

**HARİCİ TELEKOMÜNİKASYON SİSTEMLERİNİN
FOTOVOLTAİK PANEL İLE BESLENEREK
EKONOMİK ANALİZİNİN YAPILMASI**

**2019
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Özlem YILDIZ

**HARİCİ TELEKOMÜNİKASYON SİSTEMLERİNİN FOTOVOLTAİK
PANEL İLE BESLENEREK EKONOMİK ANALİZİNİN YAPILMASI**

Özlem YILDIZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2019**

Özlem YILDIZ tarafından hazırlanan “HARİCİ TELEKOMÜNİKASYON SİSTEMLERİNİN FOTOVOLTAİK PANEL İLE BESLENEREK EKONOMİK ANALİZİNİN YAPILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ACAR

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 11 /06 /2019

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Volkan KIRMACI (BÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ACAR (KBÜ)

İmzası



...../...../2019

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.





“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Özlem YILDIZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HARİCİ TELEKOMÜNİKASYON SİSTEMLERİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE BESLENEREK EKONOMİK ANALİZİNİN YAPILMASI

Özlem YILDIZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ACAR

Haziran 2019, 62 sayfa

Bu çalışmada haberleşme sektöründe müşterilere geniş bant internet ve sabit telefon hizmeti sunmak amacıyla bina içlerine kurulan ve harici aktif erişim sistemi olarak adlandırılan cihazlardan T21 adı verilen, 66 Watt'lık sabit enerji tüketimi olan cihazın bulunduğu binaların çatılarına hem bu sistemi beslemek hem de ihtiyaç fazlası enerjinin elektrik dağıtım şirketine satılarak gelir elde edilmesi amacıyla PVSYST simülasyon programı üzerinden şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı yapılarak bir ekonomik analiz gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan sistemlerin PVSYST programında simülasyonları yapılırken kullanılan Karabük ili meteorolojik verileri Meteonorm 7.2 veri tabanından çekilmiştir. Simülasyonlarda azimuth açısı 0° kabul edilmiş ve gölge etkisi olmadığı varsayılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda tasarlanan sistemlerin amortisman süreleri sırasıyla 43,3 yıl, 25,7 yıl, 19,2 yıl, 15,6 yıl, 14,6 yıl ve 13,1 yıl çıkmıştır. Sonuç olarak kurulu güç arttıkça amortisman süresinin azaldığı görülmüş ve optimum sistemin 10 kW kurulu güçte tasarlanan sistem olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Haberleşme, enerji, güneş enerjisi, PVSYST, ekonomik analiz.

Bilim Kodu : 928.1.233



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ECONOMIC ANALYSIS OF EXTERNAL TELECOMMUNICATION SYSTEMS IN THE CONDITION OF FEEDING WITH SOLAR SYSTEM

Özlem YILDIZ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Bahadır ACAR

June 2019, 62 pages

In this study, an economic analysis is carried out by designing a grid-connected solar system which is used in order to supply electricity to the T21 system that is called external active access system and provides broadband internet and fixed telephone service to the customers in telecommunication sector and also in order to generate income by selling redundant electricity to the grid, via PVSYST simulation program.

The meteorological data of Karabük province, which was used during the simulation of the designed systems in the PVSYST program, is taken from the Meteonorm 7.2 database. In simulations, the azimuth angle is assumed to be 0 ° and it is assumed that there is no shadow effect.

As a result of the calculations, the depreciation times are 43,3 years, 25,7 years, 19,2 years, 15,6 years, 14,6 years and 13,1 years respectively. Consequently, it is seen that

the depreciation time decreases as the installed capacity increases and the optimum system has been determined as the system designed with 10 kW installed capacity.

Key Word : Telecommunication, energy, solar energy, PVSYST, economical analysis.

Science Code : 928.1.233



TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Bahadır Acar ve Prof. Dr. Mehmet Özkaymak'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Şahin Baş ve İlyas Özer'e ve çalıőmalarım süresince her zaman yanımda olan sevgili aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
GÜNEŞ ENERJİSİ	3
2.1. GÜNEŞ PANELLERİ.....	3
2.2. GÜNEŞ İNVERTÖRLERİ.....	5
2.3. ŞEBEKE BAĞLANTILI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ	6
2.4. ŞEBEKE BAĞLANTISIZ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ	7
2.5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	8
2.5.1. Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Ekonomik Analizi İle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	8
2.5.2. Haberleşme Sektöründe Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı İle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	11
BÖLÜM 3	15
PVSYST.....	15
3.1. PROJE TASARIMI.....	17
BÖLÜM 4	21
T21 HARİCİ AKTİF ERİŞİM CİHAZI.....	21

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5	23
GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİNİN TASARIMI, PVSYST SİMÜLASYONLARI VE AMORTİSMAN SÜRELERİNİN HESAPLANMASI	23
5.1. 300 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI	23
5.2. 600 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI	31
5.3. 1500 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI	36
5.4. 3000 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI	41
5.5. 5000 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI	46
5.6. 10000 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI	51
BÖLÜM 6	57
SONUÇLAR	57
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Güneş panellerinin çalışma prensibi	4
Şekil 2.2. Güneş panelleri ile elektrik üretimi	5
Şekil 2.3. Şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi	6
Şekil 2.4. Şebeke bağlantısız güneş enerjisi sistemi	8
Şekil 3.1. PVSYST proje tasarım açılış penceresi	15
Şekil 3.2. PVSYST’te seçilen lokasyona (Karabük) ait coğrafi koordinatlar	16
Şekil 3.3. PVSYST’te seçilen lokasyona (Karabük) ait aylık meteorolojik veriler ..	17
Şekil 3.4. PVSYST proje tasarımı adımları	18
Şekil 3.5. PVSYST Orientation penceresi.	19
Şekil 3.6. PVSYST Şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı	20
Şekil 4.1. T21 Harici aktif erişim sistemi.	21
Şekil 4.2. T21 sistemin boyutları.	22
Şekil 4.3. T21 kabininin iç dizaynı.	22
Şekil 5.1. PVSYST 300 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.....	24
Şekil 5.2. PVSYST orientation (yönelim ayarları) penceresi	25
Şekil 5.3. Simülasyon parametreleri	26
Şekil 5.4. Sonuçlar	27
Şekil 5.5. Kayıp diyagramı.....	28
Şekil 5.6. PVSYST 600 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.....	32
Şekil 5.7. Simülasyon parametreleri	33
Şekil 5.8. Sonuçlar	34
Şekil 5.9. Kayıp diyagramı	35
Şekil 5.10. PVSYST 1500 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.....	37
Şekil 5.11. Simülasyon parametreleri	38
Şekil 5.12. Sonuçlar	39
Şekil 5.13. Kayıp diyagramı.....	40
Şekil 5.14. PVSYST 3000 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.....	42
Şekil 5.15. Simülasyon parametreleri	43

Şekil 5.16. Sonuçlar	44
Şekil 5.17. Kayıp diyagramı.....	45
Şekil 5.18. PVSYST 5000 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.....	47
Şekil 5.19. Simülasyon parametreleri	48
Şekil 5.20. Sonuçlar	49
Şekil 5.21. Kayıp diyagramı.....	50
Şekil 5.22. PVSYST 10000 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.....	52
Şekil 5.23. Simülasyon parametreleri	53
Şekil 5.24. Sonuçlar	54
Şekil 5.25. Kayıp diyagramı.....	55



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Si : silisyum

CO₂ : karbondioksit

€ : euro

£ : sterlin

\$: dolar

KISALTMALAR

AC : Alternating Current (Alternatif Akım)

DC : Direct Current (Doğru Akım)

EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

GPRS : General Packet Radio Service (Genel Paket Radyo Servisi)

MPP : Maksimum Power Point (Maksimum Güç Noktası)

BTS : Base Transceiver Station (Baz istasyonu alıcı – vericisi)

MPC : Model Predictive Control (Model öngörülü Kontrol)

EDAŞ : Elektrik Dağıtım A.Ş.

AG : Alçak Gerilim

GES : Güneş Enerjisi Santrali

İSG : İş Sağlığı ve Güvenliği

GSM : Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim Sistemi)

PV : Photovoltaic (Fotovoltaik)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bilim ve teknoloji alanındaki hızlı gelişmeler giderek artan rekabet koşullarında haberleşme sektörü için yenilikleri yakından takip etmeyi zorunlu kılmıştır. İnsanların bilgiye daha hızlı ve kolay ulaşabilme ihtiyacı her geçen gün artarken iletişimde müşterilere verilen hizmet altyapısının kalitesi de aynı oranda önem kazanmaktadır. Sabit telefon ve internet hizmetinde müşterilere sunulan servislerin kalitesi müşterinin servisi sağlayan sistemlere olan mesafesi ile doğru orantılıdır. Bu nedenle müşteriler sistemlere ne kadar yakın mesafede ise verilen hizmetin kalitesi ve hızı da o kadar iyi olmaktadır. Bu noktada sistemleri müşteriye yaklaştırmak amacıyla insanların yoğun ve talebin fazla olduğu tüm sahalara ve binalara harici aktif erişim sistemi adı verilen sabit telefon ve geniş bant internet hizmetini taşıyan cihazlar kurulmaktadır. Cihaz sayısının artışı ile birlikte artan enerji giderleri çeşitli tasarruf politikaları izlemeyi gerektirmektedir. Bu anlamda önemi giderek güç kazanan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı telekomünikasyon sektörü için de bir alternatif olarak düşünülebilmektedir.

Haberleşme sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgili yapılan literatür araştırması neticesinde elde edilen verilere göre bu alandaki çalışmalar genel olarak kırsal alanlarda şehir merkezinden uzak ve elektrik şebekesinin olmadığı lokasyonlardaki mobil baz istasyonlarının elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada ise genelde şehir merkezlerinde bina içlerine kurulan ve elektrik şebekesinden beslenen harici aktif erişim sistemlerinin güneş enerjisi sistemi ile beslenerek enerji ihtiyacının karşılanması ve ihtiyaç fazlası elektriğin elektrik dağıtım şirketine satılması amaçlanarak bir ekonomik analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmada PVSYST programı ile simülasyonlar yapılmıştır. Simülasyon sonuçları değerlendirilerek tasarlanan sistemlerin ekonomik olup olmadığı incelenmiştir.

Çalışma 6 bölümden oluşmaktadır. 1. bölümde çalışma hakkında genel bilgilendirme yapılmıştır. 2. bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi anlatılmıştır. Güneş panellerinin tarihçesi ve çalışma prensibine kısaca değinilerek, şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız güneş enerjisi sistemlerinden bahsedilmiştir. Yine aynı bölüm içerisinde güneş enerjisi ve güneş enerjisinin haberleşme sektöründe kullanımı ile ilgili literatür araştırmasına yer verilerek örnek çalışmalar anlatılmıştır. Çalışmanın 3. bölümünde güneş enerjisi sisteminin tasarımı ve simülasyonlarının yapıldığı PVSYST yazılımı hakkında bilgi verilmiştir. 4. bölümde T21 adı verilen harici aktif erişim cihazının kullanım amacı, enerji tüketimi ve sistem boyutları hakkında bilgilendirme yapılarak, 5. Bölümde cihazın enerji ihtiyacının karşılanması ve ihtiyaç fazlası enerjinin şebekeye satılması amacıyla tasarlanan güneş enerjisi sistemlerinin simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre sistemlerden elde edilen gelir ve ilk yatırım maliyetleri verileri ile amortisman süreleri hesaplanmıştır. 6. ve son bölümde ise ekonomik analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2

GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş, dünyanın hemen her yerinde kullanılabilir, temiz, ucuz, yenilenebilir ve sınırsız bir güç kaynağını temsil eder. Nükleer enerji dışındaki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağıdır [1]. Bu nedenle güneşi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en önemlisi olarak tanımlayabilmek mümkündür.

Güneş enerjisinden termal enerji ve elektrik enerjisi olmak üzere 2 farklı şekilde yararlanılmaktadır. Bu çalışmada fotovoltaik güneş panelleri ile elde edilen elektrik enerjisinden yararlanılmıştır.

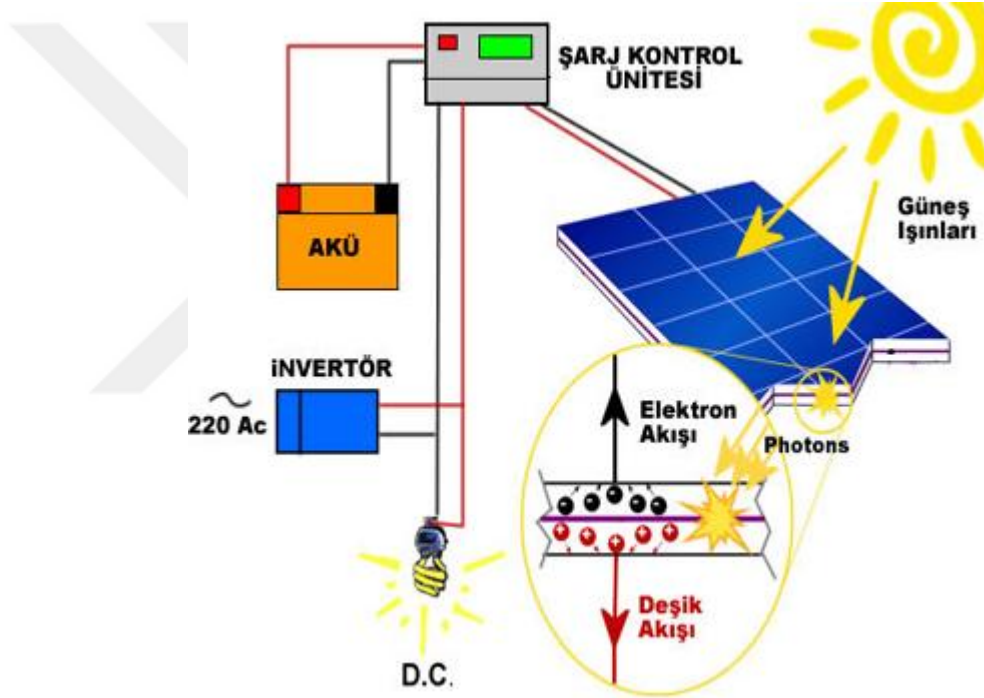
2.1. GÜNEŞ PANELLERİ

Güneş panellerinin keşfi ve tarihi gelişimi hakkında kısa bir bilgi vermek gerekirse ilk olarak 1839 yılında Fransız bilim adamı Edmond Becquerel tarafından bazı malzemelerin güneş ışınlarıyla elektrik üreteceği keşfedilir. İlk fotovoltaik hücreler 1800'li yılların sonunda selenyum malzemesinden yapılır. 1950'li yıllarda, Bell Laboratuvarlarındaki bilim adamları bu teknolojiyi geliştirirler ve silikon kullanarak, güneş ışığındaki enerjinin % 4'ünü elektriğe dönüştürebilen fotovoltaik hücreleri üretirler [2].

Güneş panellerinin üst tabakaları çatlama, kırılma ve enerji kaybının önlenmesi için yansımaya önleyici kaplama ve korumalardan oluşur. Bu katmanların altında ise N tipi ve P tipi yarıiletken maddeler bulunur. N ve P tipi maddeler yarıiletken maddelerin eriyik halindeyken istenilen maddeler ile kontrollü olarak katkılandırılması sonucu oluşurlar. Güneş panellerinde yarıiletken madde olarak çoğunlukla çok kristalli silisyum kullanılmaktadır [3].

Güneş panellerinin çalışma prensibi şu şekildedir;

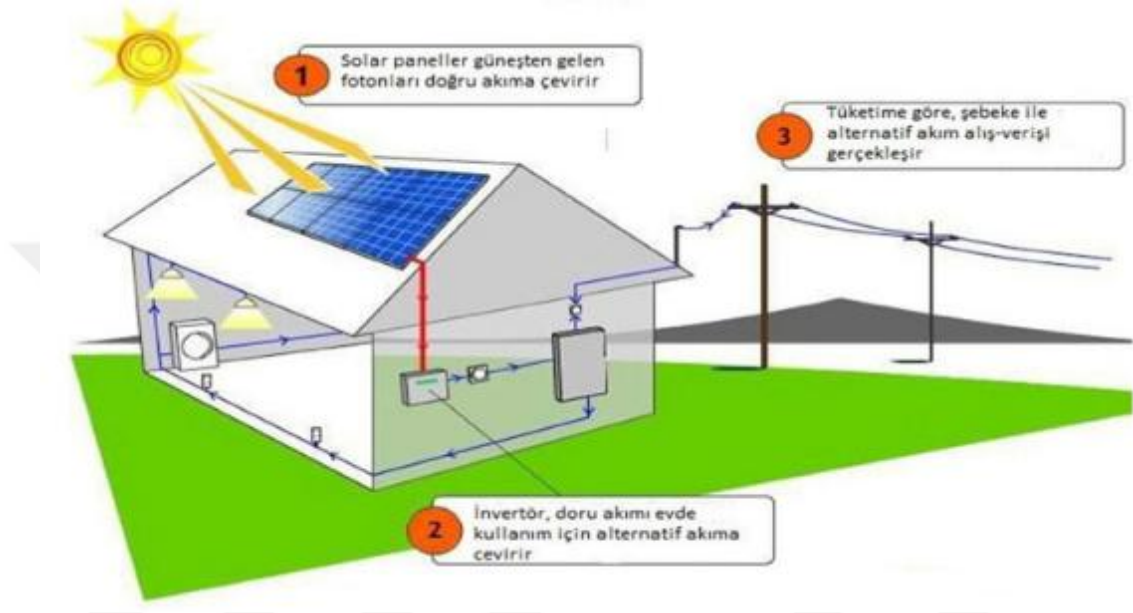
Şekil 2.1.'de gösterildiği üzere güneş ışığı güneş paneli üzerine düşer ve fotovoltaik hücreler tarafından absorbe edilir. Güneş hücrelerinde çok elektrona sahip P tipi yarıiletken madde ve az elektrona sahip N tipi yarıiletken madde bulunur. Güneş ışığı P tipi yarıiletken maddeden elektron koparır. Enerji kazanan elektronlar N tipi yarıiletken maddeye doğru akarlar. Bu sabit tek yönlü elektron akışı doğru akımı (DC) oluşturur. Elektronlar kurulan devreler boyunca akarak pillerin şarj edilmesinde ya da farklı alanlarda kullanılır ve P tipi yarıiletken maddeye geri döner [3].



Şekil 2.1. Güneş panellerinin çalışma prensibi [4].

Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 30 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan Mega Watt'lara kadar sistem oluşturulabilir [1].

Güneş hücreleri güneş ışığını doğru akım (DC) şeklinde elektriğe dönüştürdüğünden alternatif akım (AC) ihtiyacımızı karşılamak için DC elektriği AC elektriğe dönüştüren bir invertör kullanılır. İhtiyaç fazlası üretilen güneş enerjisi rezervi varsa, şekil 2.2.'de görüldüğü gibi şebekeye geri beslenerek ekonomik gelir elde edilebilmektedir.



Şekil 2.2. Güneş panelleri ile elektrik üretimi [5].

