik üretebilmek adına çeşitli teknolojiler geliştirilmektedir. Bunlardan bazısı güneşin ışık enerjisinden, bazıları da ısı enerjisinden elektrik üretmeye başlamıştır.

Güneş enerjisinden en gelişmiş olan fotovoltaik sistemler ile elektrik enerjisi üretilmektedir. FV sistemler 1950 yıllarından sonra ileri teknoloji ürünü olarak ortaya çıkmaya başlamıştır.

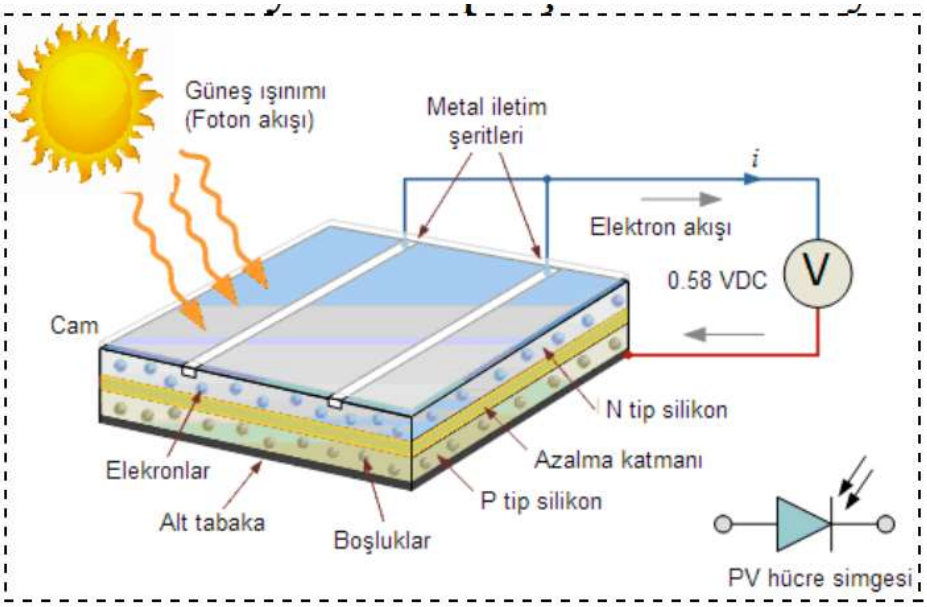
Güneşten yayılan ultraviyole ışınları (UV) enerji üretimi ilk olarak Fransız bilim adamı Antoine-Ce´sar Becquerel'in tez çalışmalarında, fotovoltaik etkiyi keşif etmesi ile görülmektedir. Ardından ilk gerçek güneş pili 19.yy bitiminde Charles Fritts tarafından üretilmiştir (Towler, B. F., 2014).

FV hücrelerin yapısı ve çalışma ilkesi: FV hücreler yarı iletken teknolojisi ile üretilmiştir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire tasarımında üretilmektedir. En fazla silisyum ve silisyum alaşımları göz önünde bulundurularak kullanılmıştır. FV hücre, fosfor atomları eklenerek silisyumdan doğan hücrenin negatif tarafını gerçekleştiren n tabakası, bor atomları eklenmiş silisyumdan gerçekleşen hücrenin pozitif kısmını gerçekleştirilen p tabakası ve n tabakası ile p tabakasının kesişme noktası olan katkılı bir katman olmak üzere üç tabakadan gerçekleşir. Işınım etkisiyle p tabakasından koparılan elektronlar, n tabaksında toplanır. Elektronların hareketi sayesinde enerji üretimi gerçekleşir (Denholm, P. D., 2010).

Çizelge 3.1. Güneş pillerinde kullanılan malzemeler ve bant genişlikleri

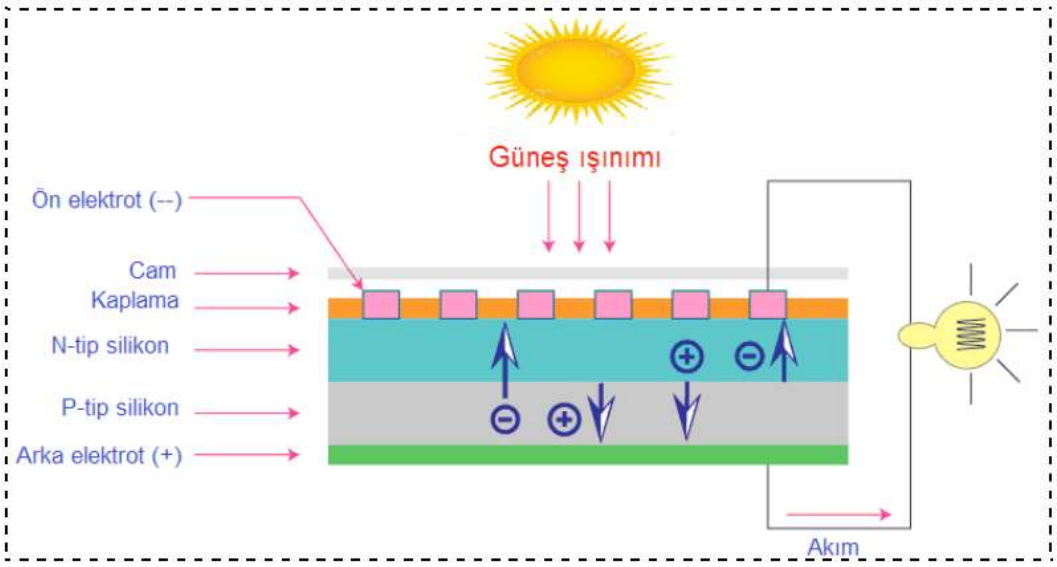
Yarı iletken malzemesi	**Bant genişliği (eV)**
Silikon	1,11
Kadmiyum tellür	1,44
Galyum arsenit	1,43
Bakır indiyum galyum diselenit	0,9-1,7

Einstein göre ışığın sadece dalga yapısında olmadığını parçacık veya tanecik olarak hareket etmektedir. Işık bu hareketi içindeki fotonlar sayesinde yapar. Başka bir deyişle güneş ışınımı elektromanyetik parçacıkların bir akışı olarak da görülebilir. Elektromanyetik radyasyon enerjisini foton adı verilen bu parçacıklar iletir ve taşır. Bu sayede foto reaksiyonlar tetiklenebilir veya iletkenlerdeki elektronların iletkenliğini tetikleyerek güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşmesini sağlarlar. Şekil 3.1 ve 3.2’ de FV hücre çalışması ve yapısı gösterilmiştir (Öztürk, 2017).



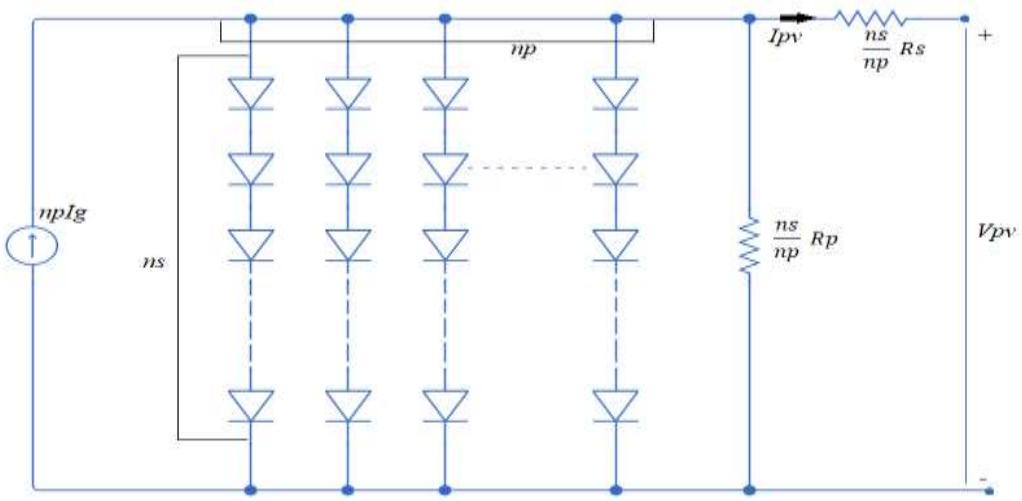
Şekil 3.1. FV hücre çalışma prensibi

Güneşten gelen radyasyon, enerji taşıyan fotonların birleşiminden oluşur. Bu fotonlar, farklı dalga boylarına bağlı olarak farklı miktarlarda enerji içerirler. Gelen bu enerji, fotovoltaik bir hücre üzerine düştüğünde bir kısmı hücre tarafından yansıtılır, bir kısmı soğurulur, bir kısmı da hücre içerisinden geçer. Fotovoltaik hücreler tarafından soğurulan fotonlar elektrik enerjisi üretir. Üretilen enerji, yarı iletken bir malzemenin atomundaki elektrona aktarılır.



Şekil 3.2. FV hücrenin yapısı

Malzeme olarak ne kullanılırsa kullanılsın bir FV hücreden elde edilen en yüksek verimlilik ortalama değer olarak %33 olmuştur. Hücrelerin üst üste konumlandırılması ile oluşturulan çok katmanlı hücrelerde ise bu oran %43 olarak güncellenmiştir.



Şekil 3.3. FV hücre eşdeğer devresi

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi belirli bir hücrenin aynı oranlarda olan devresini bir p-n bağlantı diyotu olarak görülmektedir. Seri ve paralel FV hücrelerinin sayısı kronolojik olarak n_s ve n_p olarak gösterilir. Çıkış akımı (I_{PV}), üretilen fotoakım I_g ile diyot akımı arasındaki farktır.

$$I_{pv} = n_p.I_g - n_p.I_s[e^{\left(\frac{q}{A.k.T}\left(\frac{V_{pv}}{n_s}+\frac{I_{pv}.R_s}{n_p}\right)\right)} - 1] \quad (3.1)$$

Eşitlik 3.1'de yer alan; A diyot ideal faktörü, k Boltzmann sabiti (1,380622x10^{-23} J/°K), q elektron yükü (1,6021917x10^{-19} C), T sıcaklık (°K), R_S eşdeğer seri dirençtir.

Güneş ışınımı I_{rr}tarafından üretilen akım Ig;

$$I_g = (I_{SC} + k_i(T - T_{ref}))\frac{I_{rr}}{1000} \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.2'de yer alan; I_{sc} referans sıcaklık ve ışınımdaki kısa devre akımı, T_{ref} hücrenin referans sıcaklığı ve k_i ise kısa devre akımı sıcaklık katsayısıdır.

Hücre doygunluk akımı olan *Is* ise aşağıdaki gibi değişir:

$$I_s = I_{RS}.[\frac{T}{T_{ref}}]^3.e^{\frac{q.E_g}{A.k.}\left(\frac{1}{T_{ref}}-\frac{1}{T}\right)} \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3'te verilen; I_{RS} ters doyma akımı ve E_g yarı iletkenin yasak bant enerjisidir. Son olarak, panelin sağladığı güç P_{pv} şu şekilde hesaplanır:

$$P_{pv} = I_{pv}.V_{pv} \quad (3.4)$$

FV hücreler P ve N olarak bilinen yarı iletken ürünlerden oluşmaktadır. İki ürünün birleşim bölgesine düşen güneş ışığı, ürünlerin son yörüngelerindeki elektronları hareket ettirerek elektrik akımı oluşturur. Uygulamalarda daha sık monokristal ve polikristal silisyum yapıdaki hücreler kullanılmaktadır (Şahin, M., & Okumuş, H., 2013).

Güneş FV santralleri, silikon gibi yarı iletken malzemelerden yapılmış çok sayıda birbirine bağlı güneş hücresinden oluşan güneş paneli dizilerini kullanır. İşlem aşağıdaki adımları içerir:

i. Güneş panelleri güneş ışığını yakalar. Güneş ışığı güneş panellerine düştüğünde, fotonlar (ışık parçacıkları) enerjilerini güneş hücrelerindeki elektronlara aktarır.

ii. Elektrik üretimi: Bu enerji elektronların enerjilenmesini sağlayarak doğru akım (DA) elektrik akışı yaratır. Paneller genellikle önemli miktarda güç üretmek için büyük diziler halinde düzenlenir.

iii. İnvertör dönüşümü: Güneş panelleri tarafından üretilen DA elektriği, invertörler kullanılarak alternatif akım (AA) elektriğine dönüştürülür. AA elektriği, çoğu ev ve işletmede kullanılan standart elektrik biçimidir.

iv. İletim ve dağıtım: AA elektriği daha sonra bir trafoya gönderilir ve burada elektrik hatları üzerinden verimli bir şekilde iletilmek üzere daha yüksek bir voltaja yükseltilir. Daha sonra kullanım için elektrik şebekesi üzerinden tüketicilere dağıtılır.

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (Concentrating Solar Power - CSP) tesisleri: güneş ışığını merkezi bir alıcıya yoğunlaştırmak için aynalar veya mercekler kullanır ve bu da ısı üretir. Isı daha sonra bir buhar türbini veya diğer ısı transfer mekanizmaları aracılığıyla üretilir. İşte CSP tesislerinin nasıl çalıştığına dair basitleştirilmiş bir açıklamadır (Web2, 2024).

i. Güneş konsantrasyonu: Aynalar veya mercekler güneşin hareketini takip eder ve güneş ışığını bir odak noktasına veya alıcıya yoğunlaştırır. Bu güneş ışığı konsantrasyonu alıcıdaki sıcaklığı artırır.

ii. Isı transferi ve depolama: Alıcı, yoğun güneş ışığını emer ve ısıyı erimiş tuz veya yağ gibi bir ısı transfer sıvısına veya malzemeye aktarır. Bu sıvı, ısıyı daha sonra kullanılmak üzere depolayabilir ve güneş parlamadığında bile güç üretimine olanak tanır.

iii. Buhar üretimi: Isıtılmış sıvı, bir jeneratöre bağlı bir türbini çalıştıran yüksek basınçlı buhar üretmek için kullanılır. Jeneratör, türbinin mekanik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür.

iv. Güç üretimi ve dağıtımı: Üretilen elektrik daha sonra tüketicilerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için elektrik şebekesi aracılığıyla iletilir, dönüştürülür ve dağıtılır.

FV güneş santralleri ve CSP santralleri yenilenebilir enerji üretimine katkıda bulunarak fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır ve sera gazı emisyonlarını düşürür. İkisi arasındaki seçim konuma, mevcut kaynaklara ve proje gereksinimlerine bağlıdır. Güneş FV santralleri, birbirine bağlı güneş hücrelerinden oluşan güneş panellerini kullanarak doğrudan güneş ışığından elektrik üretir. İki ana FV güneş santrali türü şunlardır:

i. Yere monte FV güneş santralleri: Bu güneş santralleri, yere monte edilmiş büyük ölçekli güneş paneli dizilerinden oluşur. Güneş enerjisi yakalamayı en üst düzeye çıkarmak için açık alanlar veya çöller gibi geniş alanları kaplayabilirler. Yere monte FV güneş santralleri genellikle kamusal ölçekte güneş enerjisi üretimi için kullanılır.

ii. Çatı FV güneş santralleri: Bu güneş santralleri, konut, ticari ve endüstriyel yapılar dahil olmak üzere binaların çatılarına kurulur. Çatı FV sistemleri, yerinde tüketim için elektrik üretebilir, şebekeye bağımlılığı azaltabilir ve enerji öz yeterliliğini sağlayabilir. Fazla elektrik, net ölçüm programları aracılığıyla şebekeye geri beslenebilir.

Tarımsal voltaik: Güneş enerjisi paylaşımı veya ikili arazi kullanımı biçimi olan tarımsal voltaikler, tarım ve fotovoltaik (FV) sistemlerini birleştiren, arazinin aynı anda ürün yetiştirme ve güneş enerjisi üretimi için kullanılmasına

olanak tanıyan bir kavramdır. Tarımsal alanların veya otlakların üstüne veya yanına güneş panelleri yerleştirilmesini içerir ve gıda veya ürün üretimi ile yenilenebilir enerji üretimi arasında bir sinerji oluşturmaktadır.

Güneş enerjisi santralleri kamusal ve toplumsal ölçekte de olabilir:

i. Topluluk ölçeğinde güneş enerjisi santralleri, topluluk güneş bahçeleri veya paylaşımlı güneş enerjisi projeleri olarak da bilinir, yerel bir topluluk içindeki bir grup birey veya kuruluş tarafından topluca sahip olunan ve işletilen güneş enerjisi tesisleridir. Bu projeler, topluluk üyelerinin, evlerinin güneş enerjisi tesisleri için uygun olmadığı veya kiralık oldukları gibi mülklerine güneş panelleri kuramasalar bile güneş enerjisinin faydalarına erişmelerini sağlar.

ii. Kamu ölçeğinde güneş santralleri, güneş çiftlikleri veya güneş enerjisi santralleri olarak da bilinir, bir kamu hizmeti veya şebeke ölçeğinde elektrik üretmek için tasarlanmış büyük ölçekli güneş enerjisi tesisleridir. Bu güneş tesisleri genellikle kamu hizmeti şirketleri, bağımsız güç üreticileri (IPP'ler) veya yenilenebilir enerji geliştiricileri tarafından geliştirilir ve sahiplenilir. Kamu hizmeti ölçeğinde güneş santrallerinin bazı temel özellikleri ve faydaları şunlardır.

Güneş FV santralleri, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına doğru küresel değişime katkıda bulunarak çeşitli faydalar sunar. Güneş santrallerinin bazı temel avantajları şunlardır:

Yenilenebilir ve sürdürülebilir: Güneş santralleri yenilenebilir bir kaynak olan güneşten enerji alır. Güneş enerjisi, güneş parladığı sürece üretilebilir ve bu da onu neredeyse tükenmez bir enerji kaynağı yapar. Güneş enerjisi, sınırlı fosil yakıt rezervlerine olan bağımlılığı azaltmaya yardımcı olur ve sürdürülebilir bir güç üretim çözümü sunar.

Çevre dostu: Güneş enerjisi, fosil yakıtlardan daha az sera gazı emisyonu üreten temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisini kullanarak, güneş santralleri iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olur ve hava kirliliğini azaltır, genel hava kalitesini ve halk sağlığını iyileştirir.

Enerji bağımsızlığı ve güvenliği: Güneş santralleri enerji kaynaklarını çeşitlendirerek enerji bağımsızlığına katkıda bulunur. Güneş enerjisiyle ülkeler ve bölgeler ithal fosil yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltabilir ve enerji tedarikiyle

ilişkili jeopolitik riskleri hafifletebilir. Güneş santralleri yerel ve bol miktarda bulunan bir enerji kaynağını kullanarak enerji güvenliğini teşvik edebilir.

Maliyet açısından etkili: Yıllar geçtikçe, güneş enerjisi teknolojisi üretimdeki ilerlemeler ve ölçek ekonomileri nedeniyle giderek daha maliyet açısından etkili hale geldi. Güneş panellerinin ve ilişkili ekipmanların maliyetinin azalmasıyla güneş enerjisi santralleri elektrik üretmek için cazip bir seçenek sunuyor. Dahası, güneş enerjisinin düşük işletme ve bakım maliyetleri vardır ve bu da onu uzun vadede ekonomik olarak uygulanabilir hale getirir.

İş yaratma ve ekonomik büyüme: Güneş enerjisi endüstrisi, güneş enerjisi santrallerinin üretimi, kurulumu, işletimi ve bakımı gibi çeşitli aşamalarda önemli sayıda iş yaratma potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisi santralleri yerel ekonomileri canlandırabilir, yatırım çekebilir ve temiz enerji sektörünün büyümesine katkıda bulunabilir.

Ölçeklenebilirlik ve modüler tasarım: Güneş santralleri, küçük konut kurulumlarından büyük kamu hizmetleri ölçeğindeki projelere kadar çeşitli ölçeklerde inşa edilebilir. Bu ölçeklenebilirlik, güneş enerjisinin, ister bireysel evlere güç sağlamak ister tüm topluluklara elektrik sağlamak olsun, farklı enerji ihtiyaçlarına uyarlanmasını sağlar.

