



T.C
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEBEKE DESTEKLİ GES İLE KLOR DOZAJ POMPALI İÇME SUYU
SİSTEMİ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYDIN OĞUZ BAŞ

HAZİRAN

AYDIN OĞUZ BAŞ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2023

**ŞEBEKE DESTEKLİ GES İLE KLOR DOZAJ POMPALI İÇME SUYU
SİSTEMİ TASARIMI**

Aydın Oğuz BAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet EKİCİ

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2023

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Aydın Oğuz BAŞ tarafından hazırlanan “Şebeke Destekli Ges ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet EKİCİ

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

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

Üye: Prof. Dr. Ünal KURT

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

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

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Cenk GEZEGİN

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

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

Tez Savunma Tarihi: 09/06/2023

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

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Aydın Oğuz BAŞ

09.06.2023

ŞEBEKE DESTEKLİ GES İLE KLOR DOZAJ POMPALI İÇME SUYU SİSTEMİ TASARIMI

(Yüksek Lisans Tezi)

Aydın Oğuz BAŞ

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2023

ÖZET

Dünya nüfusu 19. yüzyılın başında 1 milyar iken çeşitli sosyal, kültürel, ekonomik ve teknolojik gelişmeler sonucu, son 200 yılda 7 milyarı aşmıştır. Canlı yaşamının sürdürülmesi için gerekli doğal kaynaklardan biri olan su kaynaklarının kullanımı artan dünya nüfusu, değişen yaşam tarzı ve endüstrileşme gibi nedenler sebebiyle artırmıştır. Aynı zamanda artan nüfus, aşırı tüketim, küresel ısınma gibi sorunlar nedeniyle nitelikli ve yeterli miktarda su temin maliyeti de yükselmektedir. Genellikle su pompalama sistemleri konvansiyonel elektrik veya dizelle üretilen elektriğe bağımlıdır. Kırsal bölgelerde ise doğrudan ulusal bir şebeke istasyonuna bağlanamaması, su temini için bir sorun teşkil etmektedir. Ayrıca, fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve enerji güvenliği gibi sebepler, daha tasarruflu ve geleceğe dönük yatırımlarla dönüştürülmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Kırsal ve uzak bölgelerdeki şebeke elektriği sıkıntısı göz önüne alındığında yakıt maliyeti içermeyen, çevre dostu ve düşük bakım gerektiren sistemler olan fotovoltaik (FV) pompalama güneş enerjisinin en umut verici uygulamalarından biridir. Güneş enerjisi ile çalışan su pompalama sistemlerinin diğer pompalama sistemlerine göre, bakım istemeden kendi başına çalışmaları, yakıt gerektirmemeleri, istenilen yere kolayca kurulabilmeleri ve uzun ömürlü olmaları gibi önemli üstünlükleri vardır. Bu çalışmada, kırsal bölgelerde şebeke destekli fotovoltaik güneş santrali ile içme suyu temini için klor dozaj pompa sistemine sahip sistem tasarım ve analizi yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, PV*SOL premium 2023 programı kullanılarak Amasya ili, Taşova ilçesi, Çalkıdır Köyü için fotovoltaik güneş santrali ile içme suyu temini için klor dozaj pompa sistemi simülasyonu uygulanmıştır.

Sayfa Adedi	: 77
Anahtar Kelimeler	: PV-SOL, güneş enerjisi, su pompalama
Danışman	: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet EKİCİ

DESIGN OF DRINKING WATER SYSTEM WITH CHLORINE DOSING PUMP WITH
ON-GRID SES

(M. Sc. Thesis)

Aydın Oğuz BAŞ

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2023

ABSTRACT

While the world population was 1 billion at the beginning of the 19th century, it has exceeded 7 billion in the last 200 years as a result of various social, cultural, economic and technological developments. The use of water resources, which is one of the natural resources necessary for sustaining living life, has increased due to reasons such as increasing world population, changing lifestyle and industrialization. At the same time, due to problems such as increasing population, overconsumption and global warming, the cost of providing quality and sufficient amount of water is also increasing. Generally, water pumping systems are dependent on conventional electricity or diesel-generated electricity. In rural areas, the inability to connect directly to a national grid station poses a problem for water supply. Furthermore, the negative impact of fossil fuels on the environment and energy security necessitates their conversion to more cost-efficient and future-proof investments. Given the shortage of grid electricity in rural and remote areas, photovoltaic (PV) pumping is one of the most promising applications of solar energy as a fuel cost-free, environmentally friendly and low maintenance system. Solar-powered water pumping systems have significant advantages over other pumping systems, such as maintenance-free operation, fuel-free, easy installation at any location, and long service life. In this study, it is aimed to design and analyze a system with chlorine dosing pump system for drinking water supply with grid-supported photovoltaic solar power plant in rural areas. For this purpose, PV*SOL premium 2022 program was used to simulate a chlorine dosing pump system for drinking water supply with photovoltaic solar power plant for Çalkıdır Village, Taşova district, Amasya province.

Page Number : 77
KeyWords : PV-SOL, solar energy, water pump
Supervisor : Asst. Prof. Dr. Mehmet EKİCİ

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Proje sürecinde yazılım ve fikir konusunda tecrübeleri ve fikirleriyle yol gösteren Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı Başkanı değerli hocam Prof. Dr. Ünal KURT'a

Proje sürecimin her aşamasında bilgi, deneyim ve hoşgörü ile yol gösteren; engin bilgilerinden faydalandığım değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet EKİCİ' ye,

Proje için gereken veri iznini sağlayan Amasya İl Özel İdaresi Genel Sekreteri Sayın Erdin ACAR'a,

Yazılım kullanılmasında gerekli yardımları sağlayan yazılım distribütörü Çataklı Enerji'ye,

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu süreçte de maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her daim bana inanan ve yanımda olan aileme,

Özellikle bu süreçte beni hiç yalnız bırakmayan sevgili kardeşim Uzm. Fzt. Sevilay Seda BAŞ'a, teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
HARİTALAR DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ DURUMU	3
2.1. Dünyada Enerji.....	3
2.2. Türkiye’de Enerji.....	5
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ	6
3.1. Hidroelektrik.....	6
3.2. Biyoenerji	7
3.3. Jeotermal Enerji.....	8
3.4. Rüzgar Enerjisi	8
3.5. Okyanus.....	9
3.6. Güneş Enerjisi	9
3.6.1. Isıl güneş teknolojileri ve odaklanmış güneş enerjisi (csp)	14
3.6.2. Fotovoltaik sistemler (güneş hücreleri)	15
4. İÇME SUYU SİSTEMİ TASARIMI	18
5. GÜNEŞ ENERJİLİ SU POMPALAMA SİSTEMLERİ.....	19

Sayfa

5.1. Güneş Enerjili Su Pompalama Sistemlerinde Elemanlar	20
5.1.1.Konfigürasyon	21
5.1.2. Fotovoltaik paneller.....	23
5.1.3. Elektrik motoru.....	26
5.1.4. Su pompaları.....	26
5.1.5. Suyun pompalanacağı toplam yükseklik	27
5.1.6. Klor dozaj pompası.....	28
5.1.7. Solar pompalarda performansa ilişkin parametreler.....	28
5.2. Güneş Enerji Sistemlerinin Yatırım Öncesi Simülasyonu	30
6. MATERYAL VE METOT	32
6.1. Bölgenin Coğrafi Özellikleri	32
6.2. Pv-Sol	33
6.2.1. Proje datası	33
6.2.2. Sistem tipi, iklim ve şebeke	34
6.2.3. Sistem elemanları	35
6.2.4. Pompa	36
6.2.5. Klor dozaj pompası.....	36
6.2.6. Kuyu- depo arası otomasyon sistemi.....	36
7. BULGULAR	38
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR.....	44
EKLER	52
Ek-1: Program Çıktısı.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Güneş enerjisi kullanım alanları.....	10
Çizelge 3.2. Ülke bazında güneş enerjisi kurulu güç ve elektrik üretimi karşılaştırılması..	11
Çizelge 5.1. Fotovoltaik ve dizel jeneratör su pompalama sistemlerinin karşılaştırılması..	20
Çizelge 5.2. Fotovoltaik simülasyon yazılımları ve amaçları.....	30
Çizelge 6.1. İnvertörün elektriksel özellikleri.....	36



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Yıllara göre enerji kaynaklarının kullanımı	4
Şekil 3.1. Ülkemizin global radyasyon değerlerinin KWh/m ² -gün (sağda) ve güneşlenme sürelerinin saat (solda) cinsinden aylara göre dağılımı	12
Şekil 3.2. Amasya'nın global radyasyon değerlerinin KWh/m ² -gün (sağda) ve güneşlenme sürelerinin saat (solda) cinsinden aylara göre dağılımı	13
Şekil 3.3. Parabolik oluklu bir CSP şeması	14
Şekil 5.1. Güneş enerjili su pompalama sistemi	20
Şekil 5.2. DC bağlantılı su pompalama sistemi	22
Şekil 5.3. AC bağlantılı bataryasız su pompalama sistemi	22
Şekil 5.4. AC bağlantılı bataryalı su pompası sistemi	22
Şekil 5.5. Fotovoltaik modül	25
Şekil 6.1. Sistemin şematik temsili	32
Şekil 6.2. Taşova'nın global radyasyon değerlerinin KWh/m ² -gün (sağda) ve güneşlenme sürelerinin saat (solda) cinsinden aylara göre dağılımı	33

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 6.1. Proje veri giriş ekranı	34
Resim 6.2. İklim ve güneşlenme sürelerinin belirlenmesi için lokasyon seçme	34
Resim 6.3. Sistem elemanları	35
Resim 7.1. Sistemin ürettiği ve tükettiği enerji	38
Resim 7.2. Simülasyon sonuçları	39
Resim 7.3. Fotovoltaik sistemden elde edilen enerjinin kullanımı (aylar)	39
Resim 7.4. Pompanın tükettiği enerjinin karşılanma oranları (aylar)	40
Resim 7.5. Simülasyonun finansal analiz sonuçları	41
Resim 7.6. Nakit akış çizelgesi	42

HARİTALAR DİZİNİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Dünya güneş radyasyon haritası	11
Harita 3.2. Ülkemizin güneş radyasyon haritası	12
Harita 3.3. Amasya'nın güneş radyasyon haritası	13



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Kısaltmalar	Açıklama
AC	Alternatif akım
PV	Photo voltaic
DC	Doğru akım
GWh	Gigawatt saat
FV	Fotovoltaik
ABD	Amerika birleşik devletleri
kWh	Kilo-watt-saat
MW	Megawatt
OECD	Ekonomik işbirliği ve kalkınma örgütü
KGGS	Kapalı geçen gün sayısı
V	Volt
PS	Panel sayısı
YEK	Yenilenebilir enerji kanunu
YE	Yükün enerjisi
ÜGE	Üretilmesi gereken enerji
MPPT	Maksimum güç noktası takipçisi
PMW	Şarj kontrol ünitesi
EJ	Eksa joule

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu 1800’lü yılların başında 1 milyar iken çeşitli sosyal, kültürel, ekonomik ve teknolojik gelişmelerden etkilenecek; son 200 yılda 7 milyarı aşmış ve 2019 yılı ortalarında 7,7 milyara ulaşmıştır (Roser, Ritchie, Ortiz-Ospina ve Rodés-Guirao, 2013). Nüfus artışına paralel olarak su, gıda ve enerji gibi dünya kaynaklarının kullanımı da artmaktadır (Chen, Shi, Sivakumar ve Peart, 2016). Dünya çapında enerji tüketiminin artışı yalnızca popülasyona bağlı değil aynı zamanda bireylerin yaşam tarzı ve endüstrileşme gibi sebeplere de bağlıdır. Geçtiğimiz birkaç dekat boyunca global enerji tüketiminde görülen artışın, yakın gelecekte de devam etmesi beklenmektedir (Pandey vd. 2018).

Enerji kaynakları kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil nitelikli kaynaklar ve su, rüzgar, güneş, biokütle ve jeotermal enerjinin kullanıldığı yenilenebilir kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır (Ozturk, Yilanci ve Atalay, 2007). Son iki yüzyıla bakıldığında, fosil kaynakların ana enerji kaynağını oluşturduğu görülmektedir. Ancak fosil yakıtlar, tükenebilir ve çevreye zarar veren kaynaklardır (Elsheikh ve Abd Elaziz, 2019). Dolayısıyla günümüzde fosil yakıtların yenilenebilir olanlarla yer değiştirmesi, enerji sektörünün temiz ve sürdürülebilir olması için acil bir ihtiyaç haline gelmiştir (Sansaniwal, Sharma ve Mathur, 2018). Tüm yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisinin en geniş uygulama aralığına sahip enerji türü olduğu görülmektedir (Elsheikh ve Abd Elaziz, 2019).

Güneş enerjisi uygulamaları bazı kısıtlılıklara sahip olmakla beraber ucuz, temiz ve yıl boyunca bulunabilir olması yönüyle öne çıkmaktadır (Sansaniwal vd. 2018). Güneş enerjisi uygulamaları, güneş radyasyonu olmadığında kullanılmak üzere gün içerisinde verimli biçimde enerji depolayacak seçeneklerin kullanılmasını gerektirmektedir (Pandey vd. 2018).

Canlı yaşamının sürdürülmesi için gerekli doğal kaynaklardan biri olan su kaynaklarının kullanımı artan dünya nüfusu, değişen yaşam tarzı ve endüstrileşme gibi nedenler sebebiyle artırmıştır. Aynı zamanda artan nüfus, aşırı tüketim, küresel ısınma gibi sorunlar nedeniyle nitelikli ve yeterli miktarda su temin maliyeti de yükselmektedir. Genellikle su pompalama sistemleri konvansiyonel elektrik veya dizelle üretilen elektriğe bağımlıdır.

Kırsal bölgelerde ise doğrudan ulusal bir şebeke istasyonuna bağlanamaması, su temini için bir sorun teşkil etmektedir (Chandel, Naik ve Chandel, 2015). Ayrıca, fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve enerji güvenliği gibi sebepler, daha tasarruflu ve geleceğe dönük yatırımların gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Kırsal ve uzak bölgelerdeki şebeke elektriği sıkıntısı ve maliyetleri göz önüne alındığında yakıt maliyeti içermeyen, çevre dostu ve düşük bakım gerektiren sistemler olan fotovoltaik (FV) pompalama, güneş enerjisinin en umut verici uygulamalarından biridir. Güneş enerjisi ile çalışan su pompalama sistemlerinin diğer pompalama sistemlerine göre, bakım istemeden kendi başına çalışmaları, yakıt gerektirmemeleri, istenilen yere kolayca kurulabilmeleri ve uzun ömürlü olmaları gibi önemli üstünlükleri vardır. Bu çalışmada, kırsal bölgelerde şebeke destekli fotovoltaik güneş santrali ile içme suyu temini için klor dozaj pompa sistemine sahip sistem tasarım ve analizi yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, PV*SOL premium 2023 programı kullanılarak Amasya ili, Taşova ilçesi, Çalkıdır Köyü için fotovoltaik güneş santrali ile içme suyu temini için klor dozaj pompa sistemi simülasyonu uygulanmıştır.

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ DURUMU

Dünyada enerji kullanımının geçmişten günümüze değerlendirmesi ve Türkiye’nin enerji kullanımına dair bilgilere aşağıda değinilmiştir.

2.1. Dünyada Enerji

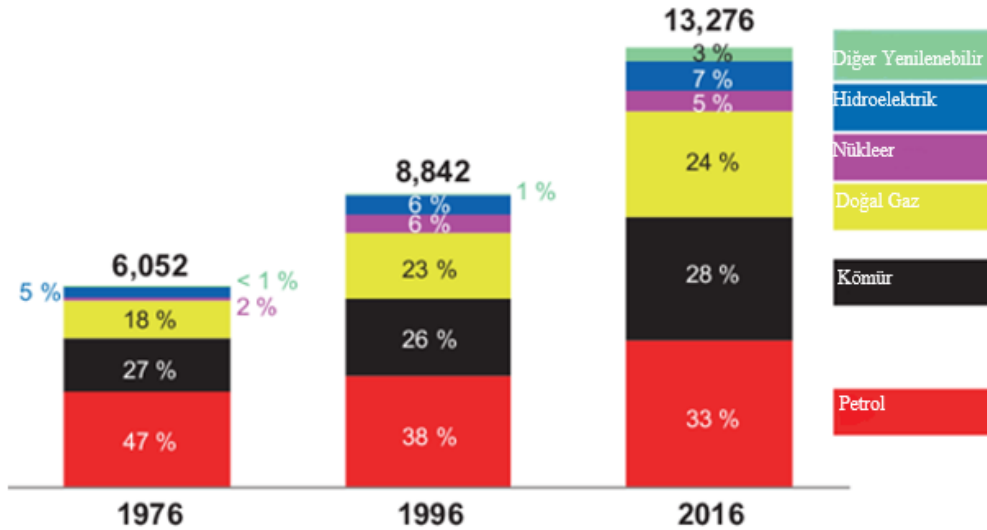
Sanayileşme öncesi dünyadaki enerji talebinin, ısınma, yemek pişirme ve metallerin eritilmesi amacıyla odunun yakılması ile elde edilen enerjiden sağlandığı bilinmektedir. Kömürün keşfedilmesi ve Sanayi Devriminin ardından, Birinci ve İkinci Dünya Savaşları arasında geçen dönemlerde ise petrol kullanımının arttığı görülmektedir. İkinci Dünya Savaşı esnasında ciddi bir sorun haline gelen petrolün, savaş sonrası endüstriyel büyüme ve refahı etkisi altına aldığı bildirilmektedir. Günümüzde ise, ekonomik büyümenin önemli bir oranda doğal gazla ilişkili olduğu görülmektedir. Dünyada enerji kullanımının geçmişten günümüze kullanımına bakıldığında, kömür ve doğal gazın önemli bir kısmının elektrik üretimi için kullanıldığı söylenebilir (Infield ve Freris, 2008).

Günümüz dünyasında enerjinin global ekonomi, güvenlik ve politika konularında önemli rol oynadığı görülmektedir. Her ülke vatandaşlarına daha iyi bir gelecek dizayn edebilmek için kaynaklar ve enerji kullanımı ile ilgili problemlere yönelik politikalarını geliştirmeye ihtiyaç duymaktadır (Nejat vd. 2013). Enerji, özellikle de elektrik enerjisi kaynakları, tarım ve endüstride ana itici güçtür. Dolayısıyla enerjinin gelişimi, güç ve gelişmişlik seviyesinin bir ölçütü olarak kabul edilebilir (Nematollahi, Hoghooghi, Rasti ve Sedaghat, 2016).