2.2. GÜNEŞ İNVERTÖRLERİ

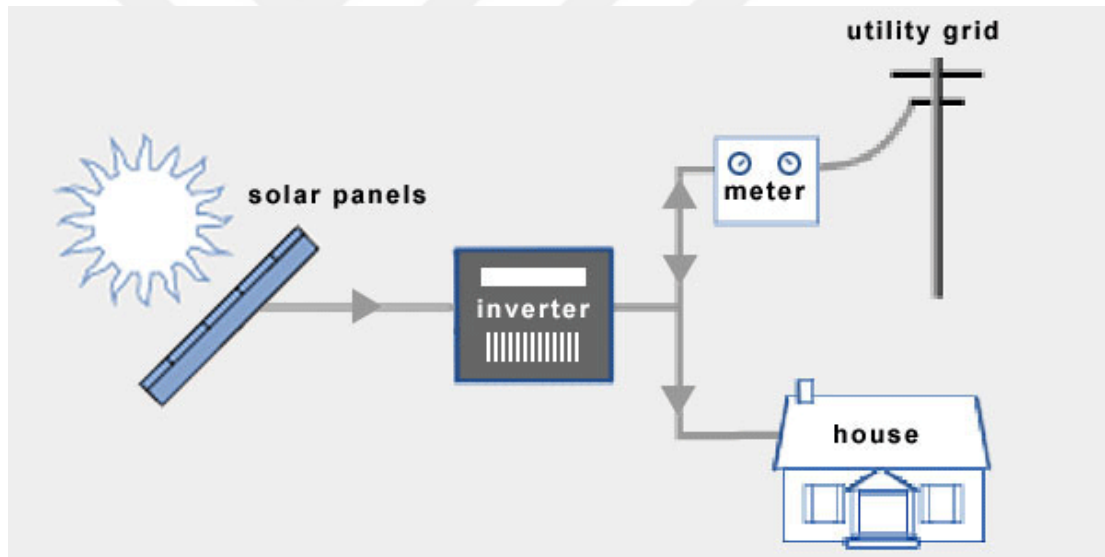
Solar İnvertörler, güneş panellerinin ürettiği DC elektrikten AC enerji üretmek için kullanılır. Ayrıca, üretilen güç miktarına ilişkin istatistikler sunmak ve toprak arızalarına karşı koruma sağlamak da dahil olmak üzere bazı önemli işlevleri de yerine getirirler [12].

İlk zamanlarda merkezi invertörler kullanılmakta iken mikro invertörlerin ortaya çıkmasıyla birlikte her panelin maksimum potansiyelinde performans göstermesi sağlanarak güneş panelleri daha optimum kullanılmaya başlanmıştır. Merkezi invertörlü bir sistemde kirliliği için ya da aşırı büyüyen bir tesis tarafından aniden gölgelendiği için iyi performans göstermeyen bir panel varsa, tüm dizinin performansı düşmektedir. Mikro invertörler bu panelden daha az AC üretecektir, ancak diğer paneller kendi potansiyellerinde performans gösterecektir [12].

Güneş Enerjisi sistemleri şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız olarak iki farklı şekilde kullanılabilir. Her iki şekilde kullanmanın kendine göre avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte hangi sistemin tercih edilmesi gerektiği genel olarak nasıl bir sisteme ihtiyaç duyulduğuna bağlıdır.

2.3. ŞEBEKE BAĞLANTILI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler, merkezi elektrik şebekesine bağlanır ve üretilen ihtiyaç fazlası elektriği şebekeye aktarır. Güneş enerjisinden üretilen elektriğin, üretildiği anda ve üretildiği yerde hiçbir ilave depolama (akü-batarya vb.) ara birimi olmadan anında kullanıldığı veya şebekeye beslendiği sistemlerdir [6]. Şekil 2.3.'de şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi [7].

Bu sistemlerde elde edilen elektrik enerjisi direkt olarak kamunun enterkonnekte şebeke hattına aktarılır. Üretilen fazla elektriğin şebekeye satış imkanı mevcuttur. Bu alanda devletler tarafından güncel koşullara bağlı olarak kendine özgü farklı kanun, yönetmelik, alım garantisi süreleri ve tarifeler geliştirilmektedir. Güneşten üretilen elektriğin az olduğu veya yetmediği zamanlarda, havanın kapalı olduğu günlerde, akşamları ve geceleri, eksik kalan elektrik enerjisini mevcut kamu hattından (otomatik olarak) sağlamak mümkündür. Sistemde kullanılacak iki ayrı sayaç ile veya

çift yönlü tek sayaç ile tüm elektrik alış-verişi kayıt altına alınabilmekte, mahsuplaşlabilmektedir [6].

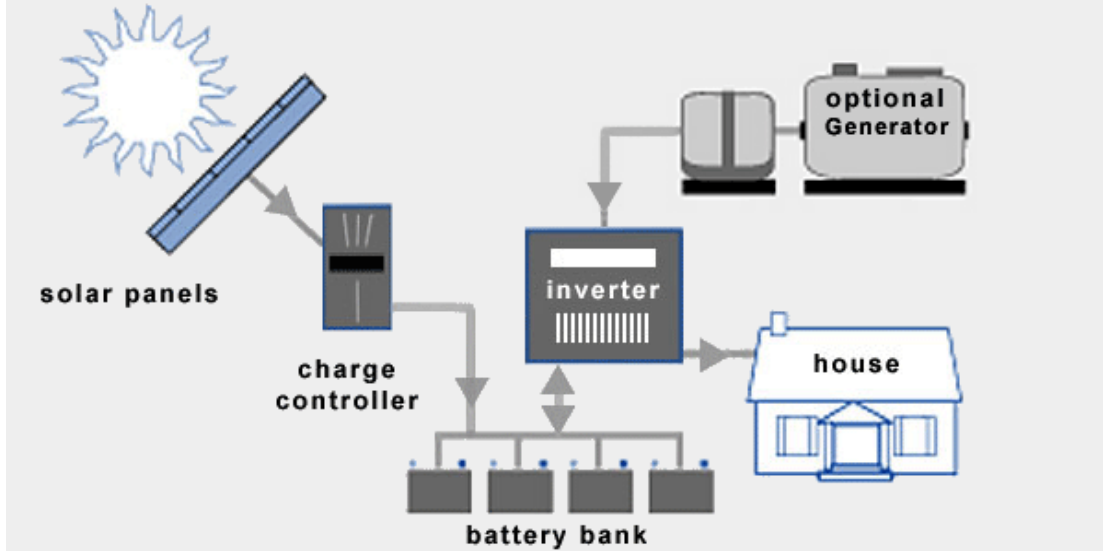
Sistemi uzaktan izleme, görüntüleme ve haberleşme imkanı da mevcuttur. 7/24 gözetim yapan merkezi sistem kontrolü ile bakım-işletme hizmetleri için destek de sağlanabilmektedir. Lokal veya internet üzerinden takip edilebilir, web ve grafikler olarak veri sağlanabilir. GPRS ile data taşıyarak solar sistem montajının yapıldığı yerlere kablo çekilmesine gerek kalmadan uzak ekranlara data taşınabilir. Günlük, haftalık, aylık ve yıllık sistem performansı, üretilen elektrik, kazanç görülebilir ve kaydedilebilir. Uzaktan konfigüre etme, izleme, kontrol etme ve mesaj alma imkanı gibi gelişmiş yüksek teknolojik özellikler ile yatırımcılara, tesis sahiplerine konfor ve kolaylık sağlanabilmektedir [6].

Şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemleri adeta bir mini elektrik santrali gibi çalışmakta olup, hem kendi ihtiyacımız olan elektriği çevre dostu, yerli ve yenilenebilir enerji kaynağımız güneşten üretmemizi sağlarken, aynı zamanda karlı bir yatırıma da sahip olabilme imkanı tanımaktadır [6].

Şebeke bağlantılı sistemlerde elektrik depolamak için yardımcı ekipman kullanılmaz. Şebeke bağlantılı sistemlerde kullanılan solar invertörün tasarımı özeldir. Şebekeye kontrollü enerji aktarır. Azami verim için güneş pillerini akıllı MPP (maksimum güç noktası) ile çalıştırır. Bunun yanında solar invertör şebekenin enerji kalitesi ve güvenlik gereksinimlerini karşılamak zorundadır [6].

2.4. ŞEBEKE BAĞLANTISIZ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

Şebeke bağlantısız güneş enerjisi sistemlerinde fotovoltaik panellerde üretilen elektrik, şarj kontrol cihazlarında düzenlenerek akülerde depolanır. Akülerde depolanan DC (Doğru Akım) enerjisi inverterler ile AC (Alternatif Akım) haline getirilerek kullanımımıza sunulur. Şebeke bağlantısız sistemler şekil 2.4.'de gösterilen 4 temel elemandan oluşur. Bunlar; güneş paneli, şarj kontrol cihazı, batarya ve invertörlerdir [8].



Şekil 2.4. Şebeke bağlantısız güneş enerjisi sistemi [7].

2.5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.5.1. Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Ekonomik Analizi İle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Genel olarak çalışmalarda Pvsyst ve HOMER programları kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada PV, rüzgar ve hibrit sistemlerden enerji üretimi yapılarak, sistemlerin kullanılabilirliği incelenmiş ve maliyet analizleri yapılmıştır. Çalışmada İsveçte depo olarak kullanılan bir binanın çatısına solar system kurulduğu düşünülerek simülasyon yapılmıştır. Sonuç olarak binanın enerji ihtiyacının %55 ini bu PV sistemin karşılayabileceği geri kalan kısmı için dış şebekeden enerji sağlaması gerektiği görülmüştür. İsveçte yapılan bu tasarımın ekonomik olmadığı sonucuna varılmıştır. Aynı çalışmada Türkiye de altı bölge seçilerek bu bölgelerde yıllık enerji ihtiyacının 1500kWh, 2500kWh ve 3500kWh olduğu düşünülen bir yapı için tasarımlar yapılmıştır. Her üç yük durumunda en uygun maliyetin Gelibolu şehrinde hibrit bir sistem tasarımı ile mümkün olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada şebekeye bağımlı sistem ile şebekeden bağımsız sistem karşılaştırması da yapılmış olup şebekeye bağımlı sistemin günümüze daha uygun çözüm olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca şebeke olmayan yerlere şebekeden bağımsız PV bir sistem kurulmasının

yeniden şebeke çekilmesine kıyasla çok daha uygun maliyetli bir çözüm olduğu tespit edilmiştir [10].

Benzer bir çalışmada PVSYST programı kullanılarak Erzincan'da 50 kW gücünde bir güneş enerjisi santrali kurulumu için maliyet analizi üzerine teorik olarak bir çalışma yapılmıştır. Sistemde güneş paneli olarak polikristal güneş panelleri kullanılmıştır. Daha verimli olmasına rağmen monokristal kullanılmamasının nedeni ilk yatırım maliyetinin daha fazla sürede kendini amorti etmesidir. Erzincan ilinin 40 yıllık radyasyon verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmış ve aylık ortalama ışınım değerleri kullanılmıştır. Eğim açısı 32° ve panel verimi %15,38 olarak kabul edilmiştir. Program üzerinde yapılan analiz çalışmasına göre sistemin üreteceği enerji miktarı yıllık 70.459 kWh olarak hesaplanmıştır. Sistemin ilk yatırım maliyeti ise 76.641 \$ bulunmuştur. Bu verilere göre amortisman süresi 9-10 yıl olarak bulunmuş ve Erzincan ili için Güneş enerji santrali kurulumunun oldukça cazip olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca sistemin şebeke bağlantılı olması ilk yatırım maliyetini azalttığından daha avantajlı bir seçenek olarak değerlendirilmiştir [11].

Şebeke bağlantılı güneş enerji sistemlerinin tekno ekonomik analizi ile ilgili Konya ve Balıkesir illerinde yapılan diğer bir çalışmada (0.833 MW gücünde) PV sistemin tasarımı ve ekonomik olup olmadığı hususu incelenmiştir. Yapılan çalışmada PVSYST programı ve meteonorm verileri kullanılmıştır. Konya ve Balıkesir illeri için yapılan çalışmada sabit sistemler, tek eksenli ve çift eksenli sistemler ayrı ayrı değerlendirilmiş olup kendi aralarında ve iller arasındaki karşılaştırmaları yapılmıştır. Hesaplamalar neticesinde Konya'daki güneş sistemin geri dönüşüm süresi sabit, tek ve çift eksenli olarak sırasıyla 6,4 yıl, 6 yıl ve 6,5 yıl olarak bulunmuştur. Balıkesir'de ise yine sırasıyla 7,2 yıl, 6,8 yıl ve 7,2 yıl olarak bulunmuştur. Yukarıdaki sonuçlardan da anlaşılacağı üzere Konya ilindeki sistemin geri dönüşüm süresi Balıkesir'e göre daha iyi olduğu görülmektedir. Her iki il için de en ekonomik sistemin hesaplama sonuçlarından da görüldüğü üzere tek eksenli sistem olduğu anlaşılmıştır [12].

Malatya’da bir kamu binasında 5 MW gücündeki bir güneş enerjisi santralının verimlilik hesabının yapıldığı bir çalışmada güneş panellerinin ömrü 25 yıl olarak kabul edilmiş, sistem büyük olduğu için sigorta bedelleri de hesaplamaaya dahil edilerek çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda yatırımın geri dönüş süresi yaklaşık 14.5 yıl olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak büyük sistemler için çok ekonomik olmadığı kanısına varılmıştır. Ülkemizin güneşlenme süresinin uzun olması, her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyacın artması ve teknoloji geliştikçe güneş panellerindeki fiyatların düşmesi nedeniyle ilerleyen yıllarda amortisman sürelerinin daha da kısılacağı öngörülmektedir [13].

Diğer bir çalışmada Karaman’da kurulması düşünülen 5MW gücündeki 36 farklı fotovoltaik sitemin ekonomik incelemesi yapılmıştır. Altı farklı fotovoltaik panel, üç montaj tipi ve iki çeşit evirici için incelemeler yapılmıştır. 4 farklı meteorolojik kaynaktan yararlanılmıştır. Çalışmada PVSYST programı kullanılmıştır. Üretim analizi sonucunda ekonomik analiz senaryoları gerçekleştirilmiş ve 36 farklı sistem için en uygun sistem seçilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Karaman için sabit montaj tipli, kadmiyum tellür güneş paneli ile elde edilen sistem en verimli sistem olarak belirlenmiştir. Kadmiyum zehirli madde olduğu için bazı bölgelerde kullanımına izin verilmemektedir. Bu nedenle bir yatırım yapılacağı zaman tüm detaylar dikkate alınması gerekliliği ortaya konmuştur [14].

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bahçesine kurulan güneş panellerinin verimlilik incelemesinin yapıldığı başka bir çalışmada güney batı yönünde 35° lik açıyla güneş paneli kurulumu yapılarak sistemin ilk yatırım maliyeti hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre güneş paneli sistemlerinin şehir şebekesinin olduğu yerlerde ekonomik olmadığı görülmüş, kırsalda merkeze uzak şehir şebekesinin olmadığı yerlerde daha ekonomik olduğu sonucuna ulaşılmıştır [15].

Diğer bir çalışmada Türkiye’nin yedi coğrafi bölgesinde evsel elektrik ihtiyacının çatı üstü fotovoltaik sistemler ile karşılanmasının ekonomik analizi yapılmıştır. Belirtilen çalışmada Türkiye’nin 7 Coğrafi bölgesinde pilot iller seçilmiş, çatı üstüne güneş panelleri konularak kaç yılda kendini amorti edebileceği araştırılmıştır. Bir

evin elektrik talebinin 3 kW, 4 kW, 5kW olduğu varsayılmış ve HOMER yazılımı kullanılarak inceleme yapılmıştır. Çalışma neticesinde her bölge için geri dönüşüm süresinin farklı olduğu görülmüş bunun sebebinin de her bölgenin güneş radyasyonunun farklı olmasından ve satış tarifelerinin farklı olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. İlk yatırım maliyetinin ortalama geri dönüşüm süresi 12.4 yıl olarak bulunmuştur. Geri dönüşüm süresinin 7 yılın üzerinde olmasından dolayı sistemin ekonomik olmadığı belirtilmiştir. Ülkemizde yatırımın daha kısa sürede geri dönüşmesi için mevcut teşviklerin daha ileri seviyeye taşınması Almanya, İspanya, Fransa ve İtalya gibi ülkelerdeki teşvikler gibi özellikle çatı üstü güneş paneli kurulmasıyla ilgili teşviklerin artırılmasının bu alana olan yatırımların fazlaşmasına vesile olacağı düşünülmektedir. Ayrıca çalışmada 3kW lık system için yıllık olarak 1,6 ile 2,1 ton arasında, 4 kW lık sistem için 2,2 ile 2,8 ton arasında, 5kW lık system için ise 2,7 ile 3,5 ton arasında CO₂ emisyonu salınımının azalacağı ortaya konulmuştur [16].

2.5.2. Haberleşme Sektöründe Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı İle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Haberleşme sektöründe de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve ekonomik analizi ile ilgili çalışmalar yapılmış olup genel olarak bu çalışmalarda merkezi yerleşim yerlerinden uzak ve elektrik şebekesinin olmadığı mobile baz istasyonları incelenmiştir.

Yapılan bir çalışmada fotovoltaik tabanlı hibrit güç sistemlerinin uzak telekomünikasyon istasyonları için uzun vadeli minimum maliyet çözümü incelenmiştir. Kırsal ve uzak alanlara kurulan haberleşme sistemlerine elektrik şebekesi götürülmesi mümkün olmadığından veya çok maliyetli olduğundan dolayı genellikle ilgili yerlere dizel jeneratör kurularak enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Bu dizel jeneratörler de havayı aşırı kirletmesi, yağ tüketmesi, bakım onarım maliyetlerinin fazla olması, yakıt ikmali için belirli periyotlarla lokasyona gidilmesi gerekliliği ve kırsal arazi olduğundan ulaşım zorluğu gibi sorunlara neden olmaktadır. Belirtilen sorunların bir nebze azaltılabilmesi için bu makalede fotovoltaik tabanlı dizel hibrit güç sistemleri üzerine bir araştırma yapılmıştır.

Çalışmada sadece ilk yatırım maliyeti değil aynı zamanda mazot tüketimi, yağ tüketimi, akü, elektronik cihazların bakım işletme maliyetleri gibi geniş kapsamlı olarak bir ekonomik analiz yapılmıştır. 10, 20 ve 30 yıllık işletme süresindeki minimum toplam maliyetler karşılaştırılmıştır [17].

Başka bir çalışmada yine kırsalda ve uzak mesafede bulunan telekomünikasyon sistemleri için fotovoltaik tabanlı hibrit dizel jeneratör kurulumu üzerine analiz yapılmıştır. Çalışma neticisindeki sonuçlara göre önerilen hibrit dizel güç sistemi için fotovoltaik panelin eğim açısının çok önemli olduğu ve düşük bakım ihtiyaçlarını sunmak için en iyi çözümlerden biri olduğu ortaya konulmuştur [18].