Şebeke dışı güç çözümleri: Enerji depolama sistemleriyle birleştirilen güneş santralleri, uzak bölgelerde veya elektrik şebekesine sınırlı erişimi olan bölgelerde elektrik sağlanmasını mümkün kılar. Şebeke dışı güneş enerjisi kurulumları, kırsal topluluklara elektrik getirerek yaşam koşullarını iyileştirebilir, eğitimi destekleyebilir ve ekonomik kalkınmayı teşvik edebilir.

Güneş santralleri sürdürülebilir ve güvenilir bir elektrik kaynağı sağlar, karbon emisyonlarını azaltır ve çok sayıda sosyoekonomik fayda sunar. Güneş teknolojisindeki sürekli ilerlemeler ve destekleyici politikalar, güneş enerjisinin küresel enerji dönüşümünün hayati bir bileşeni olarak yaygın bir şekilde benimsenmesini daha da artırabilir.

Bir güneş enerjisi santralinin tasarımı, verimliliğini ve etkinliğini sağlamak için birkaç temel adımı içerir. *İşte sürecin genel bir taslağı:*

i. Bir fizibilite çalışması: Güneş santralinin uygulanabilirliğini değerlendirmek için bir fizibilite çalışması yaparak başlayın. Mevcut arazi, güneş

kaynağı potansiyeli, şebeke bağlantısı fizibilitesi, çevresel etki ve düzenleyici gereklilikler gibi faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır.

ii. Yer seçimi: Güneş ışınımı, topografya, arazi mevcudiyeti, iletim altyapısına yakınlık ve çevresel hususlar gibi faktörlere dayanarak güneş santrali için uygun yerleri belirlenmelidir.

iii. Güneş kaynağı değerlendirmesi: Seçilen sitenin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için detaylı bir güneş kaynağı değerlendirmesi gerçekleştirin. Bu, geçmiş hava durumu verilerini, güneş radyasyon seviyelerini ve gölgeleme analizini analiz etmeyi içermektedir.

iv. Sistem boyutlandırma: Güneş enerjisi santralinin kapasitesini enerji talebine veya projenin amaçlanan amacına göre belirlenir. Elektrik tüketimi, maksimum talep ve belirli proje gereksinimleri gibi faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır.

v. Teknoloji seçimi: Fotovoltaik (FV) veya yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) sistemleri gibi tesis için uygun güneş enerjisi teknolojisini seçilir. Her teknoloji seçeneğinin verimliliğini, maliyetini, güvenilirliğini ve belirli proje için uygunluğunu göz önünde bulundurulur.

vi. Güneş santrali düzeni ve tasarımı: Güneş enerjisi santrali için detaylı bir tasarım ve düzen planı geliştirilir. Bu, güneş panellerini veya aynaları konumlandırmayı, eğim ve yönelim açılarını belirlemeyi ve maksimum enerji üretimi için düzenlemeyi optimize etmeyi içermektedir.

vii. Elektrik tasarımı: Güneş panellerinin, kablolamanın, güneş kablolamasının, invertörlerin, transformatörlerin ve diğer bileşenlerin yapılandırmasını içeren bir elektrik tasarımı oluşturulur. Yerel elektrik kodları ve yönetmeliklerine uyumu sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

viii. Bağlantı ve şebeke entegrasyonu: Güneş santralini elektrik şebekesine bağlamak için en iyi yaklaşımı belirleyin. Yerel kamu hizmetleriyle koordine olun ve bağlantı için gerekli izinleri alın. Sorunsuz güç akışı ve şebeke gereksinimlerine uyumu sağlamak için etkili bir şebeke entegrasyon sistemi tasarlanmalıdır.

ix. İnşaat ve yapısal tasarım: Temeller, montaj yapıları ve destek sistemleri dahil olmak üzere güneş santralinin inşaat ve yapısal tasarım planlarını

geliştirin. Rüzgar yükleri, sismik aktivite ve çevre koşulları gibi faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır.

x. Çevresel etki değerlendirmesi: Arazi kullanımı, su tüketimi ve yerel flora ve fauna üzerindeki etkiler dahil olmak üzere güneş enerjisi santralinin potansiyel çevresel etkisini değerlendirilir. Herhangi bir olumsuz etkiyi en aza indirmek için azaltma önlemleri uygulanmalıdır.

xi. Proje ekonomisi: Güneş santralinin ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirmek için finansal bir analiz yapılır. Sermaye maliyetlerini, işletme giderlerini, gelir üretimini, teşvikleri ve yatırım getirisini dikkate alınmalıdır.

xii. İnşaat ve devreye alma: Tasarım planlarına ve güvenlik standartlarına uyulmasını sağlayarak inşaat aşamasını yürütülür. Güneş panellerini, elektrik bileşenlerini ve diğer gerekli altyapıyı kurun. Tesisi devreye alınır ve düzgün çalışmasını sağlamak için kapsamlı testler yapılmalıdır.

xiii. İşletme ve bakım: Güneş enerjisi santrali için kapsamlı bir işletme ve bakım planı geliştirilir. Buna düzenli denetimler, panellerin temizlenmesi, ekipman bakımı, performans izleme ve sorun giderme dahildir.

xiv. İzleme ve performans analizi: Güneş enerjisi santralinin performansını sürekli olarak izlemek için bir izleme sistemi uygulanır. Toplanan verileri analiz ederek sorunları belirlenir ve ele alın ve enerji üretimini derhal optimize edilmelidir.

Güneş enerjisi santrali nasıl kurulur.

Bir güneş enerjisi santrali kurmak birkaç adımdan oluşur: planlama, tedarik, kurulum ve devreye alma. İşte sürecin genel adımları;

i. Proje planlaması

– Güneş enerjisi santrali projesinin hedef ve amaçlarını tanımlayın.

– Projenin teknik ve ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirmek için bir fizibilite çalışması yürütün.

– Güneş kaynağı mevcudiyeti, arazi mevcudiyeti ve elektrik şebekesine yakınlığa göre güneş santrali için potansiyel yerleri belirleyin.

ii. Finansman

– Projenin finansal gereksinimlerini belirleyin ve finansman seçeneklerini inceleyin.

– Yatırımcılar, bankalar, hibeler veya devlet teşvikleri aracılığıyla finansman arayın.

– Maliyet tahminleri, yatırım getirisi analizi ve nakit akışı projeksiyonları dahil olmak üzere ayrıntılı bir finansal plan geliştirin.

iii. İzinler ve onaylar

– Yerel yetkililerden, kamu hizmetleri şirketlerinden ve ilgili düzenleyici kuruluşlardan gerekli izinleri ve onayları alın.

– Çevre düzenlemelerine, arazi kullanım izinlerine ve şebeke bağlantı gereksinimlerine uyumu sağlayın.

iv. Tedarik

– Güneş panelleri, invertörler, montaj yapıları ve elektrikli ekipman gibi güneş enerjisi santrali bileşenleri için tedarikçileri ve yüklenicileri belirleyin ve onlarla iletişim kurun.

– Potansiyel tedarikçileri kalite, güvenilirlik, fiyat ve garanti koşulları gibi faktörlere göre değerlendirin.

– Gerekli ekipmanı tedarik edin ve tedarikçiler ve yüklenicilerle sözleşmeler müzakere edin.

v. Mühendislik ve tasarım

– Güneş enerjisi santrali için detaylı mühendislik planları ve tasarımları geliştirmek üzere deneyimli mühendisler ve tasarımcılarla çalışın.

– Sistem boyutunu, güneş enerjisi çiftliği yerleşim tasarımını, kullanılarak güneş panellerini, elektrik tasarımını ve bağlantı ayrıntılarını belirleyin.

– İlgili mühendislik standartlarına ve kodlarına uyumu sağlayın.

vi. İnşaat ve montaj

– Araziyi temizleyerek, zemin tesviyesini yaparak ve erişim yolları kurarak sahayı hazırlayın.

– Temeller, montaj yapıları ve elektrik sistemleri gibi gerekli altyapıyı inşa edin.

– Mühendislik tasarımlarına göre güneş panelleri, invertörler, transformatörler ve diğer ekipmanları kurun.

– İnşaat aşamasında güvenlik standartlarına ve kalite kontrolüne uyulmasını sağlayın.

vii. Devreye alma ve test etme

– Tüm ekipman ve sistemlerin düzgün çalışmasını sağlamak için kapsamlı testler yapın.

– Güneş enerjisi santralini elektrik şebekesine bağlayın ve şebeke entegrasyon testleri gerçekleştirin.

– Güneş enerjisi santralinin farklı koşullar altında, örneğin değişen güneş ışınımı seviyeleri altında performansını doğrulayın.

viii. İşletme ve bakım

– Güneş enerjisi santrali için bir işletme ve bakım planı geliştirin.

– Güneş panellerini, elektrik sistemlerini ve diğer bileşenleri düzenli olarak inceleyin ve bakımını yapın.

– Performansı izleyin, veri toplayın ve santralin enerji üretimini analiz ederek sorunları derhal tespit edin ve çözün.

– Verimliliğini optimize etmek için güneş panellerinin periyodik temizliğini planlayın.

ix. İzleme ve performans analizi

– Güneş enerjisi santralinin performansını sürekli olarak izlemek için bir izleme sistemi uygulayın.

– Enerji üretimi, sistem verimliliği ve diğer performans ölçümleriyle ilgili verileri toplayın ve analiz edin.

– Verileri, santral operasyonlarını optimize etmek, iyileştirme fırsatlarını belirlemek ve maksimum enerji üretimi sağlamak için kullanın.

x. Raporlama ve uyumluluk

– Enerji üretim raporları, çevresel etki değerlendirmeleri ve düzenleyici dosyalar dahil olmak üzere raporlama gerekliliklerine uyun.

– İzinleri, garantileri, sözleşmeleri ve mali kayıt belgelerini koruyun.

– Bir güneş enerjisi santrali kurmanın proje yönetimi, mühendislik, tedarik ve inşaat dahil olmak üzere çeşitli alanlarda uzmanlık gerektirdiğini unutulmamalıdır.

Başarılı ve verimli bir kurulum süreci sağlamak için güneş enerjisi santrali kurulumlarında geçmişi olan deneyimli profesyoneller veya danışmanlarla çalışmak önerilir (Web6, 2023).

Aşağıdaki faktörleri de değerlendirmeniz gerekir:

– Tasarım. Projenin büyüklüğü ve tasarım özellikleri maliyeti belirler.

– Malzemelerin fiyatı.

– Ülkenizde mevcut olan finansman seçenekleri incelenmelidir.

– Konum maliyetleri. Faaliyet gösterdiğiniz ülkeye bağlıdır. Arazi kira maliyetlerini, mevcut sübvansiyonları, devlet politikalarını vb. etkileyebilir.

– İşçilik ve bakım maliyetleri: Yine, işgücü maliyetleri, tesisinizi inşa ettiğiniz konuma bağlıdır.

EnergySage'e göre bir tesisin inşasını oluşturan maliyetler şunlardır (Web6, 2023):

i. Sabit maliyetler:

– Güneş panelleri: %12

– İnvertörler: %10

– Raf ve montaj ekipmanları: %3

– Kablolama: %9

– Tedarik zinciri: %9

ii. Yumuşak maliyetler:

– Emek: %7

– İzin verme ve bağlantı: %8

– Satış ve pazarlama: %18

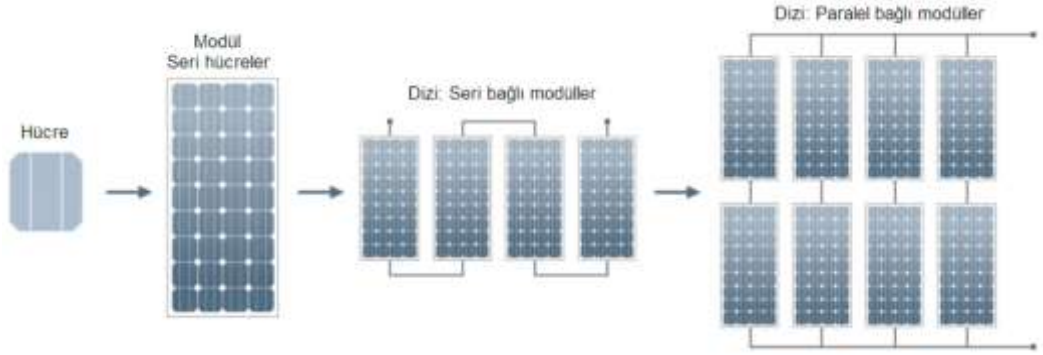
– Genel giderler: %11

– Kar: %11

Bu hesaplanan değerler ülkeden ülkeye değişkenlik gösterebilir.

i. Fotovoltaik paneller

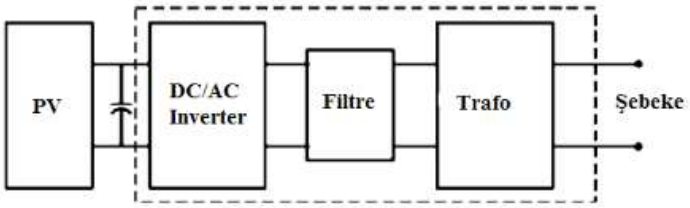
FV hücreler yüksek gerilim, akım ve güç üretmek için 36-54-60 ya da 72 tanesi seri birleştirilerek FV panelleri oluşturmaktadır. Paneller 12 V ya da 24 V DA gerilim üretebilecek şekilde yaratılırlar. Bir FV dizi, ihtiyaç olan enerjiyi karşılayacak biçimde, istenilen voltaj ve akımı sağlamak için seri ve paralel yapıştırılmış birkaç FV panelden oluşur. Bir FV hücrenin en yüksek gücünü üretebildiği voltaja maksimum güç noktasına (MGN) denilmektedir. MGN güneş ışınımı, ortam sıcaklığı ve FV hücre sıcaklığı ile değişir (Yiğit, A., Arslanoğlu, N., & Eker, B. S., 2019; Öztürk, 2017).



Şekil 3.4. FV hücre, modül ve dizi dizaynları

ii. DA-AA eviriciler (İnvertörler)

Fotovoltaik panel, güneş ışınımını DA olarak elektriğe dönüştürür. Bu şekilde üretilen elektrik şebekeye doğrudan gönderilemez durumdadır. Çünkü elektrik şebekeleri AA ile çalışmaktadır. Bu yüzden invertörler DA'yı, sabit frekansta bir AA'ya dönüştürürler.



Şekil 3.5. İnvertör blok şeması

İnvertör devresinde; kondansatör, transformatör rezistans ve anahtarlama elemanları bulunur. İnvertörler şebekeye bağlı FV sistemlerde, sistemin gücünün en az %10'u olacak şekilde seçilir (Selamoğulları, 2019).

3.1.2. Sistem Tipleri

Güneş enerji sistemleri kullanılarak yere göre çeşitlilik göstermektedir. Evlerin, ticari amaçlar için okul, hastane, iş merkezleri gibi binaların enerji tüketimine yardımcı olan küçük çaplı çatı üstü sistemler devreye sokulmaktadır. Bu sistemler yardımıyla bina kendi elektriğinin bir bölümünü üretebilmektedir. Genellikle üretim için kurulan şebekeye bağlı sistemler, ülkelerin enerji üretimlerine destek olmaktadır. Ülkemizde, lisanslı ve lisanssız olarak iki çeşit sistem kurulumu yapılmaktadır. 1MW kurulu güce kadar olan sistemlerde

lisanssız kurulum sağlanabilmektedir. Şebekeden ayrı, enerji nakil hattına sahip olmayan bölgelerde, enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan sistemler vardır (TAEK., 1998).

3.2. Yöntem

3.2.1. Matlab Programı

Matlab, matris ve dizi matematiğini doğrudan ifade eden, mühendisler ve bilim adamları için tasarlanmış üst düzey bir programlama dilidir. Basit etkileşimli komutları çalıştırmaktan büyük ölçekli uygulamalar geliştirmeye kadar her şey için Matlab kullanabilir.

Simulink, daha önce belirtildiği gibi, simülasyon programlama ve modelleme için kullanılan kullanıcı dostu, grafiksel olarak çekici bir arayüze sahip bir Matlab eklenti ürünüdür. Bu araç, herhangi bir kullanıcının minimum çabayla herhangi bir ayrıntı düzeyinde çeşitli tasarım konseptlerini keşfetmek için sanal prototipleri hızlı ve basit bir şekilde oluşturmasını sağlar. Bu platformu kullanmak için herhangi bir önceki uzmanlığa ihtiyacınız yoktur. Başlamak için sürükle ve bırak fare işlemlerini kullanarak sistemlerin grafiksel modellerini oluşturmak için önceden yapılandırılmış blokların geniş bir koleksiyonunu kullanmanız yeterlidir. Sürekli zamanlı, örneklenmiş zamanlı veya ikisinin bir kombinasyonunda doğrusal ve doğrusal olmayan sistemleri temsil edebilir.

3.2.2. PVSYST Programı

PVsyst programı, komple FV sistemlerinin incelenmesi, boyutlandırılması ve veri analizi için bir PC yazılım paketidir.

Şebekeye bağlı, bağımsız, pompalı ve DA şebeke (toplu taşıma) FV sistemleri ile ilgilenir ve kapsamlı meteoroloji ve FV sistemleri bileşenleri veri tabanlarının yanı sıra genel güneş enerjisi araçlarını da içermektedir.

Bu yazılım mimarların, mühendislerin, araştırmacıların ihtiyaçlarına yöneliktir. Ayrıca eğitim ve öğretim için de oldukça fayda sağlamaktadır (Web3, 2024).

3.2.3. AutoCAD Programı

Autodesk tarafından geliştirilen ve 1982 yılında piyasaya sürülen AutoCAD, kişisel bilgisayarlar için tasarlanan ilk CAD yazılımıdır. Güçlü çizim ve modelleme araçlarını, daha geniş bir profesyonel yelpazesine sunarak tasarım alanında bir devrim yarattı. Bugün, AutoCAD, mimarlık, mühendislik ve ürün tasarımı gibi endüstrilerde lider bir tasarım olmaya devam ediliyor ve hem 2D çizim hem de 3D modelleme için sağlam özellikler sunuyor.

i. Kısa tarih

Başlangıçta John Walker ve Autodesk'teki bir ekip tarafından piyasaya sürülen AutoCAD'in ilk sürümü, kullanıcılara kişisel bilgisayarlarda ayrıntılı çizimler ve planlar oluşturma imkanı verdi, böylece tasarım teknolojisini ileri bir seviyeye taşıdı. 1986 yılına kadar, AutoCAD, uygun maliyet ve esnekliği sayesinde dünya çapında en çok kullanılan CAD programı haline geldi.

ii. Ana özellikler

2D Çizim AutoCAD'in 2D çizim araçları, hassas teknik çizimler oluşturmak için temeldir. Tasarımcılar, yüksek doğrulukta çizgiler, yaylar ve daireler gibi geometrik şekiller çizmek için komutları kullanabilir. Bu hassasiyet, mimarlık ve mühendislik gibi endüstriler için çok önemlidir.

3D Modelleme AutoCAD, kullanıcılara sıfırdan modeller oluşturma veya 2D tasarımları 3D'ye dönüştürme imkanı veren güçlü 3D araçları sunar. "Extrude" ve "Revolve" gibi komutlar, düz şekilleri karmaşık 3D nesnelere dönüştürerek gerçekçi görselleştirmeler için kullanılabilir.

Katman Yönetimi AutoCAD'in katman sistemi, kullanıcılara duvarlar, elektrik bileşenleri gibi farklı öğeleri ayrı katmanlarda ayırarak karmaşık tasarımları yönetmesine yardımcı olur. Bu özellik, takımlar arasında organizasyon ve işbirliğini artırarak tasarımları gözden geçirmek ve değiştirmek daha kolay hale getirir.