Enerji kaynakları kömür, petrol ve doğal gazı içeren fosil kaynaklar, nükleer enerji kaynakları ve biokütle, hidroelektrik, rüzgar, jeotermal, hidrojen, dalga ve güneş enerjisini içeren yenilenebilir enerji kaynakları olarak ayrılmaktadır (Demirbas, 2000). Dünya üzerindeki gelişmiş veya gelişmekte olan pek çok ülkenin enerji sistemleri, fosil kaynakların kullanımına bağlıdır (Caetano, Mata, Martins ve Felgueiras, 2017; Sugiawan ve Managi, 2019). İstatistiklere göre petrol, kömür ve doğal gaz hala ana enerji kaynaklarıdır. Ancak fosil yakıtlar, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları değildir. Fosil kaynakların kullanımı sera gazı emisyonlarının artmasına ve hava kirliliğine yol açmaktadır (S. Li, Feng ve Li, 2017; Lott, Pye ve Dodds, 2017). Bu durum toplumların sağlıklarını tehdit etmekte ve yaşam kalitelerini düşürmektedir (Martins, Felgueiras,

Smitkova ve Caetano, 2019). Çevresel ve sağlık problemlerinin yanı sıra fosil kaynakların yerkürede eşit bir dağılım göstermemesi, enerji güvenliği ile ilgili endişeleri artırmaktadır (Narula, 2019). Ayrıca piyasaların ve fiyatların stabil olmaması olumsuz ekonomik etkilere neden olmaktadır (Martins vd. 2019). Fosil kaynakların önümüzdeki 100 yıl içerisinde tükenmesinin beklenmesi, iklim değişiklikleri, yakıt fiyatlarındaki artış, hava kirliliğinin artması, enerji ihtiyacını karşılamak için nükleer enerji santrallerinin kurulmasına rağmen ihtiyaç duyulan enerji miktarının karşılanamaması gibi sebepler pek çok ülkede yenilenebilir enerji teknolojilerinin uygulanmasında ve bu alandaki çalışmalarda artışa neden olmuştur (Van der Zwaan, Cameron ve Kober, 2013).

Global düzeyde, 1976 ile 2016 yılları arasındaki enerji tüketimi incelendiğinde primer enerji kaynaklarının %85 oranla kömür, petrol ve doğalgaz olduğu görülmektedir. Dünya genelinde elektrik üretimindeki fosil yakıt kullanımının 2014 yılında %65 olduğu ve bu oranın 2040 yılında %54'e gerileyeceği tahmin edilmektedir (Schiffer, Kober ve Panos, 2018). Dünya genelinde elektrik üretiminde fosil yakıt kullanımına dair grafik şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Yıllara göre enerji kaynaklarının kullanımı (Schiffer vd. 2018)

2.2. Türkiye’de Enerji

Türkiye, zengin yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olmasına rağmen, var olan potansiyelin %1’inden daha azı kullanılmaktadır. Ülkemiz jeotermal enerji potansiyelinin %8’ine, yüksek miktarlarda hidroenerji, rüzgar enerjisi ve coğrafik konum avantajı nedeniyle güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Ancak ülkemiz, primer enerji tüketiminin %70’inde ve elektrik tüketiminin %60’ında dışa bağımlıdır (Ocal ve Aslan, 2013).

Türkiye’nin enerji üretiminin, artan enerji ihtiyacını karşılamakta yetersiz kaldığı görülmektedir. Dünya genelinde daha önce belirtilen sebepler dolayısıyla fosil yakıt kullanımından vazgeçilmektedir (Bulut ve Muratoglu, 2018). Türkiye özelinde ise yaygın biçimde fosil yakıt kullanımından vazgeçilmek istenmesinin bazı ek sebepleri bulunmaktadır. Bunlar arasında yüksek enerji ithalatı, kullanılan enerji kaynaklarının yetersizliği ve iklim değişikliğinden en çok etkileneceği tahmin edilen ülkeler arasında olmasının yer aldığı görülmektedir (Şahin vd. 2016; Şen, 2013).

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)’ne üye ülkeler arasındaki duruma bakıldığında kömür, petrol ve doğal gazdan oluşan fosil yakıt kaynaklarından elektrik üretim oranının 2017 yılında %56 olarak gerçekleştiği belirtilmektedir (International Energy Agency, 2018). Türkiye’de ise 2019 yılı Mart ayında fosil kaynaklı elektrik üretiminin % 55,25 olduğu ancak bu oranın 2020 yılı Mart ayında %54,49 seviyelerinde olduğu ifade edilmektedir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019).

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ

Enerji üretiminde doğal gaz, kömür, petrol ve nükleer yakıt kullanımı karbondioksit, nitrik oksit emisyonu ve radyoaktif ışınımına neden olmaktadır. Bu sebeple fosil yakıtlar ve nükleer enerji kaynakları küresel ısınmanın sorumluları olarak görülmektedir. Yer kürenin yüzeyinden yansıyan ısıyı hapseden sera gazlarının miktarındaki artış, deniz seviyelerinin yükselmesine ve nihayetinde iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu durum enerji üretiminde sera gazı emisyonunu minimuma indiren, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın kullanımını gündeme getirmiştir (Dincer, 2000).

Yenilenebilir enerji, lokal çevrede bulunan doğal olarak tekrarlanabilen ve kalıcı enerji akışlarını içeren bir enerji türüdür (Twidell ve Weir, 2021). Bu kaynaklar, yeryüzünde doğal olarak bulunmakta ve kendini yenileyebilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları temelde biyoenerji, hidroelektrik, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve okyanus (gelgit ve dalga) enerjisi olarak sınıflandırılmaktadır (Owusu ve Asumadu-Sarkodie, 2016).

Yenilebilir enerji kaynakları karbondioksit emisyonunu ve enerjide dışa bağımlılığı azaltması, çevrenin korunmasına yardımcı olması ve yeni istihdam olanakları yaratması yönüyle ön plana çıkmaktadır (Alper ve Oguz, 2016). Bazı yazarlara göre her yıl %3'lük tüketim artışı ile dünyanın en hızlı büyüyen enerji kaynağı olduğu ifade edilen yenilenebilir enerji kaynaklarının, toplam enerji tüketimindeki payı 2008 yılında %10 iken 2035 yılında %14'e yükseleceği öngörülmektedir (OECD NEA, 2011; Woodward, 2009).

3.1. Hidroelektrik

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında birincil enerji kaynağı olarak kabul edilen hidroelektrik enerji, düşük maliyet ile yüksek enerji imkanı sağlaması, enerji üretirken su tüketmemesi, karbondioksit açığa çıkarmaması ve enerji üretiminde kullanılan suyun sulama suyu olarak tekrar doğada kullanılabilmesi gibi avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır (Ummalla ve Samal, 2018).

Hidroelektrik enerji türbinleri çevirmek ve elektrik üretmek için yüksek seviyeden daha düşük kot seviyelerine doğru hareket eden suyun kullanılması olarak tanımlanmaktadır. Primer enerji, gravite ve suyun düştüğü yükseklikten sağlanmaktadır. Depolanan suyun potansiyel enerjisi suyun kütlesine, gravite faktörüne ve kuyruk suyu seviyesinin baraj seviyesine dökülme mesafesi gibi etkenlere bağlıdır (Owusu ve Asumadu-Sarkodie, 2016).

Global yıllık hidroelektrik enerji üretim potansiyelinin 14576 TWh olduğu bilinmekte ancak tahmini toplam potansiyelin 3721 GW olduğu göz önünde bulundurulduğunda; küresel kurulu hidroelektrik kapasitesinin potansiyelinden çok daha az kullanıldığı görülmektedir. Dünya Enerji Konseyi Raporuna göre, hidroelektrik enerjisindeki kurulu gücünün yaklaşık %50'si Çin, Brezilya, Kanada ve ABD'de bulunmaktadır (World Energy Council, 2016).

3.2. Biyoenerji

Biyoenerji, biyolojik kaynaklardan üretilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyoenerji biyodizel, elektrik üretimi, pişirme ve ısıtma gibi amaçlarla kullanılabilecek önemli bir enerji kaynağıdır. Genellikle orman yan ürünleri, tarım ve hayvancılık ile ilgili kalıntılardan elde edilmektedir. Bu yan ürünler, çeşitli işlemlerle direkt olarak elektrik veya ısı üretiminde kullanılabileceği gibi katı, sıvı veya gaz yakıtlar oluşturmak içinde kullanılabilmektedir. Biyoenerjinin avantajı, elde edilen enerjinin bir yan ürün, kalıntı veya atık ürün olmasıdır (Klass, 1998; Ntona, Arabatzis ve Kyriakopoulos, 2015; Owusu ve Asumadu-Sarkodie, 2016).

Biyokütle, sera gazlarını azaltma hedefini karşılayan ve gelecekte yakıt tedariğini güvence altına alabilecek büyük bir potansiyele sahiptir. Hoogwijk, Faaij, Eickhout, de Vries ve Turkenburg'a göre, toplam karasal yüzeydeki biyoenerjinin teorik potansiyeli yaklaşık 3500 EJ/yıl'dır (Hoogwijk, Faaij, Eickhout, de Vries ve Turkenburg, 2005). Biyokütle, sanayileşmiş ülkelerde birincil enerji tüketiminin küçük bir kısmını temsil etmektedir (Mitigation, 2011). Bununla birlikte, dünya nüfusunun yaklaşık %50'sini oluşturan gelişmekte olan ülkelerdeki kırsal nüfusun çoğu, yakıt için çoğunlukla odun biçiminde biyokütleyle bağımlıdır (Gadonneix, Pacific, Asia ve Frei, 2010).

3.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, iç sıcaklığı 5800° C'yi aşan yer kürenin çeşitli derinliklerinden elde edilen ısı enerjisidir (Özdemir, 2007; Stober ve Bucher, 2013). Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaların içerdiği termal enerji olarak tanımlanmaktadır (Özdemir, 2007). Jeotermal enerji ısıtma (sera ısıtma, kar vs) ve soğutma gibi amaçlarla doğrudan kullanıldığı gibi elektrik üretimi için de kullanılmaktadır (Balbay ve Esen, 2010; Esen ve Yuksel, 2013; Kılıç, 2015; Sethi ve Sharma, 2007). Güneş, rüzgar ve hidrolik enerji ile karşılaştırıldığında jeotermal enerji bol, CO² emisyonu ve istikrarlı doğal kaynak olarak daha fazla dikkat çekmiştir (Bahadori, Zendejboudi ve Zahedi, 2013; Li, Bian, Liu, Zhang ve Yang, 2015). Jeotermal enerji jeolojik şartlara dayandığından dolayı, diğer enerji kaynaklarına göre gelişimi sınırlı sayıda ülkede olabilmektedir (Deniz, 2018).

3.4. Rüzgar Enerjisi

Güneş ışınları, atmosferi eşit şekilde ısıtmamaktadır. Ekvator bölgesi, ışınları dik bir açı ile almakta ve dünyanın diğer bölgelerine göre daha fazla ısınmaktadır. Isınarak yükselen hava, düşük basınç alanı oluşturmaktadır. Kuzey ve güney yarımkürelerdeki daha düşük ısıya sahip hava, düşük basınç alanına nüfuz etmektedir. Aynı zamanda dünyanın dönüş yönü havayı, kuzey yarımkürede doğuya ve güney yarımkürede batıya hareket ettiren Coriolis etkisi yaratmaktadır (Kumar, 2016; NSIDC, 2023). Eşit ısınmayan atmosfer ve Coriolis etkisi bir araya geldiğinde jeostrofik rüzgarlar oluşmaktadır. Dolayısıyla rüzgar enerjisi, hareket halindeki havanın kinetik enerjisinden elde edilmektedir. Rüzgar enerjisinin kullanılabilmesi için mekanik enerjiye dönüşmesini sağlayacak rüzgar türbinleri gerekmektedir. Dünyanın her yerinde rüzgar oluşmasına rağmen, yalnızca bazı yerlerde rüzgar enerji kapasitesi bulunmaktadır (Manwell, 2010). Rüzgar verimli ve global enerji ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahip bir enerji kaynağıdır. Enerji üretimi esnasında toksik gazların açığa çıkmaması ve üretimin küçük bir sahada gerçekleştirilebilmesi önemli avantajları arasında sayılmaktadır (Greene ve Morrissey, 2013). Çin, ABD, Almanya, Hindistan ve İngiltere kurulu rüzgar enerjisi gücünde önemli bir kapasiteye sahiptir (Ito, 2017).

3.5. Okyanus

Yer kürenin %70'inden fazlasını kaplayan okyanuslar, oldukça büyük bir enerjiye sahiptir (Kim vd. 2012). Okyanus enerjisi gelgit yükselişi ve düşüşü (barajlar), gelgit / okyanus akıntıları, dalgalar, sıcaklık gradyanları ve tuzluluk gradyanları olmak üzere beş farklı teknoloji kullanılarak elde edilebilmektedir (Ocean Energy Systems, 2019). Günümüzde okyanusdan enerji üretiminin, genellikle dalga ve gelgit gücüne odaklandığı görülmektedir.

3.6. Güneş Enerjisi

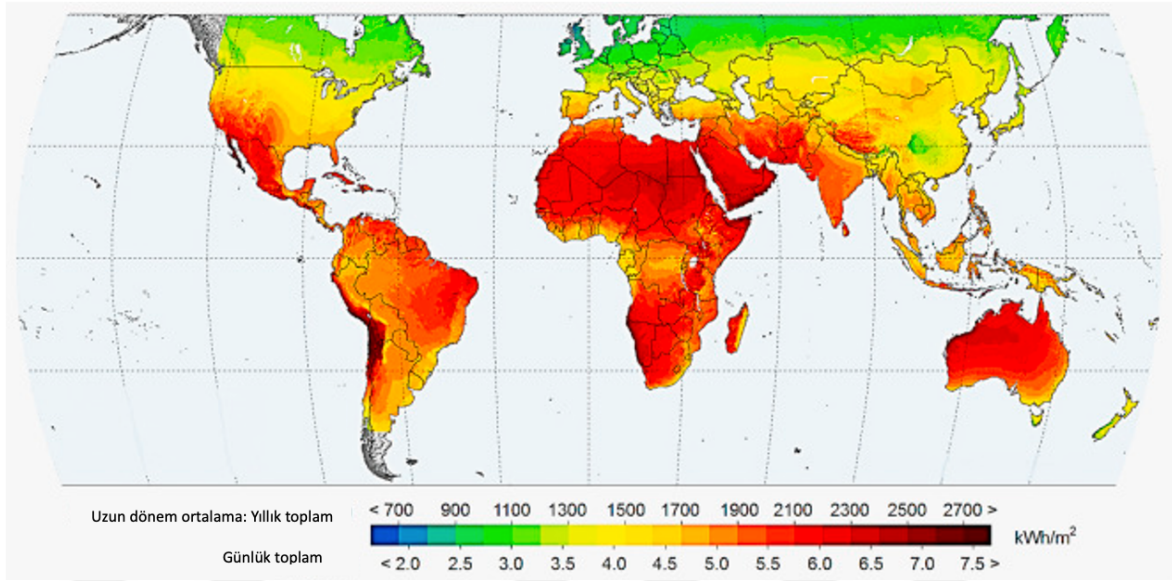
Güneş, gezegenimizin tükenmeyen doğal enerji kaynağıdır. Güneş, kütlesi $1,99 \times 10^{30}$ kg ve yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 K olan sıcak bir gaz küresidir. Merkezindeki sıcaklık $8-40 \times 10^6$ K arasında değişmektedir (Elsheikh ve Abd Elaziz, 2019). Güneş, bu yüksek sıcaklıkta bir saniyede yaklaşık 4×10^{23} kW ışıma enerjisi yaymaktadır. Gezegenimizden yaklaşık 1.496×10^8 km uzaklıkta olan güneşten dünyamıza gelen enerji, bu mesafeyi 8 dakikada kat etmektedir. Yerküre, dünyada bir yılda tüketilen toplam enerjiye yakın miktardaki enerjiyi 40 dakika içerisinde güneş ışınlarından soğurmaktadır. Atmosfere ulaşan güneş radyasyonunun %17,5'i atmosferi ısıtmak için kullanılmakta; %35'i bulutlardan ve yerden yansarak tekrar uzaya dönmekte; kalan miktarın ise %47,5'i yeryüzüne düşmekte ve ısıya dönüşmektedir. Kaynağı, güneş yüzeyindeki helyumun hidrojene dönüşmesi ile oluşan füzyon reaksiyonları olan güneş enerjisi, dünya atmosferinin dışında 1370 W/m^2 değerinde iken yeryüzüne ulaşan miktar atmosfer sebebi ile yalnızca $0-1100 \text{ W/m}^2$ arasındadır (Kılıç, 2015; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Teorik olarak, güneş enerjisinin yeterli teknolojiler varlığında tüm dünyanın enerji ihtiyacını karşılayabileceği kabul edilmektedir (Blaschke, Biberacher, Gadocha ve Schardinger, 2013). Dünyaya bir yılda yaklaşık olarak 4 milyon exajoules (EJ) güneş enerjisi ulaştığı ve bu enerjinin 5×10^4 EJ'ün kullanılabildiği tahmin edilmektedir. Büyük bir enerji potansiyeli taşımasına rağmen güneş enerjisinin global enerji arzına katkısı hala düşük seviyelerdedir (Kabir, Kumar, Kumar, Adelodun ve Kim, 2018). Teknolojik gelişmelerle artan ve değişen güneş enerjisi kullanım alanları Çizelge 1.1.'de verilmiştir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2009; Kılıç, 2015):

Çizelge 3.1. Güneş enerjisi kullanım alanları

Binaların elektrik enerjisinin karşılanması
Mekanların ısıtılması ve sıcak su elde edilmesi
Soğutma işlemleri
Kurutma işlemleri
Su damıtılması
Aydınlatma
Trafik işaret ve lambalarının enerji ihtiyacının karşılanması
Hesap makineleri, saatler
Mobil cihazların şarj edilmesi
Yemek pişirme (güneş ocağı)
Uydular ve güneş kuleleri
Güneş arabaları ve uçaklar

Güneş enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre maliyetinin yüksek, elde edilen verimin düşük ve üretimin kesikli olması gibi dezavantajlarına rağmen kullanım ve kurulum kolaylığı olması, atık oluşturmaması, yakıt masrafının bulunmaması, mekanik yıpranma olmadığı için uzun yıllar arıza olmadan çalışabilmesi, güneş pillerinin güvenilir ve uzun ömürlü olması gibi avantajları bulunmaktadır (Deniz, 2018).

Ülkemiz, güneşlenme süresi yüksek olan ülkeler arasında yer almaktadır (Harita 3.1.) (Kannan ve Vakeesan, 2016) . Ülkemizin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2741 saat (günlük ortalama 7,5 saat); yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1527 kWh/m² (günlük ortalama 4,18 kWh/m²)’dir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Güneş enerjisinden elektrik üretimi ve kurulu güç incelendiğinde 2016 yılı itibariyle toplam kurulu gücün 832 MW olduğu ve toplam üretimin 0,7 TWh olduğu görülmektedir (Çizelge 3.2.) (Dudley, 2017; TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2018). Ülkemizin ve Amasya ilinin güneş radyasyon haritaları (Harita 3.2. ve Harita 3.3.) ile aylık radyasyon düzeyleri ve güneşlenme süreleri (Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.) verilmiştir.