Diğer bir çalışmada izole GSM baz istasyonları için hibrit yeşil enerji sisteminin (fotovoltaik-rüzgar) etkin maliyet ile ve güvenilir bir şekilde işletilmesi için tasarım analizi ve kontrol stratejisi sunulmaktadır. İşlemin simülasyonu için Nijerya'da değişen iklim koşullarına sahip 3 merkez olan Abuja, Benin city ve Sokota'ya ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Önerilen modelde 12 kWh lik enerji 1 ABD dolarına mal olurken, 1 ABD doları değerindeki 3,29 kWh lik şebekeye ve 2 kWh lik dizel jeneratöre göre mükemmel performans göstermektedir [19].

Petrolün ana elektrik kaynaklarından biri olduğu Sudan'da yapılan bir çalışmada uzak alanlarda telekomünikasyon ekipmanları için güneş paneli ve rüzgar türbininden oluşan mikro hibrit sistem incelenmiştir. Bu çalışmada uzak baz istasyon sitelerine güç sağlamak için bir hibrit güç sisteminin en uygun boyutu ve tasarımı üzerinde durulmuştur. Enerji maliyeti ve çevresel emisyonlara göre 3 farklı sistem konfigürasyonu değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu analiz HOMER yazılımı ile yapılmıştır. Bu çalışma ile önerilen hibrit sistemin 24 saat esasına göre % 100 güvenilirlik, yüksek performans, uzun ömür (20 yıl) ve geleneksel güç kaynaklarından daha uygun maliyetli olduğunu kanıtlamıştır [20].

Kamerun'da yapılan diğer bir çalışmada MTN-C şirketinin baz istasyonları için en uygun güç seçenekleri değerlendirmesi yapılmıştır. Kamerun'da %52 lik pazar payı ile lider konumda olan MTN-C mobil operator firması 2008 yılında çevre kirliliğini azaltmaya ve yerel sakinlerin yaşam kalitesini artırmak için karbondioksit

emisyonları ve güç tüketimini azaltmaya yönelik güneş hibrit sistemi temini, kurulumu ve devreye alınması için bir teklif talebi hazırlar. Şirketin hedefi 3 yıl boyunca 27 tesiste güneş hibrit sistemini uygulamaktır. Bu amaçla ZTE firması tarafından önerilen çözümü uygular ve bu sayede dizel tüketimini azaltarak 7/24 jeneratörden kaynaklanan hava ve ses kirliliğini sınırlar. Site maliyetlerini azaltarak yeşil BTS alanlarını gerçekleştirmek için modüler ve güvenilir bir güneş sistemi tasarımı benimser. Şirket bu sayede işletme giderlerini etkin bir şekilde azaltır ve rekabet gücünü artırır [21].

Hindistan'ın Pencap bölgesinde yapılan bir çalışmada bu bölgedeki Amritsan, Ludhiana, Patiala ve Chandigarh şehirlerinde farklı hibrit kombinasyonlarının güç üretimi ve ekonomik analizi yapılmıştır. HOMER simülasyonlarında telekomünikasyon yükü kullanılmıştır. Sonuçlara göre, PV-dizel-Akü, pv-rüzgar-dizel, rüzgar-dizel-akü, rüzgar-dizel, pv-dizel sistemlerine kıyasla pv-rüzgar-dizel-akü kombinasyonunun ilgili şehirlerde maksimum güç üretimi için en uygun kombinasyon olduğu anlaşılmıştır [22].

Gelişmekte olan ülkelerden biri olan Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nin kırsal bölgelerindeki baz istasyonlarında yapılan benzer bir çalışmada hibrit fotovoltaik&rüzgar sistemlerinin birincil güç kaynağı olarak kullanılma durumu araştırılmıştır. Bu amaçla şebekenin olmadığı ve güneş ve rüzgar kaynaklarının bulunduğu Kabinda, Mbuji-Mayi ve Kamina bölgeleri pilot saha seçilmiştir. HOMER yazılım simülasyonları kullanılarak yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre belirtilen pilot sahalarda 20 yıllık proje süresi boyunca saf fotovoltaik, rüzgar ve dizel jeneratör seçeneklerine kıyasla en ekonomik sistemin hibrit güç sistemi olduğu anlaşılmıştır [23].

Diğer bir çalışmada bir fotovoltaik güneş paneli bir dizi akü ve isteğe bağlı olarak ikincil güç (elektrik şebekesi veya küçük bir dizel jeneratör) kullanarak bir LTE baz istasyonuna güç sağlamak için 10 yıllık bir zaman dilimi boyunca minimum maliyet çözümünü bulan bir algoritma önerilmektedir. Çalışma İtalya Torino gibi bir güney avrupa şehri ile Mısır Aswan gibi tropik bir şehir olan iki farklı güneş enerjisi üretim modeline sahip lokasyonda yapılmıştır. Sonuçlar hibrit sistemlerin saf güneş

enerjisine göre çok daha etkili olduğunu göstermektedir. Torino’da hibrit system elektrik şebekesi ve dizel jeneratöre göre maliyeti düşürmektedir. Aswan’da ise elektrik ve dizel fiyatları çok düşük olduğundan dizel jeneratör ile eşdeğer, elektrik şebekesine olan mevcut bağlantıdan biraz pahalıdır [24].

Başka bir çalışma da şebekeden bağımsız telekomünikasyon baz istasyonlarının yakıt hücreleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla beslenen hibrit bir sistem olarak çalışabilirliğinin araştırılması üzerinedir. Bu çalışma için yakıt hücreleri, bir fotovoltaik sistem ve bir dizel güç jeneratörü kullanılmıştır. Aynı zamanda tabiki enerji depolama için aküler kullanılmıştır. 6 saha için bu çalışmalar değerlendirilmiştir. Çalışma için bir yıl boyunca veri toplanmıştır. Çalışma sonucunda yakıt hücresi destekli bu hibrit sistemin fosil yakıt tüketiminin azaltılmasına yardımcı olduğu görülmüş ve verimlilik açısından da rekabetçi olduğu kanısına varılmıştır. Yakıt hücresinin havanın ani bulutlu olması durumlarında hemen akü veya yüke akım sağladığı için kontrol sistemleri açısından da problem yaratmadığı sonucuna varılmıştır [25].

Telekomünikasyon baz istasyonlarında hibrit soğutma ile ilgili yapılan bir çalışmada hibrit soğutma sisteminin bir model tahmin kontrolü (MPC) ile enerji tasarrufu potansiyeli incelenmiştir. MPC’nin performansını değerlendirmek için bir hafta boyunca simülasyonlar yapılmış ve sonuç olarak hibrit soğutma sistemi için iyi bir performans elde edilmesine rağmen maliyeti yüksek bulunmuştur [26].

Başka bir çalışmada bir fotovoltaik sistem kullanarak bir mobil ağın baz istasyonunun yönetimi incelenmiştir. Belirtilen çalışmada fotovoltaik güç sisteminin verimliliğini artırmak amacıyla MPPT denetleyicisi olarak bilinen maksimum güç noktası izleme teknolojisi kullanılmıştır ve bu sistemin maksimum güç aktarımı sağlamada en iyi çözüm olduğu ortaya konmuştur [27].

BÖLÜM 3

PVSYST

PVSYST fotovoltaik sistemlerin simülasyonunu yapmak üzere isviçrede geliştirilmiş bir yazılımdır. Programda şebeke bağlantılı, şebeke bağlantısız, sulama sistemleri ve DC üretim şeklinde dört farklı şekilde proje tasarımına imkan sağlanmaktadır. Programın proje tasarımı açılış penceresi şekil 3.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. PVSYST proje tasarım açılış penceresi.

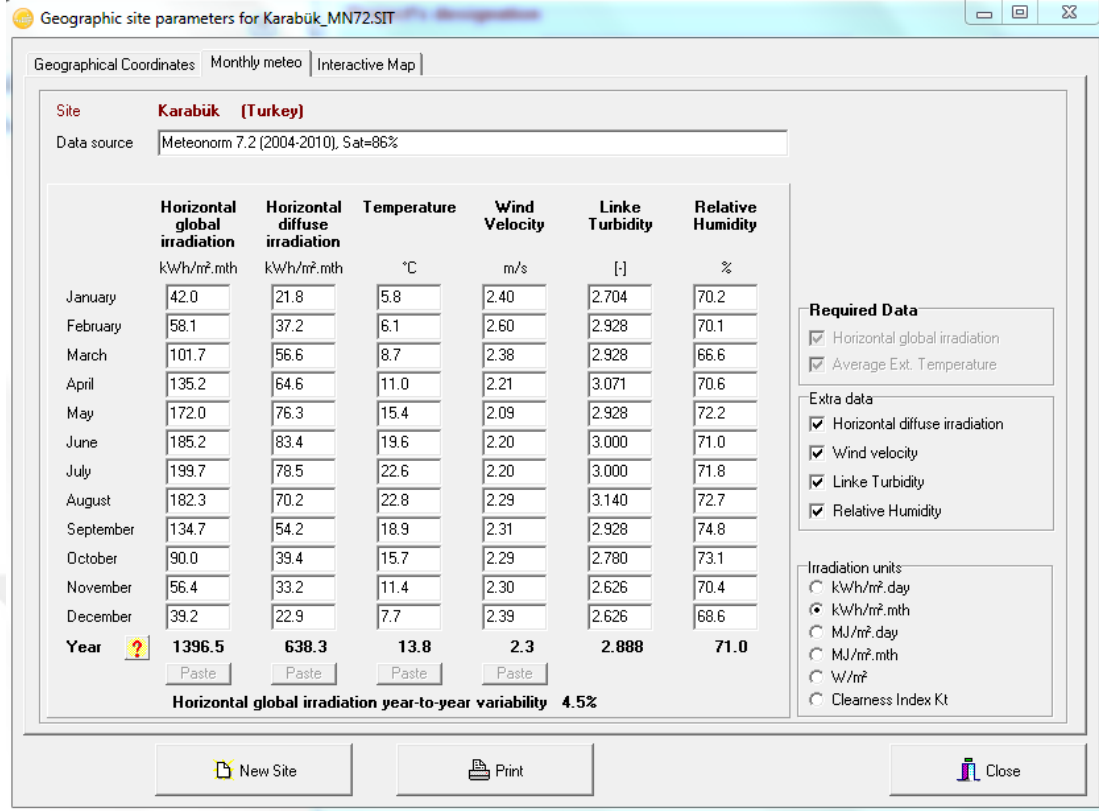
Programda fotovoltaik sistemlerin tasarımında istenilen güç veya kullanılabilir alan verileri girilir, veritabanında bulunan yüzlerce fotovoltaik panel ve invertörden ihtiyaca uygun olanlar seçilir ve PVSYST girilen veriler ışığında simülasyonlar gerçekleştirmemizi sağlar. Program güneş enerjisi sisteminin tasarlandığı lokasyonun şekil 3.2.'de gösterildiği gibi harita üzerinden seçilmesine ve bu lokasyona ait

meteorolojik verilerin Meteonorm 7.2, NASA-SSE, PVGIS TMY gibi meteorolojik veri tabanlarından çekilmesine olanak sağlar.

The screenshot displays the 'Geographic site parameters for Karabük_MN72.SIT' window. The 'Location' section shows 'Site name' as 'Karabük', 'Country' as 'Turkey', and 'Region' as 'Europe'. The 'Geographical Coordinates' section shows 'Latitude' as 41.2049 (Decimal) or 41° 12' 17" (Deg. min. sec.), 'Longitude' as 32.6277 (Decimal) or 32° 37' 39" (Deg. min. sec.), 'Altitude' as 312 M above sea level, and 'Time zone' as 3.0. The 'Meteo data Import' section has radio buttons for 'Meteonorm 7.2', 'NASA-SSE', 'PVGIS TMY', and 'NREL / NSRDB TMY'. The 'Tabular I/O (Excel)' section has buttons for 'Import', 'Export line', and 'Export table'. The bottom bar contains 'New Site', 'Print', and 'Close' buttons.

Şekil 3.2. PVSYST’te seçilen lokasyona (Karabük) ait coğrafi koordinatlar.

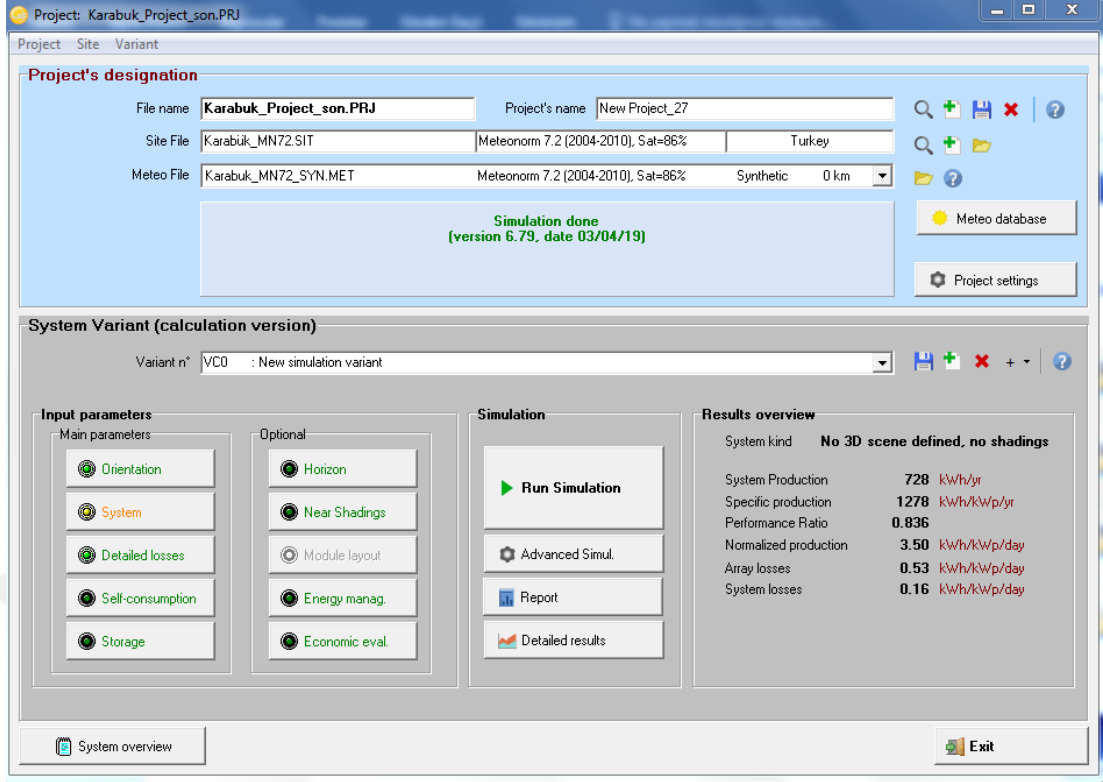
Seçtiğimiz lokasyon program veritabanında bulunmuyor ise lokasyona ait meteorolojik veriler sisteme manuel eklenebilmektedir. Meteorolojik veritabanından çekilen veriler lokasyona ait toplam güneş ışınımı, difüz ışınım, sıcaklık, rüzgar hızı, bulanıklık ve bağıl nem verilerini içermektedir. Karabük’e ait meteorolojik veriler şekil 3.3.’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. PVSYS'te seçilen lokasyona (Karabük) ait aylık meteorolojik veriler.

3.1. PROJE TASARIMI

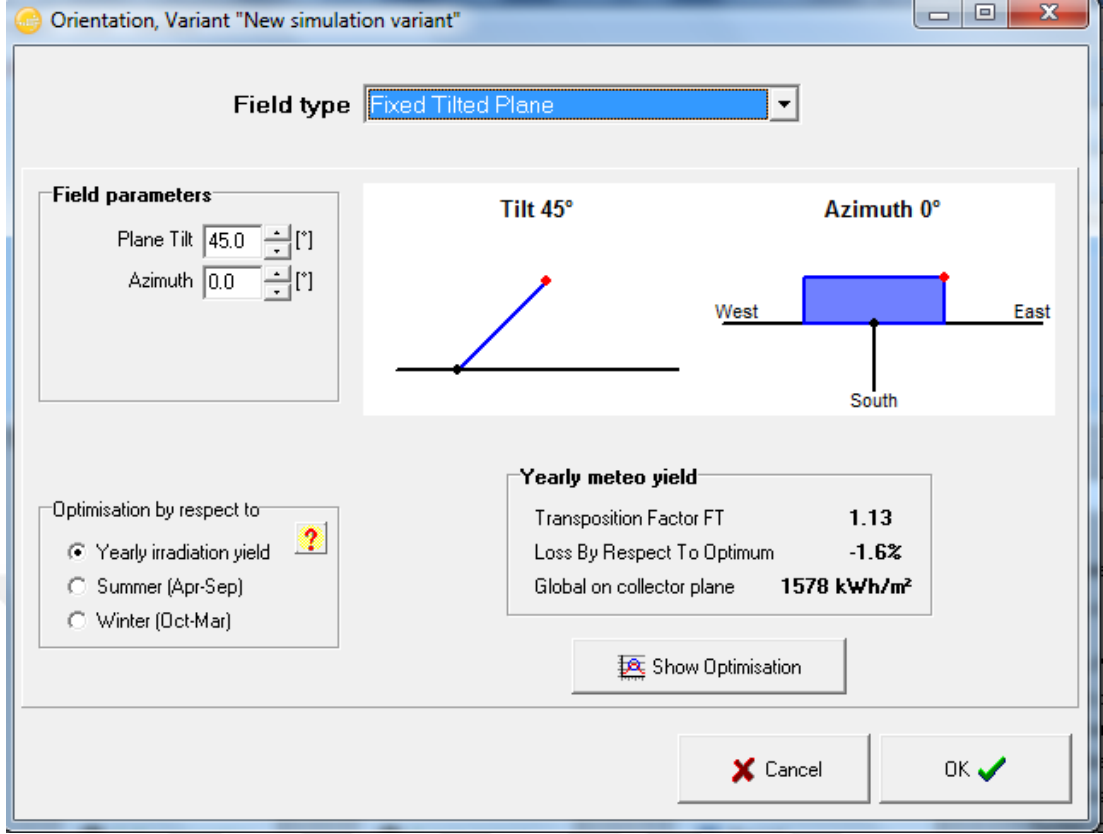
Tasarlamak istediğimiz sistem seçimi (şebeke bağlantılı, şebeke bağlantısız, sulama sistemi, dc üretim) yapıldıktan sonra bu tasarıma ait işlem adımları şekil 3.4.'de gösterildiği gibi ekranımıza gelmektedir. İlk adımda meteorolojik veritabanından tasarlanan projenin bulunduğu lokasyon seçilir ve proje kaydedilir.



Şekil 3.4. PVSYST proje tasarımı adımları.