Özelleştirme AutoCAD, kullanıcılara tekrarlayan görevleri otomatikleştirme ve araçları özelleştirme imkanı veren AutoLISP gibi komut dosyası dillerini destekler. Bu esneklik, makine mühendisliği ve ürün tasarımı gibi endüstrilerdeki profesyonellerin daha verimli çalışmasına yardımcı olur.

iii. Farklı endüstrilerde uygulamalar

Mimarlık: Hassas ölçümlerle kat planları, kesitler ve cepheler oluşturmak için kullanılır. Mimarlar, inşaat başlamadan önce binaları 3 boyutlu olarak görselleştirebilirler.

Mühendislik: Makine ve inşaat mühendisleri, makine parçalarının veya altyapının ayrıntılı şemaları ve planları için AutoCAD programını kullanırlar. AutoCAD, uzun süredir elektrik mühendisliği de dahil olmak üzere çeşitli mühendislik disiplinleri için hayati bir araç olarak tanınmaktadır. Enerji iletim hatlarının tasarımı, bina içi elektrik tesisatı veya güneş enerjisi (RES) gibi yenilenebilir enerji sistemleri gibi elektrik projelerinde AutoCAD, hassasiyet, verimlilik ve işbirliği için bir platform sağlar. Karmaşık şemaları, sistem düzenlerini ve kurulum tasarımlarını çizmek, büyük ölçekli altyapı projelerinden daha küçük tasarım görevlerine kadar AutoCAD'i kullanmak onu elektrik mühendisleri için vazgeçilmez bir program haline getirmiştir.

iv. Elektrik mühendisliği projelerinde AutoCAD'ın rolü

Elektrik mühendisliği, karmaşık elektrik sistemler için ayrıntılı tasarımlar ve planlar oluşturmayı içerir. AutoCAD, elektrik mühendislerine doğru elektrik şemaları, sistem kablolama düzenleri ve bileşen yerleştirme planları çizmelerine yardımcı olur.

v. Binanın elektrik proje tasarımı

Hakkari Üniversitesi Merkez Kütüphane Binası zemin, 3 normal kat ve çatı katı olmak üzere toplam 5 kattan oluşmaktadır. Binanın elektrik güç tasarımı AutoCAD ortamında yapılmış olup, ana dağıtım panosundan zemin katta 6 adet, normal katlarda 2'şer adet ve çatı katında 7 adet çıkış yapılmıştır. Binanın toplam Kurulu gücü 480.254 W ve Talep gücü 281.514 W olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.6'de binanın kolon şeması gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Pano gerilim düşümü hesabı

PANO GERİLİM DÜŞÜM HESAPLARI

kolon no	mesafe	Pano adı	Hat Sonu Şalteri	Hat Başı Şalteri	toplam kurulu güç	toplam talep gücü	kurulu güce göre çektiği akım	talep gücüne göre çektiği akım	KOLON HATTI GERİLİM DÜŞÜMÜ	kablo adedi	kablo kesidi	akım taş. kap.
ANA DAĞITIM PANOSU (ADP)												
1	50 m	ZK-IT1	3x32 A	3x40 A	17,870 kW	14,930 kW	33,94 A	28,36 A	0,92	1	4x10 mm² N2XH + 10 mm² HO7Z	73 A
2	10 m	ZK-IT2	3x25 A	3x32 A	11,972 kW	11,022 kW	22,74 A	20,93 A	0,23	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
3	10 m	ÇA-T	3x25 A	3x32 A	5,000 kW	5,000 kW	9,50 A	9,50 A	0,10	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
4	40 m	ZK-KFT-IT	3x32 A	3x40 A	12,988 kW	12,988 kW	24,67 A	24,67 A	1,07	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
5	50 m	ZK-SGN-KT	3x40 A	3x50 A	16,500 kW	16,500 kW	31,34 A	31,34 A	0,63	1	4x16 mm² N2XH FE 180 + 25 mm² HO7Z	96 A
6	25 m	ZK-SD-KT	3x25 A	3x32 A	5,000 kW	5,000 kW	9,50 A	9,50 A	0,26	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
7	55 m	1K-IT1	3x40 A	3x50 A	23,970 kW	18,030 kW	45,53 A	34,25 A	1,22	1	4x10 mm² N2XH + 10 mm² HO7Z	73 A
8	15 m	1K-IT2	3x40 A	3x50 A	24,380 kW	17,280 kW	46,31 A	32,82 A	0,53	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
9	60 m	2K-IT1	3x40 A	3x50 A	27,342 kW	19,752 kW	51,93 A	37,52 A	1,46	1	4x10 mm² N2XH + 10 mm² HO7Z	73 A
10	20 m	2K-IT2	3x40 A	3x50 A	25,880 kW	18,030 kW	49,15 A	34,25 A	0,74	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
11	65 m	3K-IT1	3x40 A	3x50 A	20,352 kW	16,212 kW	38,66 A	30,79 A	1,30	1	4x10 mm² N2XH + 10 mm² HO7Z	73 A
12	25 m	3K-IT2	3x32 A	3x40 A	20,960 kW	15,540 kW	39,70 A	29,52 A	0,80	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
13	70 m	ÇK-IT1	3x25 A	3x32 A	7,584 kW	7,584 kW	14,40 A	14,40 A	1,09	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
14	30 m	ÇK-IT2	3x25 A	3x32 A	2,176 kW	2,176 kW	4,13 A	4,13 A	0,13	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
15	90 m	ÇK-AS-IT1	3x25 A	3x32 A	2,500 kW	2,500 kW	4,75 A	4,75 A	0,46	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
16	35 m	ÇK-AS-IT2	3x25 A	3x32 A	2,040 kW	2,040 kW	3,87 A	3,87 A	0,15	1	4x6 mm² N2XH + 6 mm² HO7Z	53 A
17	90 m	ÇK-AS-KT1	4x50 A	3x63 A	7,000 kW	7,000 kW	13,30 A	13,30 A	0,48	1	4x16 mm² N2XH FE 180 + 25 mm² HO7Z	96 A
18	90 m	ÇK-AS-KT2	4x50 A	3x63 A	7,000 kW	7,000 kW	13,30 A	13,30 A	0,48	1	4x16 mm² N2XH FE 180 + 25 mm² HO7Z	96 A
19	35 m	ÇK-AS-KT3	4x50 A	3x63 A	7,000 kW	7,000 kW	13,30 A	13,30 A	0,19	1	4x16 mm² N2XH FE 180 + 25 mm² HO7Z	96 A

PANO GERİLİM DÜŞÜM HESAPLARI

kolon no	mesafe	Pano adı	Hat Sonu Şalteri	Hat Başı Şalteri	toplam kurulu güç	toplam talep gücü	kurulu güce göre çektiği akım	talep gücüne göre çektiği akım	KOLON HATTI GERİLİM DÜŞÜMÜ	kablo adedi	kablo kesidi	akım taş. kap.
ANA DAĞITIM PANOSU (ADP)												
1	200 m	ADP	3x630 A	3x800 A	480,254 kW	281,514 kW	912,18 A	534,69 A	2,31	2	4(1x150 mm² N2XH)	814 A

Çizelge 3.3. Zemin kat tablo yükleme cetveli-1

TİPİ VE ALANI				Sıva Üstü Sac Pano 0.40m²				TOPLAM KURULU GÜÇ					17870 W		
TABLONUN ADI				ZK-IT1				SİSTEM ADI					AYD.	PRİZ	MEK. BESL.
								KURULU GÜÇ (W)					3990	13880	0
								TALEP FAKTÖRÜ					1,00	İÇ.TES. YÖN.	1,00
								TALEP GÜCÜ (W)					3990	10940	0
GİRİŞ ŞALTERİ				A.O.S.-3x32A				TOPLAM TALEP GÜCÜ					14930 W		
LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAKŞ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA		
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM			
P 1		3		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30 mA)	900	-	-	-	900			
P 2		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200			
P 3		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600			
P 4		1		A.O.S.	1x16	C		300	-	-	-	300			
P 5		1		A.O.S.	1x16	C		-	300	-	-	300			
P 6		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600			
P 7		4		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	1.200	-	-	-	1.200			
P 8		1		A.O.S.	3x20	C		-	-	-	1.500	1.500	TERMOPLASTIK PRIZ KUTUSU		
P 9		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900			
P 10		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600			
P 11		5		A.O.S.	1x16	C		1.500	-	-	-	1.500			
P 12		4		A.O.S.	1x16	C		-	80	-	-	80			
P 13		3		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	-	-	900	-	900			
P 14		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900			
P 15		2		A.O.S.	1x16	C		-	600	-	-	600			
P 16		6		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.800	-	1.800			
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK		
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK		
								-	-	-	-	0			
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAKŞ 4x25A (30mA)	20	-	-	-	20			
A 2	6			A.O.S.	1x10	B		-	216	-	-	216	2 KONTAKLI D.A.A.		
A 3	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	192	-	192			
A 4	2			A.O.S.	1x10	B		80	-	-	-	80			
A 5	7			A.O.S.	1x10	B		-	252	-	-	252	2 KONTAKLI D.A.A.		
A 6	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	90	-	90			
A 7	1			A.O.S.	1x10	B		12	-	-	-	12			
A 8	6			A.O.S.	1x10	B		-	68	-	-	68			
A 9	9			A.O.S.	1x10	B		-	-	324	-	324			
A 10	3			A.O.S.	1x10	B		108	-	-	-	108			
A 11	1			A.O.S.	1x10	B	KAKŞ 4x25A (30mA)	-	36	-	-	36			
A 12	5			A.O.S.	1x10	B		-	-	180	-	180	2 KONTAKLI D.A.A.		
A 13	6			A.O.S.	1x10	B		120	-	-	-	120	1 KONTAKLI D.A.A.		
A 14	6			A.O.S.	1x10	B		-	120	-	-	120	1 KONTAKLI D.A.A.		
A 15	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	2 KONTAKLI D.A.A.		
A 16	8			A.O.S.	1x10	B		288	-	-	-	288	2 KONTAKLI D.A.A.		
A 17	8			A.O.S.	1x10	B		-	320	-	-	320			
A 18	4			A.O.S.	1x10	B		-	-	80	-	80			
A 19	5			A.O.S.	1x10	B		100	-	-	-	100			
A 20	5			A.O.S.	1x10	B		-	100	-	-	100			
A 21	5			A.O.S.	1x10	B	KAKŞ 4x25A (30mA)	-	-	200	-	200			
A 22	5			A.O.S.	1x10	B		200	-	-	-	200			
A 23	6			A.O.S.	1x10	B		-	240	-	-	240			
A 24	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	240	-	240			
A 25	8			A.O.S.	1x10	B		96	-	-	-	96			
A 26	1			A.O.S.	1x10	B		-	20	-	-	20			
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK		
Y 2	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK		
Y 3	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK		
Y 4	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK		
	138	46	0					5.824	4.452	6.094	1.500	17.870	TOPLAM		
NOT : Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.															

Çizelge 3.4. Zemin kat tablo yükleme cetveli-2

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.30m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	11972 W		
TABLONUN ADI	ZK-IT2	SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL.
		KURULU GÜÇ (W)	2072	9900	0
		TALEP FAKTÖRÜ	1,00	İÇ. TES. YÖN.	1,00
		TALEP GÜCÜ (W)	2072	8950	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x25A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	11022 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		3		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	900	-	-	-	900	
P 2		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 3		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 4		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 5		1		A.O.S.	3x20	C		-	-	-	1.500	1.500	TERMOPLASTİK PRİZ KUTUSU
P 6		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
P 7		3		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	900	-	-	900	
P 8		5		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.500	-	1.500	
P 9		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 10		2		A.O.S.	1x16	C		-	600	-	-	600	
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
				A.O.S.				-	-	-	-	0	
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	20	-	-	-	20	
A 2	9			A.O.S.	1x10	B		-	324	-	-	324	2 KONTAKLI D.A.A.
A 3	5			A.O.S.	1x10	B		-	-	100	-	100	
A 4	5			A.O.S.	1x10	B		100	-	-	-	100	
A 5	4			A.O.S.	1x10	B		-	80	-	-	80	
A 6	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	224	-	224	
A 7	8			A.O.S.	1x10	B		320	-	-	-	320	
A 8	7			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	112	-	-	112	
A 9	4			A.O.S.	1x10	B		-	-	144	-	144	
A 10	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 11	4			A.O.S.	1x10	B		-	144	-	-	144	
A 12	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
	67	28	0					3.356	4.260	2.556	1.500	11.972	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

TİPİ VE ALANI	Gömme Tip Sac Pano 0.30m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	12988 W		
TABLONUN ADI	ZK-KFT-IT	SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL.
		KURULU GÜÇ (W)	288	1800	10900
		TALEP FAKTÖRÜ	1,00	İÇ. TES. YÖN.	1,00
		TALEP GÜCÜ (W)	288	1800	10900
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x32A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	12988 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		4		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	1.200	-	-	-	1.200	
P 2		1		A.O.S.	1x16	C		-	300	-	-	300	
P 3		1		A.O.S.	1x16	C		-	-	300	-	300	
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
								-	-	-	-	0	
M 1			1	A.O.S.	3x25	D	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	-	-	6.000	6.000	ISG-1 ELEKTRİKLİ ISITICI
M 2			1	A.O.S.	3x16	D		-	-	-	2.200	2.200	ISG-1 VANTİLATÖR
M 3			1	A.O.S.	3x16	D		-	-	-	2.200	2.200	ISG-1 ASPİRATÖR
M 4			1	A.O.S.	1x16	D		-	500	-	-	500	KTA-1
Y 1			-	A.O.S.	1x16	D		-	-	-	-	0	YEDEK
												0	
A 1	8			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	288	-	-	-	288	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
	8	6	4					1.488	800	300	10.400	12.988	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

Çizelge 3.5. 1. kat tablo yükleme cetveli-1

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.40m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	23970 W		
		SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL
TABLONUN ADI	1K-IT1	KURULU GÜÇ (W)	4080	19890	0
		TALEP FAKTÖRÜ	1,00	IC.TES.YÖN	1,00
		TALEP GÜCÜ (W)	4080	13940	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x40A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	18030 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇAK (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	R ST	TOPLAM	
P 1		2		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	600	-	-	-	600	
P 2		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 3		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 4		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
P 5		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 6		2		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	-	600	-	600	
P 7		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 8		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
P 9		5		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.500	-	1.500	
P 10		4		A.O.S.	1x16	C		80	-	-	-	80	
P 11		6		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	1.800	-	-	1.800	
P 12		5		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.500	-	1.500	
P 13		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
P 14		6		A.O.S.	1x16	C		-	1.800	-	-	1.800	
P 15		3		A.O.S.	1x16	C		-	-	900	-	900	
P 16		2		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	600	-	-	-	600	
P 17		1		A.O.S.	1x16	C		-	300	-	-	300	
P 18		3		A.O.S.	1x16	C		-	-	900	-	900	
P 19		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
P 20		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
								-	-	-	-	0	
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	20	-	-	-	20	
A 2	7			A.O.S.	1x10	B		-	252	-	-	252	2 KONTAKLI D.A.A.
A 3	5			A.O.S.	1x10	B		-	-	156	-	156	
A 4	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 5	9			A.O.S.	1x10	B		-	324	-	-	324	
A 6	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 7	8			A.O.S.	1x10	B		288	-	-	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 8	6			A.O.S.	1x10	B		-	216	-	-	216	1 KONTAKLI D.A.A.
A 9	8			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	-	288	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 10	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	1 KONTAKLI D.A.A.
A 11	4			A.O.S.	1x10	B		-	144	-	-	144	1 KONTAKLI D.A.A.
A 12	7			A.O.S.	1x10	B		-	-	252	-	252	1 KONTAKLI D.A.A.
A 13	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 14	4			A.O.S.	1x10	B		-	144	-	-	144	
A 15	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	216	-	216	
A 16	3			A.O.S.	1x10	B		36	-	-	-	36	
A 17	7			A.O.S.	1x10	B		-	252	-	-	252	1 KONTAKLI D.A.A.
A 18	8			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	-	288	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 19	6			A.O.S.	1x10	B		36	-	-	-	36	1 KONTAKLI D.A.A.
A 20	6			A.O.S.	1x10	B		-	36	-	-	36	1 KONTAKLI D.A.A.
A 21	4			A.O.S.	1x10	B		-	-	48	-	48	
A 22	6			A.O.S.	1x10	B		68	-	-	-	68	
A 23	8			A.O.S.	1x10	B		-	90	-	-	90	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 3	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
	139	70	0					6.876	6.658	7.636	0	23.970	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

Çizelge 3.6. 1. kat tablo yükleme cetveli-2

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.20m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	2040 W		
TABLONUN ADI	ÇK-AS-IT2	SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL
		KURULU GÜÇ (W)	240	1800	0
		TALEP FAKTÖRÜ	1.00	İÇ.TES. YÖN.	1.00
		TALEP GÜCÜ (W)	240	1800	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x25A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	2040 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇŞ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		1		A.O.S.	3x20	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	-	-	1.500	1.500	TERMOPLASTİK PRİZ KUTUSU
P 2		1		A.O.S.	1x16	C		300	-	-	-	300	
A 1	2			A.O.S.	1x10	B		-	80	-	-	80	
A 2	4			A.O.S.	1x10	B		-	-	160	-	160	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
	6	2	0					300	80	160	1.500	2.040	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarları otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.40m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	24380 W		
TABLONUN ADI	1K-IT2	SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL
		KURULU GÜÇ (W)	2180	22200	0
		TALEP FAKTÖRÜ	1.00	İÇ.TES. YÖN.	1.00
		TALEP GÜCÜ (W)	2180	15100	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x40A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	17280 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇŞ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		3		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	900	-	-	-	900	
P 2		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 3		3		A.O.S.	1x16	C		-	-	900	-	900	
P 4		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
P 5		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
P 6		4		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.200	-	1.200	
P 7		4		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	1.200	-	-	-	1.200	
P 8		6		A.O.S.	1x16	C		-	1.800	-	-	1.800	
P 9		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 10		5		A.O.S.	1x16	C		1.500	-	-	-	1.500	
P 11		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
P 12		4		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.200	-	1.200	
P 13		6		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	1.800	-	-	-	1.800	
P 14		6		A.O.S.	1x16	C		-	1.800	-	-	1.800	
P 15		6		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.800	-	1.800	
P 16		6		A.O.S.	1x16	C		1.800	-	-	-	1.800	
P 17		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
								-	-	-	-	0	
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	20	-	-	-	20	
A 2	6			A.O.S.	1x10	B		-	216	-	-	216	2 KONTAKLI D.A.A.
A 3	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	
A 4	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 5	5			A.O.S.	1x10	B		-	180	-	-	180	
A 6	1			A.O.S.	1x10	B		-	-	36	-	36	
A 7	4			A.O.S.	1x10	B		144	-	-	-	144	
A 8	6			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	216	-	-	216	
A 9	5			A.O.S.	1x10	B		-	-	180	-	180	
A 10	5			A.O.S.	1x10	B		180	-	-	-	180	
A 11	5			A.O.S.	1x10	B		-	180	-	-	180	
A 12	5			A.O.S.	1x10	B		-	-	180	-	180	
A 13	4			A.O.S.	1x10	B		144	-	-	-	144	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
	61	74	0					5.104	8.892	6.384	0	24.380	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarları otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