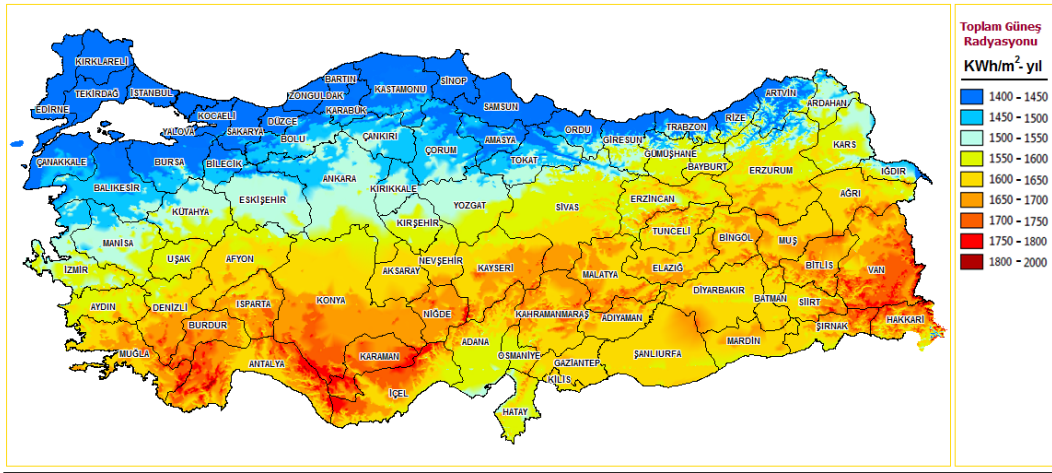
Harita 3.1. Dünya güneş radyasyon haritası

Çizelge 3.2. Ülke bazında güneş enerjisi kurulu güç ve elektrik üretimi karşılaştırılması

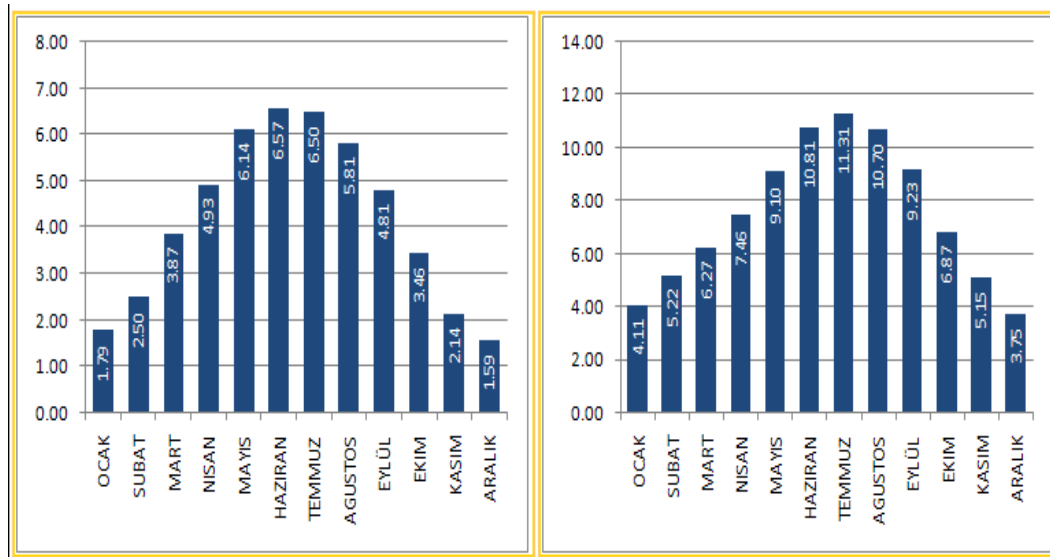
Yenilenebilir Enerji (Güneş)	Kurulu Güç (MW)					Üretim (TWh)					TOPLAM ÜRETİM (TWH)	
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2016	GES (%)
<i>Avusturya</i>	263	626	785	923	1077	0,3	0,6	0,8	0,9	1,1	67,6	1,6
<i>Belçika</i>	2800	3058	3153	3252	3422	2,1	2,6	2,9	3,1	3	86,9	3,4
<i>Bulgaristan</i>	1010	1020	1026	1029	1032	0,8	1,4	1,3	1,4	1,4	45,1	3,1
<i>Çek Cumhuriyeti</i>	2022	2064	2068	2075	2073	2,2	2,1	2,1	2,3	2,1	83,3	2,6
<i>Danimarka</i>	408	563	606	830	900	0,1	0,5	0,6	0,6	0,7	30,3	2,5
<i>Fransa</i>	4094	4748	5702	6571	7130	4,1	4,7	5,9	7,4	8,3	553,4	1,5
<i>Almanya</i>	33033	36337	38343	39799	41275	26,4	31	36,1	38,7	38,2	648,4	5,9
<i>Yunanistan</i>	1536	2579	2596	2604	2611	1,7	3,6	3,8	3,9	4	52,5	1,6
<i>İtalya</i>	16456	18202	18306	18906	19279	18,9	21,6	22,3	22,9	22,9	286,3	8
<i>Portekiz</i>	244	299	416	455	513	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8	60,5	1,3
<i>Romanya</i>	41	761	1293	1326	1372	-	0,4	1,3	2	1,8	64,8	2,8
<i>İspanya</i>	5104	5354	5376	5435	5490	12	12,7	13,7	13,9	13,6	274,4	4,9

Çizelge 3.2. (devamı)

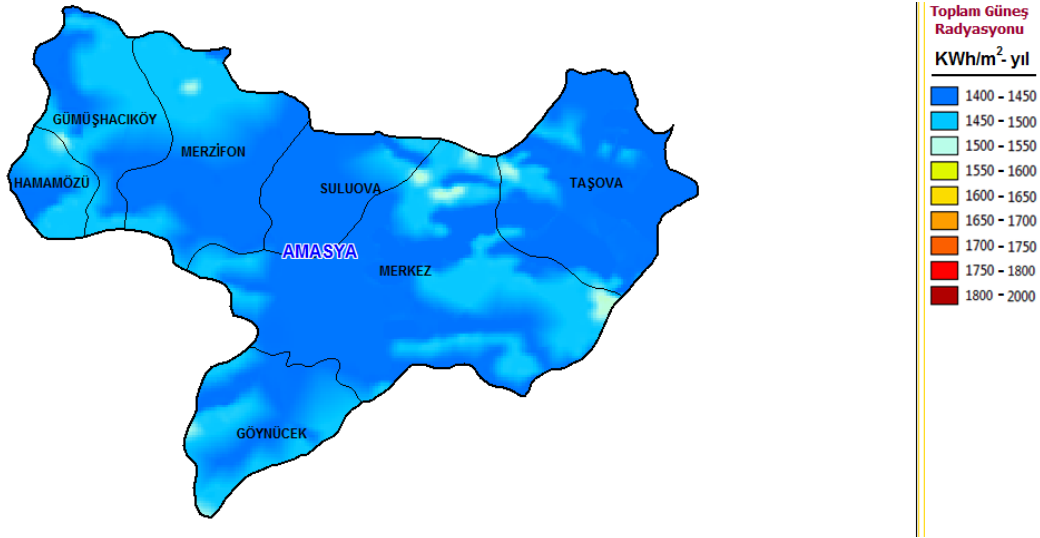
Türkiye	12	18	58	248	832	-	-	-	0,2	0,7	272,7	0,3
Birleşik Krallık	1771	2897	5493	9688	11727	1,4	2	4	7,6	10,3	338,6	3
ABD	7328	12079	18317	25570	40300	9	16	29,2	39,4	56,8	4350,8	1,3
Çin	6750	17740	28380	43530	78070	3,6	8,4	23,5	38,5	66,2	6142,5	1,1
Hindistan	1176	2320	3062	5040	9010	1,4	2,8	4,4	6,6	11,9	1400,8	0,9
Japonya	6632	13599	23339	34151	42750	7,4	12,9	23,5	36,6	49,5	999,6	5



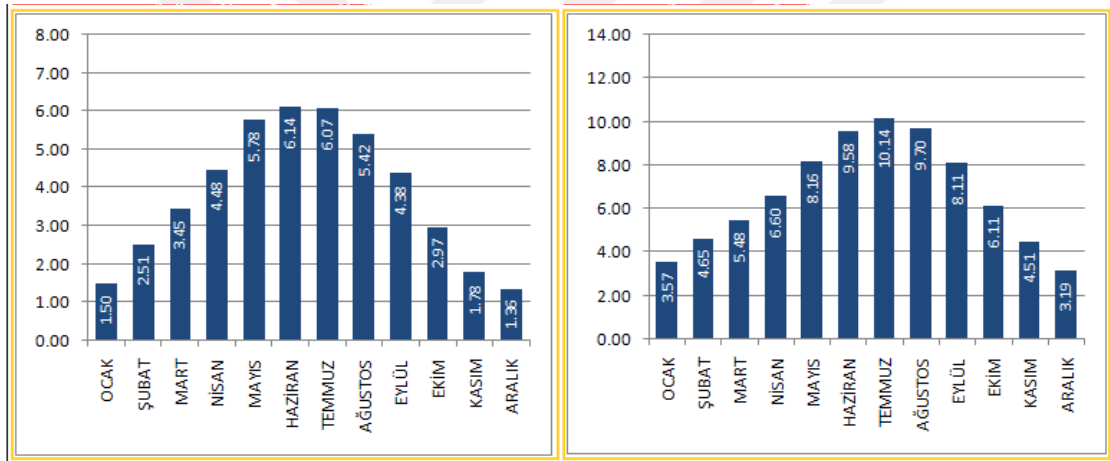
Harita 3.2. Ülkemizin güneş radyasyon haritası



Şekil 3.1. Ülkemizin global radyasyon değerlerinin KWh/m²-gün (sağda) ve güneşlenme sürelerinin saat (solda) cinsinden aylara göre dağılımı



Harita 3.3. Amasya'nın güneş radyasyon haritası



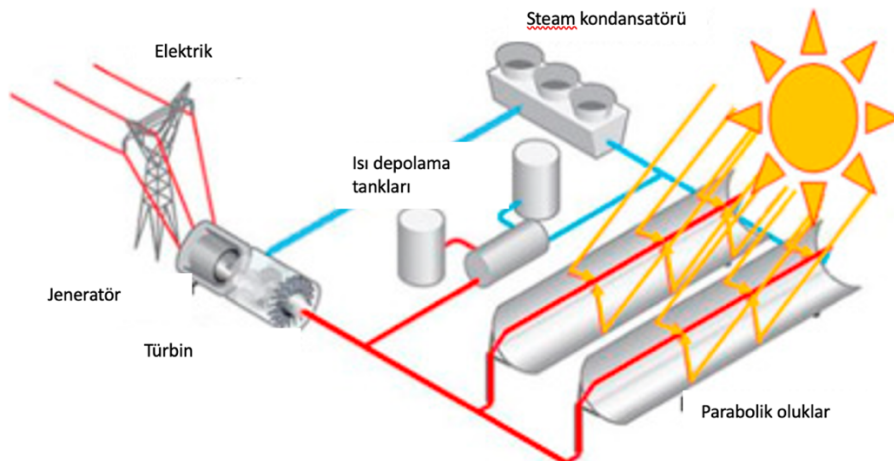
Şekil 3.2. Amasya'nın global radyasyon değerlerinin KWh/m²-gün (sağda) ve güneşlenme sürelerinin saat (solda) cinsinden aylara göre dağılımı

Günümüzde kullanılan güneş enerjisi teknolojileri pasif ve aktif teknolojiler olarak sınıflandırılmaktadır. Pasif teknoloji, güneş enerjisinin içerdiği termal veya ışık enerjisini başka bir forma çevrilmeden biriktirilmesini ifade etmektedir. Özellikle, kış mevsiminde evlerin güneş enerjisi ile ısıtılması pasif teknolojiye örnektir (Kabir vd. 2018; Sun ve Wang, 2016). Aktif güneş enerji sistemleri ise güneş radyasyonunu toplayıp, mekanik ve elektriksel ekipmanlar kullanarak ısı ve elektrik gücüne çevirmektedir. Güneş enerjisi ile su ısıtılması, bu sistemin en bilinen örneğidir (Herrando ve Markides, 2016; Kabir vd. 2018).

Günümüzde güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde genellikle fotovoltaik sistemler (güneş hücreleri) ve ısıl güneş teknolojileri ve odaklanmış güneş enerjisi (CSP) olmak üzere iki farklı teknoloji kullanılmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).

3.6.1. Isıl güneş teknolojileri ve odaklanmış güneş enerjisi (csp)

Bu sistemde, güneş ışığı mercekler veya aynalar yardımıyla toplanarak, daha dar alanda yer alan alıcıya iletilmektedir. Bu alanda toplanan ısı, içerideki akışkanı hareketlendirerek elektrik üretimi için ısı motorunu veya türbini harekete geçirmektedir. Bu sistemler ticari anlamda parabolik oluklu sistem, güneş/güç kuleleri, doğrusal fresnel ve çanak sistemler olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır. Ticari uygulamalarda en çok kullanılanlar parabolik oluk kolektörler ile güneş kulesi sistemleridir. Parabolik oluk kolektörler, parabolik şeklindeki kolektör ayna sistemi ile odak noktasında yer alan bir alıcı tüpten oluşmaktadır. Ayna yüzeyler, tek eksenle güneşe göre hareket etmekte ve toplanan ısı akışkana iletilmektedir. Bu sayede akışkandaki sıcaklık değeri 150-350°C arasına ulaşmakta ve elektrik üretilmektedir. Güneş/güç kulelerinde ise iki eksenli takip sistemi bulunmaktadır. Heliostatlar gelen güneş enerjisini toplayıp, kule üzerinde bulunan alıcıya yansıtmaktadır. Parabolik oluk kolektör sisteminde olduğu gibi bu sistem içerisinde de benzer bir akışkan kullanılmakta ve akışkanın sıcaklığı 500-1000°C seviyesine ulaşmaktadır. Oluşan ısıl kaynak kullanılarak elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir (Martin ve Goswami, 2005; Solar Energy Development Programmatic EIS, 2012; Ülgen, 2018). Şekil 3.3.'de parabolik oluklu bir CSP şeması görülmektedir (Kannan ve Vakeesan, 2016).



Şekil 3.3. Parabolik oluklu bir CSP şeması

3.6.2. Fotovoltaik sistemler (güneş hücreleri)

Fotovoltaik güneş enerji sistemleri, dönüşüm için herhangi bir arayüz olmadan güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürmek için kullanılan bir teknolojidir. Bu nedenle, tasarım ve verimli kullanım açısından basit olduğu kabul edilir (Barker ve Bing, 2005). Fotovoltaik sistemlerde, genellikle elektriği indüklemek için, içeriğinde çoğunlukla silikon olan yarı iletken malzemeler kullanılır. Temelde prensip, ek enerji vererek elektronları aktive etmektir. Güneş ışığından gelen enerji ilavesiyle elektronlar, daha düşük enerji seviyelerinden daha yüksek enerji seviyelerine aktive olurlar. Bu aktivasyon da yarı iletken bir dizi delik ve serbest elektron oluşturacak ve bu sayede elektrik üretecektir (Green, 2002).

Monokristal silisyum, polikristal silisyum, mikrokristal silisyum, bakır indiyum diselenid ve kadmiyum tellürid FV sistemlerde yaygın olarak kullanılan yarı iletkenlerdir. Bu malzemelerin seçimi bir dizi faktöre bağlıdır (Razykov vd. 2011). FV sistemi, güç üretmek için hücreler, modüller ve diziler gibi birçok bileşenden oluşur. Fotovoltaik (FV) güneş enerji sistemleri, güneş ışığını elektriğe dönüştüren yarı iletken güneş panelleri, panellerde üretilen doğru akımı (DC) alternatif akıma (AC) çeviren inverter, montaj aparatlarından oluşan panel taşıyıcı sistem ve güneş tesislerinin panel, inverter ve konstrüksiyon haricindeki altyapı, AG-OG kablolar, konnektör, paralelleme panoları, şalt ekipmanları, alçak gerilim pano ve şalt, trafo postası, orta/yüksek gerilim pano ve şalt, inşaat işleri, tel çitler, aydınlatma, kamera sistemlerinden oluşan sistem dengesi olmak üzere dört birimden oluşmaktadır (Altuntaş, 2019; Defne, 2018). FV sistemden elde edilen elektrik gücü miktarı, pik Kilowatt (kWp) cinsinden derecelendirilir (Parida, Iniyan ve Goic, 2011). Fotovoltaik sistemler, 1958 yılında uzay araçları ve uydulara güç sağlamak için kullanıldığından beri farklı alanlarda kullanılmaktadır. Temel uygulama alanları su pompalama, hidrojen üretimi ve elektrifikasyondur (Tian, Xiong ve Shen, 2019). FV cihazlarının verimliliğini arttırmak için uzun yıllardan beri çok sayıda araştırma yapılmıştır ve 2002'den bu yana ortalama %48'lik bir artışla her iki yılda bir üretimini ikiye katlayan hızlı büyüyen bir endüstri olduğu söylenmektedir (Kropp, 2009).

Fotovoltaik sistem türleri

Fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlı (on grid), şebekeden bağımsız (off grid) ve hibrit sistemler olmak üzere farklı türleri bulunmaktadır. Şebeke sistemlerinin mevcut olduğu bölgelerde, şebeke ile beraber çalışan sistemler şebekeye bağlı (on grid) sistemler olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemde üretilen enerji, direkt şebekeye bağlantı yapılarak dağıtım hattına aktarılmaktadır. FV panellerin çıkış uçlarının montaj yerinde ve enerji dalgalanması gibi ani durumlarda sistemi koruyan malzemeleri içeren enerji ve kumanda panoları bulunmaktadır. Bu panolar içerisinde, termik-manyetik şalter, manyetik kaçak akım, evirici, faz koruma röleleri gibi elemanlar yer almaktadır. Eviriciler, üretilen doğru akımı alternatif akıma dönüştüren yarı iletken anahtarlama elemanlarından oluşan cihazlardır. Sistem gerektiğinde depolama birimindeki enerjiyi, evirici aracılığıyla alternatif akıma dönüştürüp şebekeye aktarabilmekte veya çevre koşullarının uygun olmadığı ya da üretilen enerjinin yetersiz olduğu durumlarda evirici aracılığıyla doğru akıma dönüştürerek depolayabilmektedir. Üretilen enerji eğer tüketimden fazla ise ve kullanım yoksa üretilen enerjinin bu kısmı devletin alım garantisi ile şebekeye aktarılmaktadır. Çift yönlü sayaç sayesinde şebekeye aktarılan ve şebekeden alınan enerji gibi bilgilerin tümü kaydedilmektedir. Elektrik abonesi olan herkes bu sistem ile kendi elektriğini üretip kullanabilmekte ve üretim fazlası enerjiden maddi kazanç sağlayabilmektedir (İşler, 2020).

Şebekeden bağımsız sistemler (off grid), şebeke bağlantısının çok uzak olduğu veya bulunmadığı, mevcut şebekede çok sık kesintinin olduğu ve şebeke hat iletim maliyetinin yüksek olduğu yerlerde devreye alınan sistemlerdir. Şebekeden bağımsız sistemler, üretilen enerjinin tamamının kullanıldığı durumlarda depolama birimsiz veya tüm enerjinin kullanılmadığı durumlarda depolama birimli olarak kullanılmaktadır. Akü, üretilen enerjiyi depolayarak yetersiz güneş ışığı olduğunda ekipman veya cihazın enerji ihtiyacına göre sistemi enerjilendirmektedir. Bu sistemler hem doğru akımlı hem de alternatif akımlı ekipman veya cihazlara enerji iletmektedir (Ceylan, 2017; İşler, 2020).

Hibrit sistemler, birden fazla elektrik üreten sistemin bir arada kullanılmasıdır. Rüzgar türbinleri, biyogaz, fosil yakıtlar gibi sistemler bir araya getirilerek ani bir enerji ihtiyacı durumunda enerji akışındaki süreklilik sağlanmış olmaktadır. Bu sistemin ortaya çıkmasındaki en önemli neden, güneşten elde edilen enerjinin yıl içerisinde değişiklik göstermesi ve dolayısıyla maliyetlerin yükselmesidir. Yaz aylarında yeterli miktarda güneş

ışığı alan kış aylarında ise elektrik üretimine elverişli şekilde rüzgâr alan bir bölgede bu iki sistemin birlikte kullanılması, hibrit sistemlere örnek olarak verilebilir (İşler, 2020).