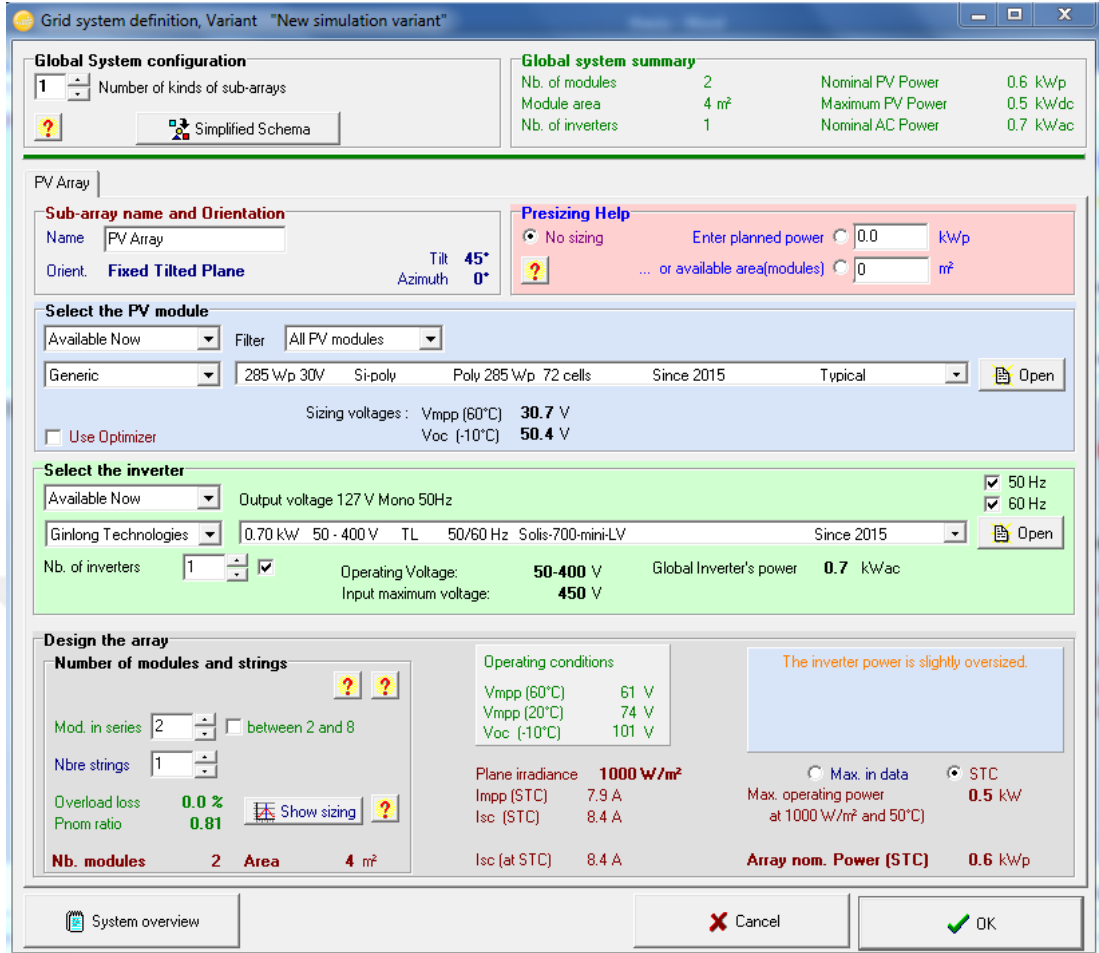
Sonra projede kullanılacak olan diğer ana parametreler girilir. Bunlar;

1. Orientation; Tasarlanacak olan sistemde kullanılacak olan panelin türü (sabit açılı, bir veya 2 yönde güneş izlemeli vs.) seçilir. Panel açısı ve azimut açısı verileri bu alanda girilir. Şekil 3.5.'de orientation penceresi gösterilmektedir.



Şekil 3.5. PVSYST Orientation penceresi.

2. System; Sistem tasarımında kullanılacak olan güneş paneli ve invertör seçimi şekil 3.6.'da gösterilen pencerede yapılır. Seçilen PV grubunun seçilen invertörle uyumlu çalışabilmesi için panel üzerindeki sıcaklık etkisi dikkate alınarak panelin ve invertörün çalışma gerilimi aralıkları uyumlu olmalıdır. PVSYST panel ve invertörün birbiri ile uyumlu çalışma gerilimi aralıklarında ve uyumlu güçte seçilmediğinde uyarılar vermektedir. Kırmızı uyarılar tasarım uygun olmadığından simülasyona izin vermemekte, turuncu uyarılar simülasyona izin vermekte ancak daha uygun panel veya invertör seçimi yapılmasını önermekte, mavi uyarılar da yine simülasyona izin vermekte aynı zamanda tasarımla ilgili iyileştirme önerisi sunmaktadır. Tasarım uygun olduğunda program herhangi bir uyarı vermeden simülasyona izin vermektedir. Ayrıca tasarımda kurulumu planlanan alanın büyüklüğü veya tasarımı planlanan sistemin güç bilgisi verileri girildiğinde kaç adet panel kullanılması gerektiği, seri bağlı panel sayısı ve dizi sayısı hesaplanabilmektedir.



Şekil 3.6. PVSYS Şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.

Aynı zamanda tasarlanan sistem üzerindeki gölgelenme etkisi, kayıplara ait detaylı veriler ve öz tüketim bilgileri de sisteme işlenebilmekte olup, bu veriler ışığında programda yapılan simülasyonlar sonuçların doğruluğunu artırmaktadır.

BÖLÜM 4

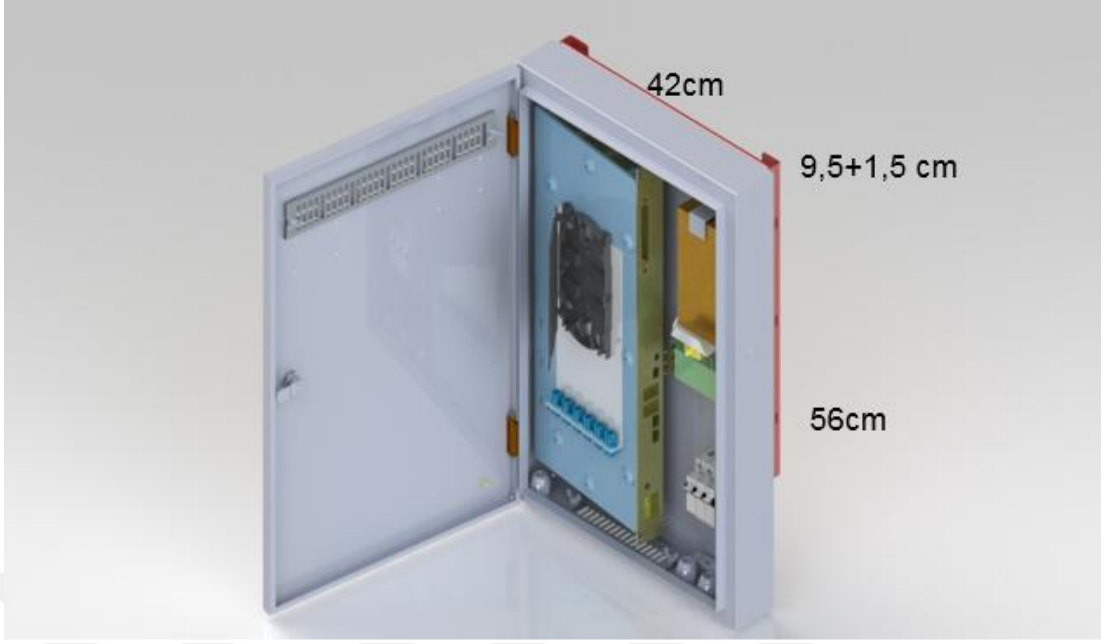
T21 HARİCİ AKTİF ERİŞİM CİHAZI

Bu çalışmada tasarımı ve ekonomik analizi yapılan güneş enerjisi sistemleri Karabük ili genelinde 185 binada kurulu bulunan şekil 4.1.'de gösterilen T21 harici aktif erişim sisteminin enerjisini karşılayacak ve ihtiyaç fazlası elektriğin şebekeye satılmasına imkan sağlayacak şekilde şebeke bağlantılı olarak tasarlanmıştır. Şebeke bağlantılı sistem T21 cihazın güneş enerjisi sisteminde meydana gelebilecek bir arızaya karşı elektriğinin şebekeden karşılanarak cihazın herhangi bir kesintiye maruz kalmaması için de önem arz etmektedir. Harici aktif erişim sistemlerinin hizmet verdiği abone sayısına göre kapasiteleri ve büyüklükleri, buna bağlı olarak da enerji tüketimleri çeşitlilik gösterebilmektedir.



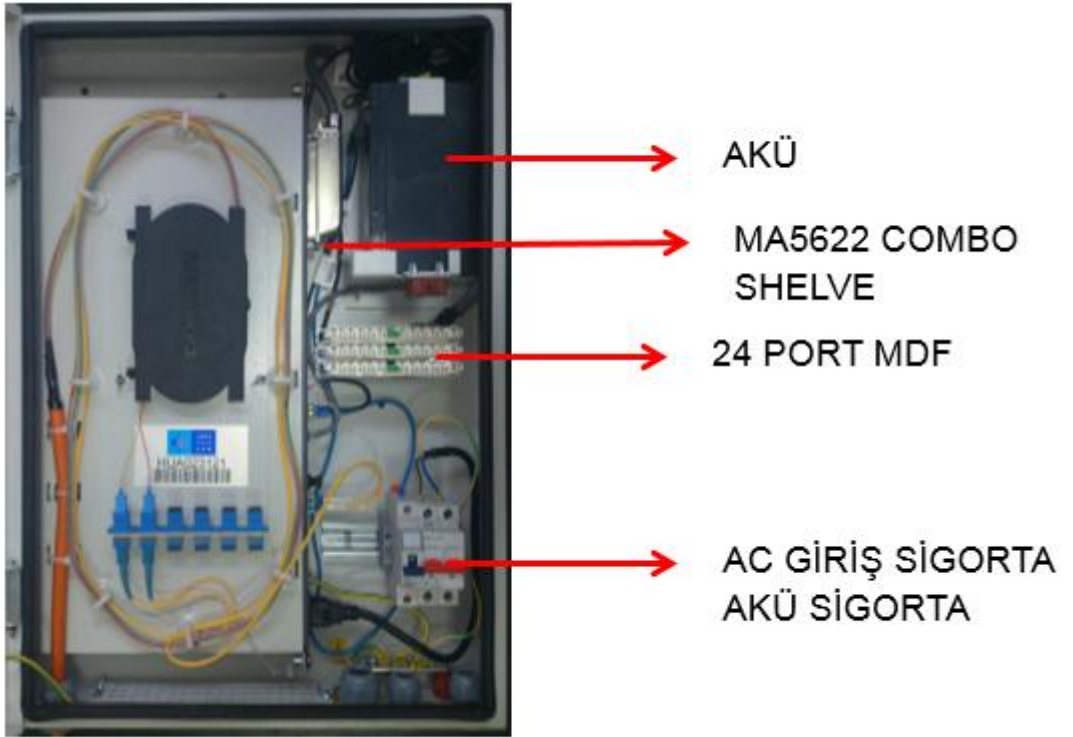
Şekil 4.1. T21 Harici aktif erişim sistemi.

Bu çalışmada kullanılan T21 adı verilen cihazın kabininin boyutları şekil 4.2.'de gösterildiği gibi olup, bu cihaz üzerinden 24 adet internet ve 24 adet sabit telefon aboneliği çalıştırılabilmektedir. Sistemin enerji tüketimi 66 Wh olup, günlük enerji tüketimi 1584 Wh, yıllık enerji tüketimi 578,16 kWh'tır.



Şekil 4.2. T21 sistemin boyutları.

T21 kabinin iç dizaynı ise şekil 4.3.'te gösterildiği şekildedir.



Şekil 4.3. T21 kabininin iç dizaynı.

BÖLÜM 5

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİNİN TASARIMI, PVSYST SİMÜLASYONLARI VE AMORTİSMAN SÜRELERİNİN HESAPLANMASI

İlk olarak T21 cihazının enerji ihtiyacının mümkün olduğunca büyük bir kısmını karşılayabilecek, eksik kalan enerji ihtiyacının ise şebekeden karşılandığı bir sistem tasarlanmıştır. Bu şekilde minimum malzeme maliyeti ve düşük kurulu güçteki amortisman süresi hesaplanmıştır. Daha sonra sistemin enerji ihtiyacının tamamını karşılayıp fazla üretilen enerjinin şebekeye satılma imkanı olduğundan ve bina çatılarındaki kullanılabilir alan da gözönünde bulundurularak kurulu güç artırılmış ve yine tasarlanan her sistem için amortisman süresi hesaplanmıştır. Yapılan simülasyonlarda Performans Raito değerinin %80'in altına inmemesine dikkat edilmiştir. Panel ve invertör seçimi yapılırken piyasada satışı olan ve fiyatlarına ulaşılabilen güncel sistemler seçilmesine dikkat edilmiştir.

5.1. 300 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI

Şekil 5.1.'de gösterilen en küçük kurulu güçte, 300 W olarak, tasarlanan sistem için aşağıda özellikleri verilen güneş paneli ve invertör seçilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlarda meteonorm 7.2 veritabanından çekilen şekil 3.3.'te gösterilen Karabük ili meteorolojik verileri kullanılmıştır.

Seçilen PV Modüle ait veriler;

Modül: REC 320 TP2M

Teknoloji: Si Monokristal

Modül maksimum gücü: 320 Wp

Modül boyutu: 1.675 m × 0.997 m

Açık devre gerilimi: 40 V

Maksimum güç noktası gerilimi: 33.90 V

Kısa devre akımı: 10.17 A

Modül verimi (STC) :%19.26

Seçilen İnvörtöre ait veriler;

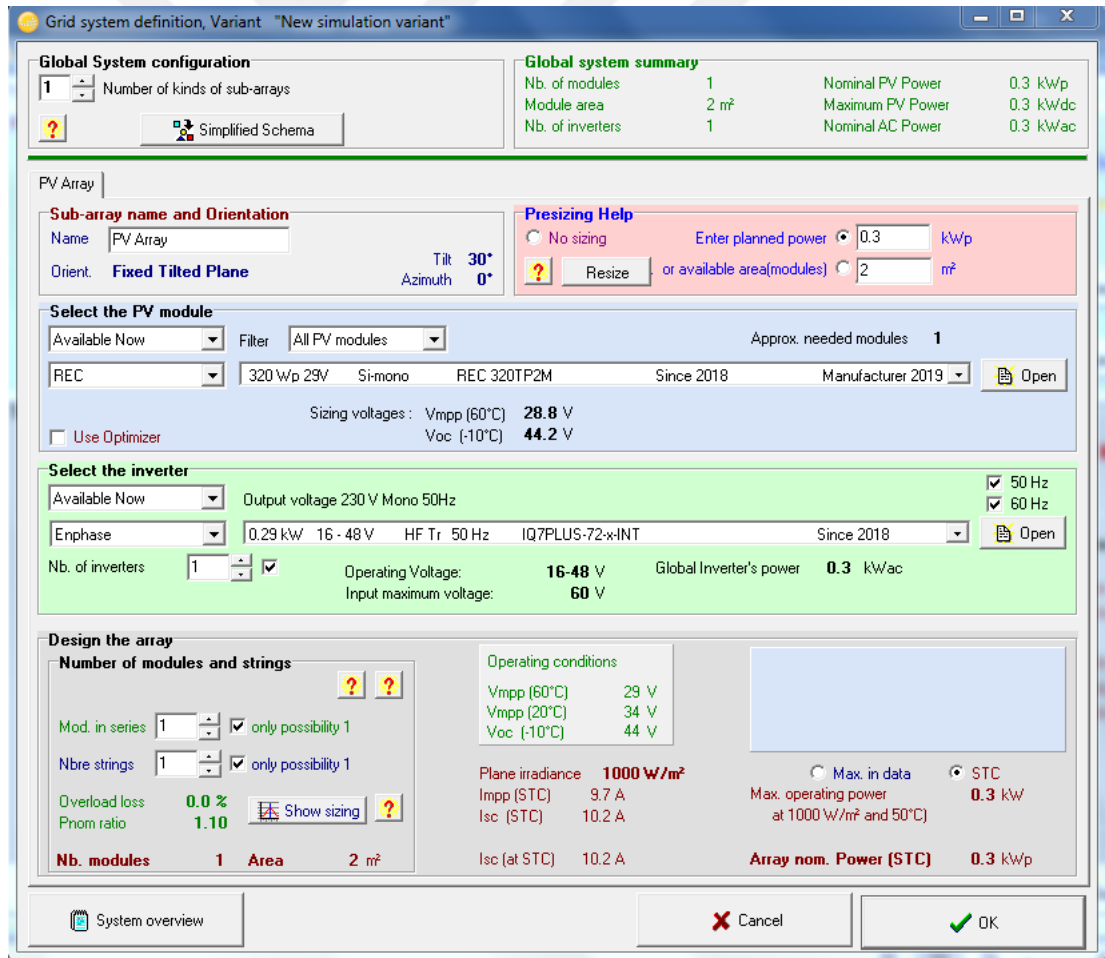
İnvörtör: Enphase IQ7PLUS-72-x-INT

Nominal AC güç: 0.290 kVA

Maksimum giriş gerilimi: 60 V

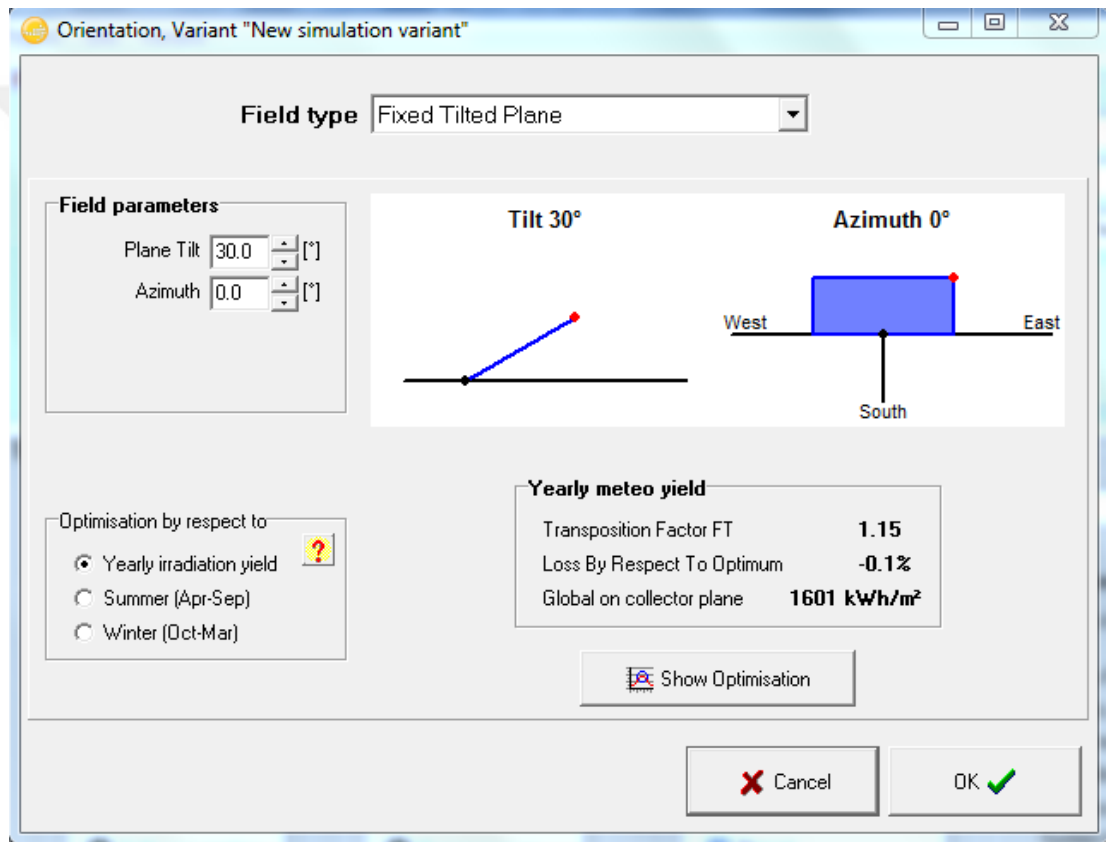
MPP gerilim Aralığı: 16- 48 V

Maksimum verim : % 97.52



Şekil 5.1. PVSYS 300 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.