Çizelge 3.7. 2. kat tablo yükleme cetveli-1

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.50m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	27342 W		
		SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL
TABLONUN ADI	2K-IT1	KURULU GÜÇ (W)	4162	23180	0
		TALEP FAKTÖRÜ	1,00	İÇ.TES. YÖN.	1,00
		TALEP GÜCÜ (W)	4162	15590	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x40A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	19752 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇAK (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		2		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	600	-	-	-	600	
P 2		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 3		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 4		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 5		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 6		3		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	-	-	900	-	900	
P 7		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 8		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 9		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 10		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 11		4		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	-	1.200	-	-	1.200	
P 12		5		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.500	-	1.500	
P 13		4		A.O.S.	1x16	C		80	-	-	-	80	
P 14		1		A.O.S.	1x16	C		-	300	-	-	300	
P 15		6		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.800	-	1.800	
P 16		4		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	1.200	-	-	-	1.200	
P 17		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
P 18		6		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.800	-	1.800	
P 19		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 20		2		A.O.S.	1x16	C		-	600	-	-	600	
P 21		1		A.O.S.	1x16	C		-	-	300	-	300	
P 22		3		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	900	-	-	-	900	
P 23		5		A.O.S.	1x16	C		-	1.500	-	-	1.500	
P 24		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 25		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 3		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
								-	-	-	-	0	
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAKŞ 4x25A (30mA)	20	-	-	-	20	
A 2	7			A.O.S.	1x10	B		-	252	-	-	252	2 KONTAKLI D.A.A.
A 3	5			A.O.S.	1x10	B		-	-	156	-	156	
A 4	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 5	5			A.O.S.	1x10	B		-	180	-	-	180	
A 6	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 7	8			A.O.S.	1x10	B		288	-	-	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 8	6			A.O.S.	1x10	B		-	216	-	-	216	1 KONTAKLI D.A.A.
A 9	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 10	6			A.O.S.	1x10	B	KAKŞ 4x25A (30mA)	216	-	-	-	216	1 KONTAKLI D.A.A.
A 11	4			A.O.S.	1x10	B		-	144	-	-	144	1 KONTAKLI D.A.A.
A 12	9			A.O.S.	1x10	B		-	-	324	-	324	1 KONTAKLI D.A.A.
A 13	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 14	4			A.O.S.	1x10	B		-	144	-	-	144	
A 15	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	216	-	216	
A 16	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 17	3			A.O.S.	1x10	B		-	36	-	-	36	
A 18	7			A.O.S.	1x10	B	KAKŞ 4x25A (30mA)	-	-	252	-	252	1 KONTAKLI D.A.A.
A 19	8			A.O.S.	1x10	B		288	-	-	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 20	4			A.O.S.	1x10	B		-	48	-	-	48	
A 21	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	68	-	68	
A 22	8			A.O.S.	1x10	B		90	-	-	-	90	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 3	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
	131	81	0					9.130	8.520	9.692	0	27.342	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaların en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

Çizelge 3.8. 2. kat tablo yükleme cetveli-2

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.40m²			TOPLAM KURULU GÜÇ			25880 W
TABLONUN ADI	2K-IT2			SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL.
				KURULU GÜÇ (W)	2180	23700	0
				TALEP FAKTÖRÜ	1,00	IC.TES. YÖN.	1,00
				TALEP GÜCÜ (W)	2180	15850	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x40A			TOPLAM TALEP GÜCÜ			18030 W

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇAK (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		2		A.O.S.	1x16	C	KAÇ 4x25A (30mA)	600	-	-	-	600	
P 2		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 3		3		A.O.S.	1x16	C		-	-	900	-	900	
P 4		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 5		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 6		3		A.O.S.	1x16	C	KAÇ 4x25A (30mA)	-	-	900	-	900	
P 7		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900	
P 8		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
P 9		4		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.200	-	1.200	
P 10		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
P 11		6		A.O.S.	1x16	C	KAÇ 4x25A (30mA)	-	1.800	-	-	1.800	
P 12		5		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.500	-	1.500	
P 13		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
P 14		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200	
P 15		6		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.800	-	1.800	
P 16		6		A.O.S.	1x16	C	KAÇ 4x25A (30mA)	1.800	-	-	-	1.800	
P 17		6		A.O.S.	1x16	C		-	1.800	-	-	1.800	
P 18		6		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.800	-	1.800	
P 19		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 3		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
								-	-	-	-	0	
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAÇ 4x25A (30mA)	20	-	-	-	20	
A 2	6			A.O.S.	1x10	B		-	216	-	-	216	2 KONTAKLI D.A.A.
A 3	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	
A 4	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 5	5			A.O.S.	1x10	B		-	180	-	-	180	
A 6	1			A.O.S.	1x10	B		-	-	36	-	36	
A 7	4			A.O.S.	1x10	B		144	-	-	-	144	
A 8	6			A.O.S.	1x10	B		-	216	-	-	216	
A 9	5			A.O.S.	1x10	B	KAÇ 4x25A (30mA)	-	-	180	-	180	
A 10	5			A.O.S.	1x10	B		180	-	-	-	180	
A 11	5			A.O.S.	1x10	B		-	180	-	-	180	
A 12	5			A.O.S.	1x10	B		-	-	180	-	180	
A 13	4			A.O.S.	1x10	B		144	-	-	-	144	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
	61	79	0					8.504	8.592	8.784	0	25.880	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

Çizelge 3.9. 3. kat tablo yükleme cetveli-1

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.40m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	20352 W		
		SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESİL
TABLONUN ADI	3K-IT1	KURULU GÜÇ (W)	4072	16280	0
		TALEP FAKTÖRÜ	1,00	IC.TES..YÖN.	1,00
		TALEP GÜCÜ (W)	4072	12140	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x40A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	16212 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	R ST	TOPLAM	
P 1		3		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	900	-	-	-	900	
P 2		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 3		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 4		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
P 5		2		A.O.S.	1x16	C		-	600	-	-	600	
P 6		2		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	-	600	-	600	
P 7		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
P 8		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 9		4		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.200	-	1.200	
P 10		5		A.O.S.	1x16	C		1.500	-	-	-	1.500	
P 11		4		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	80	-	-	80	
P 12		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 13		2		A.O.S.	1x16	C		600	-	-	-	600	
P 14		5		A.O.S.	1x16	C		-	1.500	-	-	1.500	
P 15		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600	
P 16		1		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	300	-	-	-	300	
P 17		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900	
P 18		3		A.O.S.	1x16	C		-	-	900	-	900	
P 19		4		A.O.S.	1x16	C		1.200	-	-	-	1.200	
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK
								-	-	-	-	0	
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	20	-	-	-	20	
A 2	5			A.O.S.	1x10	B		-	156	-	-	156	
A 3	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	216	-	216	
A 4	7			A.O.S.	1x10	B		252	-	-	-	252	2 KONTAKLI D.A.A.
A 5	5			A.O.S.	1x10	B		-	180	-	-	180	
A 6	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	
A 7	8			A.O.S.	1x10	B		288	-	-	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 8	6			A.O.S.	1x10	B		-	126	-	-	126	1 KONTAKLI D.A.A.
A 9	8			A.O.S.	1x10	B		-	-	288	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 10	6			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	216	-	-	-	216	1 KONTAKLI D.A.A.
A 11	4			A.O.S.	1x10	B		-	144	-	-	144	1 KONTAKLI D.A.A.
A 12	9			A.O.S.	1x10	B		-	-	324	-	324	1 KONTAKLI D.A.A.
A 13	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 14	6			A.O.S.	1x10	B		-	216	-	-	216	
A 15	4			A.O.S.	1x10	B		-	-	144	-	144	
A 16	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	
A 17	3			A.O.S.	1x10	B		-	36	-	-	36	
A 18	7			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	-	-	252	-	252	1 KONTAKLI D.A.A.
A 19	8			A.O.S.	1x10	B		288	-	-	-	288	1 KONTAKLI D.A.A.
A 20	4			A.O.S.	1x10	B		-	48	-	-	48	
A 21	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	68	-	68	
A 22	8			A.O.S.	1x10	B		90	-	-	-	90	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 2	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
Y 3	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK
	131	68	0					8.486	5.786	8.080	0	20.352	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

Çizelge 3.10. 3. kat tablo yükleme cetveli-2

TİPİ VE ALANI				Sıva Üstü Sac Pano 0.40m²				TOPLAM KURULU GÜÇ					20900 W		
TABLONUN ADI				3K-IT2				SİSTEM ADI					AYD.	PRİZ	MEK. BESL
								KURULU GÜÇ (W)					2180	18720	0
								TALEP FAKTÖRÜ					1,00	IÇ.TES.YÖN.	1,00
								TALEP GÜCÜ (W)					2180	13360	0
GİRİŞ ŞALTERİ				A.O.S.-3x32A				TOPLAM TALEP GÜCÜ					15540 W		
LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAKŞ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA		
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	R ST	TOPLAM			
P 1		2		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	600	-	-	-	600			
P 2		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900			
P 3		3		A.O.S.	1x16	C		-	-	900	-	900			
P 4		3		A.O.S.	1x16	C		900	-	-	-	900			
P 5		3		A.O.S.	1x16	C		-	900	-	-	900			
P 6		3		A.O.S.	1x16	C		-	-	900	-	900			
P 7		4		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	120	-	-	-	120			
P 8		2		A.O.S.	1x16	C		-	600	-	-	600			
P 9		2		A.O.S.	1x16	C		-	-	600	-	600			
P 10		5		A.O.S.	1x16	C		1.500	-	-	-	1.500			
P 11		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200			
P 12		4		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.200	-	1.200			
P 13		6		A.O.S.	1x16	C	KAKŞ 4x25A (30mA)	1.800	-	-	-	1.800			
P 14		6		A.O.S.	1x16	C		-	1.800	-	-	1.800			
P 15		6		A.O.S.	1x16	C		-	-	1.800	-	1.800			
P 16		6		A.O.S.	1x16	C		1.800	-	-	-	1.800			
P 17		4		A.O.S.	1x16	C		-	1.200	-	-	1.200			
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK		
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C		-	-	-	-	0	YEDEK		
								-	-	-	-	0			
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAKŞ 4x25A (30mA)	20	-	-	-	20			
A 2	1			A.O.S.	1x10	B		-	36	-	-	36			
A 3	4			A.O.S.	1x10	B		-	-	144	-	144			
A 4	6			A.O.S.	1x10	B		216	-	-	-	216	2 KONTAKLI D.A.A.		
A 5	8			A.O.S.	1x10	B		-	288	-	-	288			
A 6	6			A.O.S.	1x10	B		-	-	216	-	216			
A 7	5			A.O.S.	1x10	B		180	-	-	-	180			
A 8	6			A.O.S.	1x10	B		-	216	-	-	216			
A 9	5			A.O.S.	1x10	B	KAKŞ 4x25A (30mA)	-	-	180	-	180			
A 10	5			A.O.S.	1x10	B		180	-	-	-	180			
A 11	5			A.O.S.	1x10	B		-	180	-	-	180			
A 12	5			A.O.S.	1x10	B		-	-	180	-	180			
A 13	4			A.O.S.	1x10	B		144	-	-	-	144			
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK		
Y 2	-			A.O.S.	1x10	B		-	-	-	-	0	YEDEK		
	81	66	0					7.480	7.320	8.120	0	20.900	TOPLAM		

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

Çizelge 3.11. Çatı katı tablo yükleme cetvelleri

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.20m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	7584 W		
TABLONUN ADI	ÇK-IT1	SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL.
		KURULU GÜÇ (W)	884	4200	2500
		TALEP FAKTÖRÜ	1.00	IC.TES. YÖN.	1.00
		TALEP GÜCÜ (W)	884	4200	2500
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x25A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	7584 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		1		A.O.S.	3x20	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)				1.500	1.500	TERMOPLASTİK PRİZ KUTUSU
P 2		4		A.O.S.	1x16	C		1.200				1.200	
P 3		1		A.O.S.	3x20	C					1.500	1.500	TERMOPLASTİK PRİZ KUTUSU
M 1			1	A.O.S.	3x16	D					1.000	1.000	CTA-2
M 2			1	A.O.S.	3x16	D					1.500	1.500	CTA-1
												0	
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	40				40	
A 2	4			A.O.S.	1x10	B			144			144	1 KONTAKLI D.A.A.
A 3	5			A.O.S.	1x10	B				180		180	1 KONTAKLI D.A.A.
A 4	8			A.O.S.	1x10	B		320				320	
A 5	5			A.O.S.	1x10	B			200			200	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B						0	YEDEK
	23	6	2					1.560	344	180	5.500	7.584	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.20m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	2176 W		
TABLONUN ADI	ÇK-IT2	SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL.
		KURULU GÜÇ (W)	676	1500	0
		TALEP FAKTÖRÜ	1.00	IC.TES. YÖN.	1.00
		TALEP GÜCÜ (W)	676	1500	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x25A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	2176 W		

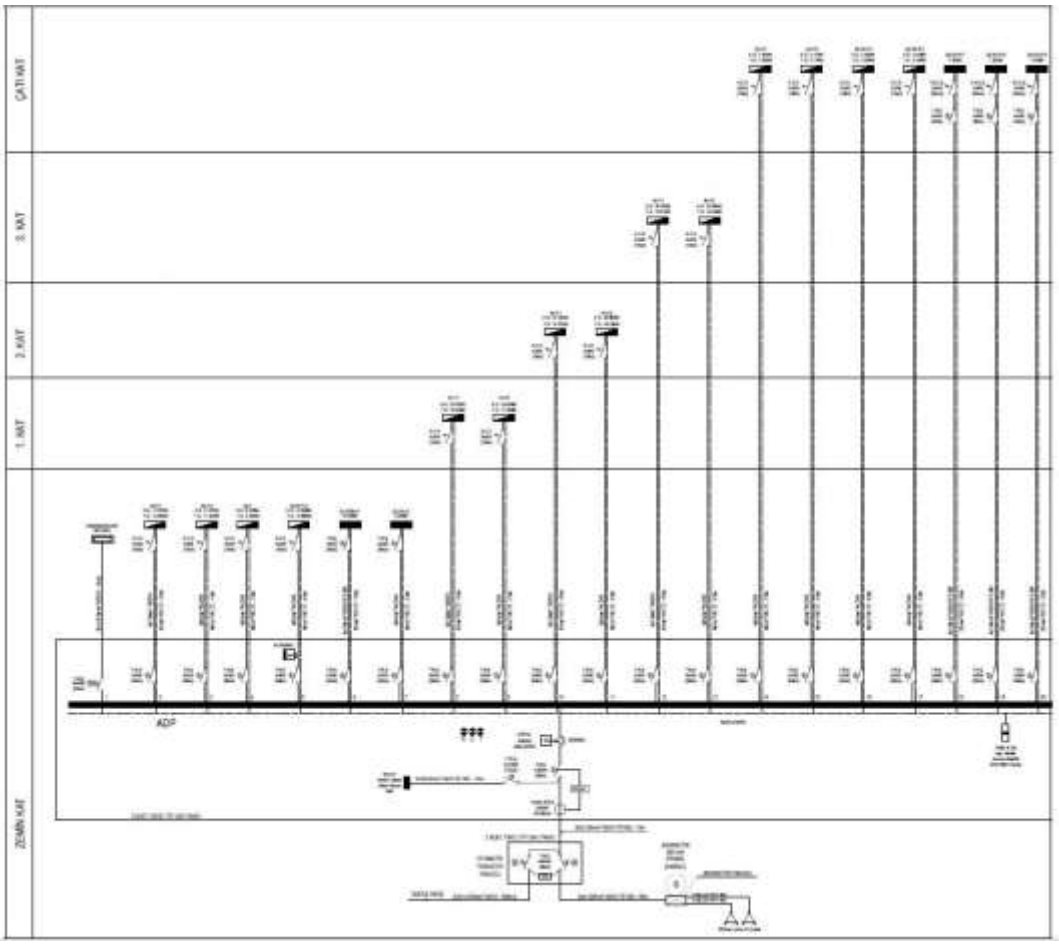
LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		3		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	900				900	
P 2		2		A.O.S.	1x16	C			600			600	
Y 1		-		A.O.S.	1x16	C						0	YEDEK
				A.O.S.								0	
A 1	1			A.O.S.	1x10	B	KAÇŞ 4x25A (30mA)	20				20	
A 2	4			A.O.S.	1x10	B			160			160	
A 3	7			A.O.S.	1x10	B				280		280	
A 4	6			A.O.S.	1x10	B		216				216	2 KONTAKLI D.A.A.
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B						0	YEDEK
	18	5	0					1.136	760	280	0	2.176	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.

TİPİ VE ALANI	Sıva Üstü Sac Pano 0.20m²	TOPLAM KURULU GÜÇ	2500 W		
TABLONUN ADI	ÇK-AS-IT1	SİSTEM ADI	AYD.	PRİZ	MEK. BESL.
		KURULU GÜÇ (W)	400	2100	0
		TALEP FAKTÖRÜ	1.00	IC.TES. YÖN.	1.00
		TALEP GÜCÜ (W)	400	2100	0
GİRİŞ ŞALTERİ	A.O.S.-3x25A	TOPLAM TALEP GÜCÜ	2500 W		

LİNYE NO	SORTİ			SİGORTA			KAÇ (30mA)	KURULU GÜÇ (W)					AÇIKLAMA
	A.	P.	M.	CİNSİ	AMP.	TİPİ		R	S	T	RST	TOPLAM	
P 1		2		A.O.S.	1x16	C	KAÇŞ 4x25A (30mA)	600				600	
P 2		1		A.O.S.	3x20	C					1.500	1.500	TERMOPLASTİK PRİZ KUTUSU
A 1	2			A.O.S.	1x10	B		80				80	
A 2	8			A.O.S.	1x10	B			320			320	
Y 1	-			A.O.S.	1x10	B						0	YEDEK
Y 2		-		A.O.S.	1x16	C						0	YEDEK
	10	3	0					680	320	0	1.500	2.500	TOPLAM

NOT: Tüm linye çıkış anahtarlı otomatik sigortaları en az 6kA kesme kapasiteli olacaktır.



Şekil 3.6. Bina kolon şeması cetveli

Çizelge 3.12. Bina toplam güç cetveli

ADP TOPLAM GÜÇ		
AYDINLATMA		
TOPLAM GÜÇ	:	32 414W
TALEP FAKTÖRÜ	:	%100
TALEP GÜCÜ	:	32 414W
PRİZ		
TOPLAM GÜÇ	:	159 140W
TALEP FAKTÖRÜ	:	8000 + 0.5x151140
TALEP GÜCÜ	:	83 570W
UPS PRİZ		
TOPLAM GÜÇ	:	234 300W
TALEP FAKTÖRÜ	:	8000 + 0.5x226300
TALEP GÜCÜ	:	121 150W
MEKANİK		
TOPLAM GÜÇ	:	33 400W
TALEP FAKTÖRÜ	:	%70
TALEP GÜCÜ	:	23 380W
ASANSÖR		
TOPLAM GÜÇ	:	21 000W
TALEP FAKTÖRÜ	:	%100
TALEP GÜCÜ	:	21 000W
TOPLAM KURULU GÜÇ	:	480 254W
TOPLAM TALEP GÜCÜ	:	281 514W

Yukarıda Hakkari Üniversitesi Merkezi Kütüphane Binasına elektrik iç tesisat proje hesabı yapılmıştır. Zemin katta altı çıkış, 1. 2. ve 3. Katlarda ikişer çıkış, çatı katında ise yedi çıkış olmak üzere toplam on dokuz adet sigorta kutusu çıkışı yapılmıştır. Binanın toplam gücü Çizelge 3.12'de gösterildiği 480.254 W ve talep gücü 281.514 W olarak hesaplanmıştır. Binada kesintisiz enerji için jeneratör hesabı da yapılmıştır. Bina için gerekli jeneratör gücü 350 KVA olarak hesaplanmıştır.