4. İÇME SUYU SİSTEMİ TASARIMI

Hayatın devam etmesi için elzem olan su, içme, günlük ev işleri, tarımsal sulama, inşaat endüstrisi ve hidroelektrik enerji üretimi gibi büyük uygulamalar için gereklidir. Suyun kalitesi ve miktarı, coğrafya ile ilgili olduğundan ülkelerin kalkınmasında dikkate değer bir rol oynamaktadır (Verma vd. 2021). Dünya Sağlık Örgütü'nün “Küresel su temini ve sanitasyon değerlendirme raporu” tahminine göre, dünya genelinde içme suyuna erişimi olmayan 1,1 milyar insan bulunduğu ve bu rakamın 2025 yılına kadar 3 milyara çıkacağı tahmin edilmektedir (WHO ve UNICEF, 2000). Ortalama olarak, bir insanın hayatta kalabilmesi için günde 1.8-5 litre su ihtiyacı vardır (Gleick, 1996).

Bireylerin ve yerleşim yerlerinin uygun basınç, miktar ve kalitedeki içme suyuna ulaşabilmesi amacıyla içme suyu dağıtım sistemleri kurulmaktadır. Bu sistemlerde ana hat içerisindeki su vanalar, borular, pompalar gibi elemanlar ile kullanıcıya ulaştırılmaktadır. Bu sistemler, temel olarak ağ, dal veya her ikisinin birleşiminden olmak üzere üç farklı yapıda olabilirler (Akdeniz, 2017).

Dal yapısındaki içme suyu dağıtım sistemleri, genelde kırsal ve küçük yerleşim yerlerinde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin, maliyeti ucuz ve hidrolik hesapları kolaydır. Ancak tek yönlü su akışı sebebiyle, su kesintisi varlığında diğer sistemlere göre daha fazla alan etkilenmektedir. Ayrıca, dal yapısındaki içme suyu dağıtım sistemlerinde, sisteme yeni yerleşim yerlerinin eklenmesi durumunda şebeke basıncında düşmeler yaşanabilmektedir. Ayrıca, bu sistemler ölü noktalar içerebileceğinden, su kalitesi açısından risk taşımaktadırlar. Çünkü bu noktalarda, su akış hızı düşüktür. İçme suyu dağıtım sistemlerinde su akış hızının düşük ve suyun şebekede kalma süresinin yüksek olması klor tüketimini artırmakta ve su kalitesinde bozulmalara neden olmaktadır (Akdeniz, 2017; Trifunovic, 2006).

Ağ yapısındaki dağıtım sistemleri ise farklı olarak ölü nokta içermemektedirler. Dolayısıyla, su akış hızı ve su kalitesi açısından avantajlıdır. Dal yapısındaki su dağıtım sistemleri ile karşılaştırıldıklarında maliyet ve hidrolik hesap açısından daha kompleks sistemlerdir. Bu sistemlerde, su akışının çok yönlü olması nedeniyle, su kesintilerinde daha az alan etkilenmektedir (Akdeniz, 2017; Trifunovic, 2006).

5. GÜNEŞ ENERJİLİ SU POMPALAMA SİSTEMLERİ

Su dağıtım sistemlerinde, tüketilen enerjinin %80-90'ı pompalar tarafından kullanılmaktadır (Sarbu, 2016). Dolayısıyla, bu sistemlerin elektrik faturasının büyük bir kısmından su pompalarının maliyetleri sorumludur (Bohórquez, Saldarriaga ve Vallejo, 2015; Mala-Jetmarova, Sultanova ve Savic, 2017; Sarbu, 2016). Dünya genelinde, su sektöründeki enerji giderlerinin büyük bir kısmının, su dağıtım sistemlerindeki pompalardan kaynaklandığı belirtilmektedir (Liu, Ouedraogo, Manghee ve Danilenko, 2012; Moreira ve Ramos, 2013). Günümüzde nüfus artışıyla paralel olarak enerji talebindeki hızlı artış ve kullanılabilir kaynaklarının azalması, su ve elektrik kullanımında tasarruf gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle, su dağıtım sistemlerinde pompanın harcadığı enerji maliyetlerini düşürmek için pek çok yöntem uygulanmakta ve yeni çözümler araştırılmaktadır (Sarbu, 2016).

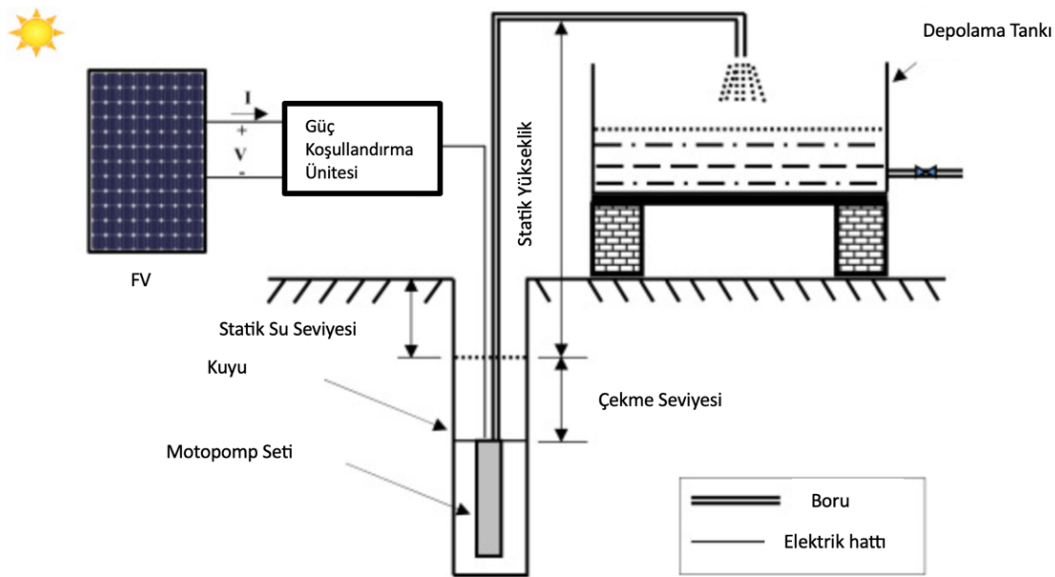
Dünya çapında su pompalama sistemleri konvansiyonel elektrik veya dizelle üretilen elektriğe bağımlıdır. Geleneksel olarak, çoğunlukla fosil yakıtların kullanımıyla üretilen elektrik şebekelerden sağlanmaktadır. Bu da, doğrudan ulusal bir şebeke istasyonuna bağlanamayan kırsal bölgelerde su temini için bir sorun teşkil etmektedir (Chandel vd. 2015). Ayrıca, fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin farkına varılmasıyla, araştırmacılar yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalıştırılabilen bağımsız su pompalama sistemleri geliştirmeye daha fazla odaklanmışlardır. Birçok farklı yenilenebilir enerji kaynağı su pompalama amacıyla kullanılabilir (Aliyu vd. 2018). Bunlar arasında solar FV'ler, en uygun olan yöntemdir (Aliyu vd. 2018; Meah, Ula ve Barrett, 2008). FV su pompalama sistemleri, suyu pompalamak için güneş ışığını elektriğe dönüştüren FV teknolojisine dayanmaktadır. FV panelinden sağlanan elektrik enerjisi bir motor tarafından hidrolik enerjiye ve ardından bir pompa tarafından mekanik enerjiye dönüştürülmektedir (Ahmed ve Demirci, 2022; Chandel vd. 2015). Bu sistemlerin kar yağışı gibi şiddetli hava koşullarında bile güvenilir olduğu kanıtlanmıştır. Dünya üzerinde kurulu en büyük FV sisteminin 1500 MW kurulu kapasite ile Çin'deki Tengger Desert Solar Park olduğunu ifade edilmektedir (Aliyu vd. 2018; Meah vd. 2008). Çizelge 5.1.'de fotovoltaik su pompalama sistemleri ve dizel jeneratör kullanımı ile su pompalama sistemleri karşılaştırılmıştır (Muhsen, Khatib ve Nagi, 2017).

Çizelge 5.1. Fotovoltaik ve dizel jeneratör su pompalama sistemlerinin karşılaştırılması

PVPS	Dizel
1.Başlangıç harcamaları yüksek	1.Başlangıç harcamaları orta
2.Düşük bakım ve işletme maliyeti	2.Yüksek bakım ve işletme maliyeti
3.Düşük bakım	3.Sık saha bakımı gerektirir
4.Düşük çevresel kirlilik	4.Yüksek çevresel kirlilik
5.Uzak bölgelerde düşük yaşam döngüsü maliyeti	5.Yüksek yaşam döngüsü maliyeti
6.Hızlı kurulum ve hareketli teknoloji	6.Hızlı kurulum ve hareketli teknoloji
7.Yakıt gerektirmez	7.Sürekli yakıt gerektirir
8.Sık saha ziyaretleri gerektirmez	8.Sık saha ziyaretleri gerektirir
9.Doğrusal olmayan çalışma ve güneş ışınımına ve sıcaklığa bağlıdır	9.Doğrusal ve çalışmayı düzenler ve hava durumuna bağlı değildir

5.1. Güneş Enerjili Su Pompalama Sistemlerinde Elemanlar

Güneş enerjili su pompalama sistemleri için pek çok dizayn bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olanı FV panelleri içeren sistemlerdir (Muhsen vd. 2017). Şekil 5.1.'de bir güneş enerjili su pompalama sistemi görülmektedir (Verma vd. 2021).

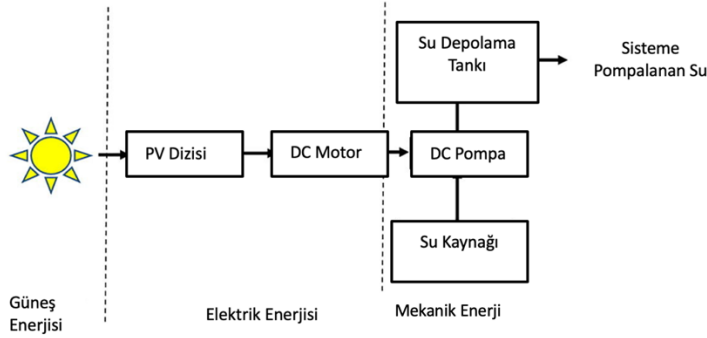


Şekil 5.1. Güneş enerjili su pompalama sistemi

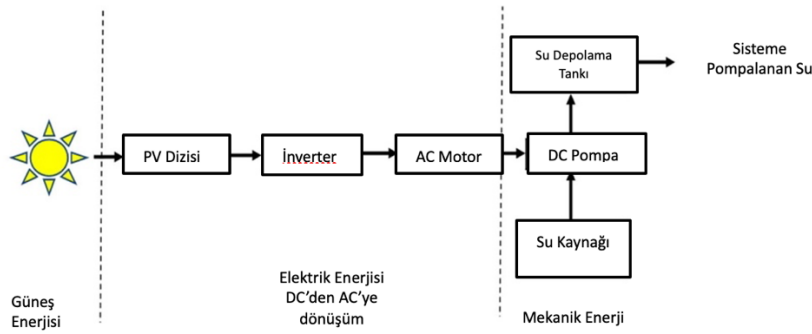
Genellikle, güneş enerjili su pompalama sistemleri 4 ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar FV dizisi, güç şartlandırma ünitesi (inverter), elektrik motoru ve pompadır (Muhsen vd. 2017). Buna ek olarak, sistem tasarımına bağlı olarak bir batarya/akü ve şarj kontrolörü gerekebilir. Aküsüz FV su pompalama sistemleri, akü kullanan sistemlere göre daha az maliyetli olup, daha az bakım gerektirmektedir. Öte yandan akü, güneş ışınlarının olmadığı saatlerde de tutarlı performans sağlama avantajına sahiptir. Ancak akülerin yüksek başlangıç maliyeti, nispeten kısa kullanım ömrü, kurşun ve sülfürik asit içeriği nedeniyle patlama ve çevreye zarar verme olasılığı ve izole alanlarda bakım zorluğu gibi dezavantajları vardır (Baker, 2008; Depernet, Ba ve Berthon, 2012; Hadjipaschalis, Poullikkas ve Efthimiou, 2009; Krieger, Cannarella ve Arnold, 2013). Ayrıca akülü sistemler ile elde edilen faydaların birçoğu su tankları kullanılarak daha ekonomik bir şekilde elde edilebilmektedir (Gopal, Mohanraj, Chandramohan ve Chandrasekar, 2013). Güneş enerjisini toplayan ve elektrik enerjisine dönüştüren FV paneller tarafından üretilen elektrik, normalde doğru akımdır. Ancak piyasada bulunan su pompalarının çoğu için AC elektrik girişi gerekmektedir. Bu nedenle, üretilen enerjinin su pompasını çalıştırabilmesi için, dönüştürülmesine ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın karşılanması için inverter kullanılır. Su kaynağından alınan su, zemin seviyesinden daha yüksekte bulunan bir su deposuna pompalanmaktadır. Su pompasından su deposunun girişine kadar olan yükseklik farkı, pompa yüksekliği olarak bilinir. Bu pompa yüksekliği, pompalama sisteminin tasarımında önemli bir parametredir (Aliyu vd. 2018). Su kaynağı ve depolama tankı arasındaki yükseklik farkı, pompanın yapacağı işi belirlemektedir. Bu yükseklik, rezervuardan tanka su basılması için pompa seçiminde önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir (Chandel vd. 2015).

5.1.1. Konfigürasyon

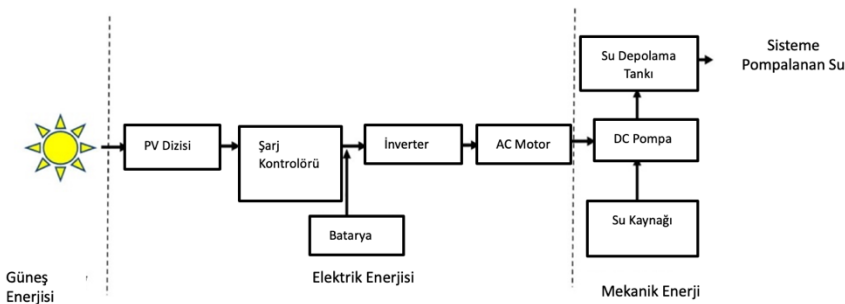
Dünya çapında kullanılan çeşitli DC/AC bağlantılı su pompalama sistemleri, batarya yedekleme sistemleri olan ve olmayan sistemler Şekil 5.2., Şekil 5.3., Şekil 5.4.'te gösterilmektedir (Chandel vd. 2015). *Direct-coupled* ve *battery-coupled* olmak üzere iki temel güneş enerjili su pompalama sistemi bulunmaktadır.



Şekil 5.2. DC bağlantılı su pompalama sistemi



Şekil 5.3. AC bağlantılı bataryasız su pompalama sistemi



Şekil 5.4. AC bağlantılı bataryalı su pompası sistemi

Direct-coupled bağımsız güneş enerjili su pompalama sistemleri

Bu sistemler FV paneller, pompa kontrolörü, basınç anahtarı, DC su pompası ve tank içermektedir. *Direct-coupled* sistemlerin kurulumu oldukça kolaydır. Sistem, güneş ışığı

varlığında su pompalamakta ve kullanım olmadığı sürece, tank sonraki kullanımlar için doldurulmaktadır. FV modülde üretilen elektrik, pompaya gönderilmekte ve pompa gerekli olduğu durumlarda suyu borulara pompalamaktadır. Pompalanan suyun miktarı FV panellere ulaşan güneş ışığının miktarına ve sistemde kullanılan pompa tipine bağlıdır. Dolayısıyla, pompalanan suyun miktarı gün içerisindeki güneş ışığı yoğunluğu ve FV panellere ulaşan güneş ışığı açısına bağlı olarak, değişiklik göstermektedir. Pompa, parlak güneşli günlerde sabahın geç saatlerinden öğleden sonra geç saatlerine kadar %100 verimde çalışmakta ve maksimum su akışı sağlamaktadır. Pompanın verimliliği bulutlu günlerde daha da düşmektedir. Gün boyunca verimlilikteki bu varyasyon sabit voltaj üretebilmekte ancak ışık yoğunluğundaki dramatik değişimler akım çıkışını değiştirmektedir. Pompa motoru daha düşük voltajlarda çalışabilmekte ancak başlaması için belirli bir miktar akıma ihtiyaç duymaktadır. Bu varyasyonların kompensasyonu ve pompa ile FV modüller arasında bir eşleşme elde etmek için, bir pompa kontrolörü kullanılmaktadır. Bir basınç tankı ve basınç anahtarı veya şamandıra anahtarı genellikle pompanın açık ve kapalı döngüsünü azaltmak için kullanılmaktadır (Qazi, 2016).

Battery-coupled bağımsız güneş enerjili su pompalama sistemi

Bu sistemlerde bataryalar, DC motorlara sabit bir çalışma voltajı sağlayarak pompalamayı daha uzun bir sürece yaymayı amaçlamaktadır. Sonuç olarak, sistem gece ve düşük ışık dönemlerinde sabit su dağıtımı sağlayabilmektedir. Bir *battery-coupled* pompalama sisteminde pompa kontrolörünün primer fonksiyonu, pompanın istenen giriş voltajı ile eşleşmesi için bataryanın voltajını yükseltmektir. Kontrolör yokluğunda, FV modüllerinin çalışma voltajı batarya tarafından belirlenmektedir. Optimum çalışma voltajı 30v olan bir pompa, doğrudan FV panellerine bağlı olan suyu, akülere bağlı olandan daha fazla pompalayacaktır. Bu durumda 24v girişli bir pompa kontrolörünün kullanılması voltajı 30v'a kadar yükseltecek ve bu da sistem tarafından pompalanan su miktarını artıracaktır (Qazi, 2016).