Seçilen PV modül ile invertörün çıkış güçlerinin birbiri ile uyumlu olması gerekmektedir. Tercih edilen 1:1 oranıdır. Fakat invertörler belirli güçlerde üretildiğinden 1:1 oranı her zaman mümkün olmayabilir. Bu nedenle invertör ve PV gücü arasında %20 lik fark kabul edilebilmektedir. Seçtiğimiz panel ve invertörün $320 \text{ W}/290 \text{ W} = 1,01$ oranıyla çıkış güçleri birbiri ile uyumludur. Programda azimut açısı 0° kabul edilmiş olup, panelin eğim açısı değiştirilerek farklı simülasyonlar yapılmıştır. En yüksek enerji üretiminin şekil 5.2.'deki gibi 30 derecelik eğim açısıyla elde edildiği görülmüştür.



Şekil 5.2. PVSYST orientation (yönelim ayarları) penceresi.

Gölgeleme olmadığı varsayılarak yukarıda özellikleri verilen panel ve invertörle gerçekleştirilen simülasyon sonuçları şekil 5.3. , şekil 5.4. ve şekil 5.5.'te gösterilmiştir.

PVSYST V6.79	Özlem Yıldız (turkey)		27/04/19	Page 1/3					
Grid-Connected System: Simulation parameters									
Project : New Project_27									
Geographical Site	Karabük	Country	Turkey						
Situation	Latitude 41.20° N	Longitude	32.63° E						
Time defined as	Legal Time	Time zone	UT+3						
	Albedo 0.20	Altitude	312 m						
Meteo data:	Karabük	Meteonorm 7.2 (2004-2010), Sat=86% - Synthetic							
Simulation variant : New simulation variant									
	Simulation date	27/04/19 10h20							
Simulation parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings							
Collector Plane Orientation	Tilt 30°	Azimuth	0°						
Models used	Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm					
Horizon	Free Horizon								
Near Shadings	No Shadings								
User's needs :	Unlimited load (grid)								
PV Array Characteristics									
PV module	Si-mono	Model	REC 320TP2M						
Original PVsyst database		Manufacturer	REC						
Number of PV modules	In series	1 modules	In parallel	1 strings					
Total number of PV modules	Nb. modules	1	Unit Nom. Power	320 Wp					
Array global power	Nominal (STC)	320 Wp	At operating cond.	292 Wp (50°C)					
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	30 V	I mpp	9.7 A					
Total area	Module area	1.7 m²	Cell area	1.5 m²					
Inverter									
		Model	IQ7PLUS-72-x-INT						
Original PVsyst database		Manufacturer	Enphase						
Characteristics	Operating Voltage	16-48 V	Unit Nom. Power	0.290 kWac					
			Max. power (=>60°C)	0.300 kWac					
Inverter pack	Nb. of inverters	1 units	Total Power	0.29 kWac					
			Pnom ratio	1.10					
PV Array loss factors									
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s					
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	52 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC					
LID - Light Induced Degradation			Loss Fraction	1.5 %					
Module Quality Loss			Loss Fraction	-0.4 %					
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	1.0 % at MPP					
Strings Mismatch loss			Loss Fraction	0.10 %					
Incidence effect (IAM): User defined profile									
	0°	30°	45°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
	1.000	1.000	1.000	0.974	0.907	0.832	0.688	0.445	0.000

PVsyst Student License for

Şekil 5.3. Simülasyon parametreleri

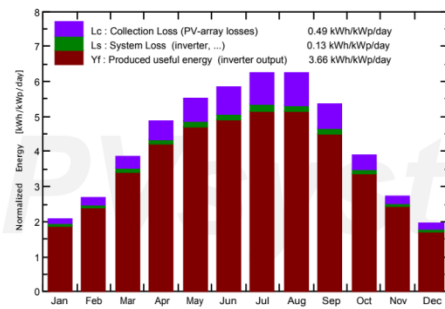
Grid-Connected System: Main results

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

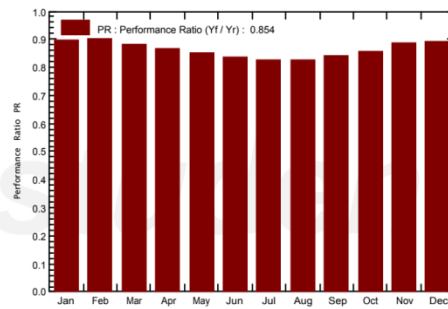
Main system parameters System type **No 3D scene defined, no shadings**
 PV Field Orientation tilt 30° azimuth 0°
 PV modules Model REC 320TP2M Pnom 320 Wp
 PV Array Nb. of modules 1 Pnom total **320 Wp**
 Inverter Model IQ7PLUS-72-x-INT Pnom 290 W ac
 User's needs Unlimited load (grid)

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 427.2 kWh/year** Specific prod. 1335 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 85.40 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 320 Wp



Performance Ratio PR



New simulation variant
Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
January	42.0	21.75	5.84	64.6	63.7	19.37	18.57	0.899
February	58.1	37.22	6.10	74.8	73.5	22.43	21.55	0.900
March	101.7	56.60	8.66	120.2	117.9	35.18	33.95	0.883
April	135.2	64.61	11.04	145.9	142.8	41.88	40.42	0.866
May	172.0	76.28	15.42	170.7	167.1	48.17	46.53	0.852
June	185.2	83.40	19.56	175.1	171.1	48.58	46.97	0.838
July	199.7	78.50	22.56	194.0	189.8	52.97	51.23	0.825
August	182.3	70.24	22.84	193.2	189.2	52.67	50.97	0.824
September	134.7	54.19	18.93	160.6	157.7	44.62	43.16	0.840
October	90.0	39.42	15.71	121.5	119.5	34.50	33.29	0.856
November	56.4	33.22	11.44	82.2	80.9	24.24	23.35	0.887
December	39.2	22.86	7.71	60.4	59.5	17.95	17.19	0.889
Year	1396.4	638.29	13.87	1563.2	1532.8	442.54	427.20	0.854

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation
 T_Amb Ambient Temperature
 GlobInc Global incident in coll. plane
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 EArray Effective energy at the output of the array
 E_Grid Energy injected into grid
 PR Performance Ratio

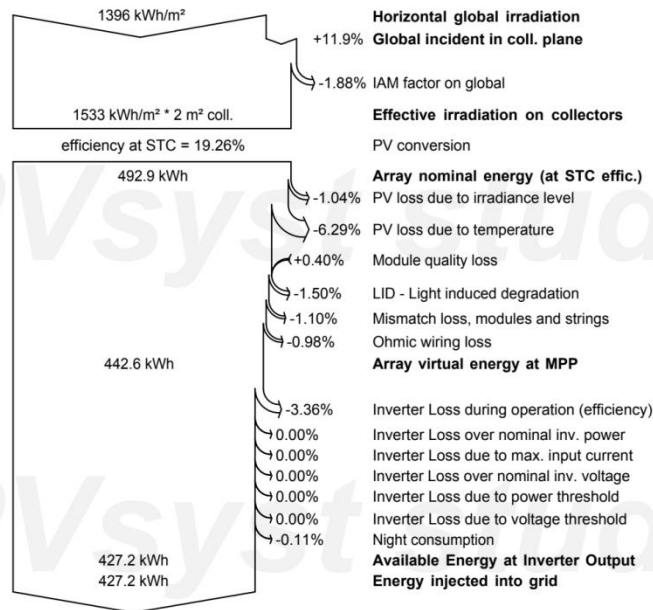
Şekil 5.4. Sonuçlar

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	REC 320TP2M	Pnom 320 Wp
PV Array	Nb. of modules	1	Pnom total 320 Wp
Inverter	Model	IQ7PLUS-72-x-INT	Pnom 290 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Şekil 5.5. Kayıp diyagramı

Tasarlanan 300 W sistem için amortisman süresi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;
Finansal Kabuller;

1. Hesaplamalarda 10.04.2019 tarihli Merkez Bankası döviz kuru değerleri kullanılmıştır. Buna göre;

1 Dolar = 5,68 TL

1 Euro = 6,40 TL

1 Sterlin=7,44 TL' dir.

2. Elektriğin şebekeye satılırken birim fiyatı EPDK'nın (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) resmi internet sitesinde yayınlanan 01.04.2019 tarihi itibarı ile geçerli olan Ticarethane/ Alçak Gerilim/ Tek zamanlı Perakende enerji bedeli değeri alınarak hesaplanmıştır [28]. Buna göre birim fiyat 0,39886 TL' dir.

3. Sistemin tükettiği elektrik için birim fiyat ise 0,7147 TL'den faturalandırılmakta olup, aşağıdaki birim tutarların toplamından oluşmaktadır.

- Aktif Enerji Bedeli (TL); 0,3988610
- Dağıtım Bedeli (TL); 0,1749910
- Belediye Tüketim Vergisi (TL); 0,0199431
- Enerji fonu (TL); 0,0039886
- TRT Payı (TL); 0,0079772
- KDV tutarı (TL); 0,1090369

4. Eğimli çatı üzerine sistem kurulumu için alüminyum montaj seti fiyatı Panel başına 24 \$ + KDV' dir.

5. Anahtar teslim kurulum hizmeti fiyatı 1,5 KW lık bir çatı sistemi için 650 Dolar + KDV olup, 185 merkez için kurulum yapılması teklif edildiğinde

yaklaşık %40 indirim uygulanmaktadır. Bu durumda hesaplamalarda Watt başına kurulum maliyeti 0,26 \$ + KDV olarak hesaplanmıştır. Kurulum hizmeti aşağıdaki hizmetleri kapsamaktadır;

- Elektrik&Mekanik Kurulum
- AC-DC kablolama işlemleri
- AC GES Panosu
- Tesis Topraklama İşlemleri
- Mevcut Toplama Panosuna Bağlantı
- İSG Sorumluluğu
- Personel Temini

6. 10 KW'a kadar her çatı için devlet prosedürlerinin takibi, elektrik ve statik projeler anahtar teslim fiyatı 1600 \$ +KDV'dir.

Sistemin amortisman süresi ilk yatırım maliyetinin sistemden elde edilen kazançla bölünmesiyle edilir.

Modül maliyeti: 139,85 € = 895,04 TL [29]

İnvertör Maliyeti: 127, 49 \$ = 724, 14 TL [30]

Alüminyum montaj malzemesi seti :24 \$ + KDV =160,85 TL

Kablo Ücreti (20 Metre Kırmızı & Siyah solar kablo): 188 TL

Anahtar teslim kurulum hizmeti fiyatı: 300 W*0.26 \$ +KDV = 522,78 TL

Devlet prosedürlerinin takibi, elektrik ve statik projeler anahtar teslim fiyatı: 1600\$ + KDV= 10723,84 TL

İlk yatırım maliyeti: 13214,65

PV sistemden elde edilen yıllık kazanç: 427 kWh *0,7147 = 305,17 TL

Amortisman Süresi: İlk Yatırım Maliyeti / PV sistemden elde edilen yıllık kazanç = 13214,65 TL / 305,17 TL = 43,3 yıl çıkmaktadır.

5.2. 600 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI

Şekil 5.6.'da gösterilen 600 W güçte tasarlanan sistem için aşağıda özellikleri verilen güneş paneli ve invertör seçilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir.

Seçilen PV Modüle ait veriler;

Modül: REC 285 TP2 (3 adet)

Teknoloji: Si polikristal

Modül maksimum gücü: 285 W

Modül boyutu: 1.675 m × 0.997 m

Açık devre gerilimi: 38,60 V

Maksimum güç noktası gerilimi: 31.90 V

Kısa devre akımı: 9.66 A

Modül verimi (STC) :%17.2

Seçilen İvertöre ait veriler;

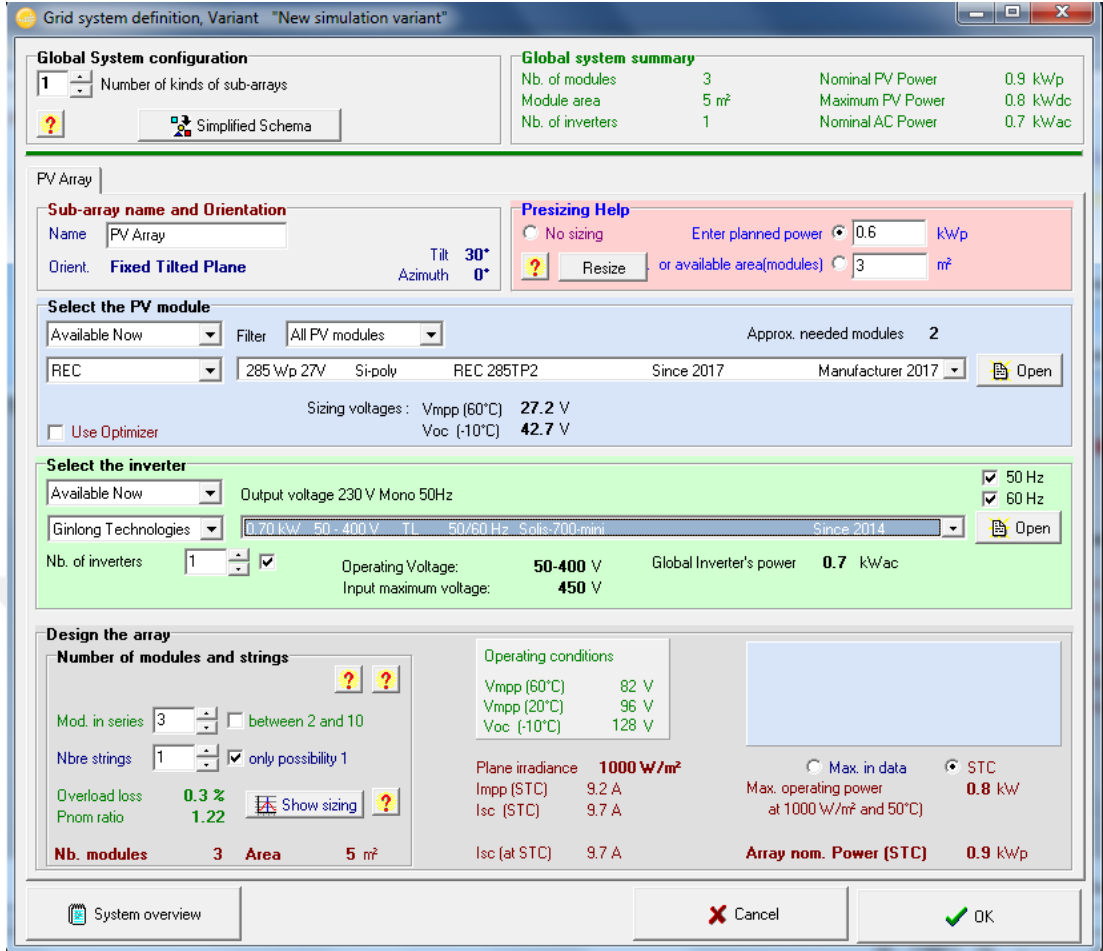
İvertör: Ginlong Technologies Solis 700 mini

Nominal AC güç: 0.7 kW

Maksimum giriş gerilimi: 450 V

MPP gerilim Aralığı: 50- 400V

Maksimum verim : % 96.7



Şekil 5.6. PVSYS 600 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.

Simülasyon sonuçları şekil 5.7. , şekil 5.8. ve şekil 5.9.'da gösterilmiştir.

PVSYST V6.79	Özlem Yıldız (turkey)			27/04/19	Page 1/3				
Grid-Connected System: Simulation parameters									
Project : New Project_27									
Geographical Site		Karabük	Country	Turkey					
Situation		Latitude 41.20° N	Longitude	32.63° E					
Time defined as		Legal Time	Time zone	UT+3					
		Albedo	Altitude	312 m					
Meteo data:		Karabük	Meteonorm 7.2 (2004-2010), Sat=86% - Synthetic						
Simulation variant : New simulation variant									
		Simulation date	27/04/19 10h30						
Simulation parameters		System type	No 3D scene defined, no shadings						
Collector Plane Orientation		Tilt	30°	Azimuth	0°				
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm				
Horizon		Free Horizon							
Near Shadings		No Shadings							
User's needs :		Unlimited load (grid)							
PV Array Characteristics									
PV module		Si-poly	Model	REC 285TP2					
Original PVsyst database		Manufacturer	REC						
Number of PV modules		In series	3 modules	In parallel	1 strings				
Total number of PV modules		Nb. modules	3	Unit Nom. Power	285 Wp				
Array global power		Nominal (STC)	855 Wp	At operating cond.	780 Wp (50°C)				
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	85 V	I mpp	9.2 A				
Total area		Module area	5.0 m²	Cell area	4.4 m²				
Inverter		Model	Solis-700-mini						
Original PVsyst database		Manufacturer	Ginlong Technologies						
Characteristics		Operating Voltage	50-400 V	Unit Nom. Power	0.70 kWac				
Inverter pack		Nb. of inverters	1 units	Total Power	0.7 kWac				
				Pnom ratio	1.22				
PV Array loss factors									
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s				
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	156 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC				
LID - Light Induced Degradation				Loss Fraction	1.5 %				
Module Quality Loss				Loss Fraction	-0.5 %				
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	1.0 % at MPP				
Strings Mismatch loss				Loss Fraction	0.10 %				
Incidence effect (IAM): User defined profile									
	0°	30°	45°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
	1.000	1.000	1.000	0.974	0.907	0.832	0.688	0.445	0.000

PV\sect Student | inense.fr

Şekil 5.7. Simülasyon parametreleri.