3.2.4. Kompanzasyon Hesabı

Elektrik tesislerinde kompanzasyon, güç faktörü ve gerilim regülasyonu gibi elektriksel parametreleri dengelemek suretiyle sistemin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmayı amaçlayan bir işlemdir. Doğru bir şekilde yapılan kompanzasyon, enerji kayıplarını azaltır, maliyetleri düşürür ve ekipmanları oluşabilecek çeşitli hasarlardan korur. Bu durum, özellikle büyük ölçekli altyapı, enerji iletimi ve bina elektrik tesisatlarında oldukça önemlidir.

i. Kompanzasyonun önemi

1- Enerji kayıplarını azaltır ve maliyetleri düşürür:

Kompanzasyon, sistemdeki aşırı akımı en aza indirerek enerji tüketimini azaltır ve elektrik faturalarını düşürür. Ayrıca, aşırı ısınmayı ve gereksiz aşınmayı önleyerek elektriksel bileşenlerin ömrünü uzatır.

2- Sistem verimliliğini artırır:

Kompanzasyon, Güç faktörünü optimize ederek özellikle endüktif yüklere sahip endüstriyel tesislerde elektrik sistemlerinin genel verimliliğini artırır. Verimli sistemler daha az bakım gerektirir ve daha güvenilir çalışır.

3- Elektrik şirketlerinden gelen cezaları önler:

Elektrik şirketleri genellikle düşük güç faktörü için ceza uygular. Kapasitör bankaları gibi kompanzasyon yöntemleri kullanarak işletmeler bu ücretlerden kaçınabilir ve karlılıklarını artırabilir.

4- Gerilim stabilitesini artırır:

Kompanzasyon, ekipman arızasına veya bozulmasına neden olabilecek dalgalanmaları önleyerek stabil gerilim seviyelerini sağlar. Bu durum, hem enerji iletim ağları hem de dağıtım ağlarının güvenli ve verimli çalışması için çok önemlidir.

ii. Yaygın kompanzasyon yöntemleri:

Kapasitör bankaları: Endüktif yükleri dengelemek için reaktif güç üreterek güç faktörü düzeltmesi için kullanılır.

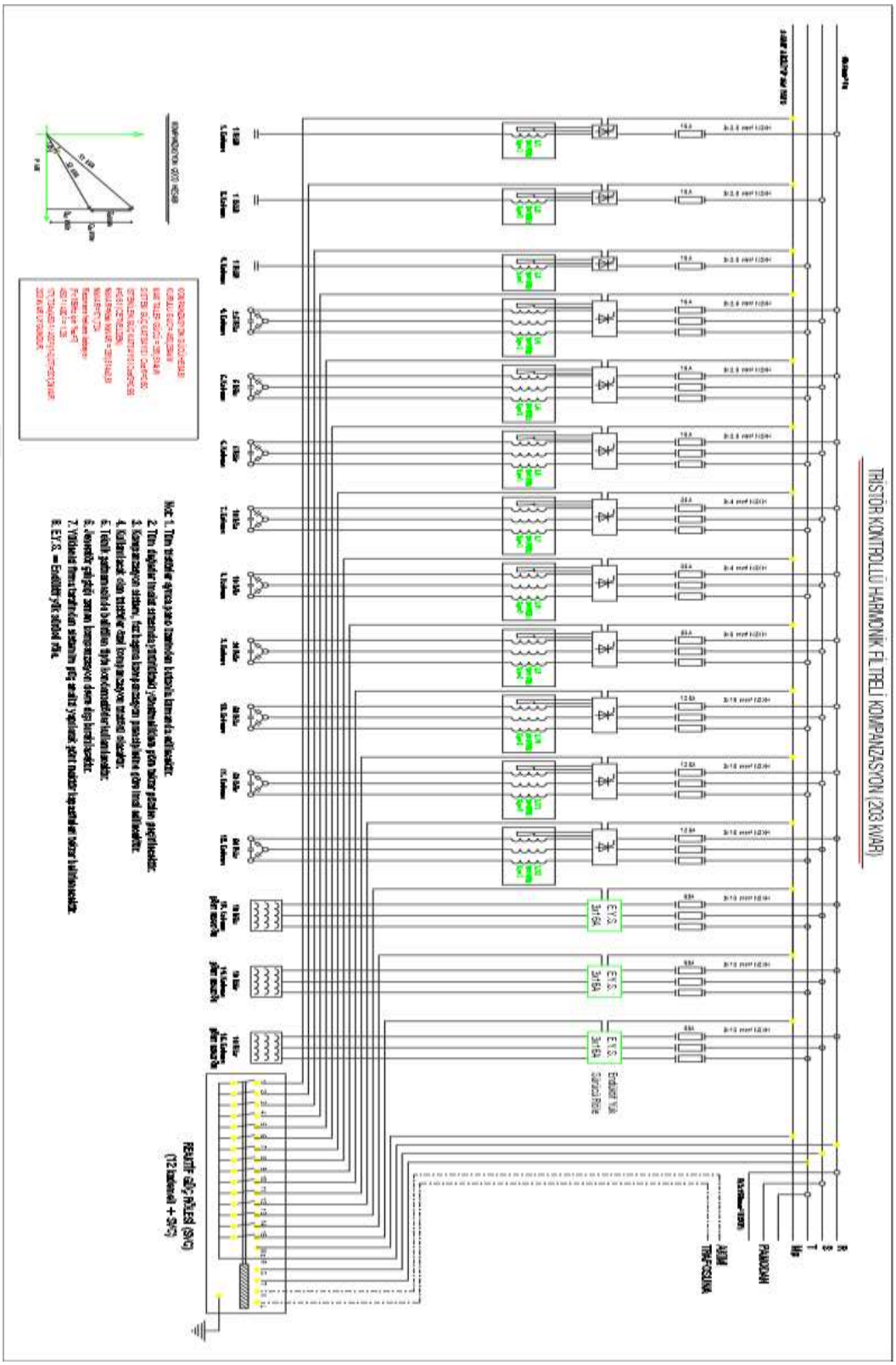
Senkron kondansatörler: Yüksek gerilim sistemlerinde güç faktörünü ayarlamak için kullanılan makinelerdir.

Statik VAR Kompansatörleri (SVC): Dinamik sistemlerde hızlı hareket eden reaktif güç kompanzasyonu sağlayan cihazlardır.

Gerilim Regülatörleri: Uzun mesafeli iletim hatlarında stabil gerilim seviyelerini koruyarak sistem güvenilirliğini artırırlar.

iii. Binanın kompanzasyon hesabı

Sistem güç katsayısı $CosQ_1$=0,80'den istenilen güç katsayısı $CosQ_2$=0,99 olacak şekilde hesap yapılmıştır. Şekil 3.7'de bina kompanzasyon cetveli belirtildiği gibi 201,3 kVAR hesaplanmıştır. Tasarım 203 kVAR olarak seçilmiş olup, 12 kademe ve 3 adet 10 kVAR şönt reaktörlerden oluşmuştur.



Şekil 3.7. Bina kompanzasyon cetveli

4. BULGULAR

AutoCAD programı bir binanın elektrik iç tesisat proje hesabı yapılarak toplam ne kadar güç ihtiyacı olacağını, proje onayı, bağlantı izni, malzeme ihtiyacı vb. ortaya koymaktadır.

Matlab/Simulink programı ise daha çok analiz, hesaplama işlemleri gibi durumlarda tercih edilmektedir. Somut olarak hayata geçirilecek bir tasarım olanağı sunmamaktadır. Panel yerleşimi, invertör konumu gibi bilgilerle ilgilenmemektedir.

PVsyst programı ise ilgili bölgenin coğrafi konuma göre sistemin yerleşimi yapmaktadır. Panellerin eğimi ayarlanarak güneşten en fazla verimi alması sağlanmaktadır. Hayata geçirilebilecek gerçek bir tasarım yapma olanağı sağlamaktadır (Banik ve ark., 2021).

4.1. Hakkari Üniversitesi Merkez Kütüphanesi Binası 281 kW Talep Gücünde Çatı Üstü GES Tasarımı

Bu çalışmamızda Hakkari ilinde çatı üstü GES kurulması planlanan, Enlem:37.577 ve Boylam:43.750 değerlere ait bir bina üzerine sistem tasarlanmıştır. Tasarımında yaklaşık 100kW kurulu gücüne sahip çatı üstü panel dizilimi yapılmıştır. Hakkari iline ait güneşlenme süresi, sıcaklık, global ışınım değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir (Web4, 2024; Web5, 2024).

Tasarım aşamaları aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

i. İlk önce binanın AutoCAD programı yardımıyla elektrik iç tesisat proje hesabı yapılmıştır. Çizelge 3.13'te binanın toplam kurulu gücü 480.254 W ve talep gücü 281.514 W olarak hesaplanmıştır. Binada kesintisiz enerji için jeneratör hesabı da yapılmıştır. Bina için gerekli jeneratör gücü 350 KVA olarak hesaplanmıştır. Her kat için hesaplanan güç ve değerler Çizelge 3.2 ile 3.13 arasında gösterilmiştir.

Daha sonra çatı üstüne uygun şekilde panel dizilimi yaptık. Şekil 4.1'de Çatı üstü panel dizilimi verilmiştir. Bir panel gücü 305 W ve toplamda 330 adet panel yerleşimi yapıldı. Toplam çatı üstü maksimum panel gücü 305W*330=100.650 W olarak hesaplanmıştır.

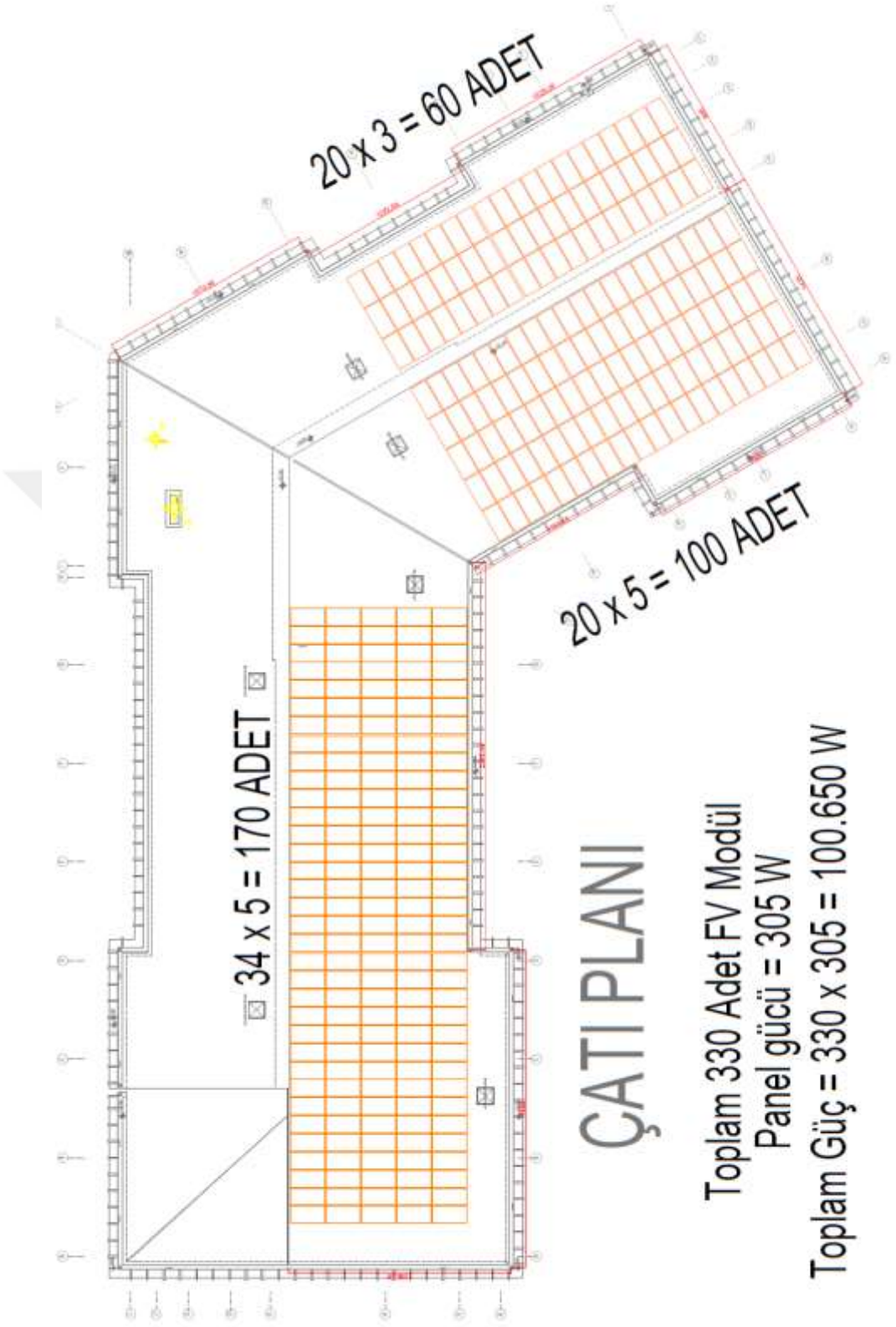
ii. Matlab/Simulink programı kullanılarak yaklaşık 100 kW panel gücüne göre sistem tasarımı yapılmıştır. Işınım 1000 W/m^2, sıcaklık 25 °C, panel olarak

"SunPower SPR-305E-WHT-D" modeli, seri 5 adet ve paralel 66 adet olmak üzere toplamda 5*66=330 panel kullanılmıştır. P_g giriş gücümüz 100.360 W ve $P_ç$ çıkış gücümüz 98.700 W olarak çıkmıştır. Tasarlanan sisteme göre verim (η) çıkış gücün, giriş güce olarak hesaplanmaktadır. $\eta = P_ç/P_g = (98700/100360)W = 0.983$ yaklaşık olarak verim hesaplanmıştır. Tasarlanan FV sisteme ait blok diyagramı Şekil 4.2'de verilmiştir.

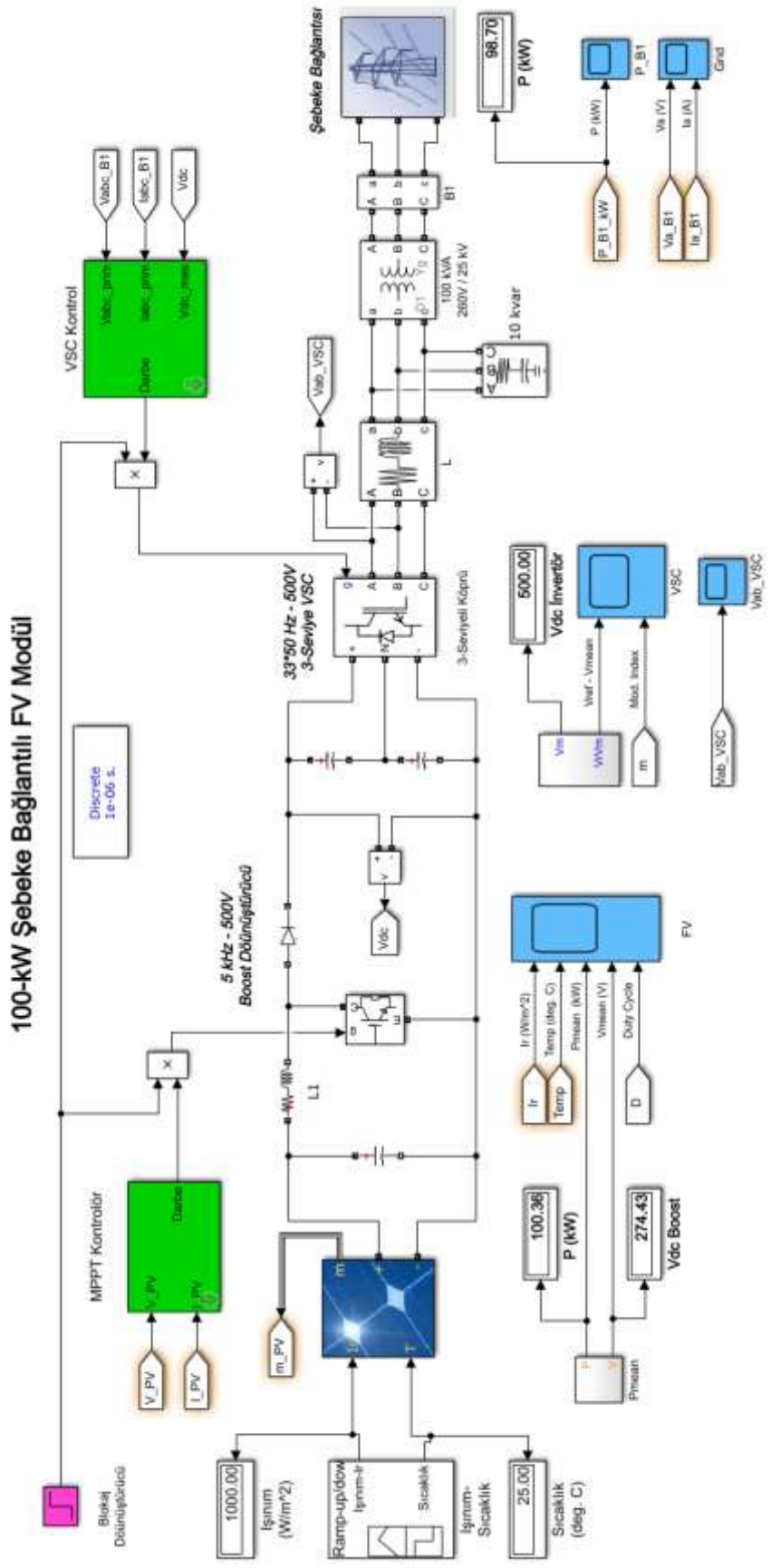
iii. PVsyst programında üzerine çatı kurulacak binanın enlemi 37.577, boylamı 43.750 olan koordinat değerleri girilerek ilgili noktanın global ışınım ve sıcaklık değerleri tespit edilmiştir. Daha sonra ana parametreler olan panel eğimi, panel seçimi, invertör gibi özellikler seçilerek tasarım yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Hakkari iline ait güneşlenme süresi, sıcaklık ve ışınım değerleri

Aylar	Ortalama günlük ışınım şiddeti (kWh/m^2-Gün)	Ortalama yıllık ışınım şiddeti (kWh/m^2-Yıl)	Ortalama günlük güneşlenme süresi (Saat-Gün)	Yıllık toplam güneşlenme süresi (Saat-Yıl)	Aylık ortalama sıcaklık (°C)
Ocak	1,97	719,05	6,65	2427,25	-4,50
Şubat	2,80	1022,00	8,17	2982,05	-3,00
Mart	4,22	1540,30	8,92	3255,80	2,20
Nisan	5,03	1835,95	9,95	3631,75	8,30
Mayıs	6,50	2372,50	11,31	4128,15	14,20
Haziran	6,85	2500,25	12,71	4639,15	20,20
Temmuz	6,73	2456,45	12,61	4602,65	24,70
Ağustos	5,97	2179,05	11,85	4325,25	24,70
Eylül	5,18	1890,70	10,70	3905,50	20,30
Ekim	3,60	1314,00	8,69	3171,85	13,10
Kasım	2,32	846,80	7,42	2708,30	5,30
Aralık	1,79	653,35	6,42	2343,30	1,30
Ortalama	**4,41**	**1610,87**	**9,62**	**3510,08**	**10,35**