5.1.2. Fotovoltaik paneller

Güneş enerjisi ile çalışan bir pompanın FV jeneratörü, motor voltajı ihtiyacına göre seri ve paralel kombinasyon halinde bağlanan FV modüllerinden oluşur. Bir FV modülü solar radyasyonu direkt elektriğe çeviren solar hücreler içerir. FV modülünden elde edilen enerji

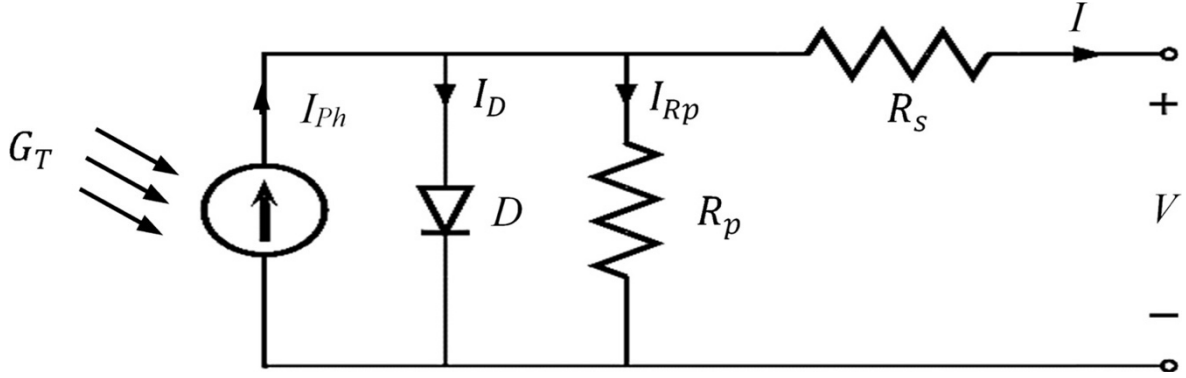
iklim koşullarına bağlıdır. Aslında modül, ışınlam yoğunluğuna bağlı olan maksimum güç noktası (MPP) olarak adlandırılan bir optimum çalışma noktasına sahiptir. Bir FV modülünden maksimum güç elde edebilmek için, MPPT ile kontrol edilen DC-DC dönüştürücüsüne veya DC-AC dönüştürücüsüne (inverter) bağlanmalıdır (Chandel vd. 2015). Panellerde üretilen doğru akımın konutta kullanılacak alternatif akıma çevrilmesinde kullanılan inverter, yükün çekebileceği maksimum gücü kaldırabilmelidir (Biberici, 2020). FV panelleri ile pompa arasına, düşük ışık koşullarında pompayı çalıştıran bir lineer akım yükseltici monte edilmektedir. Lineer akım yükselticiler, pompa voltajına ve pano çıkışına göre boyutlandırılmalıdır. Birden fazla panel kullanılıyorsa kablolamayı güvenli hale getirmek için bir birleştirici kutu kullanılmaktadır. Devre kesiciler, panoların güvenli ve hızlı bir şekilde kapatılması için birleştirici kutuya monte edilmektedir. Devre kesiciler, pompayı açıp kapatmak için bir anahtar olarak da kullanılabilir. Bir pompa, belirli bir miktarda basınç ve akış üretmek için belirli bir miktarda güce ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, FV panel boyutu gerekli güç miktarı için optimize edilmelidir (Hoogwijk vd. 2005).

Bir fotovoltaiik modül, şekil 5.5.'de gösterildiği gibi, tek diyot modelli bir eşdeğer devre kullanılarak ifade edilebilir (Ahmed ve Demirci, 2022; Muhsen vd. 2017). Tek diyotlu PV modeli eşdeğer devresine göre çıkış akımı ifadesi Denklem (1)'de gösterilmiştir (Ahmed ve Demirci, 2022; Muhsen, Khatib ve Abdulabbas, 2018). V_t , Denklem (2)'de verilen termal diyot gerilimidir (Ahmed ve Demirci, 2022).

$$I_a = N_p I_{ph} - N_p I_0 \left[\exp \left(\frac{1}{V_T} \left[\frac{V_a}{N_s} + \frac{I_a R_s}{N_p} \right] - 1 \right) - \frac{N_p}{R_p} \left[\frac{V_a}{N_s} + \frac{I_a R_s}{N_p} \right] \right] \quad (1)$$

$$V_t = \frac{a B T_c}{A G_T} \quad (2)$$

$$\eta_{pv} = \frac{V_a I_a}{A G_T} \quad (3)$$



Şekil 5.5. Fotovoltaik modül

Güneş enerjili bir su pompalama sisteminde gerekli olan FV panel ihtiyacını hesaplamak için, bölgedeki ortalama güneş enerjisi dağılımını bilmek gerekmektedir (Gençoğlu, Cebeci ve Güneş, 2010). Günlük ortalama güneş enerjisi miktarı I (kWh/m²-gün) ile gösterilirse, gerekli olan PV enerji kWh olarak aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$P = \frac{0.002726}{I} V H \quad (4)$$

Sistemin verimi η olmak üzere, denklem (5) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P = \frac{0.002726}{\eta I} V H \quad (5)$$

Gerekli olan FV enerji miktarı aylık değerler olarak hesaplanırsa, i ayı için gerekli günlük enerji şu şekilde hesaplanabilir:

$$P_i = \frac{0.002726}{\eta I_i} V_i H_i \quad (6)$$

N_i i ayı içerisindeki toplam gün sayısı olmak üzere, toplam yıllık FV elektrik enerjisi ihtiyacı şu şekilde hesaplanabilir:

$$P = \frac{0.002726}{\eta} \sum_{i=1}^{12} \frac{V_i H_i N_i}{I_i} \quad (7)$$

5.1.3. Elektrik motoru

Güneş enerjili su pompalama sistemlerinde çeşitli tiplerde DC motorlar (fırçalı ve fırçasız sabit mıknatıslı tip, SRM) ve AC motorlar (endüksiyon ve senkron) kullanılmaktadır. Uygun motor seçimi sistemin boyutuna, verimliliğine, fiyatına, güç girdisine, sistemin kullanılabilirliğine ve bakım durumuna bağlıdır. DC motorlar, FV dizisinin ürettiği enerjinin dönüştürülmesi için herhangi bir inverter veya kontrolöre ihtiyaç duymamaları nedeniyle popülerlerdir. FV modülleri DC akım üretmekte, dolayısıyla düşük güçlü güneş enerjili su pompalama sistemlerinde DC motorlar sık kullanılmaktadır. 5 kW altındaki güneş enerjili su pompalama sistemlerinde genellikle DC motorları kullanılmaktadır. AC motorların kullanılması için ise FV panellerden üretilen DC akımı AC'ye dönüştürmek için bir inverter gerekmektedir. İnverter kullanımı ekstra enerji ve maliyete yol açmakta, sistem verimini bir dereceye kadar düşürmektedir (Chandel vd. 2015).

5.1.4. Su pompaları

Güneş enerjili su pompalarının optimum şekilde çalışması için filtreler, şamandıralı valfler, anahtarlar vb. gibi aksesuarlar gerekmektedir. Bu pompalar yüksek kaliteli, düşük kurşunlu denizcilik sınıfı bronz ve paslanmaz çelikten yapılmakta ve uzun vadeli performans ve güvenilirlik ile zorlu ortamlarda bile korozyonsuz ve bakım gerektirmeyen hizmet için tasarlanmaktadır. Solar pompalar uygulamalarına göre dalgıç, yüzey ve yüzer su pompaları olmak üzere üç çeşittir. Derin kuyulardan su çekmek için dalgıç pompalar kullanılırken; sığ kuyulardan, pınarlardan, göletlerden, nehirlerden veya tanklardan su çekmek için yüzey su pompaları kullanılmaktadır. Yüzer su pompaları ise, yükseklik ayarlama yeteneği ile rezervuarlardan su çekmektedirler. Motor ve pompa, dalgıç ve yüzer sistemlerde birlikte yerleştirilmektedir. Yüzey pompalarında ise, kontrolör ve FV paneli ile birlikte sistemin performansını incelemek için pompa ve motor ayrı ayrı seçilebilmektedir. Genel çalışma prensipleri göz önünde bulundurulduğunda ise pompalar, dinamik ve pozitif deplasmanlı pompalar olarak iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Dinamik pompalar, yüksek bir sıvı hızı ve basıncı ile çalışmaktadır. Dinamik pompaların verimliliği pozitif deplasmanlı pompalara kıyasla daha düşük olmasına rağmen bakım gereksinimleri nispeten daha azdır. Pozitif deplasmanlı pompalar, pompanın giriş basıncı bölümünden pompanın tahliye bölgesine sabit hacimdeki sıvıyı yönlendirerek çalışmaktadır. Bu tip pompalarda, giriş kısmından tahliye kısmına doğru daralan bir boşluk vardır. Bu pompalar genellikle eşit

kapasiteli dinamik pompalardan daha büyük olma eğilimindedir. Santrifüj pompalar ve eksenel akış pompaları dinamik pompalardır (Chandel vd. 2015).

5.1.5. Suyun pompalanacağı toplam yükseklik

Su pompasından su deposunun girişine kadar olan yükseklik farkı, pompa basma yüksekliği olarak bilinmektedir. Bu yükseklik, pompalama sisteminin tasarımında önemli bir parametredir. Suyun pompalandığı yükseklik, pompanın gücünün ölçüsüdür. Pompanın kuyu derinliği, su yüzeyinin derinliği ve deponun yüksekliği toplam yükseklik olarak kabul edilmektedir. Su yüzeyinin derinliği, mevsime göre ve kuyudan su çekildikçe değişebilmektedir. Eğer su derinliğinde büyük değişiklikler bekleniyorsa, ortalama bir yükseklik kabul etmek gerekmektedir. Toplam yükseklik için aşağıdaki formül kullanılabilir (Gençoğlu, 2015; Gençoğlu vd. 2010):

$$H = H_d + H_y + H_p \quad (8)$$

Burada H toplam yükseklik, H_d deponun yerden olan yüksekliği, H_y su yüzeyinin derinliği ve H_p pompanın su içerisindeki derinliğidir. Su yüzeyinin derinliği H_y ise,

$$H_y = H_s + H_k \quad (9)$$

olarak gösterilebilir. H_s suyun mevsime bağlı olarak değiştiği statik derinliği ve H_k kuyudan su çekildikçe su derinliğidir. İdeal olarak, pompayı çalıştırmak için gereken hidrolik güç aşağıdakilere bağlıdır (Mishra vd. 2022).

$$\text{Hidrolik güç } P_H \text{ (kW)} = \frac{\rho * Q * g * h}{3.6 * 10^6} \quad (10)$$

$$\text{Motor için gereken güç } P_M \text{ (kW)} = \frac{\text{Pompa için gereken hidrolik güç}}{\text{Pompanın verimliliği}} \quad (11)$$

5.1.6. Klor dozaj pompası

Yeryüzü suları, kullanımdan önce pratik olarak kirli kabul edilmekte ve arıtılmadan kullanılmamaktadır (Sünter, 2009). Bu sebeple suların dezenfekte edilmesinde kullanılan en yaygın dezenfektan klordur. Klor, ucuz ve etkili olmasının yanı sıra yaygın olarak bulunmakta ve uygulama açısından kolaylık sağlamaktadır. Klorun bir dezenfektan olarak uygulanması, içme suyu tüketiminden kaynaklanan birçok su kaynaklı hastalığı ortadan kaldırmıştır (US CDC, 1997).

Klor dozaj pompaları, kimyasalı içme suyu proses borusuna pompalamak için kullanılmaktadır. Tipik olarak, belirli bir süre boyunca hassas ayarlanabilir hacimlerde klor sıvısı pompalayan dozaj pompaları kullanılmaktadır (peristaltik veya diyafram tipi dozaj pompaları yaygın olarak kullanılmaktadır). Dozaj pompaları manuel olarak da çalışabilmektedir. Manuel olarak çalışması durumunda, akış hızının sabit olduğu varsayılmakta ve bu nedenle dozaj pompaları söz konusu akış hızında doz verecek şekilde ayarlanmaktadır. Ancak çoğu durumda akış hızları dalgalıdır. Bu nedenle, manuel olarak ayarlanan dozaj pompaları ile klorun eksik veya fazla dozlanması riski yüksektir. İdeal olarak, dozaj pompaları akışı aralıklı olmalı, klor doz oranını su arıtma tesisinden geçen su akışına uyacak şekilde otomatik olarak ayarlamalıdır. Daha kompleks sistemlerde ise bir cihaz, klor dozlanmış sudaki klor konsantrasyonunu sürekli olarak ölçmekte ve klor doz oranını buna göre ayarlamaktadır. Klor sıvısının içme suyuna verildiği ana proses borusu genellikle enjeksiyon noktası olarak adlandırılmaktadır. Bu noktada klor sıvısı ve su arasında iyi bir karışım olmalıdır (WHO, 2017).

5.1.7. Solar pompalarda performansa ilişkin parametreler

FV su pompasının performansı temel olarak, özellikle güneş ışıınımı ve hava sıcaklığı değişimleri olmak üzere, bölgenin hava koşullarından etkilenen su akış hızına bağlıdır. Solar pompanın performansı su depolama tankının boyutlarına, suyun pompalanacağı yüksekliğe (m), suyu deşarj seviyesine yükseltmek için gereken potansiyel enerjiye (hidrolik enerji) pompalanacak su miktarına (m^3), suyun akış hızına, FV enerjisine (kWh), pompanın kullandığı enerjiye (kWh), kullanılmayan FV enerjisine (kWh), pompa verimliliğine (%) ve sistem verimliliğine (%) ve ışıınım ve basınç kompanzasyonundaki değişim nedeniyle pompa basıncındaki günlük değişime bağlıdır. FV jeneratöründe

kullanılan FV teknolojinin verimliliği de performans üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Toplam yüksekliğe, bir V hacminde (m^3) su sağlamak için gerekli günlük hidrolik enerji E_h (kWh/d) şu şekilde hesaplanabilir: (Foster, Majid ve Cota, 2014).

$$E_h = \rho \times g \times V \times TDH \quad (12)$$

Burada ρ su yoğunluğu, g yerçekiminden kaynaklanan ivme (9.81 m/s^2), TDH toplam dinamik basma yüksekliği (m), statik basma yüksekliği (m) ve sürtünme kayıplarının (m) toplamıdır.

Gerekli fotovoltaiik dizi gücü (P_{pv}) şu şekilde hesaplanabilir:

$$P_{pv} = E_w / (I_T \times \eta_{mp} \times F) \quad (13)$$

Burada I_t panellere gelen ortalama günlük güneş ışınlamı ($kWh/m^2\text{gün}$), F dizi uyumsuzluk faktörü, η_{mp} günlük alt sistem verimliliğidir. Pompalanan su miktarı V (m^3) şu şekilde verilir

$$V = (P_{pv} \times I_T \times \eta_{mp} \times F) / (\rho \times g \times TDH) \quad (14)$$

Motor-pompa sisteminin verimliliği η_{mp} aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$Verimlilik = \frac{\text{Hidrolik Enerji Çıkışı}}{\text{Enerji Girişi}} \quad (15)$$

PV dizisinin verimliliği (%) şu şekilde verilir:

$$\eta_{pv} = \frac{P_{pv}(W)}{I_T(W/m^2) \times A_c(m^2)} \times 100 \quad (16)$$

Toplam güneş enerjili su pompası sistemi verimliliği şu şekilde elde edilir:

$$\eta_{total} = (\eta_{pv} \times \eta_{mp}) \quad (17)$$

5.2. Güneş Enerji Sistemlerinin Yatırım Öncesi Simülasyonu

Projeler için yapılan yatırım öncesi simülasyonlar hem proje maliyetleri hem de performansa ilişkin önemli bilgiler sunmaktadır. Bir simülasyon için güneş ışıınımı, yerel hava koşulları ve planlanan FV sistemlerinin diğer teknik parametreleri gibi büyük miktarda girdi verisi gerektirmektedir (Shukla, Sudhakar ve Baredar, 2016). Pek çok güneş enerjisi simülasyon programı bulunmaktadır (Shukla vd. 2016). Güneş enerjisi simülasyon programlarının amaç ve geliştiricileri, Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Fotovoltaik simülasyon yazılımları ve amaçları

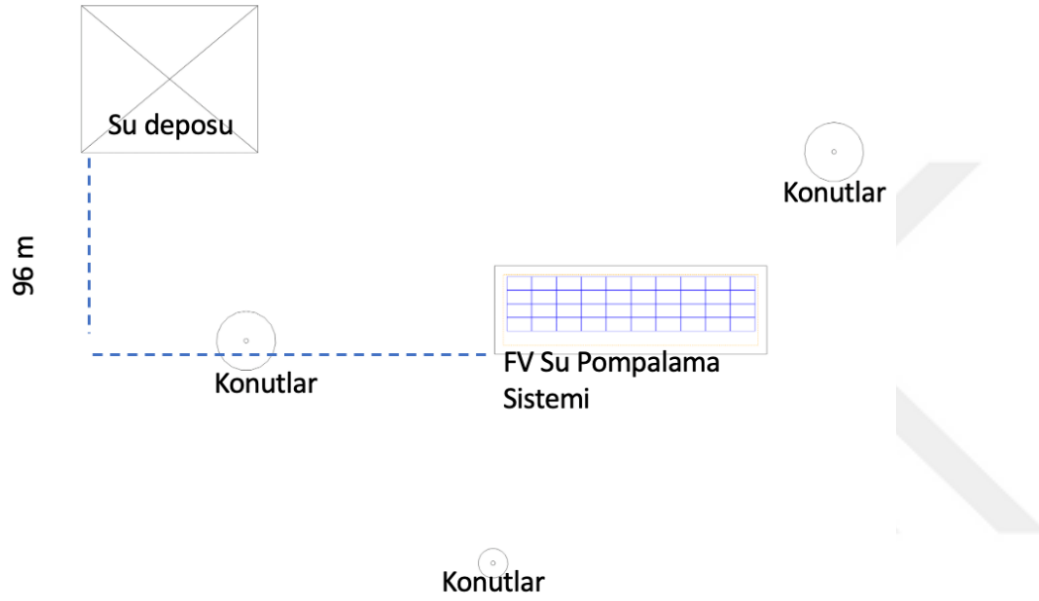
FV Dizayn ve Simülasyon Yazılımı	Amaç	Geliştirici
PV F-Chart	Şebekeye bağlı ve bağımsız sistemlerin analizi ve boyutlandırılmasında kullanılmaktadır.	Sandia, National Labs, Albuquerque, NM
PV*Sol	Şebekeye bağlı ve bağımsız sistemlerin - ekonomik analizi de dahil- simülasyonunda kullanılmaktadır.	Valentin Software company Berlin, Germany
PV Planer	Şebekeye bağlı sistemlerin analiz ve boyutlandırılmasında kullanılmaktadır.	Center for Energy and Environmental Policy, University of Delaware
Sunny Design	Operasyonel yıl tahmininin enerjik değerlendirilmesi ve güneş FV sisteminin simülasyonu için kullanılmaktadır.	Niestetal, Germany
Blue Sol	Panellerin düzlemindeki ışıınımı ve fotovoltaik sistemin üretilebilirliğini hesaplamaktadır.	Regen Power Pty. Ltd. Western Australia

Çizelge 5.2. (devamı)

Solar Advisor Model (SAM)	Şebekeye bağlı ve bağımsız enerji projeleri için kurulum ve işletim maliyetleri ile sistem tasarım parametrelerine dayalı tahminler ve enerji tahminleri gerçekleştirilmektedir.	National Energy Laboratory (NREL)
----------------------------------	--	-----------------------------------

6. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde; fotovoltaik (FV) su pompalama sisteminin kurulacağı bölgenin coğrafi özellikleri ile tasarımı ve analizinde kullanılan PV*Sol programının özellikleri, kullanılan veri tabanı ve kullanılacak ekipmanların elektriksel-fiziksel özellikleri açıklanmıştır. Şekil 6.1.'de sistemin şematik temsili verildi.