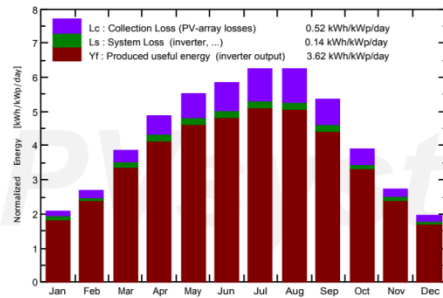
Grid-Connected System: Main results

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

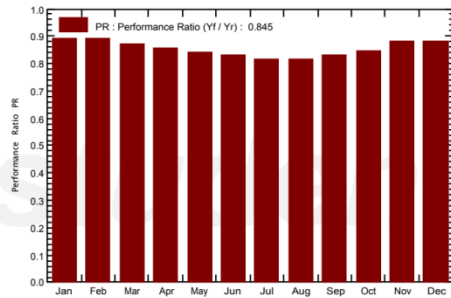
Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array	Nb. of modules	3	Pnom total 855 Wp
Inverter	Model	Solis-700-mini	Pnom 700 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 1130 kWh/year** Specific prod. 1321 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **84.54 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 855 Wp



Performance Ratio PR



**New simulation variant
Balances and main results**

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
January	42.0	21.75	5.84	64.6	63.7	51.4	49.2	0.891
February	58.1	37.22	6.10	74.8	73.5	59.5	57.1	0.893
March	101.7	56.60	8.66	120.2	117.9	93.3	89.8	0.873
April	135.2	64.61	11.04	145.9	142.8	110.9	106.7	0.855
May	172.0	76.28	15.42	170.7	167.1	127.7	122.9	0.842
June	185.2	83.40	19.56	175.1	171.1	129.0	124.2	0.830
July	199.7	78.50	22.56	194.0	189.8	140.9	135.7	0.818
August	182.3	70.24	22.84	193.2	189.2	140.1	134.9	0.816
September	134.7	54.19	18.93	160.6	157.7	118.3	113.9	0.829
October	90.0	39.42	15.71	121.5	119.5	91.7	88.1	0.848
November	56.4	33.22	11.44	82.2	80.9	64.3	61.9	0.880
December	39.2	22.86	7.71	60.4	59.5	47.6	45.5	0.882
Year	1396.4	638.29	13.87	1563.2	1532.8	1174.8	1129.8	0.845

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

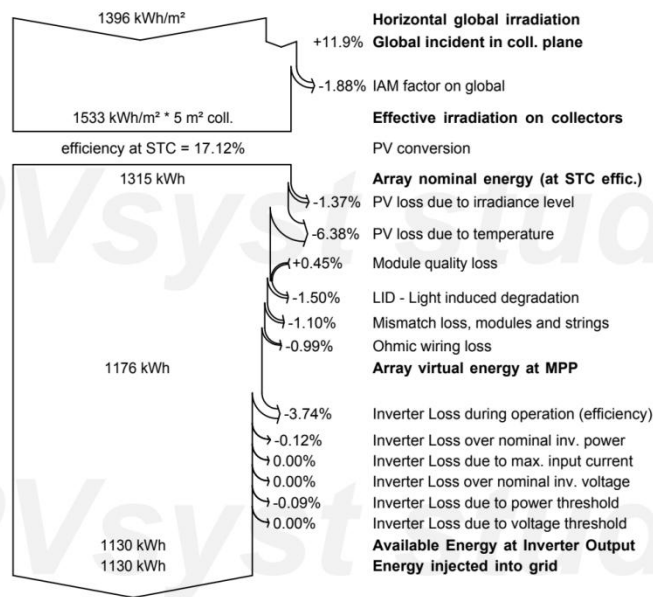
Şekil 5.8. Sonuçlar.

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array	Nb. of modules	3	Pnom total 855 Wp
Inverter	Model	Solis-700-mini	Pnom 700 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Şekil 5.9. Kayıp diyagramı.

Tasarlanan 600 W sistem için amortisman süresi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Modül maliyeti: $99,95 \text{ €} \times 3 = 1919,04 \text{ TL}$ [29]

İnvertör Maliyeti: $214.29 \text{ £} = 214.29 \times 7,44 = 1594.31 \text{ TL}$

Alüminyum montaj malzemesi seti : $3 \times 24 \text{ \$} + \text{KDV} = 482,57 \text{ TL}$

Kablo Ücreti (20 Metre Kırmızı & Siyah solar kablo): 564 TL

Anahtar teslim kurulum hizmeti fiyatı: $600 \text{ W} \times 0,26 \text{ \$} + \text{KDV} = 1045,57 \text{ TL}$

Devlet prosedürlerinin takibi, elektrik ve statik projeler anahtar teslim fiyatı: $1600 \text{ \$} + \text{KDV} = 10723,84 \text{ TL}$

İlk yatırım maliyeti: 16329,33 TL

PV sistemden elde edilen yıllık kazanç: $(1130 \text{ kW} - 578 \text{ kW}) \times 0,39886 = 220,17 \text{ TL}$,
 $578 \times 0,7147 \text{ TL} = 413,09 \text{ TL}$

Toplam kazanç = $220,17 + 413,09 = 633,26$

Amortisman Süresi: İlk Yatırım Maliyeti / PV sistemden elde edilen yıllık kazanç =
 $16329,33 \text{ TL} / 633,26 \text{ TL} = 25,7 \text{ yıl}$ 'dır.

5.3. 1500 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI

Şekil 5.10.'da gösterilen 1500 W güçte tasarlanan sistem için aşağıda özellikleri verilen güneş paneli ve invertör seçilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir.

Seçilen PV Modüle ait veriler;

Modül: REC 285 TP2 (6 adet)

Teknoloji: Si polikristal

Modül maksimum gücü: 285 W

Modül boyutu: $1.675 \text{ m} \times 0.997 \text{ m}$

Açık devre gerilimi: 38,60 V

Maksimum güç noktası gerilimi: 31.90 V

Kısa devre akımı: 9.66 A

Modül verimi (STC) :%17.2

Seçilen İnvörtöre ait veriler;

İnvörtör: Ginlong Technologies Solis 1500 mini

Nominal AC güç: 1.5 kW

Maksimum giriş gerilimi: 500 V

MPP gerilim Aralığı: 50- 400V

Maksimum verim : % 96.7

Grid system definition, Variant "New simulation variant"

Global System configuration

1 Number of kinds of sub-arrays

Global system summary

Nb. of modules	6	Nominal PV Power	1.7 kWp
Module area	10 m²	Maximum PV Power	1.6 kWdc
Nb. of inverters	1	Nominal AC Power	1.5 kWac

PV Array

Sub-array name and Orientation

Name PV Array

Orient. Fixed Tilted Plane

Tilt 30°

Azimuth 0°

Presizing Help

No sizing Enter planned power 1.5 kWp

or available area(modules) 8 m²

Select the PV module

Available Now Filter All PV modules Approx. needed modules 5

REC 285 Wp 27V Si-poly REC 285TP2 Since 2017 Manufacturer 2017 Open

Sizing voltages : Vmpp (60°C) 27.2 V

Voc (-10°C) 42.7 V

Select the inverter

Available Now Output voltage 230 V Mono 50Hz 50 Hz 60 Hz

Ginlong Technologies 1.5 kW 50 - 400 V TL 50/60 Hz Solis-1500-mini Since 2014 Open

Nb. of inverters 1 Operating Voltage: 50-400 V Global Inverter's power 1.5 kWac

Input maximum voltage: 500 V

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series 6 between 2 and 11

Nbre strings 1 only possibility 1

Overload loss 0.0 % Show sizing

Pnom ratio 1.14

Nb. modules 6 Area 10 m²

Operating conditions

Vmpp (60°C) 163 V

Vmpp (20°C) 192 V

Voc (-10°C) 256 V

Plane irradiance 1000 W/m²

Impp (STC) 9.2 A

Isc (STC) 9.7 A

Isc (at STC) 9.7 A

Max. operating power 1.6 kW at 1000 W/m² and 50°C

Array nom. Power (STC) 1.7 kWp

System overview Cancel OK

Şekil 5.10. PVSYS 1500 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.

Simülasyon sonuçları şekil 5.11. , şekil 5.12. ve şekil 5.13.'te gösterilmiştir.

PVSYST V6.79	Özlem Yıldız (turkey)	08/05/19	Page 1/3						
Grid-Connected System: Simulation parameters									
Project : New Project_27									
Geographical Site	Karabük	Country	Turkey						
Situation	Latitude 41.20° N	Longitude	32.63° E						
Time defined as	Legal Time	Time zone	UT+3						
	Albedo	Altitude	312 m						
Meteo data:	Karabük	Meteonorm 7.2 (2004-2010), Sat=86% - Synthetic							
Simulation variant : New simulation variant									
	Simulation date	08/05/19 10h42							
Simulation parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings							
Collector Plane Orientation	Tilt	30°	Azimuth 0°						
Models used	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm						
Horizon	Free Horizon								
Near Shadings	No Shadings								
User's needs :	Unlimited load (grid)								
PV Array Characteristics									
PV module	Si-poly	Model	REC 285TP2						
Original PVsyst database	Manufacturer	REC							
Number of PV modules	In series	6 modules	In parallel 1 strings						
Total number of PV modules	Nb. modules	6	Unit Nom. Power 285 Wp						
Array global power	Nominal (STC)	1710 Wp	At operating cond. 1560 Wp (50°C)						
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	170 V	I mpp 9.2 A						
Total area	Module area	10.0 m²	Cell area 8.8 m²						
Inverter									
Original PVsyst database	Manufacturer	Solis-1500-mini							
Characteristics	Operating Voltage	50-400 V	Unit Nom. Power 1.50 kWac						
Inverter pack	Nb. of inverters	1 units	Total Power 1.5 kWac						
			Pnom ratio 1.14						
PV Array loss factors									
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s						
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	312 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC						
LID - Light Induced Degradation			Loss Fraction 1.5 %						
Module Quality Loss			Loss Fraction -0.5 %						
Module Mismatch Losses			Loss Fraction 1.0 % at MPP						
Strings Mismatch loss			Loss Fraction 0.10 %						
Incidence effect (IAM): User defined profile									
	0°	30°	45°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
	1.000	1.000	1.000	0.974	0.907	0.832	0.688	0.445	0.000

PVsyst Student License for

Şekil 5.11. Simülasyon parametreleri.

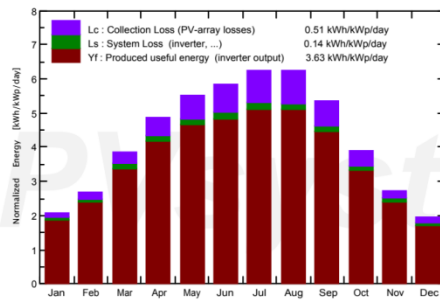
Grid-Connected System: Main results

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

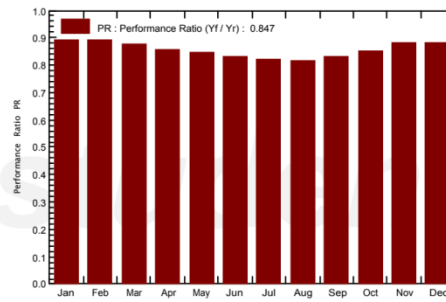
Main system parameters		System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		tilt	30°	azimuth 0°
PV modules		Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array		Nb. of modules	6	Pnom total 1710 Wp
Inverter		Model	Solis-1500-mini	Pnom 1500 W ac
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results		System Production	Produced Energy 2263 kWh/year	Specific prod.	1324 kWh/kWp/year
			Performance Ratio PR	84.68 %	

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1710 Wp



Performance Ratio PR



**New simulation variant
Balances and main results**

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	
January	42.0	21.75	5.84	64.6	63.7	102.8	98.5	0.892
February	58.1	37.22	6.10	74.8	73.5	119.0	114.3	0.894
March	101.7	56.60	8.66	120.2	117.9	186.8	179.8	0.875
April	135.2	64.61	11.04	145.9	142.8	222.5	214.1	0.858
May	172.0	76.28	15.42	170.7	167.1	256.0	246.4	0.844
June	185.2	83.40	19.56	175.1	171.1	258.3	248.7	0.831
July	199.7	78.50	22.56	194.0	189.8	281.8	271.5	0.818
August	182.3	70.24	22.84	193.2	189.2	280.3	270.0	0.817
September	134.7	54.19	18.93	160.6	157.7	237.3	228.6	0.832
October	90.0	39.42	15.71	121.5	119.5	183.4	176.4	0.849
November	56.4	33.22	11.44	82.2	80.9	128.7	123.8	0.881
December	39.2	22.86	7.71	60.4	59.5	95.2	91.2	0.884
Year	1396.4	638.29	13.87	1563.2	1532.8	2352.0	2263.4	0.847

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings
	DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T_Amb	Ambient Temperature	E_Grid	Energy injected into grid
	GlobInc	Global incident in coll. plane	PR	Performance Ratio

PVsyst Student License for

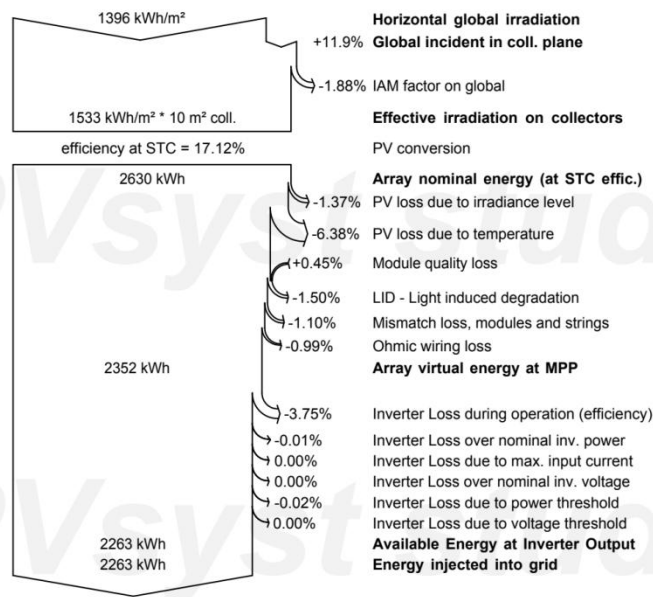
Şekil 5.12. Sonuçlar.

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array	Nb. of modules	6	Pnom total 1710 Wp
Inverter	Model	Solis-1500-mini	Pnom 1500 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



PVsyst Student License for

Şekil 5.13. Kayıp diyagramı.

Tasarlanan 1500 W sistem için amortisman süresi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Modül maliyeti: $99,95 \text{ €} * 6 = 599,7$ *6,40 = 3838,08 TL [29]

İnvertör Maliyeti: $222.9 \text{ £} = 222.9 * 7,44 = 1658,37$ TL [32]

Alüminyum montaj malzemesi seti: $6 * 24 \text{ \$} + \text{KDV} = 965,14$ TL

Kablo Ücreti (20 Metre Kırmızı & Siyah solar kablo): 1128 TL

Anahtar teslim kurulum hizmeti fiyatı: $1500\text{W} * 0,26 \text{ \$} + \text{KDV} = 2613,93$ TL

Devlet prosedürlerinin takibi, elektrik ve statik projeler anahtar teslim fiyatı: $1600\text{\$} + \text{KDV} = 10723,84$ TL

İlk yatırım maliyeti: 20927,36 TL

PV sistemden elde edilen yıllık kazanç: $(2263 \text{ kW} - 578 \text{ Kw}) * 0,39886 = 672,07$ TL,
 $578 * 0,7147 = 413,09$ TL

Toplam kazanç = $672,07 + 413,09 = 1085,16$ TL

Amortisman Süresi: İlk Yatırım Maliyeti / PV sistemden elde edilen yıllık kazanç =
 $20927,36 \text{ TL} / 1085,16 \text{ TL} = 19,2$ yıldır.

5.4. 3000 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI

Şekil 5.14.'te gösterilen 3000 W güçte tasarlanan sistem için aşağıda özellikleri verilen güneş paneli ve invertör seçilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir.

Seçilen PV Modüle ait veriler;

Modül: REC 285 TP2 (12 adet)

Teknoloji: Si polikristal

Modül maksimum gücü: 285 W

Modül boyutu: 1.675 m × 0.997 m

Açık devre gerilimi: 38,60 V

Maksimum güç noktası gerilimi: 31.90 V

Kısa devre akımı: 9.66 A

Modül verimi (STC) :% 17.2

Seçilen İnvörtöre ait veriler;

İnvörtör: Ginlong Technologies Solis 1500 mini (2 adet)

Nominal AC güç: 1.5 kW

Maksimum giriş gerilimi: 500 V

MPP gerilim Aralığı: 50- 400V

Maksimum verim : % 96.7

Şekil 5.14. PVSYST 3000 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.

Simülasyon sonuçları şekil 5.15. , şekil 5.16. ve şekil 5.17.'de gösterilmiştir.

PVSYST V6.79	Özlem Yıldız (turkey)	27/04/19	Page 1/3						
Grid-Connected System: Simulation parameters									
Project : New Project_27									
Geographical Site	Karabük	Country	Turkey						
Situation	Latitude 41.20° N	Longitude	32.63° E						
Time defined as	Legal Time	Time zone	UT+3						
	Albedo	Altitude	312 m						
Meteo data:	Karabük	Meteonorm 7.2 (2004-2010), Sat=86% - Synthetic							
Simulation variant : New simulation variant									
	Simulation date	27/04/19 10h39							
Simulation parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings							
Collector Plane Orientation	Tilt	30°	Azimuth 0°						
Models used	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm						
Horizon	Free Horizon								
Near Shadings	No Shadings								
User's needs :	Unlimited load (grid)								
PV Array Characteristics									
PV module	Si-poly	Model	REC 285TP2						
Original PVsyst database	Manufacturer	REC							
Number of PV modules	In series	6 modules	In parallel 2 strings						
Total number of PV modules	Nb. modules	12	Unit Nom. Power 285 Wp						
Array global power	Nominal (STC)	3420 Wp	At operating cond. 3120 Wp (50°C)						
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	170 V	I mpp 18 A						
Total area	Module area	20.0 m²	Cell area 17.7 m²						
Inverter									
Original PVsyst database	Manufacturer	Solis-1500-mini							
Characteristics	Operating Voltage	50-400 V	Unit Nom. Power 1.50 kWac						
Inverter pack	Nb. of inverters	2 units	Total Power 3.0 kWac						
			Pnom ratio 1.14						
PV Array loss factors									
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s						
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	156 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC						
LID - Light Induced Degradation			Loss Fraction 1.5 %						
Module Quality Loss			Loss Fraction -0.5 %						
Module Mismatch Losses			Loss Fraction 1.0 % at MPP						
Strings Mismatch loss			Loss Fraction 0.10 %						
Incidence effect (IAM): User defined profile									
	0°	30°	45°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
	1.000	1.000	1.000	0.974	0.907	0.832	0.688	0.445	0.000

PVsyst Student License for

Şekil 5.15. Simülasyon parametreleri.