Şekil 4.1. Binanın çatı üstü FV panel dizilimi



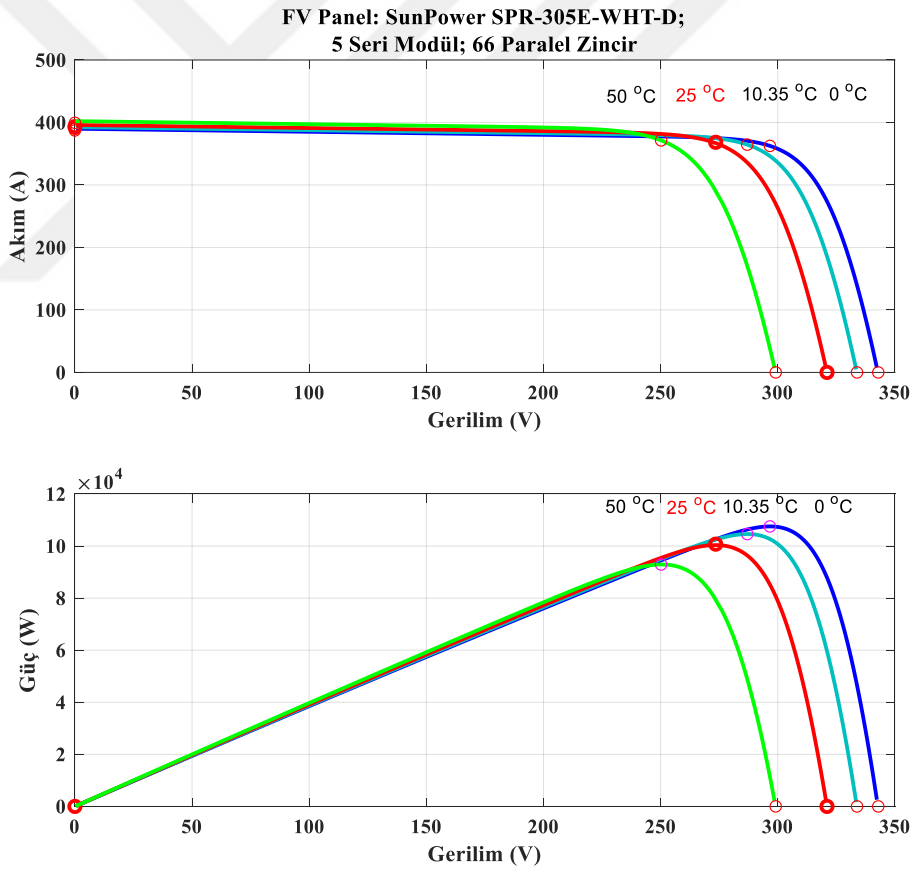
Şekil 4.2. FV sistem tasarım blok diyagramı

4.2. Matlab/Simulink Sonuç Verileri

Matlab/Simulink'te simülasyon için nominal 25 °C ve 1000 kW/m^2 ışınım değerlerine göre seçilen ***SunPower*** panel parametreleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Matlab/Simulink'te kullanılan SunPower panel parametreleri

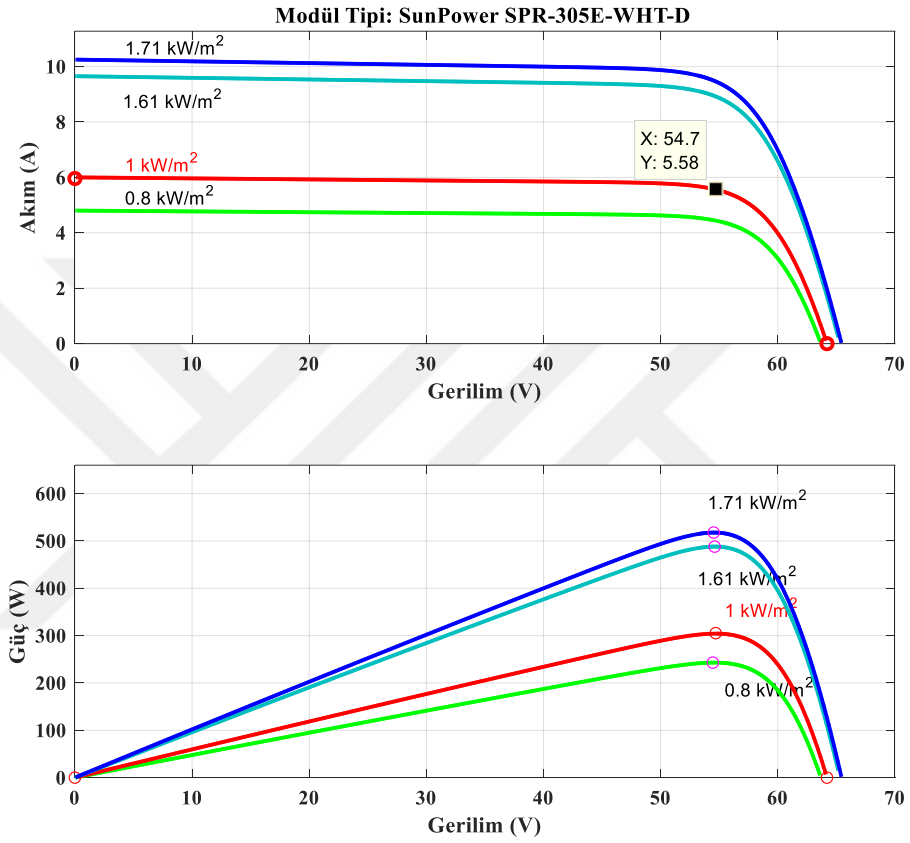
Parametreler	**Değer**
Maksimum güç (W)	305,226
Hücre Sayısı	96
Açık devre gerilimi Voc (V)	64,2
Kısa devre akımı Isc (A)	5,96
Maksimum güç noktasındaki gerilim Vmp (V)	54,7
Maksimum güç noktasındaki akım Imp (A)	5,58
Açık devre sıcaklık katsayısı (%/ °C)	-0,27269
Kısa devre sıcaklık katsayısı (%/ °C)	0,061745



Şekil 4.3. SunPower panel dizisi değişken sıcaklıklarda akım-gerilim ve güç-gerilim eğrilerin grafiksel gösterimi

Şekil 4.3'te SunPower panel dizisinin sabit ışınım değeri olan 1000 W/m^2 seçilerek değişken sıcaklıklarda akım-gerilim ve güç-gerilim eğrilerin grafiksel

gösterimi verilmiştir. Hakkari iline ait sıcaklık ortalaması 10,35 °C olan değere baktığımızda akım değeri 364,6 A, gerelim değeri 287 V ve güc değeri ise 104600 W olarak hesaplanmıştır. Sıcaklık değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralandığında, buna göre üretilen güç değerleri sırasıyla 92910 W, 100700 W, 104600 W ve 107500 W olarak çıkmaktadır.

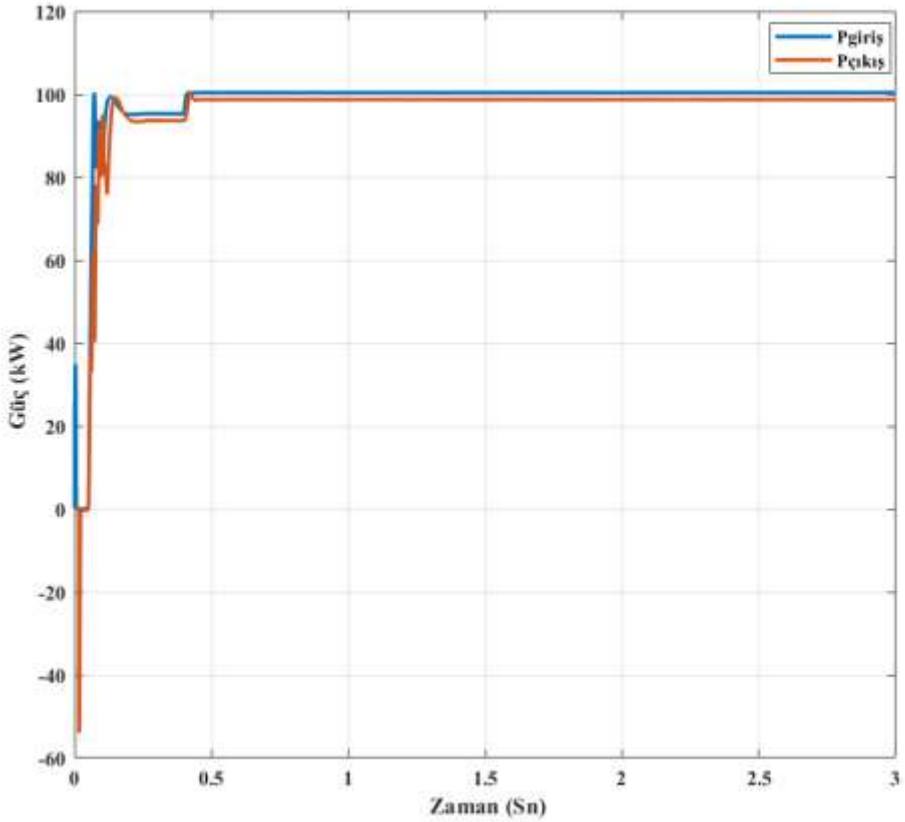


Şekil 4.4. Değişken ışınım değerlerine göre akım-gerilim ve güç-gerilim eğrilerin grafiksel gösterimi

Işınım değerleri metrekare başına [800 1000 1610 1710] kW seçildikten sonra göre MPPT noktaların akım- gerilim ve güç-gerilim eğrilerin grafiksel gösterimi Şekil 4.4'te verilmiştir.

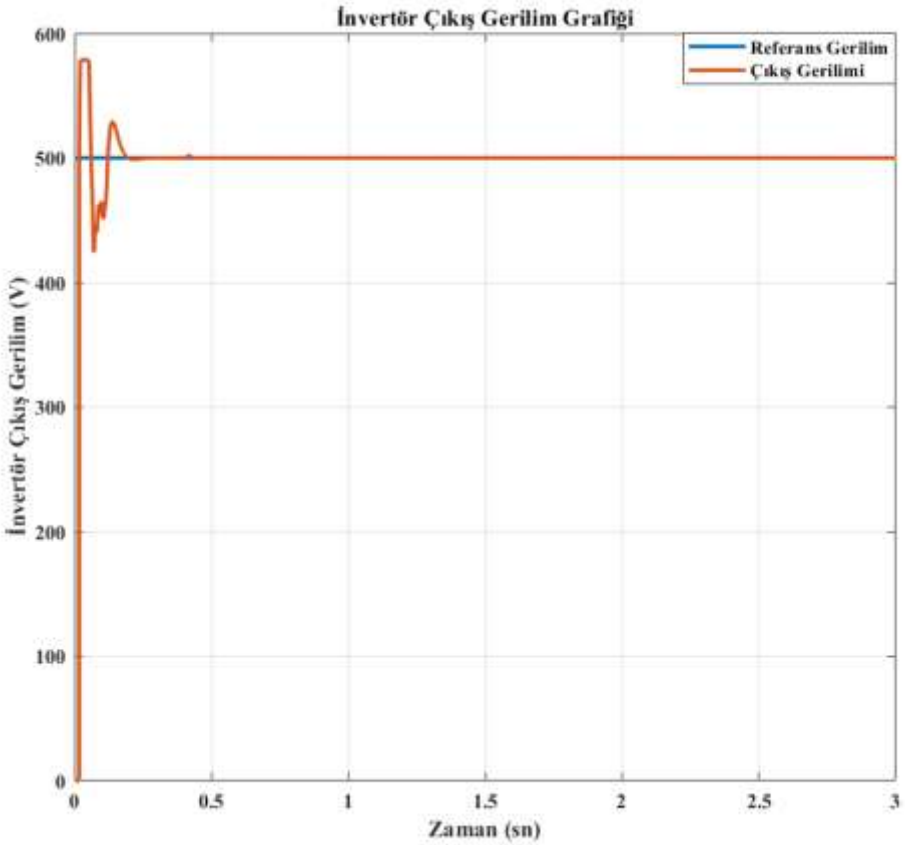
Şekil 4.4'de SunPower panel dizisinin nominal sıcaklık değeri olan 25 °C seçilerek değişken ışınımlarda akım-gerilim ve güç-gerilim grafikleri verilmiştir. Hakkari iline ait ışınım ortalaması 1610 kW/m^2 olan değere baktığımızda akım değeri 8,948 A, gerelim değeri 54,61 V ve güc değeri ise 488 W olarak hesaplanmıştır. Işınım değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralandığında, buna

göre üretilen güç değerleri sırasıyla 517,7 W, 488 W, 305,2 W ve 242,9 W olarak çıkmaktadır.



Şekil 4.5. Matlab/Simulink güç grafikleri

Şekil 4.5'te verilen Matlab/Simulink güç grafikleri FV çıkış gücü yani Pgiriş(P_g) 100.360W ve şebekede kullanılacak üretilen güç yani Pçıkış($P_ç$) 98.700W olarak çıkmıştır. Ŋ(verim)= $P_ç/P_g$=(98700/100360)W=0.983 yaklaşık olarak verim hesaplanmıştır.



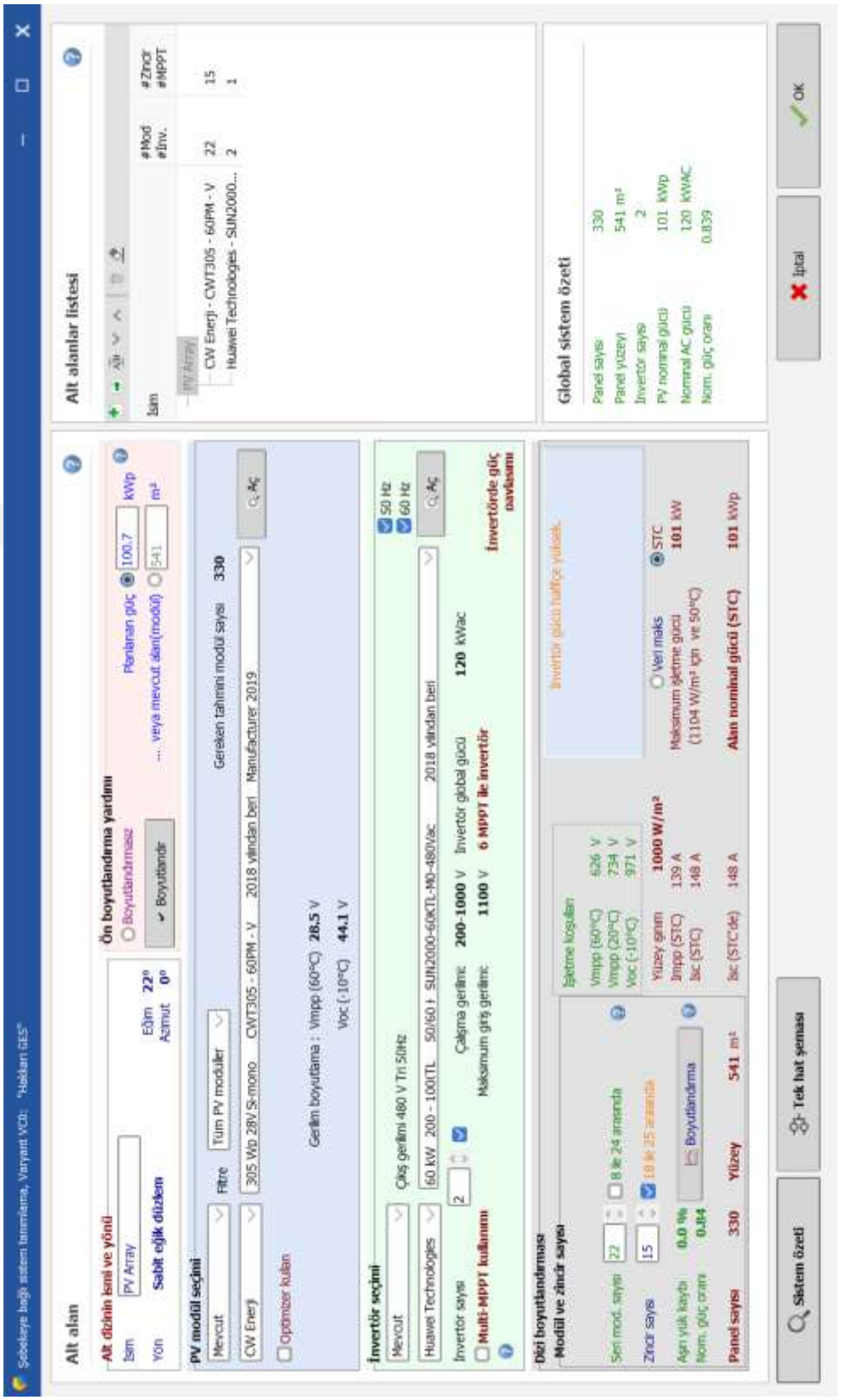
Şekil 4.6. Matlab/Simulink invertör çıkış gerilimi

Şekil 4.6'da verilen Matlab/Simulink invertör çıkış gerilimi istenilen değer olan 500V gerilim olarak çıkmaktadır. Buda tasarlanan sistem, invertör seçimi, panel gücü vb. uygun seçilmiş olduğunu göstermektedir.

4.3. PVsyst Sonuç Verileri

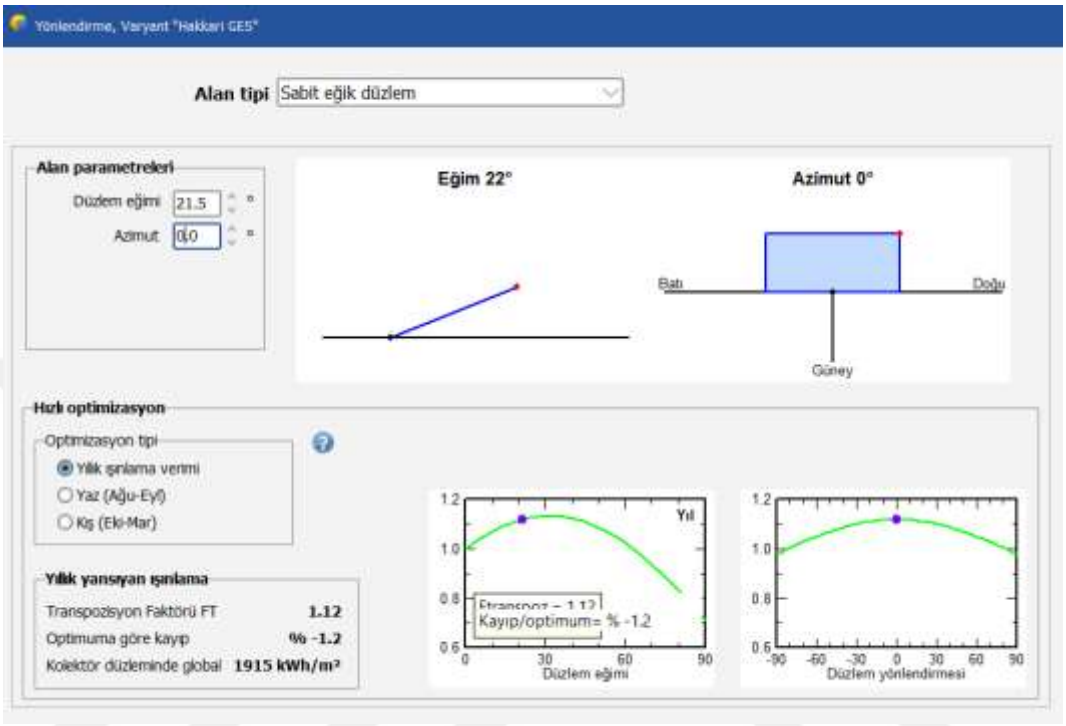
PVsyst programında analiz yapılacak noktanın enlem ve boylam değerleri girildiğinde ilgili bölgenin ışınım ve sıcaklık değerleri seçilen meteorolojiye göre verileri otomatik çekmektedir.

Şekil 4.7'de PVsyst sisteminde seçilen açı, yön, panel tipi, invertör seçimi, panel sayısı vb. sistem için gerekli veriler gösterilmektedir.