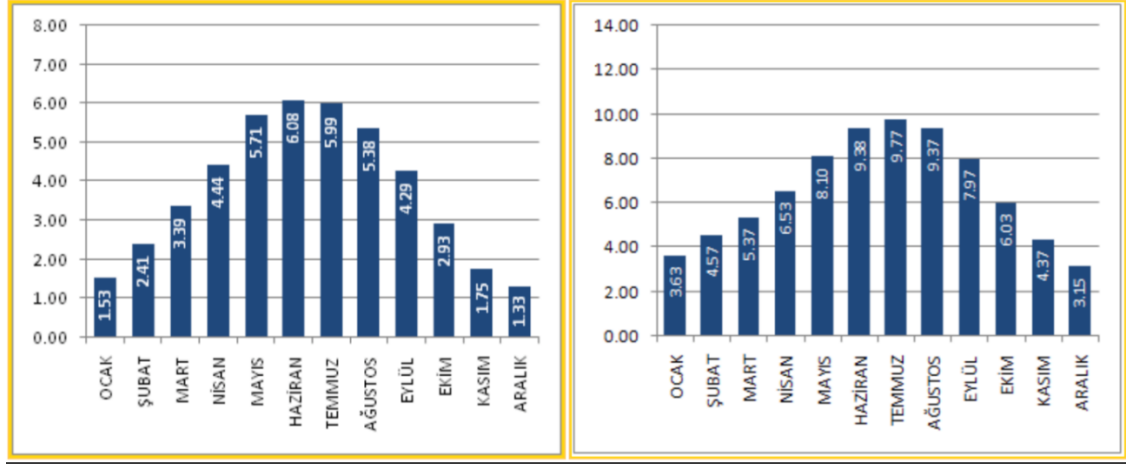
Şekil 6.1. Sistemin şematik temsili

Yaklaşık 650 metre bir terfi hattına sahip olacak olan sistemin depo alanı kot olarak köyün yüksek bir alanına tesisi planlandı. Dalgıç pompa maharetiyle çıkarılan su, 650 metre uzaklıktaki 96 metre yüksek kotta bulunan depo alanına taşınması planlandı. Bu proje tesis edilirken PV*SOL programı ve Meteonorm güneşlenme verileri kullanılarak simüle edildi. 40 adet 325 W Mono Kristal güneş enerji paneli kullanılması planlandı.

6.1. Bölgenin Coğrafi Özellikleri

Projenin kurulu olacağı Çılıkıdır Köyü, Amasya ilinin Taşova ilçesine bağlı bir köydür. Amasya iline 52 km, Taşova ilçesine 4 km uzaklıktadır. Köyün iklimi, Karadeniz iklimi etki alanı içerisindedir. Köyün ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Çılıkıdır Köyü'nün bağlı olduğu Taşova ilçesine yıllık bir metrekareye düşen radyasyon değeri

1400-1550 kilowatt-saat arasında değişim göstermektedir. Taşova ilinin global radyasyon değerleri ile güneşlenme süreleri Şekil 6.2.'de verilmiştir.



Şekil 6.2. Taşova'nın global radyasyon değerlerinin KWh/m²-gün (sağda) ve güneşlenme sürelerinin saat (solda) cinsinden aylara göre dağılımı

6.2. Pv-Sol

Sistem tasarımında PV*SOL Premium 2023 (R5) yazılımı kullanıldı. PV * SOL premium, fotovoltaik sistemlerin cihazlar, batarya sistemleri ve elektrikli araçlarla birlikte hesaplanması için 3 boyutlu görselleştirme ve ayrıntılı gölgeleme analizine sahip dinamik bir simülasyon programıdır. En önemli özelliği 3 boyutlu görselleştirme olan program çatıya entegre veya monte edilecek modüller ile küçük açılı çatılar, büyük endüstriyel salonlar veya açık alanlar için planlanan modüllerin simülasyonunda kullanılabilir (Dudley, 2017). Sistem, üç boyutlu nesnelere dayalı gölge hesaplamalı FV sistemlerinin üç boyutlu görselleştirmesini sağlamaktadır. Kullanıcı, modülleri seçerek modül konfigürasyonunu optimize etmekte ve modüller ile inverterler birlikte konfigüre edilmektedir. Sistem 10 dakikalık aralıklarla gölgeleme simülasyonu gerçekleştirmektedir. Verim simülasyonu her modül için kesin gölgeleme oranı dikkate alınarak hesaplanmaktadır (Lalwani, Kothari ve Singh, 2010).

6.2.1. Proje datası

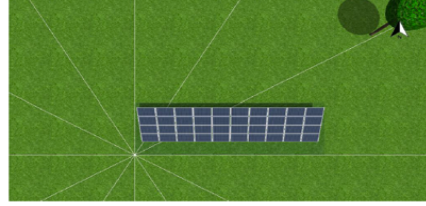
Programın başlangıç aşamasında, proje ismi ve numarası gibi temel bilgiler girilmektedir. Gerçekleştirilen proje ile ilgili temel bilgiler, Resim 6.1.'de verildi.

Müşteri Detayları

Şirket	[Redacted]
Müşteri numarası	M-2021/1
İlgili Kişi	[Redacted]
Adres	[Redacted]
Telefon	[Redacted]
Faks	[Redacted]
E-Posta	[Redacted]

Proje Verileri

Proje Başlığı	Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı
Teklif no.	T-2021/1
Proje Tasarımcısı	Aydın Oğuz BAŞ
Adres	Çalkıdır Köyü Taşova/AMASYA



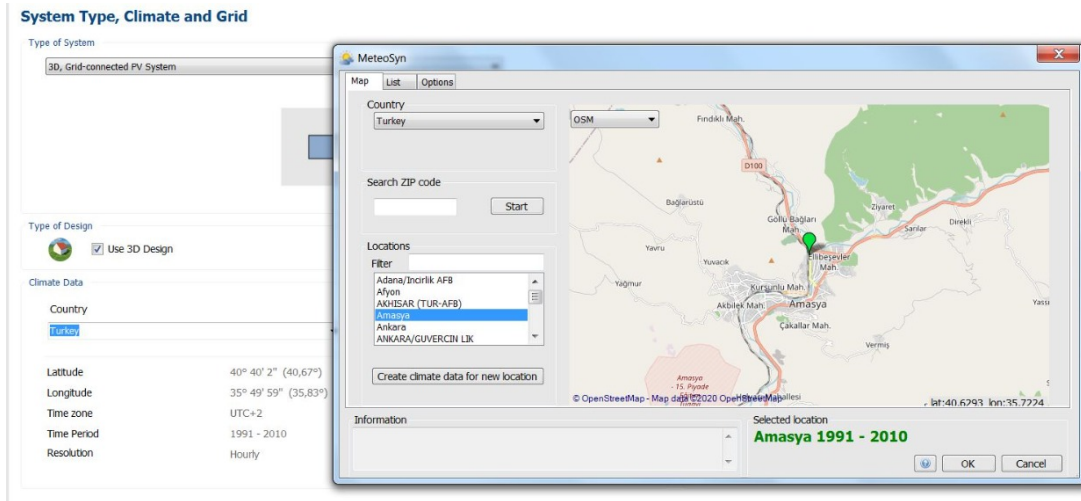
Proje Tanımı:

Kırsal bölgelerde şebeke destekli fotovoltaik güneş santrali ile içme suyu temini için klor dozaj pompa sistemine sahip sistem tasarım ve analizi yapılacaktır.

Resim 6.1. Proje veri girişi ekranı

6.2.2. Sistem tipi, iklim ve şebeke

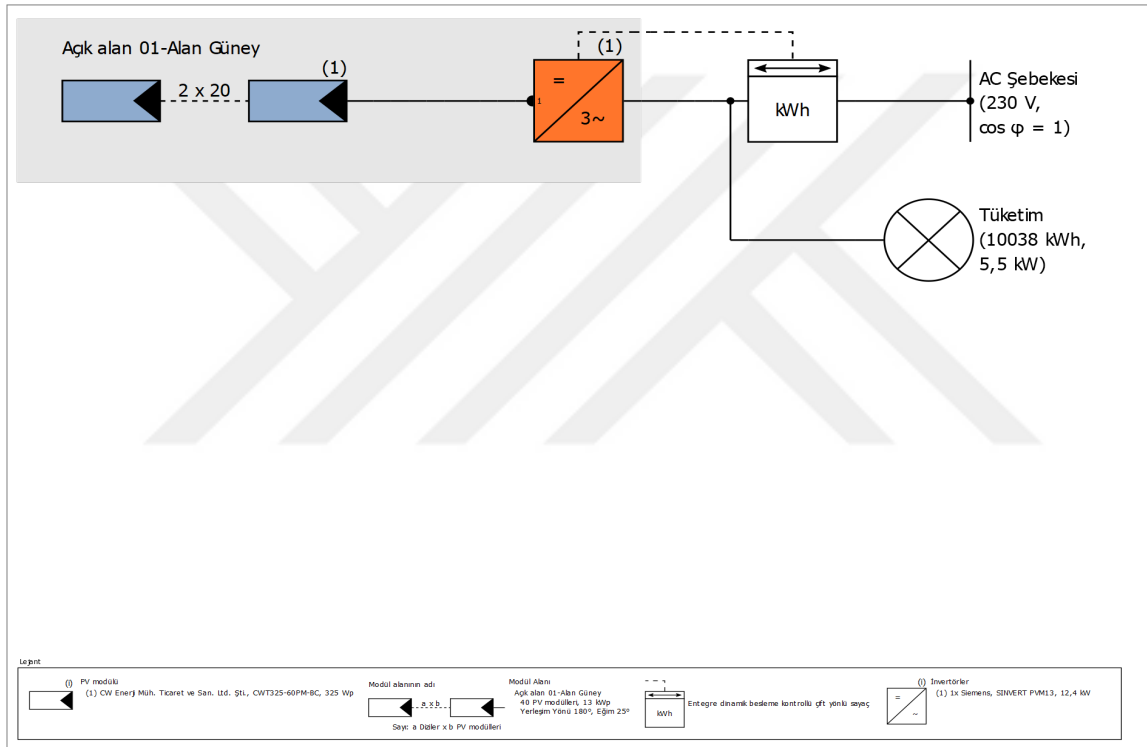
Bu kısımda yazılıma, sistemin kurulması düşünülen yer ile ilgili meteorolojik veriler ve sistem yapısına ilişkin bilgiler (FV Paneller, inverter ve şebekeye bağlantı) girilmektedir. Resim 6.2.'de sistem tipi, iklim ve şebeke için lokasyon seçimi gösterildi.



Resim 6.2. İklim ve güneşlenme sürelerinin belirlenmesi için lokasyon seçme

6.2.3. Sistem elemanları

Sistem, 40 adet PV panelden oluşmaktadır. Her bir panelde 60 adet Monokristalli Si'den yapılmış hücre bulunmaktadır. Ayrıca sistemde 1 adet invertör, 50 metre uzunluğuna 4 mm² bakır DC kablosu, 50 metre uzunluğunda 4 mm² bakır dizi kablosu, 25 metre uzunluğunda 6 mm² bakır 3 fazlı AC kablosu, 1 adet üretim sayacı, 1 adet devre kesicisi B 25A ve 1 adet entegre dinamik besleme kontrollü çift yönlü sayaçtan oluşmaktadır (Resim 6.3.).



Resim 6.3. Sistem elemanları

Her bir PV modülünde, 60 adet Monokristalli Si'den oluşan hücreler bulunmaktadır. PV modüllerinin boyutu 1007x1668x35 mm'dir. Çerçeve genişlikleri, 30 mm ve ağırlıkları 18 kg'dır. Sistemde 3 adet bypass diyotu bulunmaktadır. Modüller toplamda, 18,5 x 6 metrekarelik bir alanı kaplayacaklardır. PV jeneretör yüzeyi 67,2 m²'dir. 25⁰ eğimli ve 180⁰ güneye yerleştirilmesi planlandı. Sistemde 1 adet invertör bulunmaktadır. İnvvertörün DC ve AC elektriksel verileri aşağıdaki çizelgede verildi (Çizelge 6.1.).

Çizelge 6.1. İnvörtörün elektriksel özellikleri

DC Nominal Çıkışı	12,6 kW
Maksimum DC Gücü	12,6 KW
Nominal DC Gerilimi	630 V
Maksimum Giriş Gerilimi	1000 V
Maksimum Giriş Akımı	30 A
Dc Giriş Sayısı	4
AC Nominal Güç	12,4 kW
Maksimum AC gücü	12,4 kVA
Faz Adeti	3

6.2.4. Pompa

Toplam derinliği 56 metre olan kuyuda, sudaki çekilmeler ve yer altındaki katmanların değişkenliği de göz önünde bulundurularak kuyu logu indirilerek inceleme yapılacaktır. Bu sistemde dalgıç pompa kullanılacaktır. Kullanılan dalgıç pompanın anma çapı 4", gücü 5,5 kW ve debisi $1,5 \pm 0,5$ litre/saniye olup gövdesi paslanmaz çelikten yapılmıştır.

6.2.5. Klor dozaj pompası

Su tüketiminin daha sağlıklı ve hijyenik hale gelmesi amacıyla bu tasarımda, Güneş Enerjili Sıvı Klor Dozajlama Sistemi kullanıldı. Sistem, enerji beslemesi 12V-24V DC olan tam otomatik ölçümlü klor dozaj cihazı, 100 watt/12 voltluk güneş paneli, 6 ah/12 volt solar şarj ünitesi ile 55 ah/12 volt jel aküden oluşmaktadır. Tam otomatik ölçümlü klor dozaj cihazının, otomatik oransal çalışma modu bulunmaktadır.

6.2.6. Kuyu- depo arası otomasyon sistemi

Deponun su ihtiyacına göre, kuyudan depoya otomatik olarak su aktarmak amacıyla kuyu-depo arası otomasyon sistemi (RF Kablosuz Depo Kontrol Sistemi) kullanıldı. Bu sistemle, pompa ve depo arasında RF üzerinden haberleşme kurularak ve depo seviyesine göre pompa motorunu devreye alıp, devreden çıkartarak otomatik depo dolumu sağlanmaktadır. Bu kapsamda sistemde, depo tarafında şamandıra girişi ve pompa tarafında pompa motor

kontaktör çıkışı bulunmaktadır. 180-250 V şehir şebekesi ile çalışan otomasyon sistemi, 15 dakika aralıklarla şamandıra konumunu pompa ünitesine iletmektedir. Bu aralıklar arasında 0.2 mA akım çekmektedir. Otomasyon sistemi aynı zamanda 12V/7A'lık aküye sahiptir.

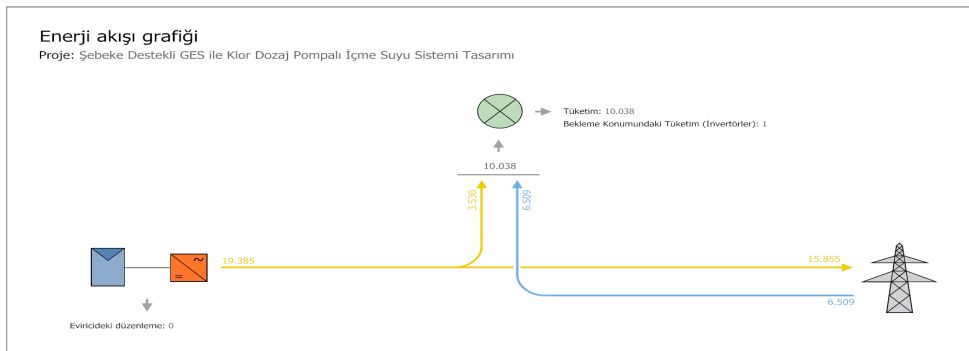


7. BULGULAR

Bu çalışmada; Amasya ili Taşova İlçesi Çalkıdır Köyü içme suyu temini için klor dozaj pompalı FV enerjili içme suyu pompasının tasarım ve analizi gerçekleştirildi. İçme suyu tesisine yakın bir noktada enerjinin alınabileceği bir gerilim hattı bulunduğu, ancak içme suyu temini için kullanılacak şebeke elektriğinin maliyetleri artıracığı göz önünde bulundurularak, şebeke desteğinin yanında güneş enerjisi ile üretilen enerjinin de kullanılacağı bir solar su pompalama sistemi tasarlandı.

Bu tasarımda, güneş panelleri ile üretilen elektrik enerjisi ve şebeke desteği ile çalışan su pompası yardımıyla su, terfi binasından 96 metre yükseklikte bulunan su deposuna pompalanmakta ardından cazibeli dağıtım yöntemiyle su isale hattına yönlendirilmektedir. Terfi binasında, 5.5 kW gücünde bir adet motopomp bulunmaktadır.

Simülasyon sonuçlarına göre, fotovoltaik sistemden elde edilen yıllık enerji 19.384,62 kWh'dır. Bu enerjinin 3.530 kWh'sı sistem tarafından kullanılırken, 15.855 kWh şebekeye aktarılmıştır. Pompanın yıllık toplam enerji tüketimi 10.038 kWh olup, gerekli enerjinin %35,2'si fotovoltaik sistemden elde edilmiştir. Modül alanı başına sonuçlar incelendiğinde ise, 67,19 m² yüzeyi olan FV jeneratörler üzerine, bir modüle toplam 1662,68 kWh/m² ışınım düşmek üzere toplamda 111710,26 kWh ışınım düştüğü görülmüştür. Resim 7.1. ve Resim 7.2.'de sistemin ürettiği ve tükettiği enerji ile simülasyon sonuçları verilmiştir.