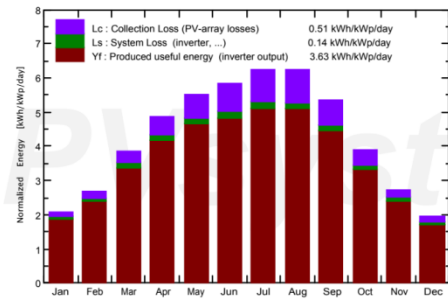
Grid-Connected System: Main results

Project : **New Project_27**
Simulation variant : **New simulation variant**

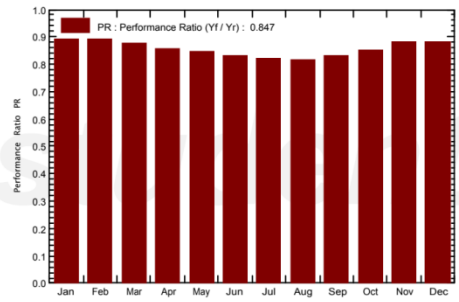
Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array	Nb. of modules	12	Pnom total 3420 Wp
Inverter	Model	Solis-1500-mini	Pnom 1500 W ac
Inverter pack	Nb. of units	2.0	Pnom total 3000 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 4527 kWh/year** Specific prod. 1324 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **84.68 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 3420 Wp



Performance Ratio PR



**New simulation variant
Balances and main results**

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
January	42.0	21.75	5.84	64.6	63.7	205.6	197.0	0.892
February	58.1	37.22	6.10	74.8	73.5	238.0	228.7	0.894
March	101.7	56.60	8.66	120.2	117.9	373.7	359.5	0.875
April	135.2	64.61	11.04	145.9	142.8	444.9	428.2	0.858
May	172.0	76.28	15.42	170.7	167.1	512.0	492.8	0.844
June	185.2	83.40	19.56	175.1	171.1	516.5	497.5	0.831
July	199.7	78.50	22.56	194.0	189.8	563.6	542.9	0.818
August	182.3	70.24	22.84	193.2	189.2	560.6	540.0	0.817
September	134.7	54.19	18.93	160.6	157.7	474.6	457.3	0.832
October	90.0	39.42	15.71	121.5	119.5	366.7	352.8	0.849
November	56.4	33.22	11.44	82.2	80.9	257.4	247.7	0.881
December	39.2	22.86	7.71	60.4	59.5	190.4	182.5	0.884
Year	1396.4	638.29	13.87	1563.2	1532.8	4704.1	4526.9	0.847

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

PVSyst Student License for

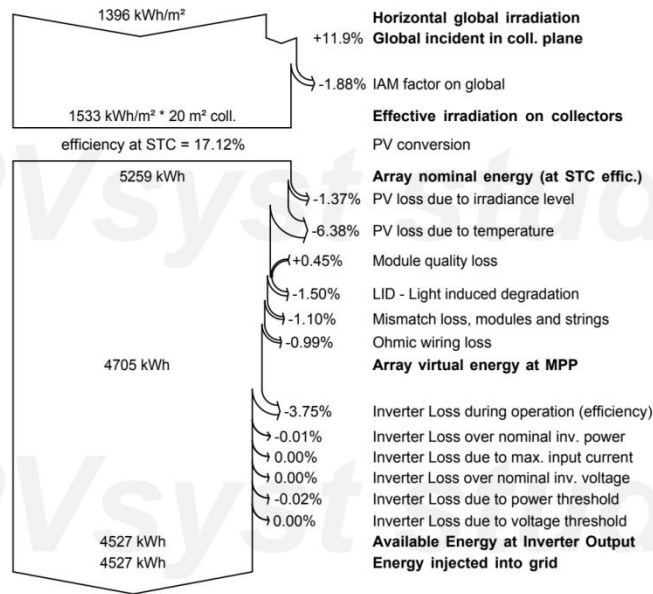
Şekil 5.16. Sonuçlar.

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array	Nb. of modules	12	Pnom total 3420 Wp
Inverter	Model	Solis-1500-mini	Pnom 1500 W ac
Inverter pack	Nb. of units	2.0	Pnom total 3000 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



PVsyst Student License for

Şekil 5.17. Kayıp diyagramı.

Tasarlanan 3000 W sistem için amortisman süresi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Modül maliyeti: $99,95 \text{ €} * 12 = 599,7 * 6,40 = 7676,16 \text{ TL}$ [29]

İnvertör Maliyeti: $2 * 222,9 \text{ £} = 3316,75 \text{ TL}$ [32]

Alüminyum montaj malzemesi seti: $12 * 24\$ + \text{KDV} = 1930,29 \text{ TL}$

Kablo Ücreti (20 Metre Kırmızı & Siyah solar kablo): 2256 TL

Anahtar teslim kurulum hizmeti fiyatı: $3000\text{W} * 0,26 \$ + \text{KDV} = 5227,87 \text{ TL}$

Devlet prosedürlerinin takibi, elektrik ve statik projeler anahtar teslim fiyatı: $1600\$ + \text{KDV} = 10723,84 \text{ TL}$

İlk yatırım maliyeti: 31130,91 TL

PV sistemden elde edilen yıllık kazanç: $(4527 \text{ Kw} - 578 \text{ kw}) * 0,39886 = 1575,09 \text{ TL}$,
 $578 * 0,7147 = 413,09 \text{ TL}$

Toplam kazanç = 1988,18 TL

Amortisman Süresi: İlk Yatırım Maliyeti / PV sistemden elde edilen yıllık kazanç =
 $31130,91 \text{ TL} / 1988,18 \text{ TL} = 15,6 \text{ yıl}$ 'dır.

5.5. 5000 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI

Şekil 5.18.'de gösterilen 5000 W güçte tasarlanan sistem için aşağıda özellikleri verilen güneş paneli ve invertör seçilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir.

Seçilen PV Modüle ait veriler;

Modül: REC 285 TP2 (18 adet)

Teknoloji: Si polikristal

Modül maksimum gücü: 285 W

Modül boyutu: 1.675 m × 0.997 m

Açık devre gerilimi: 38,60 V

Maksimum güç noktası gerilimi: 31.90 V

Kısa devre akımı: 9.66 A

Modül verimi (STC) :% 17.2

Seçilen İnvörtöre ait veriler;

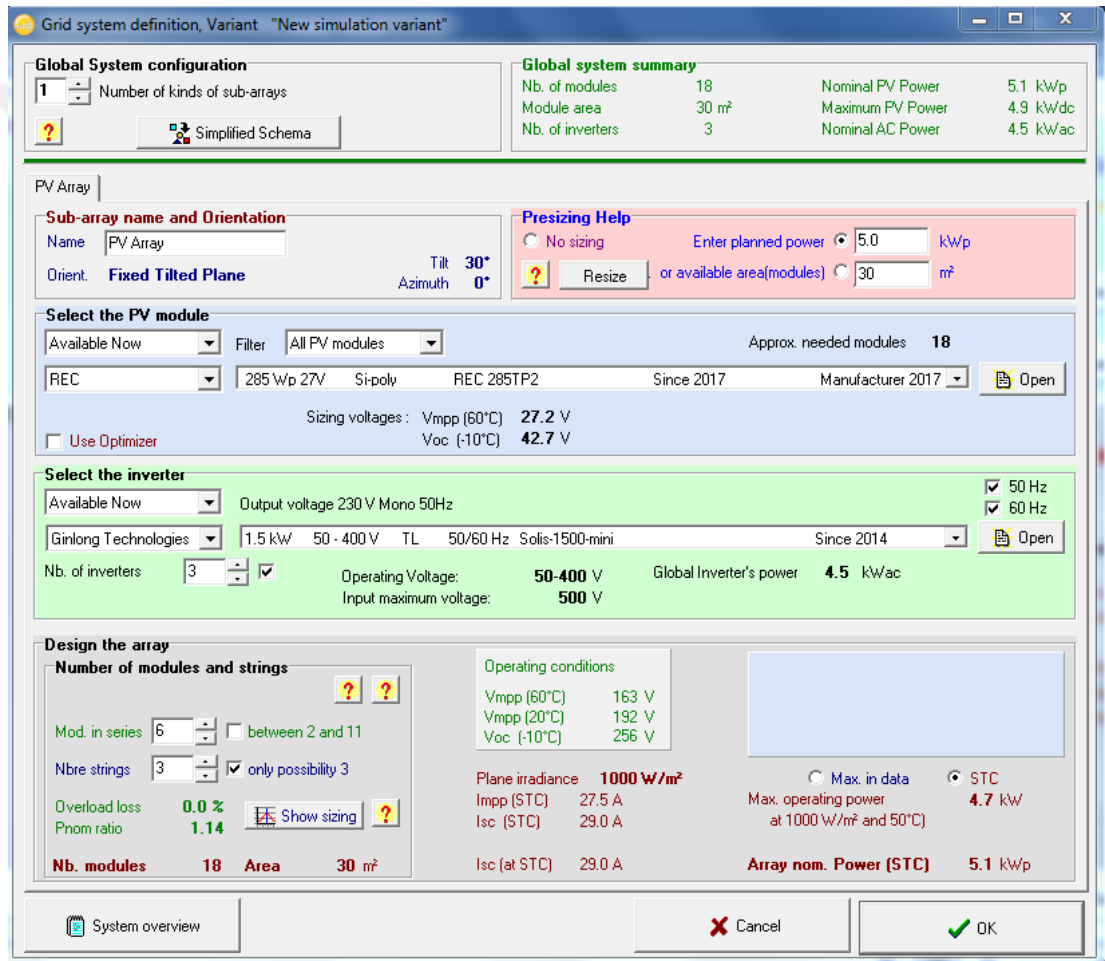
İnvörtör: Ginlong Technologies Solis 1500 mini (3 adet)

Nominal AC güç: 1.5 kW

Maksimum giriş gerilimi: 500 V

MPP gerilim Aralığı: 50- 400V

Maksimum verim : % 96.7



Şekil 5.18. PVSYS 5000 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.

Simülasyon sonuçları şekil 5.19. , şekil 5.20. ve şekil 5.21.'de gösterilmiştir.

PVSYST V6.79	Özlem Yıldız (turkey)		27/04/19	Page 1/3					
Grid-Connected System: Simulation parameters									
Project : New Project_27									
Geographical Site	Karabük	Country	Turkey						
Situation	Latitude 41.20° N	Longitude	32.63° E						
Time defined as	Legal Time Time zone UT+3	Altitude	312 m						
	Albedo 0.20								
Meteo data:	Karabük	Meteonorm 7.2 (2004-2010), Sat=86% - Synthetic							
Simulation variant : New simulation variant									
	Simulation date	27/04/19 10h50							
Simulation parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings							
Collector Plane Orientation	Tilt 30°	Azimuth	0°						
Models used	Transposition Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm						
Horizon	Free Horizon								
Near Shadings	No Shadings								
User's needs :	Unlimited load (grid)								
PV Array Characteristics									
PV module	Si-poly	Model	REC 285TP2						
Original PVsyst database	Manufacturer	REC							
Number of PV modules	In series	6 modules	In parallel	3 strings					
Total number of PV modules	Nb. modules	18	Unit Nom. Power	285 Wp					
Array global power	Nominal (STC)	5.13 kWp	At operating cond.	4679 Wp (50°C)					
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	170 V	I mpp	27 A					
Total area	Module area	30.1 m²	Cell area	26.5 m²					
Inverter									
Original PVsyst database	Model	Solis-1500-mini							
Characteristics	Manufacturer	Ginlong Technologies							
Inverter pack	Operating Voltage	50-400 V	Unit Nom. Power	1.50 kWac					
	Nb. of inverters	3 units	Total Power	4.5 kWac					
			Pnom ratio	1.14					
PV Array loss factors									
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s					
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	104 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC					
LID - Light Induced Degradation			Loss Fraction	1.5 %					
Module Quality Loss			Loss Fraction	-0.5 %					
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	1.0 % at MPP					
Strings Mismatch loss			Loss Fraction	0.10 %					
Incidence effect (IAM): User defined profile									
	0°	30°	45°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
	1.000	1.000	1.000	0.974	0.907	0.832	0.688	0.445	0.000

PVsyst Student License for

Şekil 5.19. Simülasyon parametreleri.

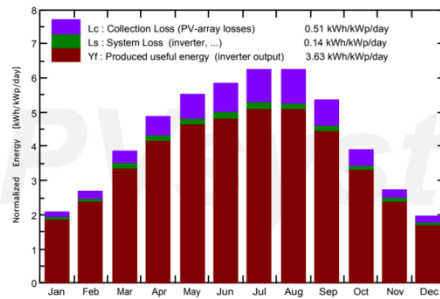
Grid-Connected System: Main results

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

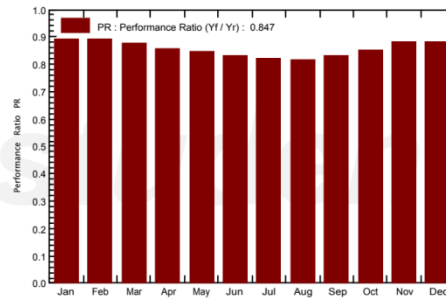
Main system parameters		System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		tilt	30°	azimuth 0°
PV modules		Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array		Nb. of modules	18	Pnom total 5.13 kWp
Inverter		Model	Solis-1500-mini	Pnom 1500 W ac
Inverter pack		Nb. of units	3.0	Pnom total 4500 W ac
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 6.79 MWh/year** Specific prod. 1324 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **84.68 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 5.13 kWp



Performance Ratio PR



**New simulation variant
Balances and main results**

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
January	42.0	21.75	5.84	64.6	63.7	0.308	0.295	0.892
February	58.1	37.22	6.10	74.8	73.5	0.357	0.343	0.894
March	101.7	56.60	8.66	120.2	117.9	0.561	0.539	0.875
April	135.2	64.61	11.04	145.9	142.8	0.667	0.642	0.858
May	172.0	76.28	15.42	170.7	167.1	0.768	0.739	0.844
June	185.2	83.40	19.56	175.1	171.1	0.775	0.746	0.831
July	199.7	78.50	22.56	194.0	189.8	0.845	0.814	0.818
August	182.3	70.24	22.84	193.2	189.2	0.841	0.810	0.817
September	134.7	54.19	18.93	160.6	157.7	0.712	0.686	0.832
October	90.0	39.42	15.71	121.5	119.5	0.550	0.529	0.849
November	56.4	33.22	11.44	82.2	80.9	0.386	0.371	0.881
December	39.2	22.86	7.71	60.4	59.5	0.286	0.274	0.884
Year	1396.4	638.29	13.87	1563.2	1532.8	7.056	6.790	0.847

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

PV Syst Student License for

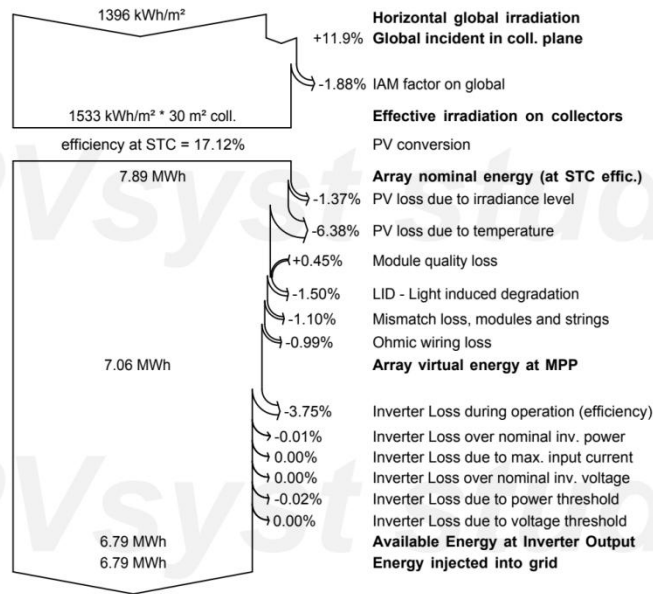
Şekil 5.20. Sonuçlar.

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array	Nb. of modules	18	Pnom total 5.13 kWp
Inverter	Model	Solis-1500-mini	Pnom 1500 W ac
Inverter pack	Nb. of units	3.0	Pnom total 4500 W ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



PVsyst Student License for

Şekil 5.21. Kayıp diyagramı.

Tasarlanan 5000 W sistem için amortisman süresi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Modül maliyeti: $99,95 \text{ €} * 18 = 11514,24 \text{ TL}$ [29]

İnvertör Maliyeti: $3 * 222,9 \text{ £} = 4975,12 \text{ TL}$ [32]

Alüminyum montaj malzemesi seti: $18 * 24\$ + \text{KDV} = 2895,43 \text{ TL}$

Kablo Ücreti (20 Metre Kırmızı & Siyah solar kablo): 3384 TL

Anahtar teslim kurulum hizmeti fiyatı: $5000 \text{ W} * 0,26 \$ + \text{KDV} = 8713,12 \text{ TL}$

Devlet prosedürlerinin takibi, elektrik ve statik projeler anahtar teslim fiyatı: $1600\$ + \text{KDV} = 10723,84 \text{ TL}$

İlk yatırım maliyeti: 42205,75 TL

PV sistemden elde edilen yıllık kazanç: $(6790 \text{ Kw} - 578 \text{ Kw}) * 0,39886 = 2477,71 \text{ TL}$,
 $578 * 0,7147 = 413,09 \text{ TL}$

Toplam kazanç = 2890,8 TL

Amortisman Süresi: İlk Yatırım Maliyeti / PV sistemden elde edilen yıllık kazanç =
 $42205,75 \text{ TL} / 2890,8 \text{ TL} = 14,6 \text{ yıl}$ 'dır.

5.6. 10000 W KURULU GÜÇTE SİSTEM TASARIMI VE AMORTİSMAN SÜRESİNİN HESAPLANMASI

Şekil 5.22.'de gösterilen 10000 W güçte tasarlanan sistem için aşağıda özellikleri verilen güneş paneli ve invertör seçilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir.