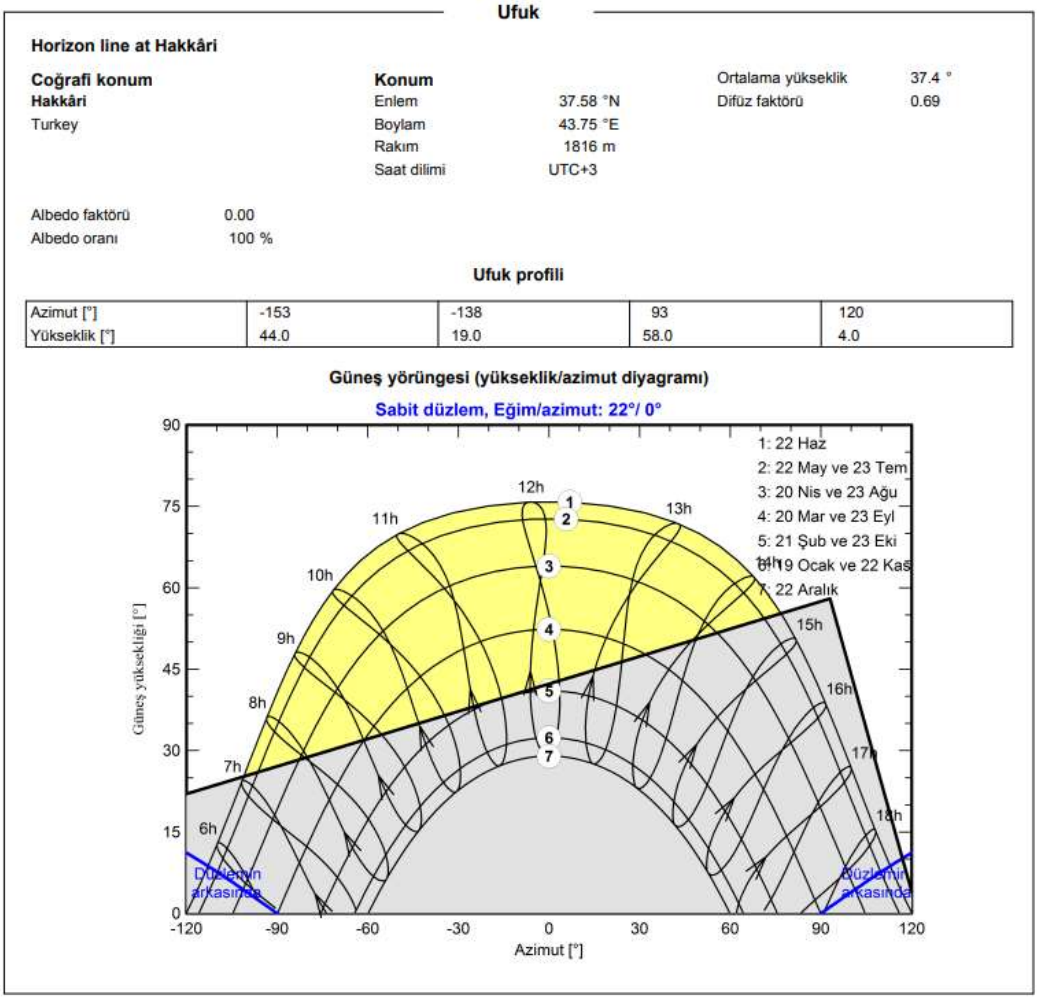
Şekil 4.7. Tasarım için PVsyst sistem parametreleri

Şekil 4.8'de PVsyst sisteminde seçilen alan tipi, düzlem eğimi, azimut açısı gibi ana parametrelerden olan yönlendirme ayarlanması yapılacak gerekli veriler gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Tasarım için PVsyst yönlendirme parametreleri

Şekil 4.9'de PVsyst sisteminde seçilen Hakkari ili coğrafi koordinatları seçilen noktanın güneş yörüngesi, yükseklik gibi parametrelerden olan ufuk ayarlanması yapılacak gerekli veriler gösterilmektedir. Ufuk bilgileri www.suncalc.org sisteminde ilgili yerin enlem ve boylam değerleri girilerek elde edilmektedir.



Şekil 4.9. Tasarım için PVsyst ufuk parametreleri

Şekil 4.10 ile 4.15 arasında PVsyst sisteminde seçilen Hakkari ili ilgili noktanın coğrafi koordinatlarına göre simülasyon sonucunda oluşan raporu vermektedir.

Şekil 4.10'da Tasarım için PVsyst özet raporunun sonuçlarını göstermektedir.

Şekil 4.11'de Tasarım için PVsyst ana parametreler, kolektör alanı özellikleri ve dizi kayıpları sonuçlarını göstermektedir.

Şekil 4.12'de Tasarım için PVsyst sisteminde aylık bazda şebekeye enjekte edilen elektrik enerjisi sonuçlarını göstermektedir.

Şekil 4.13'te Tasarım için PVsyst sistemde üretilen yararlı enerji grafiklerini göstermektedir.

Şekil 4.14'de Tasarım için kolektöre yansıyan global ışınım ve yararlı enerji grafiklerini göstermektedir.

Şekil 4.15'te Tasarım için PVsyst sistem kayıplarının diyagramını göstermektedir.



Proje özeti

Coğrafi konum
Hakkâri
Türkiye

Konum
Enlem 37.58 °N
Boylam 43.75 °E
Rakım 1816 m
Saat dilimi UTC+3

Proje ayarları
Albedo 0.20

Hava durumu verileri
Hakkâri
PVGIS api TMY

Sistem özeti

Şebekeye bağlı sistem

3B sahne tanımlanmadı, gölgelemesiz

Kolektör düzleminin yönlendirmesi
Sabit düzlem
Eğim/Azimut 21.5 / 0 °

Yakın gölgelemeler
Gölgelemesiz

Kullanıcı ihtiyaçları
Sınırsız yükleme (şebeke)

Sistem bilgisi

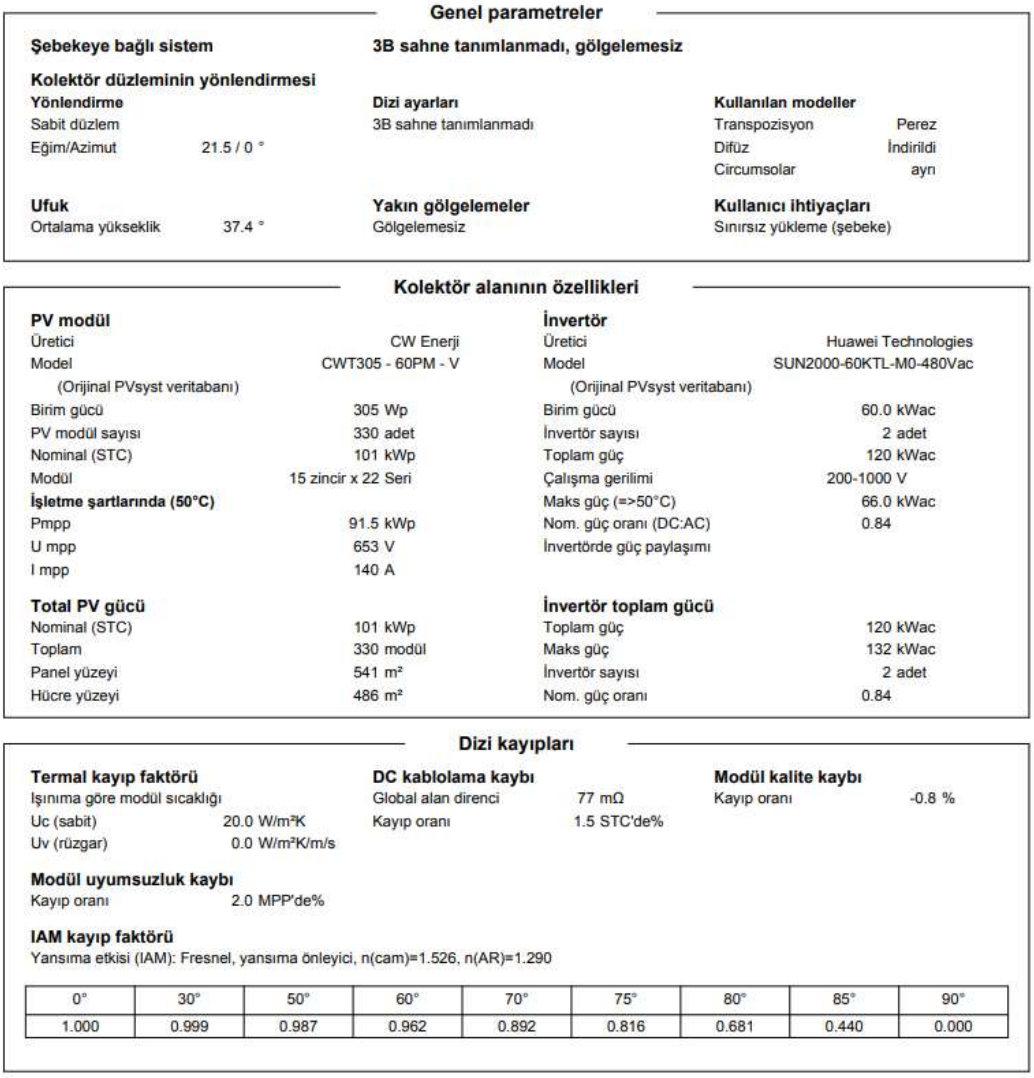
PV alanı
Panel sayısı 330 adet
Toplam nom. güç 101 kWp

İnvertör
Öğe sayısı 2 adet
Toplam nom. güç 120 kWac
Nom. güç oranı 0.839

Sonuçların özeti

Üretilen enerji 97821 kWh/yıl
Üretilebilir 972 kWh/kWp/yıl
Perf. oranı PR 51.27 %

Şekil 4.10. Tasarım için PVsyst özet raporu



Genel parametreler

Şebekeye bağlı sistem — **3B sahne tanımlanmadı, gölgelemesiz**

Kolektör düzleminin yönlendirmesi

Yönlendirme		**Dizi ayarları**	**Kullanılan modeller**	
Sabit düzlem		3B sahne tanımlanmadı	Transpozisyon	Perez
Eğim/Azimut	21.5 / 0 °		Difüz	İndirildi
			Circumsolar	ayrı

Ufuk		**Yakın gölgelemeler**	**Kullanıcı ihtiyaçları**
Ortalama yükseklik	37.4 °	Gölgelemesiz	Sınırsız yükleme (şebeke)

Kolektör alanının özellikleri

PV modül		**İnvertör**	
Üretici	CW Enerji	Üretici	Huawei Technologies
Model	CWT305 - 60PM - V	Model	SUN2000-60KTL-M0-480Vac
(Orijinal PVsyst veritabanı)		(Orijinal PVsyst veritabanı)	
Birim gücü	305 Wp	Birim gücü	60.0 kWac
PV modül sayısı	330 adet	İnvertör sayısı	2 adet
Nominal (STC)	101 kWp	Toplam güç	120 kWac
Modül	15 zincir x 22 Seri	Çalışma gerilimi	200-1000 V
İşletme şartlarında (50°C)		Maks güç (=>50°C)	66.0 kWac
Pmpp	91.5 kWp	Nom. güç oranı (DC:AC)	0.84
U mpp	653 V	İnvertörde güç paylaşımı	
I mpp	140 A		

Total PV gücü		**İnvertör toplam gücü**	
Nominal (STC)	101 kWp	Toplam güç	120 kWac
Toplam	330 modül	Maks güç	132 kWac
Panel yüzeyi	541 m²	İnvertör sayısı	2 adet
Hücre yüzeyi	486 m²	Nom. güç oranı	0.84

Dizi kayıpları

Termal kayıp faktörü		**DC kablolama kaybı**		**Modül kalite kaybı**	
Işınıma göre modül sıcaklığı		Global alan direnci	77 mΩ	Kayıp oranı	-0.8 %
Uc (sabit)	20.0 W/m²K	Kayıp oranı	1.5 STC'de%		
Uv (rüzgar)	0.0 W/m²K/m/s				

Modül uyumsuzluk kaybı
Kayıp oranı 2.0 MPP'de%

IAM kayıp faktörü
Yansıma etkisi (IAM): Fresnel, yansıma önleyici, n(cam)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Şekil 4.11. Tasarım için PVsyst ana parametreler, kolektör alanı özellikleri ve dizi kayıpları

Genel sonuçlar

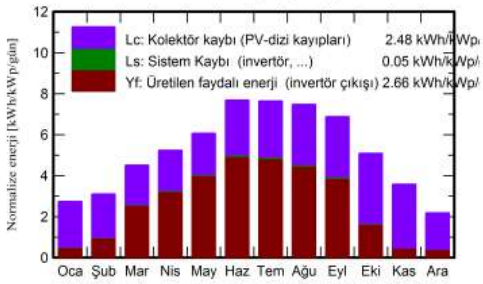
Sistem üretimi

Üretilen enerji 97821 kWh/yıl

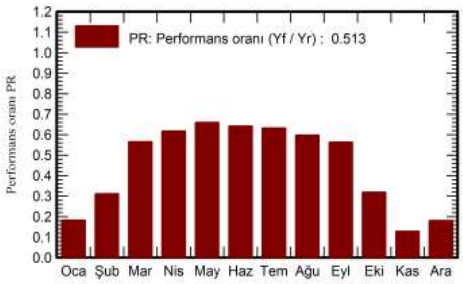
Üretilebilir 972 kWh/kWp/yıl

Perf. oranı PR 51.27 %

Normalize üretim (kWp başı)



Performans oranı PR



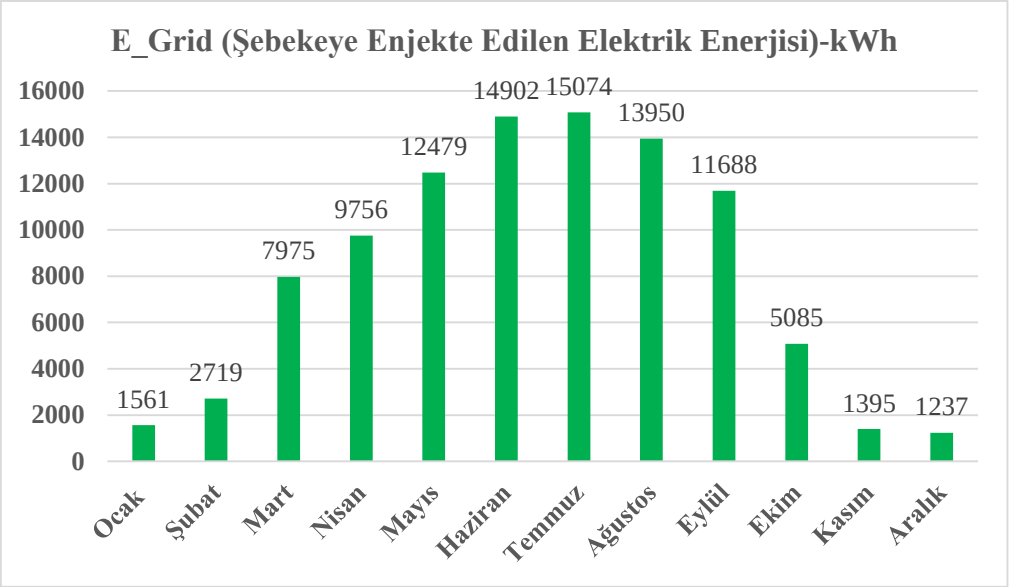
Bilanço ve genel sonuçlar

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR oran
Ocak	63.8	36.81	-9.52	84.9	16.4	1618	1561	0.183
Şubat	71.7	41.50	-5.79	86.8	27.9	2784	2719	0.311
Mart	122.7	61.65	0.25	140.1	84.2	8104	7975	0.566
Nisan	147.4	63.65	1.50	157.0	104.3	9914	9756	0.617
Mayıs	186.3	79.18	8.79	188.0	137.2	12679	12479	0.659
Haziran	235.8	65.98	14.52	230.7	168.8	15149	14902	0.642
Temmuz	236.6	72.20	19.23	236.8	174.5	15332	15074	0.633
Ağustos	218.0	55.36	17.10	231.9	161.2	14189	13950	0.598
Eylül	176.6	54.00	15.99	206.2	133.7	11890	11688	0.563
Ekim	123.1	39.34	7.75	157.9	56.1	5187	5085	0.320
Kasım	79.0	36.14	-1.75	107.6	15.2	1450	1395	0.129
Aralık	49.5	29.23	-4.57	67.9	13.5	1291	1237	0.181
Yıl	1710.6	635.04	5.36	1895.7	1092.9	99586	97821	0.513

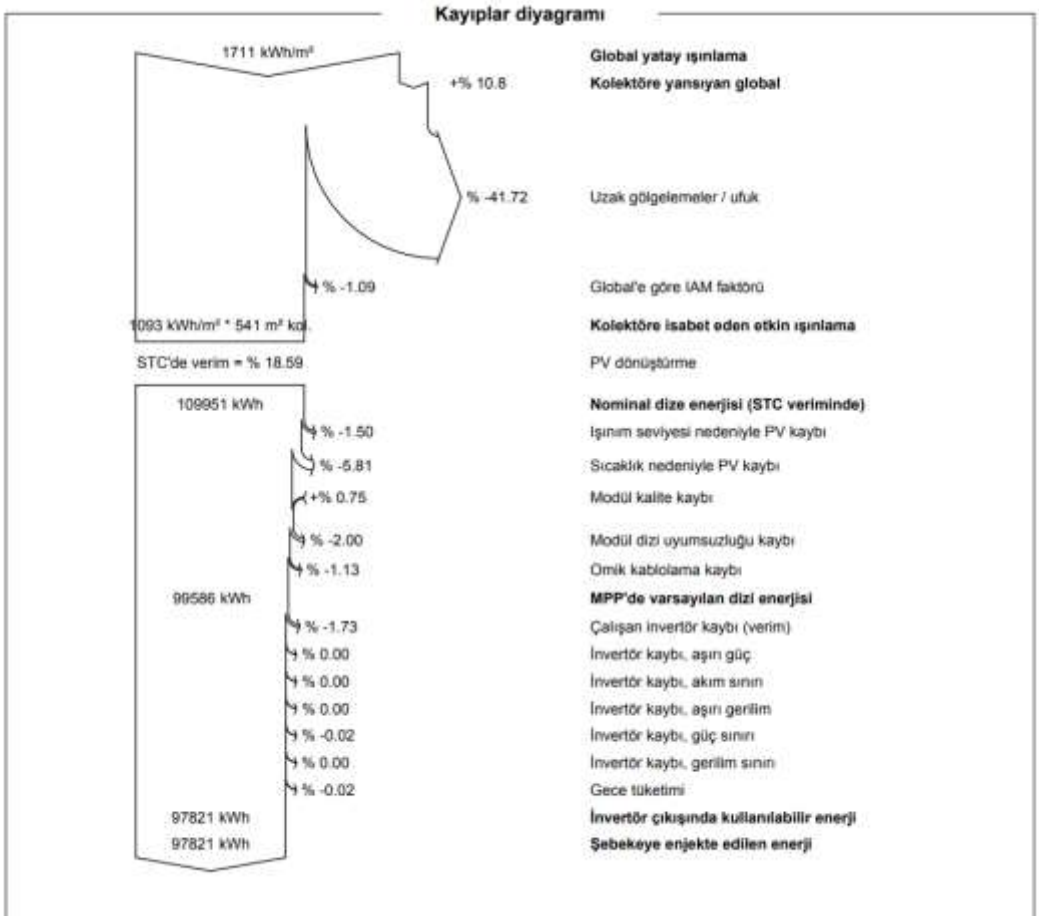
Açıklama

GlobHor	Global yatay ışınlama
DiffHor	Yatay difüz ışınlama
T_Amb	Çevre sıcaklığı
GlobInc	Kolektöre yansıyan global
GlobEff	IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin Global
EArray	Dizinin çıkışında etkin enerji
E_Grid	Şebekeye enjekte edilen enerji
PR	Performans oranı