Resim 7.1. Sistemin ürettiği ve tükettiği enerji

Simülasyon sonuçları

Sonuçlar Tüm Sistem

PV sistemi

PV jeneratör çıkışı	13,00 kWp
Yıllık Özgül Kazanç	1.491,05 kWh/kWp
Sistem kullanım oranı (PR)	88,85 %
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı	1,6 %

PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)



Öz Tüketim
 Besleme noktasındaki düzenleme
 Şebeke beslemesi

PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)	19.385 kWh/Yıl
Öz Tüketim	3.530 kWh/Yıl
Besleme noktasındaki düzenleme	0 kWh/Yıl
Şebeke beslemesi	15.855 kWh/Yıl

Kişisel Güç Tüketimi	18,2 %
Önlenen CO ₂ emisyonu	9.110 kg/yıl

Tüketici

Tüketici	10.038 kWh/Yıl
Bekleme Konumundaki Tüketim (İnvertörler)	1 kWh/Yıl
Toplam tüketim	10.038 kWh/Yıl
PV ile karşılanmış	3.530 kWh/Yıl
Şebeke ile karşılanmış	6.509 kWh/Yıl
Güneş Enerjisi Oranı	35,2 %

Toplam tüketim



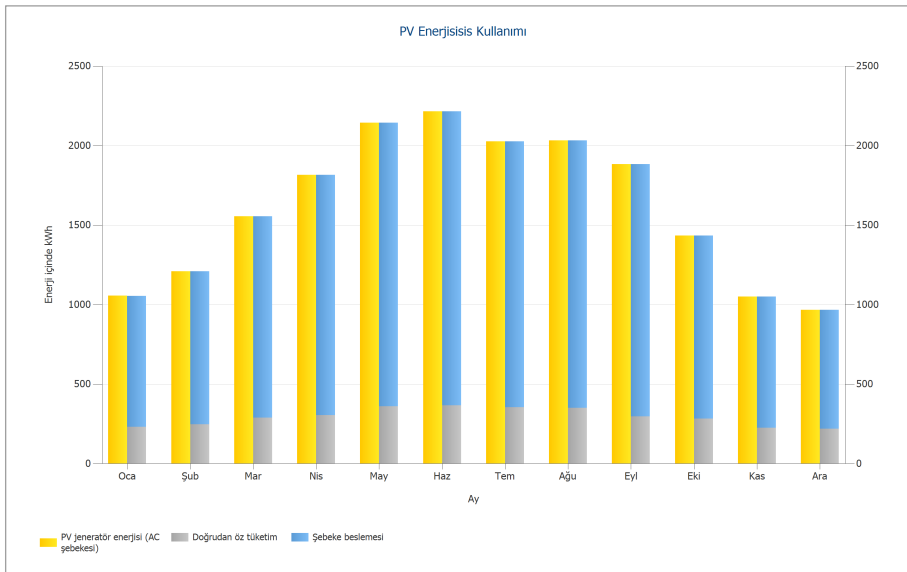
PV ile karşılanmış
 Şebeke ile karşılanmış

Otarşı derecesi

Toplam tüketim	10.038 kWh/Yıl
Şebeke ile karşılanmış	6.509 kWh/Yıl
Otarşı derecesi	35,2 %

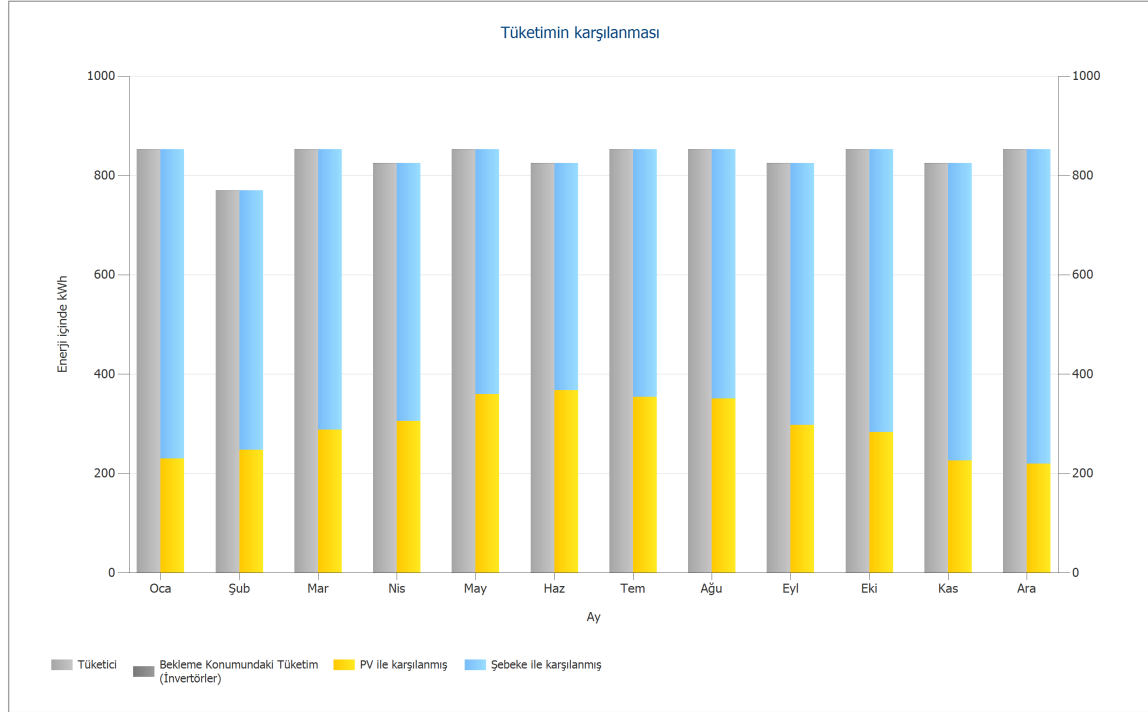
Resim 7.2. Simülasyon sonuçları

Fotovoltaik sistemden elde edilen enerjinin, Mayıs ve Haziran aylarından en yüksek değerlerine ulaşacağı ve buna paralel olarak pompanın tükettiği ve şebekeye verilen enerji miktarının da bu aylarda en yüksek olacağı hesaplanmıştır. Aylara göre fotovoltaik sistemden elde edilen enerjinin kullanımı Resim 7.3.'te verilmiştir.



Resim 7.3. Fotovoltaik sistemden elde edilen enerjinin kullanımı (aylar)

Aylara göre pompa tarafından tüketilen enerjinin fotovoltaik sistem ve şebeke tarafından karşılanma oranları Resim 7.4'te gösterilmiştir.



Resim 7.4. Pompanın tükettiği enerjinin karşılanma oranları (aylar)

Simülasyonun 20 yıllık yatırımsal analizine ilişkin çizelge biriktirilmiş nakit akışı Resim 7.5 ve 7.6.'da gösterilmiştir.

Finansal Analiz

Genel Bakış

Sistem bilgileri

İlk yıl içindeki şebeke beslemesi (Modülün performans düşüşü dahil)	15.855 kWh/Yıl
PV jeneratör çıkışı	13 kWp
Sistemin devreye alınması	17.12.2021
Değerlendirme Dönemi	25 Yıllar
Anaparaya uygulanan faiz	0 %

Ekonomik Parametreler

İç Verim Oranı (IRR)	21,16 %
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	4.145.397,35 ₺
Amortisman süresi	6,5 Yıllar
Elektrik üretim maliyeti	0,8358 ₺/kWh

Ödemelere Genel Bakış

Belirli yatırım giderleri	30.769,23 ₺/kWp
Yatırım Maliyetleri	400.000,00 ₺
Yatırımlar	400.000,00 ₺
Tek Seferlik Ödemeler	0,00 ₺
Gelen Sübvansiyonlar	120.000,00 ₺
Yıllık giderler	5.000,00 ₺/Yıl
Diğer Gelirler veya Tasarruflar	0,00 ₺/Yıl

Ödemeler ve tasarruflar

Şebeke İşletmecisi tarafından ilk yılda yapılan toplam ödeme	34.880,93 ₺/Yıl
Birinci yılda oluşan tasarruflar	7.763,23 ₺/Yıl

06/23 (Example)

Enerji Fiyatı	2,2 ₺/kWh
Taban fiyat	2,2 ₺/Ay
Enerji Fiyatı için Enflasyon Oranı	20 %/Yıl

Üçüncü kişilere doğrudan satılan elektrik ücreti

Doğrudan Üçüncü Kişilere Satılan Elektrik Fiyatı	2,20 ₺/kWh
Üçüncü kişilere doğrudan satılan elektrik ücreti	34.880,93 ₺/Yıl

Resim 7.5. Simülasyonun finansal analiz sonuçları

Nakit akışı

Nakit akışı

	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3	Yıl 4	Yıl 5
Yatırımlar	-₺400.000,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺120.000,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.032,73	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺7.501,67	₺9.315,88	₺11.179,06	₺13.414,87	₺16.097,84
Yıllık nakit akışı	-₺243.465,60	₺39.196,81	₺41.059,99	₺43.295,80	₺45.978,77
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	-₺243.465,60	-₺204.268,79	-₺163.208,80	-₺119.913,00	-₺73.934,23

Nakit akışı

	Yıl 6	Yıl 7	Yıl 8	Yıl 9	Yıl 10
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺19.317,41	₺23.180,89	₺27.817,07	₺33.380,48	₺40.056,58
Yıllık nakit akışı	₺49.198,34	₺53.061,82	₺57.698,00	₺63.261,41	₺69.937,51
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	-₺24.735,89	₺28.325,93	₺86.023,94	₺149.285,35	₺219.222,86

Nakit akışı

	Yıl 11	Yıl 12	Yıl 13	Yıl 14	Yıl 15
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺48.067,89	₺57.681,47	₺69.217,76	₺83.061,32	₺99.673,59
Yıllık nakit akışı	₺77.948,82	₺87.562,41	₺99.098,70	₺112.942,26	₺129.554,52
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	₺297.171,68	₺384.734,09	₺483.832,78	₺596.775,04	₺726.329,56

Nakit akışı

	Yıl 16	Yıl 17	Yıl 18	Yıl 19	Yıl 20
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺119.608,30	₺143.529,96	₺172.235,95	₺206.683,14	₺248.019,77
Yıllık nakit akışı	₺149.489,24	₺173.410,89	₺202.116,88	₺236.564,07	₺277.900,70
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	₺875.818,79	₺1.049.229,69	₺1.251.346,57	₺1.487.910,64	₺1.765.811,35

Resim 7.6. Nakit akış çizelgesi

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya çapında en önemli sorunlardan biri, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki elektrik enerjisi sıkıntısıdır. Ülkemiz enerji ihtiyacının büyük bir kısmını yurtdışından sağlamaktadır. Bu durum, dışa bağımlılık ve cari açığı artırarak ve ekonomiye sekte vurmaktadır. Ayrıca enerjide dışa bağımlılık, enerji güvenliği açısından ekonomi başta olmak üzere önemli problemler yaratabilmektedir.

Bu çalışmada Amasya İli Taşova İlçesi Çalkıdır Köyü için tasarlanan şebeke destekli klor dozaj pompalı FV su pompalama sisteminin analizi yapılmış ve değerlendirmeler detaylı olarak sunulmuştur (EK-1). Çalışmamızda, Pv*Sol yazılım programı ile analiz yapılmıştır. Kullanıcı dostu olan program, kullanım kılavuzu ile kolayca kullanılabilir. Yazılım, ilgili bölgenin güneşlenme oranını sistemsal anlamda yıllara sari olarak veri tabanında tutmaktadır. Veri tabanında bulundurulmuş farklı marka ve modellerdeki paneller kullanılarak gerçekleştirilen üç boyutlu dizayn; evirici, kablo kesiti gibi değerlerin kullanılmasıyla birlikte güneşlenme oranı da göz önünde bulundurularak simüle edilmektedir. Dolayısıyla uygulanacak proje, pratikte daha verimli gerçekleştirilebilmektedir. Aynı zamanda program çıktısı olarak raporlamaların Türkçe olması, analizin rahatça anlaşılmasını sağlamaktadır.

Çalışmamızda yapılan analizin sonucunda, su pompalama sisteminin tükettiği enerjinin %35,2'sini FV sistemden elde edeceği ve FV sisteminin yıl içerisinde üretmiş olduğu ve pompa tarafından kullanılmayan 15855 kWh'nın şebekeye verilebileceği belirlenmiştir. Haziran 2023 tarihinde devreye alınması gereken sistem yatırım maliyetleri ve alış/satış elektrik birim fiyatları ve benzeri unsurlar Haziran 2023 yılı endeksleri ile birlikte göz önünde bulundurulduğunda yaklaşık olarak ilk yılı için 7.763,23TL, gelecek 10 yıl için 40.056,58 TL ve 20 yıl için 248.019,77 TL olarak tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür. Tabii ki bu tasarruf yıllara sari fiyat endekslerin değişmesinden ve artan maliyetlerden dolayı farklılık gösterebilir olarak belirtilmelidir. Sistem amortisman süresi 6,5 yıl olarak hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

- Ahmed, E. E. and Demirci, A. (2022). Multi-stage and multi-objective optimization for optimal sizing of stand-alone photovoltaic water pumping systems. *Energy*, 252, 124048.
- Akdeniz, T. (2017). *Kalite Kısıtlamaları Göz Önüne Alınarak İçme Suyu Şebekelerinde Ara Klonlama İstasyon Sayılarının Belirlenmesi ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Aliyu, M., Hassan, G., Said, S. A., Siddiqui, M. U., Alawami, A. T. and Elamin, I. M. (2018). A review of solar-powered water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87, 61-76.
- Alper, A. and Oguz, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
- Altuntaş, H. (2019). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Hedef ve Politikaları ile Fotovoltaik Güneş Enerjisinin Gelişimi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bahadori, A., Zendejboudi, S. and Zahedi, G. (2013). A review of geothermal energy resources in Australia: current status and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21(0), 29-34.
- Baker, J. (2008). New technology and possible advances in energy storage. *Energy Policy*, 36(12), 4368-4373.
- Balbay, A. and Esen, M. (2010). Experimental investigation of using ground source heat pump system for snow melting on pavements and bridge decks. *Scientific Research and Essays*, 5(24), 3955-3966.
- Barker, P. P. and Bing, J. M. (2005). *Advances in solar photovoltaic technology: an applications perspective*. Paper presented at the IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2005.
- Biberci, M.A. (2020). *Ges Sistemlerinin Araştırılması ve Yatırım Öncesi Pv-Sol Yazılımı ile Analizlerinin Gerçeklenmesi*. Yayınlanmamış Tezsiz Yüksek Lisans Projesi, Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Amasya.
- Blaschke, T., Biberacher, M., Gadocha, S. and Schardinger, I. (2013). ‘Energy landscapes’: Meeting energy demands and human aspirations. *Biomass and Bioenergy*, 55, 3-16.
- Bohórquez, J., Saldarriaga, J. and Vallejo, D. (2015). Pumping pattern optimization in order to reduce WDS operation costs. *Procedia Engineering*, 119, 1069-1077.

- Bulut, U. and Muratoglu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus. *Energy Policy*, 123, 240-250.
- Caetano, N. S., Mata, T. M., Martins, A. A. and Felgueiras, M. C. (2017). New trends in energy production and utilization. *Energy Procedia*, 107, 7-14.
- Ceylan, O. (2017). *Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun İncelenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Chandel, S., Naik, M. N. and Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1084-1099.
- Chen, J., Shi, H., Sivakumar, B. and Peart, M. R. (2016). Population, water, food, energy and dams. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 18-28.
- Defne, O. (2018). *Güneş Enerjisi Sistemleri ve EMF Ölçümleri Analizi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirbas, A. (2000). Recent advances in biomass conversion technologies. *Energy Education Science and. Technoogy*, 6, 19-40.
- Deniz, S. (2018). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Politikalarının Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Değerlendirilmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Depernet, D., Ba, O. and Berthon, A. (2012). Online impedance spectroscopy of lead acid batteries for storage management of a standalone power plant. *Journal of Power Sources*, 219, 65-74.
- Dincer, I. (2000). Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4(2), 157-175.
- Dudley, B. (2017). BP Statistical Review Of World Energy 2017. British Petroleum, London, 1-52.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. (2009). Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi, Dektmk Yayın (0011/2009), Ankara, EKC Form Ofset.
- Elsheikh, A. and Abd Elaziz, M. (2019). Review on applications of particle swarm optimization in solar energy systems. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 1159-1170.
- Esen, M. and Yuksel, T. (2013). Experimental Evaluation of Using Various Renewable Energy Sources For Heating A Greenhouse. *Energy and Buildings*, 65, 340-351.
- Foster, R., Majid, G. and Cota, A. (2014). *A test book of solar energy. Renewable energy and the environment* (First edition). Boca Raton: CRC Press, 162.

- Gadonneix, P., Pacific, A., Asia, S. and Frei, C. (2010). *Survey of energy resources* (First edition). London, United Kingdom: World Energy Council.
- Gençoğlu, E. (2015). *Güneş Pili ile Çalışan Bir Su Pompalama Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Gençoğlu, M. T., Cebeci, M. ve Güneş, M. (2010). Güneş enerjisi ile çalışan PLC kontrollü su pompası sistem tasarımı. *Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ*.
- Gleick, P. H. (1996). Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. *Water International*, 21(2), 83-92.
- Gopal, C., Mohanraj, M., Chandramohan, P. and Chandrasekar, P. (2013). Renewable Energy Source Water Pumping Systems-A Literature Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 351-370.
- Green, M. A. (2002). Photovoltaic Principles. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 14(1-2), 11-17.
- Greene, J. S. and Morrissey, M. (2013). Estimated Pollution Reduction from Wind Farms in Oklahoma and Associated Economic and Human Health Benefits. *Journal of Renewable Energy*, 2013, 924920. doi:10.1155/2013/924920.
- Hadjipaschalis, I., Poulikkas, A. and Efthimiou, V. (2009). Overview of Current and Future Energy Storage Technologies for Electric Power Applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1513-1522.
- Herrando, M. and Markides, C. N. (2016). Hybrid PV and Solar-Thermal Systems for Domestic Heat and Power Provision In The UK: Techno-Economic Considerations. *Applied Energy*, 161, 512-532.
- Hoogwijk, M., Faaij, A., Eickhout, B., de Vries, B. and Turkenburg, W. (2005). Potential of Biomass Energy Out to 2100, For Four IPCC Sres Land-Use Scenarios. *Biomass and Bioenergy*, 29(4), 225-257.
- Infield, D. and Freris, L. (2008). *Renewable Energy In Power Systems* (First Edition). Chichester: John Wiley & Sons, 1-3.
- İnternet: 2012 Solar Energy Development Programmatic EIS. Concentrating Solar Power (CSP) Technologies. URL: <https://solareis.anl.gov/guide/solar/csp/>, Son Erişim Tarihi: 03.04.2023
- İnternet: International Energy Agency. (2018). World energy statistics and balances. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-world-energy-statistics-and-balances/world-energy-statistics_data-00510-en?parentId=http%3A%2F%2Finstance.metastore.ingenta.com%2Fcontent%2Fcollection%2Fenestats-data-en , Son Erişim Tarihi: 03.04.2023

- İnternet: NSIDC (2023). Arctic Weather and Climate. URL: <https://nsidc.org/learn/parts-cryosphere/arctic-weather-and-climate>, Son Erişim Tarihi: 03.04.2023
- İnternet: Roser, M., Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E. and Rod s-Guirao, L. World Population Growth. URL: https://ourworldindata.org/world-population-growth?utm_campaign=Weekly%20newsletter%20of%20Igor%20Chykalov&utm_medium=email&utm_source=Revue%20newsletter, Son Erişim Tarihi: 03.04.2023
- İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Güneş. URL: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, Son Erişim Tarihi: 03.04.2023
- İşler, Y. S. (2020). *Şebeke Bağlantılı, Depolamalı Fotovoltaik Güneş Enerjisi Sistemleri için Performans Analizi ve Verim Artırılması*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Ito, K. (2017). Co2 Emissions, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption, and Economic Growth: Evidence From Panel Data For Developing Countries. *International Economics*, 151, 1-6. doi:<https://doi.org/10.1016/j.inteco.2017.02.001>
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A. and Kim, K. H. (2018). Solar Energy: Potential and Future Prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 894-900.
- Kannan, N. and Vakeesan, D. (2016). Solar Energy for Future World: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092-1105.
- Kılıç, F.  . (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve  retim Teknolojileri,. *M hendis ve Makina*, 56(671), 28-40.
- Kim, G., Lee, M.E., Lee, K.S., Park, J.S., Jeong, W.M., Kang, S.K., Soh, J.G. and Kim, H. (2012). An Overview of Ocean Renewable Energy Resources In Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2278-2288. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.040>
- Klass, D.L. (1998). *Biomass For Renewable Energy, Fuels, and Chemicals* (First Edition). United States of America: Academic Press, 29-50.
- Krieger, E.M., Cannarella, J. and Arnold, C.B. (2013). A Comparison of Lead-Acid and Lithium-Based Battery Behavior and Capacity Fade in Off-Grid Renewable Charging Applications. *Energy*, 60, 492-500.
- Kropp, R. (2009). Solar Expected to Maintain Its Status As The World's Fastest-Growing Energy Technology. *Sustainability Investment News*.
- Kumar, Y., Ringenber , J., Depuru, S.S., Devabhaktuni, V.K., Lee, J.W., Nikolaidis, E., Andersen, B. and Afjeh, A. (2016). Wind energy: Trends and enabling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 209-224. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.200>

- Lalwani, M., Kothari, D. and Singh, M. (2010). Investigation of Solar Photovoltaic Simulation Softwares. *International Journal of Applied Engineering Research*, 1(3), 585-601.
- Li, K., Bian, H., Liu, C., Zhang, D. and Yang, Y. (2015). Comparison of Geothermal with Solar and Wind Power Generation Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1464-1474. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.049>
- Li, S., Feng, K. and Li, M. (2017). Identifying The Main Contributors of Air Pollution in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 163, S359-S365.
- Liu, F., Ouedraogo, A., Manghee, S. and Danilenko, A. (2012). A Primer on Energy Efficiency for Municipal Water and Wastewater Utilities; World Bank. *Washington DC*, 1-10.
- Lott, M.C., Pye, S. and Dodds, P.E. (2017). Quantifying The Co-Impacts of Energy Sector Decarbonisation on Outdoor Air Pollution in The United Kingdom. *Energy Policy*, 101, 42-51.
- Mala-Jetmarova, H., Sultanova, N., and Savic, D. (2017). Lost in Optimisation of Water Distribution Systems? A literature Review of System Operation. *Environmental Modelling & Software*, 93, 209-254.
- Manwell, J.F., McGowan, J.G. and Rogers, A.L. (2010). *Wind energy explained: theory, design and application* (2nd ed.). Great Britain: John Wiley & Sons, 23-87.
- Martin C. L. and Goswami, D. Y. (2005). *Solar energy pocket reference* (First edition). New York:Earthscan Publishing.
- Martins, F., Felgueiras, C., Smitkova, M. and Caetano, N. (2019). Analysis of Fossil Fuel Energy Consumption and Environmental Impacts in European Countries. *Energies*, 12(6), 964.
- Meah, K., Ula, S., and Barrett, S. (2008). Solar Photovoltaic Water Pumping Opportunities and Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(4), 1162-1175.
- Mishra, S., Verma, S., Gaur, A., Mohapatra, S., Chowdhury, S. and Dwivedi, G. (2022, January). *Analysis of Solar Photovoltaic-Based Water Pumping System in Sehore, India*. Paper presented at the ICAMME, Singapore.
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R. Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P. Kadner, S., et al. (2011). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. IPCC, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- Moreira, D.F. and Ramos, H.M. (2013). Energy Cost Optimization in A Water Supply System Case Study. *Journal of Energy*, 2013, 1-9.
- Muhsen, D.H., Khatib, T. and Abdulabbas, T.E. (2018). Sizing of a Standalone Photovoltaic Water Pumping System Using Hybrid Multi-Criteria Decision Making Methods. *Solar Energy*, 159, 1003-1015.