Seçilen PV Modüle ait veriler;

Modül: REC 285 TP2 (36 adet)

Teknoloji: Si polikristal

Modül maksimum gücü: 285 W

Modül boyutu: 1.675 m × 0.997 m

Açık devre gerilimi: 38,60 V

Maksimum güç noktası gerilimi: 31.90 V

Kısa devre akımı: 9.66 A

Modül verimi (STC) :% 17.2

Seçilen İnvörtöre ait veriler;

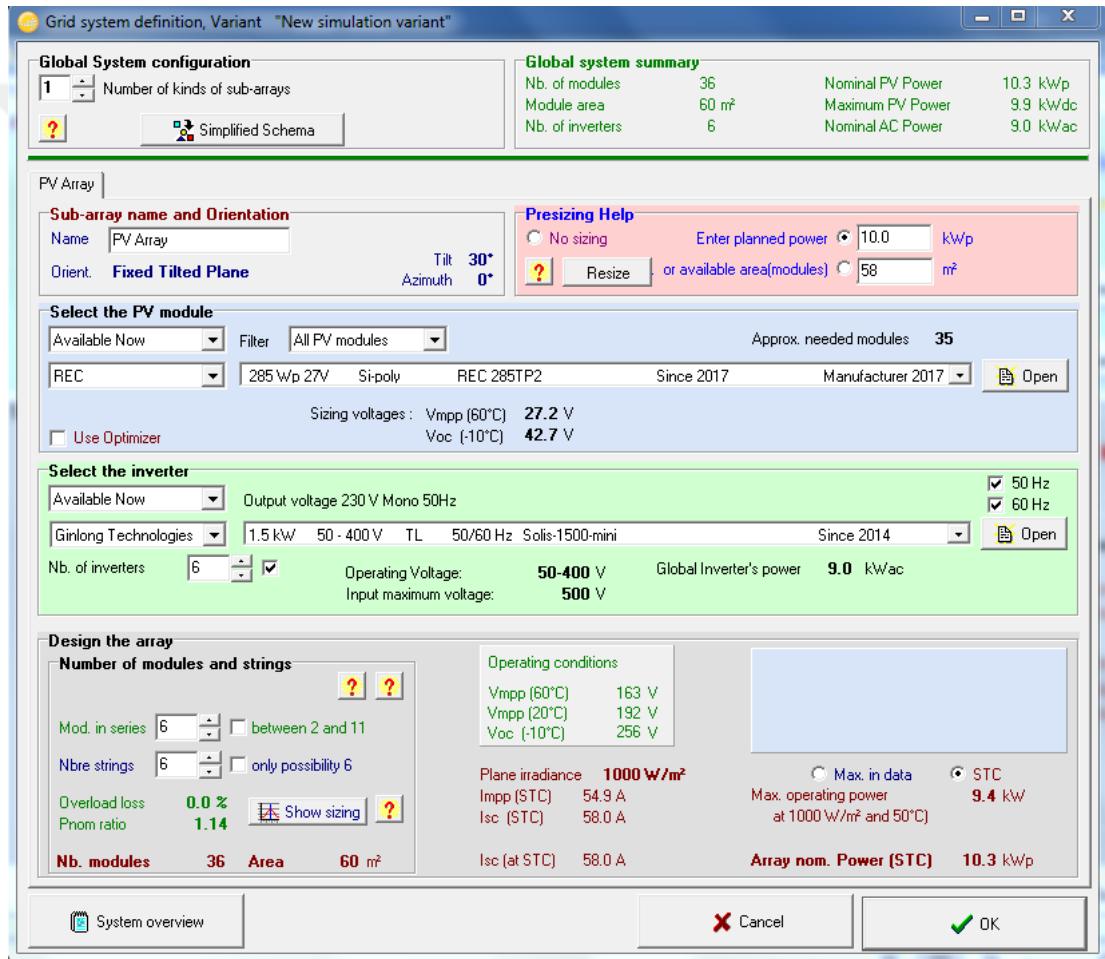
İnvörtör: Ginlong Technologies Solis 1500 mini (6 adet)

Nominal AC güç: 1.5 kW

Maksimum giriş gerilimi: 500 V

MPP gerilim Aralığı: 50- 400V

Maksimum verim : % 96.7



Şekil 5.22. PVSYS 10000 W şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı.

Simülasyon sonuçları şekil 5.23. , şekil 5.24. ve şekil 5.25'te gösterilmiştir.

PVSYST V6.79	Özlem Yıldız (turkey)		27/04/19	Page 1/3				
Grid-Connected System: Simulation parameters								
Project : New Project_27								
Geographical Site		Karabük	Country	Turkey				
Situation		Latitude 41.20° N	Longitude	32.63° E				
Time defined as		Legal Time	Time zone	UT+3				
		Albedo	Altitude	312 m				
Meteo data:		Karabük	Meteonorm 7.2 (2004-2010), Sat=86% - Synthetic					
Simulation variant : New simulation variant								
		Simulation date	27/04/19 10h55					
Simulation parameters								
		System type	No 3D scene defined, no shadings					
Collector Plane Orientation		Tilt	30°	Azimuth 0°				
Models used		Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm				
Horizon		Free Horizon						
Near Shadings		No Shadings						
User's needs :		Unlimited load (grid)						
PV Array Characteristics								
PV module		Si-poly	Model	REC 285TP2				
Original PVsyst database		Manufacturer	REC					
Number of PV modules		In series	6 modules	In parallel 6 strings				
Total number of PV modules		Nb. modules	36	Unit Nom. Power 285 Wp				
Array global power		Nominal (STC)	10.26 kWp	At operating cond. 9.36 kWp (50°C)				
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	170 V	I mpp 55 A				
Total area		Module area	60.1 m²	Cell area 53.1 m²				
Inverter								
Original PVsyst database		Model	Solis-1500-mini					
Characteristics		Manufacturer	Ginlong Technologies					
Inverter pack		Operating Voltage	50-400 V	Unit Nom. Power 1.50 kWac				
		Nb. of inverters	6 units	Total Power 9.0 kWac				
				Pnom ratio 1.14				
PV Array loss factors								
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s				
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	52 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC				
LID - Light Induced Degradation				Loss Fraction 1.5 %				
Module Quality Loss				Loss Fraction -0.5 %				
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 1.0 % at MPP				
Strings Mismatch loss				Loss Fraction 0.10 %				
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	30°	45°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.974	0.907	0.832	0.688	0.445	0.000

PVsys Student License for

Şekil 5.23. Simülasyon parametreleri.

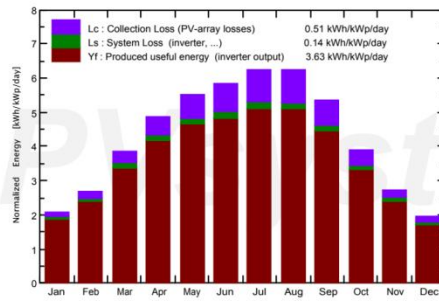
Grid-Connected System: Main results

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

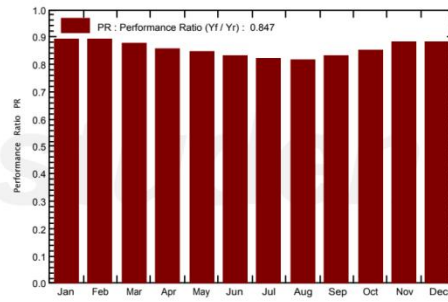
Main system parameters		System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		tilt	azimuth	0°
PV modules		Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array		Nb. of modules	36	Pnom total 10.26 kWp
Inverter		Model	Solis-1500-mini	Pnom 1500 W ac
Inverter pack		Nb. of units	6.0	Pnom total 9.00 kW ac
User's needs		Unlimited load (grid)		

Main simulation results			
System Production	Produced Energy	13.58 MWh/year	Specific prod. 1324 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	84.68 %	

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 10.26 kWp



Performance Ratio PR



**New simulation variant
Balances and main results**

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	42.0	21.75	5.84	64.6	63.7	0.617	0.591	0.892
February	58.1	37.22	6.10	74.8	73.5	0.714	0.686	0.894
March	101.7	56.60	8.66	120.2	117.9	1.121	1.079	0.875
April	135.2	64.61	11.04	145.9	142.8	1.335	1.285	0.858
May	172.0	76.28	15.42	170.7	167.1	1.536	1.478	0.844
June	185.2	83.40	19.56	175.1	171.1	1.550	1.492	0.831
July	199.7	78.50	22.56	194.0	189.8	1.691	1.629	0.818
August	182.3	70.24	22.84	193.2	189.2	1.682	1.620	0.817
September	134.7	54.19	18.93	160.6	157.7	1.424	1.372	0.832
October	90.0	39.42	15.71	121.5	119.5	1.100	1.058	0.849
November	56.4	33.22	11.44	82.2	80.9	0.772	0.743	0.881
December	39.2	22.86	7.71	60.4	59.5	0.571	0.547	0.884
Year	1396.4	638.29	13.87	1563.2	1532.8	14.112	13.581	0.847

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

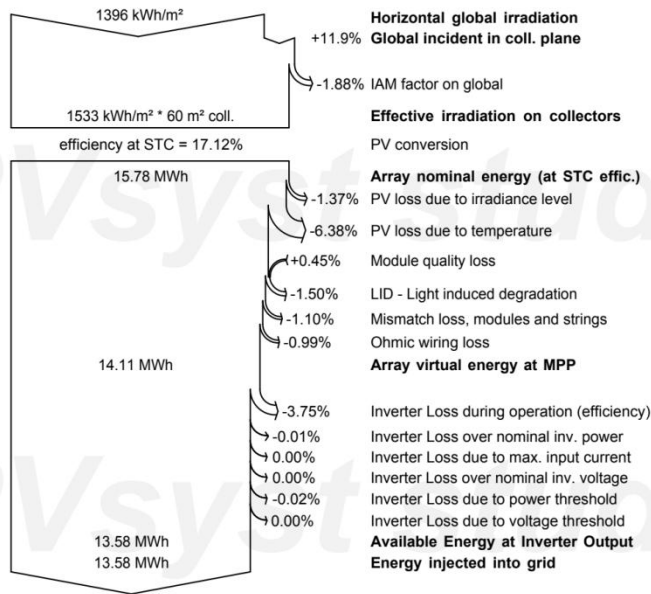
Şekil 5.24. Sonuçlar.

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : New Project_27
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	REC 285TP2	Pnom 285 Wp
PV Array	Nb. of modules	36	Pnom total 10.26 kWp
Inverter	Model	Solis-1500-mini	Pnom 1500 W ac
Inverter pack	Nb. of units	6.0	Pnom total 9.00 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



PVsyst Student License for

Şekil 5.25. Kayıp diyagramı.

Tasarlanan 10000 W sistem için amortisman süresi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Modül maliyeti: $99,95 \text{ €} * 36 = 23028,48 \text{ TL}$ [29]

İnvertör Maliyeti: $6 * 222,9 \text{ £} = 9950,25 \text{ TL}$ [32]

Alüminyum montaj malzemesi seti: $36 * 24\$ + \text{KDV} = 5790,87 \text{ TL}$

Kablo Ücreti (20 Metre Kırmızı & Siyah solar kablo): 6768 TL

Anahtar teslim kurulum hizmeti fiyatı: $10000 \text{ W} * 0,26 \$ + \text{KDV} = 17426,24 \text{ TL}$

Devlet prosedürlerinin takibi, elektrik ve statik projeler anahtar teslim fiyatı: $1600\$ + \text{KDV} = 10723,84 \text{ TL}$

İlk yatırım maliyeti: 73687,68 TL

PV sistemden elde edilen yıllık kazanç: $(13581 \text{ Kw} - 578 \text{ kw}) * 0,39886 = 5186,37 \text{ TL}$,

$578 * 0,7147 = 413,09 \text{ TL}$

Toplam kazanç= 5599,46 TL

Amortisman Süresi: İlk Yatırım Maliyeti / PV sistemden elde edilen yıllık kazanç = $73687,68 \text{ TL} / 5599,46 \text{ TL} = 13,1$ yıldır.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada haberleşme sektöründe kullanılan T21 adı verilen harici aktif erişim cihazının bulunduğu binaların çatılarına PVSYST simülasyon programı ile şebeke bağlantılı güneş enerjisi sistemi tasarımı yapılarak ekonomik analiz gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla 300 W, 600W, 1500W, 3000W, 5000W, 10000W kurulu güçte meteonorm 7.2 veri tabanından çekilen Karabük ili meteorolojik verileri ile yapılan simülasyon sonuçlarına göre şu sonuçlar elde edilmiştir;

1. 300 W kurulu güçteki sistemin amortisman süresi 43,3 yıl, 600W kurulu güçteki sistemin amortisman süresi 25,7 yıl, 1500 W kurulu güçteki sistemin amortisman süresi 19,2 yıl çıkmış olup, bu sonuca göre söz konusu sistemlerin ekonomik bir yatırım olmadığı görülmüştür.
2. 3000W, 5000W ve 10000 W kurulu güçteki sistemlerin amortisman süreleri sırasıyla 15,6, 14,6 ve 13,1'dir. Bu sistemlerin diğer sistemlere kıyasla daha ekonomik bir yatırım olduğu görülmektedir.
3. Kurulu güç arttıkça sistemin amortisman süresinin azaldığı görülmüştür. Buradaki en büyük etken devlet prosedürlerinin takibi, elektrik ve statik projeler için 10kW'a kadar kurulu güç ne olursa olsun aynı ücretin alınıyor olmasıdır.
4. Karabük ili genelinde T21 cihazının bulunduğu tüm binalara en ekonomik seçenek olan 10000 W kurulu güçteki sistemin kurulacağını düşündüğümüzde $36*185 = 6660$ adet güneş paneli ve $6*185= 1110$ adet invertör kullanılması gerekmekte olup, firmalar yüksek rakamlardaki panel ve invertör alımlarında çeşitli oranlarda indirimler uygulamaktadır. Bu da

yatırım maliyetlerinin bir miktar daha düşmesine ve amortisman süresinin kısalmasına yardımcı olacaktır.

5. Teşvik kapsamında şebekeye satılan elektriğin birim fiyatının artırılması veya ilk yatırım maliyetlerinin azaltılması bu sistemlere olan yatırımları yaygınlaştırarak güneş enerjisinin kullanımının artmasında büyük rol oynayacaktır.



KAYNAKLAR

1. İnternet: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, “Güneş Enerjisi ve Teknolojileri”, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx (2019).
2. İnternet: Gezege Solar, “Güneş Panelleri Nasıl Çalışır”, https://www.gezegensolar.com/journal2/blog/post?journal_blog_post_id=17 (2019).
3. İnternet: Robotik Sistem, “Güneş Piller”, http://www.robotiksistem.com/gunes_pilleri_nedir.html (2019).
4. İnternet: Evdelektrik, “Güneş Enerji Sistemleri Çalışma Prensipleri”, <https://www.evdelektrik.com/gunes-enerjisi-sistemleri-calisma-prensibi/gunes-enerjisi-sistemleri-calisma-prensibi-2/> (2019).
5. İnternet: Harmonal Enerji, “Güneş Enerjisi Kurulum Hizmetleri”, <http://harmonalenerji.com/gunes-enerjisi-kurulum-hizmetleri/> (2019).
6. İnternet: Elf Solar Enerji, “Şebeke Bağlantılı On Grid Solar Sistemler”, <http://elfenerji.com/hizmet-detay/ebeke-balantili-on-grid-solar-sistemler.html> (2019).
7. İnternet: Energy Informative, “grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems”, <https://energyinformative.org/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems/> (2019).
8. İnternet: Mühendistan, “Şebekeden Bağımsız (Off Grid) Solar Sistem Tasarımı”, <https://muhendistan.com/sebekeden-bagimsiz-solar-sistem-tasarimi/> (2019).
9. İnternet: Super Green Solutions, “How Do Solar Panels Work”, <https://supergreensolutions.com.au/faq/solar-power/how-does-solar-power-work/> (2019).
10. Sekuçoğlu, A., “Fotovoltaik (PV), Rüzgar ve Hibrit Sistemlerin Tasarımı Ve Ekonomik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (2012).
11. Küçükgoze, OM., Kaya, M., “Erzincan İli için 50 kW Kurulu Gücünde Bir Güneş Enerji Santralinin Maliyet Analizi”, *International Multilingual Academic Journal*, (2016).

12. Çekirdek, M., “Fotovoltaik Güç Santrallerinin Tekno-Ekonomik Analizi: Türkiye Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2017)
13. Durak, S., “Fotovoltaik Sistemlerin Ekonomik Analizi: Malatya’daki Bir Kamu Binası Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya, (2016).
14. Girgin, H., “Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralının Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW’lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul, (2011).
15. Okyay, Y., “Kütahya Koşullarında Fotovoltaik Sistemin Deneysel İncelenmesi ve Ekonomik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, (2006).
16. Özkök, A., “Türkiye’nin Yedi Coğrafi Bölgesinde Eysel Elektrik İhtiyacının Çatı Üstü Fotovoltaik Sistemler İle Karşılanmasının Ekonomik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul, (2015).
17. Kaldellis, J. K., Ninou, I. & Zafirakis, D., “Minimum long-term cost solution for remote telecommunication stations on the basis of photovoltaic-based hybrid power systems”, *Energy policy*, 39(5): 2512-2527 (2011).
18. Kaldellis, J. K., “Optimum hybrid photovoltaic-based solution for remote telecommunication stations”, *Renewable Energy*, 35(10): 2307-2315 (2010).
19. Okundamiya, M. S., Emagbetere, J. O. & Ogujor, E. A., “Design and control strategy for a hybrid green energy system for mobile telecommunication sites”, *Journal of Power Sources*, 257, 335-343 (2014).
20. Salih, T., Wang, Y. & Adam, M. A. A., “Renewable micro hybrid system of solar panel and wind turbine for telecommunication equipment in remote areas in Sudan” *Energy Procedia*, 61, 80-83 (2014).
21. Nfah, E. M. & Ngundam, J. M.,” Evaluation of optimal power options for base transceiver stations of Mobile Telephone Networks Cameroon”, *Solar Energy*, 86(10): 2935-2949 (2012).
22. Khan, M. J., Yadav, A. K. & Mathew, L.,” Techno economic feasibility analysis of different combinations of PV-Wind-Diesel-Battery hybrid system for telecommunication applications in different cities of Punjab, India”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 577-607 (2017).
23. Kusakana, K. & Vermaak, H. J.,” Hybrid renewable power systems for mobile telephony base stations in developing countries” *Renewable Energy*, 51, 419-425 (2013).

24. Zhang, Y., Meo, M., Gerboni, R. & Marsan, M. A., “Minimum cost solar power systems for LTE macro base stations”, *Computer Networks*, 112, 12-23 (2017).
25. Cordiner, S., Mulone, V., Giordani, A., Savino, M., Tomarchio, G., Malkow, T. & Jensen, J., “Fuel cell based Hybrid Renewable Energy Systems for off-grid telecom stations: Data analysis from on field demonstration tests”, *Applied Energy*, 192, 508-518 (2017).
26. Wang, J., Zhang, Q. & Yu, Y., “An advanced control of hybrid cooling technology for telecommunication base stations”, *Energy and Buildings*, 133, 172-184, (2016).
27. Issaadi, W., Khireddine, A. & Issaadi, S., “Management of a base station of a mobile network using a photovoltaic system”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1570-1590.
28. İnternet: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu , “ Elektrik Faturalarına Esas Tarife Tabloları”, <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari> , (2019).
29. İnternet: Eco Shop, “ REC”, <https://www.shop-eco-mc.de/module/rec.html>, (2019).
30. İnternet: RES Supply, “Enphase IQ7PLUS-72-2-US IQ Microinverter”, <https://ressupply.com/inverters/enphase-iq7plus-72-2-us-iqmicroinverter>, (2019).
31. İnternet: CCL Components, “Solis MINI 4G 700W Solar Inverter - Single Phase - 1 MPPT”, <https://www.cclcomponents.com/solis-mini-4g-700w-solar-inverter-single-phase-1-mppt>, (2019).
32. İnternet: zero home bills, “ Solis Mini 1500-4G 1.5KW Solar Inverter Single Tracker” , <https://zerohomebills.com/product/solis-mini-1500-4g-1-5kw-solar-inverter-single-tracker/>, (2019).

ÖZGEÇMİŞ

Özlem YILDIZ 1984 yılında Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini Karabük'te tamamladı. 75. Yıl Karabük Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-elektronik Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2006 yılında mezun oldu. 2007 yılında Türk Telekomünikasyon A.Ş. Karabük İl Müdürlüğü'nde mühendis olarak göreve başladı. 2010 yılında aynı işyerinde network ekip lideri olarak atandı. 2014 yılında Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde başladığı yüksek lisans öğrenimine devam etmekte olup, Karabük İl Telekom Müdürlüğü network ekip liderliği görevinde çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Telekom Müdürlüğü

Yenişehir Mah. Kılıçarslan Cad. No:2 Merkez / KARABÜK

Tel : (553) 350 5374

E-posta : ozlem.yildiz@turktelekom.com.tr