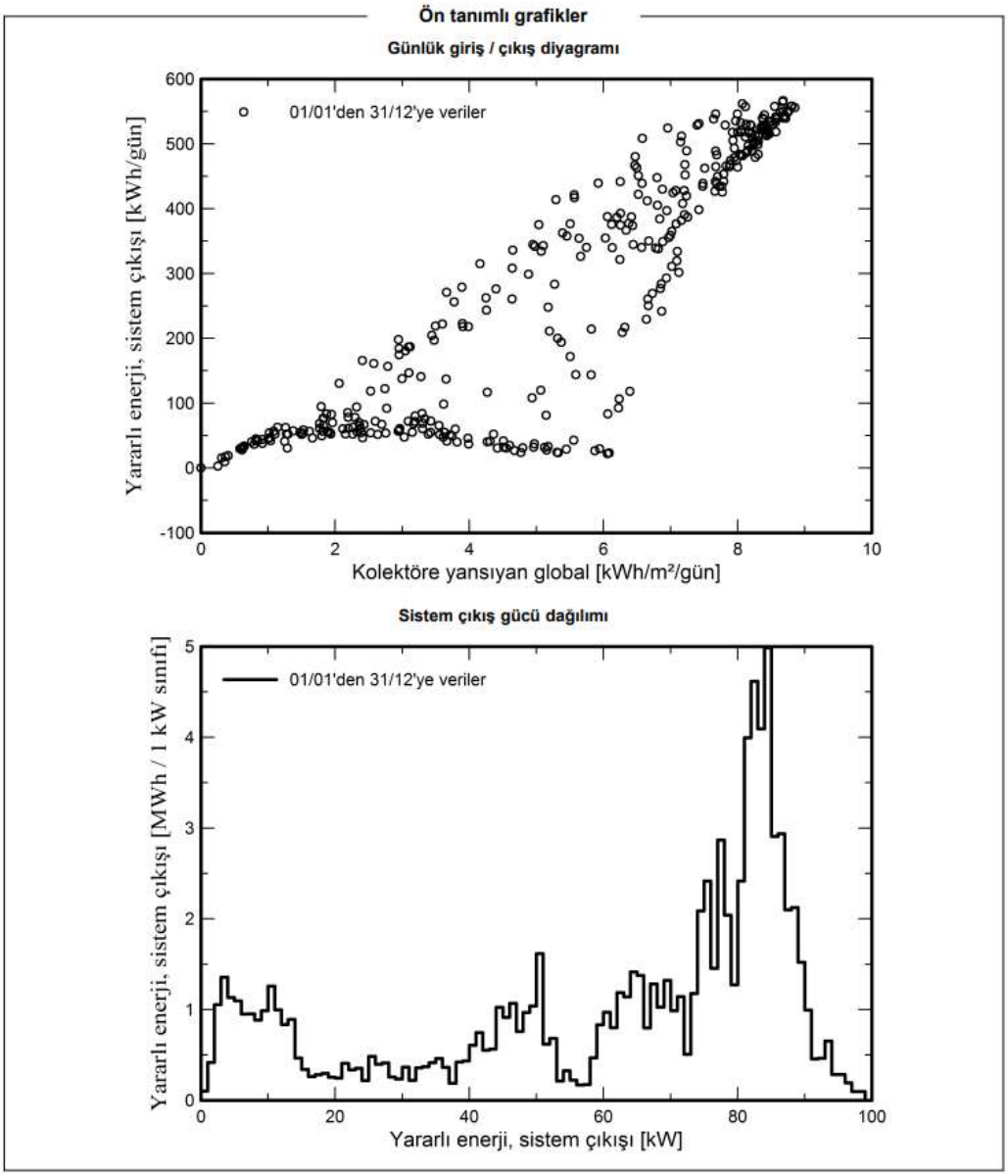
Şekil 4.12. Tasarım için PVsyst sistem üretimi bilanço ve genel sonuçlar



Şekil 4.13. Aylık şebekeye enjekte edilen elektrik enerjisi



Şekil 4.14. Tasarım için PVsyst sistem kayıp diyagramı



Şekil 4.15. Tasarım için kolektöre yansıyan global ışınım ve yararlı enerji

Çizelge 4.3. Kullanılan program sonuçların karşılaştırılması

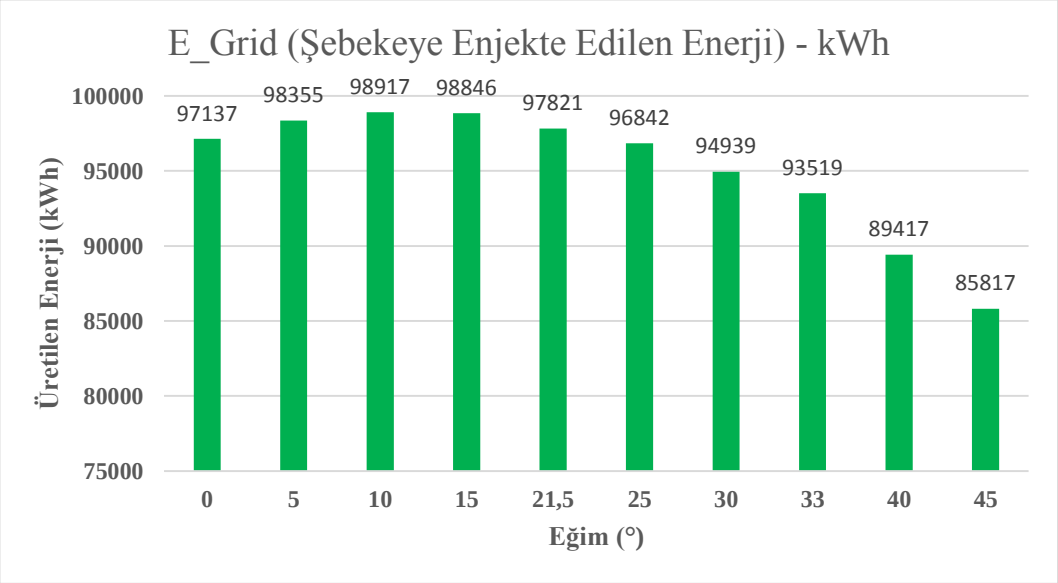
Program	Talep Güç (W)	Çıkış Güç (W)	Verim(Ƞ)=Çıkış Güç/Talep Güç
AutoCAD	281.514	-	-
Matlab/Simulink	100.360	98.700	0,983
PVsyst	100.650	97.821	0,972

Çatılarda kar kaymasının meydana gelmesi için minimum çatı eğimi 15° olması gerekmektedir. Hakkari ili kar yağış yüksekliği olarak 4.

bölgede yer almaktadır. Buna göre 30° kadar eğimli çatılarda 4. bölgede ve rakım 1500 m üstü alanlarda kar yükü katsayısı 1,84 kN/m^2 olarak alınmaktadır. Sıcak çatılarda eğim 15°≤α≤70° ve soğuk çatılarda eğim 30°≤α≤70° arasında olmalıdır. Asimetrik dağılmış kar yüklerde çatı eğimi 15°-20° arasında olmaktadır. (Web7, 2024; Web8, 2024; Durmaz, 2014; Haberdar, 2015). Çatıda kullanılacak örtü malzemelerine göre eğim oranları değişikli gösterebilir. Düz saç çatılarda 20° - 33° arasında tercih edilirken, iklim şartlarına göre bu oran değişiklik gösterebilir. Normal iklim koşullarında kar yükü için çatı eğimleri 30° - 33° arası uygunken, kar yükü yüksek bölgelerde bu eğim oranı 40° - 45° arasında tercih edilebilir (Web9, 2024).

Bu çalışmamızda kullandığımız mevcut binamızın çatı eğimi 21,5°'dir.

PVsyst programında tasarlanan sistemde çatı eğimi 10° olduğunda maksimum enerji üretimi gerçekleşirken, eğim artarken ve azalırken verim azalmaktadır. Hakkari ili karlı ve 4. bölgede olduğu göz önüne alındığında çatı eğimi 15°'nin altında olması kar yükü için uygun değildir. Çatı eğimi artarken kar yükü azalmış olacaktır.



Şekil 4.16. Eğime göre yıllık şebekeye enjekte edilen elektrik enerjisi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Güneş enerjisi, kolay elde edilebilir olması, üretim maliyetinin düşük olması, temiz bir enerji kaynağı olması ve geniş uygulama alanına sahip olması sebebiyle çokça tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında Hakkari Üniversitesi Merkez Kütüphane Binası elektrik projesi AutoCAD programında çizilip, Matlab/Simulink ve PVsyst programlarında simülasyon çalışmaları yapılmıştır. İki program arasında veriler kıyaslandığında, matematiksel tasarım için Matlab/Simulink programın ön plana çıktığı ama uygulama olarak PVsyst verilerinin daha uygulanabilir olduğu görülmüştür. Tasarımı planlanan çatı tipi güneş enerjisi sistemi 330 adet "305 Wp CW Enerji–CWT305-60PM-V" model fotovoltaik panel, 2 adet "60 kWac Huawei Technologies – SUN2000-60 KTL–M0–480 Vac" model invertör ile 97,8 kWp enerji çıkışı sağlamıştır. Bu proje tasarımı sonunda elde edilen sonuçlar;

i. Şekil 4.16'da verilen PVsyst sonuçlarında tasarlanan sistemde çatı eğimi 10° olduğunda maksimum enerji üretimi gerçekleşirken, eğim artarken ve azalırken verim azalmaktadır. Hakkari ili karlı ve 4. bölgede olduğu göz önüne alındığında çatı eğimi 15°'nin altında olması kar yükü için uygun değildir.

ii. Bu çalışmamızda kullandığımız mevcut binamızın çatı eğimi 21,5°'dir. Hakkari ili şartlarında ideal bir çatı eğimi olduğunu ve yüksek enerji üretimi için uygun bir değer olduğunu göstermektedir.

iii. Tasarlanan sistem, binanın talep gücünün %34,74'ünü karşılamaktadır.

iv. Bu sistem şebekeye yılda 97.821 kWh elektrik enerjisi üretmektedir. Aylık bazda en fazla elektrik üretimi temmuz ayında, en az elektrik üretimi ise aralık ayında gerçekleşmiştir.

v. Fotovoltaik panellerden elde edilen yıllık 97.821 kWh elektrik enerjisi üretmek için fosil yakıtlı güç kullanılması durumunda yıllık CO_2 emisyonu 71,394 kg'dır. Bu çalışma uygulamaya alındığında 71,394 kg CO_2 emisyonu salınımı engellenmiş olacaktır.

Tasarlanan sistemin; üniversitenin mülkiyetindeki arsada ve kullanmakta olduğu bir bina olması, üniversitenin öz sermayesi ile kurulması halinde kendisini yaklaşık 6 yılda amorti edeceği düşünülmektedir. Hakkari Üniversitesi Merkez Kütüphane Binası'nın bir kısmını bile fotovoltaik sistemlerle karşılanmasının;

öğrencileri bu alana yönlendirmek ve Hakkari'de yapılacak ilk çatı üstü fotovoltaik sistem olması nedeniyle yerinde bir tercih olacağı değerlendirilmektedir.

Bu tez çalışmamız Hakkari ilinde yenilenebilir enerji kaynaklarını çalışmalarına öncülük edileceğini ve halkı yenilebilir enerji kaynaklarını kullanmaya teşvik ederek hem daha temiz enerji kullanımına hem de CO_2 emisyonu salınımına engel olarak Avrupa Birliği sürdürülebilir enerji politikalarına destek olacağı değerlendirilmektedir.

Ayrıca kar yükü fazla olan Hakkari ilimiz göz önüne alındığında çatı eğimi minimum 15° olduğunda daha fazla elektrik enerjisi üretimi söz konusu olacağını göstermiş olduk. Kar yükü olmayan bölgeler için maksimum enerji elde etmek için yaklaşık 10°'lik çatı eğiminin olması önerilebilir.

KAYNAKLAR

Arslan, İ., (2018). "Tekirdağ Koşullarında Polikristal ve Monokristal Tip PV Güneş Panellerinin Verimlilik Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Bahnemann, D. (2004). Photocatalytic Water Treatment: Solar Energy Applications. Solar Energy, 77(5), 445-459.

Banik, A., Shrivastava, A., Manohar Potdar, R., Kumar Jain, S., Gopal Nagpure, S., & Soni, M. (2021). Design, Modelling, and Analysis of Novel Solar PV System using MATLAB. Materials Today: Proceedings, 51(1), 756-763.

Batić, I., & Đurišić ., Ž .(2021). Analysis of the Phovoltaic Systems Construction Capacities and Conditions on the Preschool Buildings Roofs in Serbia 2021 IEEE 48 th Phovoltaic Specialist Conference (PVSC).

Bianchini, A., Gambuti, M., Pellegrini, M., & Saccani, C. (2016). Performance Analysis and Economic Assessment of Different photovoltaic Technologies Based on Experimental Measurements. Renewable Energy, 85, 1-11.

Breeze, P. (2014). Power Generation Technologies, (2nd edition). Consultant, UK: Newnes Publishing, 259-286.

Denholm, P. D. (2010). Generating Electricity in a Carbon-Constrained World, (1. Baskı). Brisbane, Avustralya: Akademic Press Publishing 271-302.

Doğmuş, O., Kılıç, E., Şit, S., & Güneş, M. (2017). Adaptation of Optimized PID Controller with PSO Algorithm to Photovoltaic MPPT System. Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences, 20(4), 1-8.

Dondariya, C., Porwal, D., Awasthi, A., Shukla A. K., Sudhakar, K., Manohar M., Bhimte, A., (2018). Performance Simulation of Grid-connected Rooftop Solar PV System for Small Households: A Case Study of Ujjain, India, Energy Reports,Vol. 4, 546-553.

Durmaz, M., & Daloğlu, A. (2014). Türkiye Kar Verilerinin İstatistiksel Analiziyle Türk Standartlarındaki Zemin Kar Yüklerinin Değerlendirilmesi. Teknik Dergi, 25(124).

Fantidis, J.G., Bandekas, D.V., Potolias, C., Vordos N. (2013). Cost of PV Electricity – Case Study of Greece, Solar Energy, 91:120-130.

Fraas, Lewis M. (2014). "Photovoltaic Solar Energy: From Fundamentals to Applications." Wiley-VCH.

Gözmen Şanlı, B., ve Turna Dilsel, E. (2018). Mersin İli'nde Kullanılan Yer Değiştirebilir Ofis-Konteyner Elektrik İhtiyacının Güneş Pili Sistemi ile Karşılanması ve Maliyet Analizi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,33 (2) , 93-100.

Güneş, C. (2021). Fotovoltaik Güneş Enerji Santrallerinin Tasarımı, Bakımı, Onarımı ve İşletilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Adıyaman.

Haberdar, A. E. (2015). Şed Tipi Çelik Çatıların Kar Yükü Değerlerinin TS-498, Eurocode 1-3 ve ASCE 07-10 Kapsamında Analizi, Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).

Kalogirou, Soteris A. (2013). "Solar Energy Engineering: Processes and Systems." Academic Press.

Keçel, S. (2007). Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Evsel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleri İle Karşılanmasına Yönelik Model Geliştirilmesi.(Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kılınç, P.E (2019), 500 kW'lık Güneş Enerjisi Panel Tasarımında Optimizasyon ve Ekonomik Analiz, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Morshed, S., Chowdhury, T.H., Rahman, A., (2015) Designing of a 2kW Stand-alone PV System in Bangladesh Using PVsyst, Homer and SolarMAT. IEEE 3(7): 9-12.

Nirwan, D., Thakur, T., (2017). Performance Evaluation of Grid Connected Solar PV Plant Using PVsyst. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(5): 3190-3194.

Özçalık, H. R., Kılıç, E., Şit, S., & Yılmaz, S. (2016, March). Energy Supply in a Building via a Photovoltaic-Thermal Power System. International

Conference on Renewable Energy Technologies and Applications (RETA'16).

Pakma, O., (2018). “Batman İlindeki İnce Film a-Si Teknolojili Fotovoltaik Sistemin Performans Değerlendirmesi ”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20 (1), 234-242.

Perdahlıyan, E., & Öztuna, S. (2021). Endüstriyel Bir Tesis Çatısına Fotovoltaik Sistem Kurulumu için Tasarım ve Hesaplamaları Edirne Örneği (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).Trakya Üniversitesi, Edirne.

Quaschning, V. (2005). "Understanding Renewable Energy Systems." Earthscan.

Raj, A., Gupta, M., Panda, S. (2016). Design Simulation and Performance Assessment of Yield and Loss Forecasting for 100 kWp Grid Connected Solar PV System. Next Generation Computing Technologies (NGCT) 3(5): 528-533.

Ramanan, P., Kalidasa Murugavel, K., Karthick, A., (2019). Performance Analysis and Energy Metrics of Grid-Connected Photovoltaic Systems, Energy for Sustainable Development, Vol. 52, 104-115.

Selamoğulları, U. S. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Sahip Bir Evin Talep Karakteristiğine Uygun Bir İnverter Tasarımının İncelenmesi. Journal of Polytechnic.23(2), 427-433.

Shilpa N., Sridevi HR**.** (2019). Optimum Design of Rooftop PV System for An Education Campus Using HOMER, 2019 Global Conference for Advancement in Technology (GCAT).

Şahin, M., Okumuş, H. (2013). Güneş Pili Modülünün Matlab/Simulink ile Modellenmesi ve Simülasyonu. EMO Bilimsel Dergi, 3(5), 17-25.

TAEK. (1998). Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği. Resmî Gazete.

Towler, B. F. (2014).. The Future of Energy, (1st Edition). Brisbane, Avustralya: Akademic Press Publishing, 161-185.

Tuaimah, A., (2012). Estimation of Daily Diffuse Solar Radiation for Different Iraqi Cities. Atmospheric Science Department, College of Science, AL-Mustansiryah University. Al- Mustansiriyah J. Sci. Vol. 23, No 7 Iraq (Arabca).

Web1, (2024). https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes (Erişim Tarihi: 15.05.2024)

Web10, (2024). Güneş Paneli Eğim Açısı, https://aydinlatma.org/81-il-icin-onerilen-gunes-paneli-egim-acisi.html (Erişim Tarihi: 02.05.2024).

Web2, (2024). https://solareis.anl.gov/guide/solar/csp/ (Erişim Tarihi: 17.05.2024)

Web3, (2024). https://www.pvsyst.com/help-pvsyst7/general_descr.htm (Erişim Tarihi: 13.07.2024).

Web4, (2024). Hakkari İli Meteoroloji Değerleri. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=HAKKARI (Erişim Tarihi: 11.04.2024).

Web5, (2024). Sektörel Analiz Raporu. Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı (DAKA) Güneş Enerjisi Sektör Raporu.(15.03.2015) https://www.daka.org.tr/panel/files/files/yayinlar/Gunes%20Enerjisi%20Sektorel%20Analiz%20Raporu.pdf (Erişim Tarihi: 10.01.2024).

Web6, (2024). https://pvcase.com/blog/solar-plant-design-guide-the-basics/ (Erişim Tarihi: 07.11.2023).

Web7, (2024). Çatılarda Kar Yükünün Belirlenmesi, https://eski.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11849.pdf (Erişim Tarihi: 07.03.2024).

Web8, (2024). Soğuk Çatılar, https://webdosya.csb.gov.tr/db/samsun/icerikler/soguk-catilar-20211220074752.pdf (Erişim Tarihi:12.05.2024).

Web9, (2024). Çatı Eğimi, https://volkanatabey.com.tr/cati-egimi-nasil-hesaplanir-kac-derece-olmalidir/ (Erişim Tarihi: 06.06.2024)

Yiğit, A., Arslanoğlu, N., & Eker, B. S. (2019). Fotovoltaik Sistemlerin Projelendirme, Kurulum ve İşletilmesinde Önemli Faktörler. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24(3), 483-490.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Emrullah DEMİR

Doğum Yeri ve Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lise Öğrenimi :Kayseri Mimar Sinan Anadolu Öğretmen Lisesi

Lisans Öğrenimi :Akdeniz Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi :Hakkari Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enst. Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD

Yabancı Diller :İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

A) Bildiriler

-

-

-

İLETİŞİM

E-Posta Adresi :

Tarih : 19/11/2024