- Muhsen, D.H., Khatib, T. and Nagi, F. (2017). A Review of Photovoltaic Water Pumping System Designing Methods, Control Strategies and Field Performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 70-86.
- Narula, K. (2019). *The Maritime Dimension of Sustainable Energy Security* (First Edition). Springer Singapore, 23-49.
- Nejat, P., Morsoni, A.K., Jomehzadeh, F., Behzad, H., Vesali, M.S. and Majid, M.A. (2013). Iran's Achievements In Renewable Energy During Fourth Development Program in Comparison with Global Trend. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 561-570.
- Nematollahi, O., Hoghooghi, H., Rasti, M. and Sedaghat, A. (2016). Energy Demands and Renewable Energy Resources In The Middle East. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1172-1181.
- Ntona, E., Arabatzis, G. and Kyriakopoulos, G. L. (2015). Energy Saving: Views and Attitudes of Students in Secondary Education. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46, 1-15.
- Ocal, O. and Aslan, A. (2013). Renewable Energy Consumption–Economic Growth Nexus In Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Ocean Energy Systems. (2019). *Annual Report An Overview Of Ocean Energy Activities In 2019*. The Executive Committee of Ocean Energy Systems, Lisbon, 21.
- OECD NEA. (2011). *The Structure and Application of High Level Safety Goals*. Paper presented at the Multinational Design Evaluation Programme. Safety Goals Subcommittee, Paris, France.
- Owusu, P. A. and Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A Review of Renewable Energy Sources, Sustainability Issues and Climate Change Mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990.
- Ozturk, H.K., Yilanci, A. and Atalay, O. (2007). Past, Present and Future Status of Electricity in Turkey and The Share of Energy Sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(2), 183-209.
- Özdemir, A. (2007). Jeotermal Enerji ve Elektrik Üretimi. *Jeofizik Bülteni*, 55:300-310.
- Pandey, A., Hossain, M., Tyagi, V., Abd Rahim, N., Jeyraj, A., Selvaraj, L. and Sari, A. (2018). Novel Approaches and Recent Developments on Potential Applications of Phase Change Materials in Solar Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 281-323.
- Parida, B., Iniyar, S. and Goic, R. (2011). A Review of Solar Photovoltaic Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1625-1636.
- Qazi, S. (2016). *Standalone Photovoltaic (PV) Systems for Disaster Relief and Remote Areas* (First edition). India: Elsevier, 140-142.

- Razykov, T. M., Ferekides, C. S., Morel, D., Stefanakos, E., Ullal, H. S. and Upadhyaya, H. M. (2011). Solar Photovoltaic Electricity: Current Status and Future Prospects. *Solar Energy*, 85(8), 1580-1608.
- Sansaniwal, S. K., Sharma, V. and Mathur, J. (2018). Energy and Exergy Analyses of Various Typical Solar Energy Applications: A Comprehensive Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1576-1601.
- Sarbu, I. (2016). A Study of Energy Optimisation of Urban Water Distribution Systems Using Potential Elements. *Water*, 8(12), 593.
- Schiffer, H., Kober, T. and Panos, E. (2018). World Energy Council's Global Energy Scenarios to 2060. *Zeitschrift für Energiewirtschaft*, 42(2), 91-102.
- Sethi, V.P. and Sharma, S.K. (2007). Survey of Cooling Technologies for Worldwide Agricultural Greenhouse Applications. *Solar Energy*, 81(12), 1447-1459.
- Shukla, A.K., Sudhakar, K. and Baredar, P. (2016). Design, Simulation and Economic Analysis Of Standalone Roof Top Solar Pv System In India. *Solar Energy*, 136, 437-449.
- Stober, I. and Bucher, K. (2013). *Geothermal Energy: From Theoretical Models to Exploration and Development*. Heidelberg: Springer Cham, 1-19.
- Sugiawan, Y. and Managi, S. (2019). New Evidence of Energy-Growth Nexus from Inclusive Wealth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 40-48.
- Sun, D. and Wang, L. (2016). Research on Heat Transfer Performance of Passive Solar Collector-Storage Wall System with Phase Change Materials. *Energy and Buildings*, 119, 183-188.
- Sünter, A.T. (2009). İçme ve kullanma sularının arıtılması ve dezenfeksiyonu. 6. *Ulusal Sterilizasyon Kongresi*, 425-438.
- Şahin, Ü., Aşıcı, A.A., Acar, S., Bal, P.G., Karababa, A.O. and Kurnaz, L. (2016). Coal Report Turkey's Coal Policies Related To Climate Change, Economy and Health. Istanbul Policy Center Sabanci University-Stiftung Mercator Initiative, *Istanbul*.
- Şen, Ö. L. (2013). A Holistic View Of Climate Change and Its Impacts In Turkey. Istanbul Policy Centre Sabanci University, *Istanbul*.
- T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2019). *Elektrik Piyasası Sektör Raporu, Mart 2020*. Ankara.
- Tian, J., Xiong, R. and Shen, W. (2019). A Review on State of Health Estimation for Lithium Ion Batteries in Photovoltaic Systems. *ETransportation*, 2, 100028.
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası. (2018). Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018. *Oda Raporu*.

- Trifunovic, N. (2006). *Introduction to urban water distribution: Unesco-IHE lecture note series*: CRC Press.
- Twidell, J. and Weir, T. (2021). *Renewable Energy Resources* (Fourth Edition). New York: Routledge, 1-27.
- Ummalla, M. and Samal, A. (2018). The Impact of Hydropower Energy Consumption on Economic Growth and Co2 Emissions in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(35), 35725-35737.
- US CDC. (1997). Summary of Notifiable Diseases; Morbidity and Mortality Weekly Report. CDC Surveillance Summaries: Surveillance for Waterborne Disease Outbreaks. Atlanta, USA.
- Ülgen, A. (2018). *Yenilenebilir Enerji Kullanımını Teşvik Yolları Üzerine Bir Değerlendirme*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Van der Zwaan, B., Cameron, L. and Kober, T. (2013). Potential For Renewable Energy Jobs in The Middle East. *Energy Policy*, 60, 296-304.
- Verma, S., Mishra, S., Chowdhury, S., Gaur, A., Mohapatra, S., Soni, A. and Verma, P. (2021). Solar PV Powered Water Pumping System–A Review. *Materials Today: Proceedings*, 46, 5601-5606.
- Woodward, R. (2009). *The Organisation For Economic Co-Operation and Development (OECD)* (First Edition). London:Routledge.
- World Energy Council. (2016). World energy resources 2016. *World Energy Council*, London, United Kingdom.
- WHO. (2017). Principles and Practices of Drinking-Water Chlorination: A Guide to Strengthening Chlorination Practices in Small-to Medium Sized Water Supplies. World Health Organization, Regional Office for South-East Asia, 2-19.
- WHO and UNICEF. (2000). Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. World Health Organization and United Nations Children's Fund, United States of America.



EKLER

Ek-1: Program Çıktısı

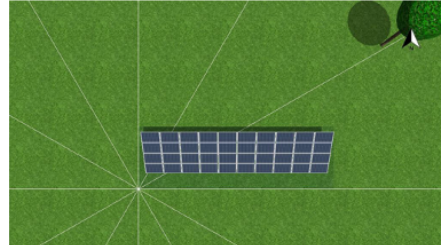
Müşteri No.: M-2021/1
 Proje Başlığı: Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı
 İçme Suyu Sistemi Tasarımı
 Teklif no.: T-2021/1

14.06.2023

Belgelendirme- T-2021/1

Müşteri Detayları	
Şirket	T.C. Amasya İl Özel İdaresi
Müşteri numarası	M-2021/1
İlgili Kişi	Erdin ACAR
Adres	İhsaniye Mahallesi, Zübeyde Hanım Caddesi. No:101, 05200 Amasya/Merkez
Telefon	03582100050
Faks	03582100054
E-Posta	05ozelidare@icisleri.gov.tr

Proje Verileri	
Proje Başlığı	Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı
Teklif no.	T-2021/1
Proje Tasarımcısı	Aydın Oğuz BAŞ
Adres	Çalkıdır Köyü Taşova/AMASYA



Proje Tanımı:

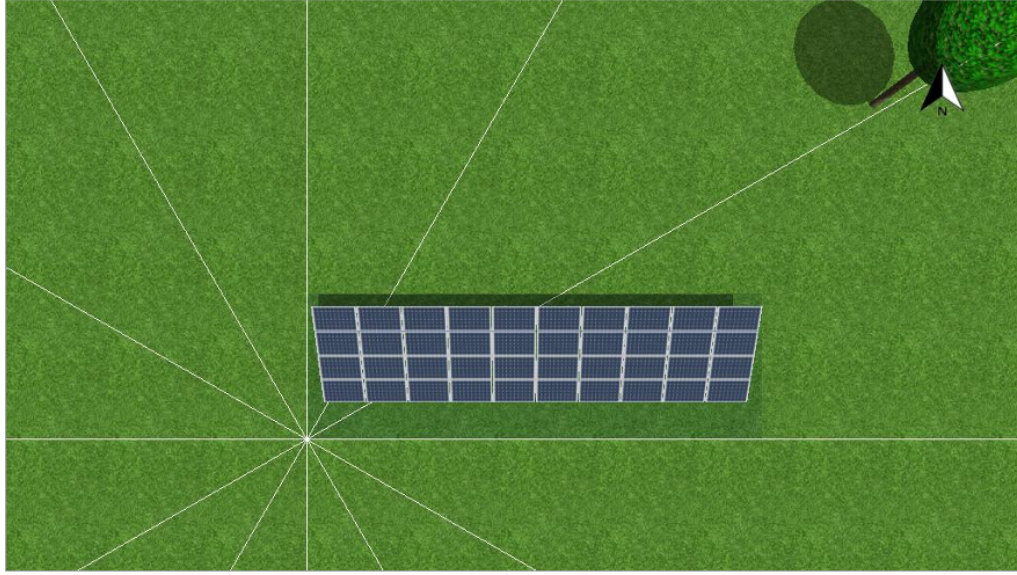
Kırsal bölgelerde şebeke destekli fotovoltaik güneş santrali ile içme suyu temini için klor dozaj pompa sistemine sahip sistem tasarım ve analizi yapılacaktır.

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Projeye Genel Bakış

Resim: Genel Görüntü, 3D Tasarım

PV sistemi**3D, Öz tüketimli şebekeye bağlı PV sistemi**

İklim verileri	Cilkidir, Tasova, Amasya, TUR (1996 - 2015)	
Değerlerin kaynağı	Meteonorm 8.1(i)	
PV jeneratör çıkışı	13	kWp
PV jeneratör yüzeyi	67,2	m ²
Sayı PV modülleri	40	
Evirici Sayısı	1	



Şununla oluşturulmuştur: PV*SOL premium 2023 (R5)
Valentin Software GmbH

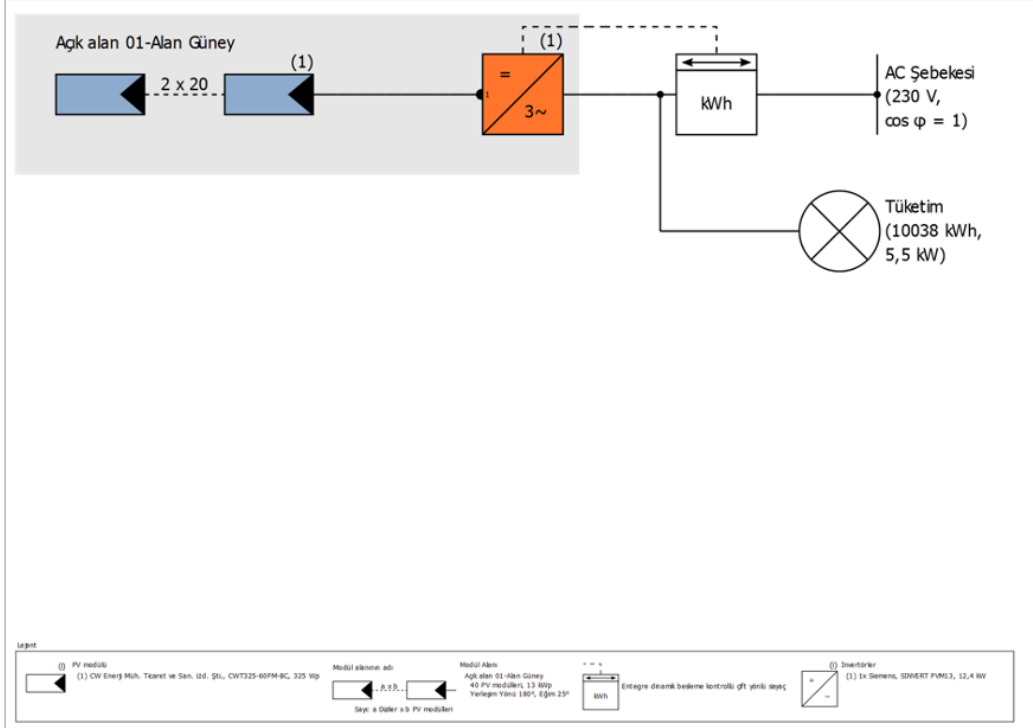
Sayfa 2 den/dan 24

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1



Resim: Şematik diyagram

Üretim Tahmini

Üretim Tahmini

PV jeneratör çıkışı	13,00	kWp
Yıllık Özgül Kazanç	1.491,05	kWh/kWp
Sistem kullanım oranı (PR)	88,85	%
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı	1,6	%
PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)	19.385	kWh/Yıl
Öz Tüketim	3.530	kWh/Yıl
Besleme noktasındaki düzenleme	0	kWh/Yıl
Şebeke beslemesi	15.855	kWh/Yıl
Kişisel Güç Tüketimi	18,2	%
Önlenen CO ₂ emisyonu	9.110	kg/yıl
Otarşi derecesi	35,2	%

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Finansal Analiz**Kazancınız**

Toplam yatırım maliyeti	400.000,00	₺
İç Verim Oranı (IRR)	21,16	%
Amortisman süresi	6,5	Yıllar
Elektrik üretim maliyeti	0,8358	₺/kWh
Enerji Dengesi / Şebekeyi Besleme Kavramı	Besleme Fazlası	

Sonuçlar, Valentin Software GmbH (PV*SOL algoritmaları) tarafından bir matematiksel model hesaplaması ile hesaplanmıştır. Güneş enerjisi sisteminden elde edilen gerçek kazançlar, hava değişikliklerinin, modüllerin ve evirici verimliliğinin ve diğer faktörlerin bir sonucu olarak farklılık gösterebilir.



Şununla oluşturulmuştur: PV*SOL premium 2023 (R5)
Valentin Software GmbH

Sayfa 4 den/dan 24

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Sistemin kurulumu

Genel Bakış

Sistem bilgileri

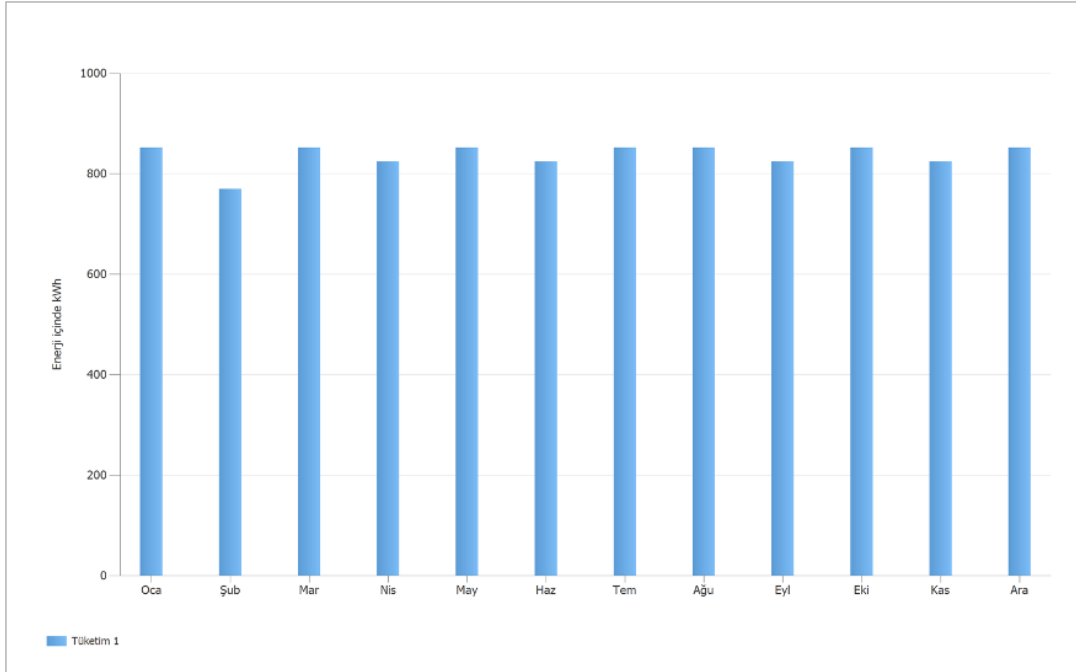
Ek türü	3D, Öz tüketimli şebekeye bağlı PV sistemi
Devreye Alma	17.12.2021

İklim verileri

Konum	Cilkidir, Tasova, Amasya, TUR (1996 - 2015)
Değerlerin kaynağı	Meteonorm 8.1(i)
Verilerin çözünürlüğü	1 h
Kullanılan simülasyon modelleri:	
- Yatayda difüz radyasyon	Hofmann
- Eğimli yüzeye düşen ışıınım	Hay & Davies

Tüketim

Toplam tüketim	10038 kWh
POMPA YENİİ	10038 kWh
Pik yük	5,5 kW



Resim: Tüketim



Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

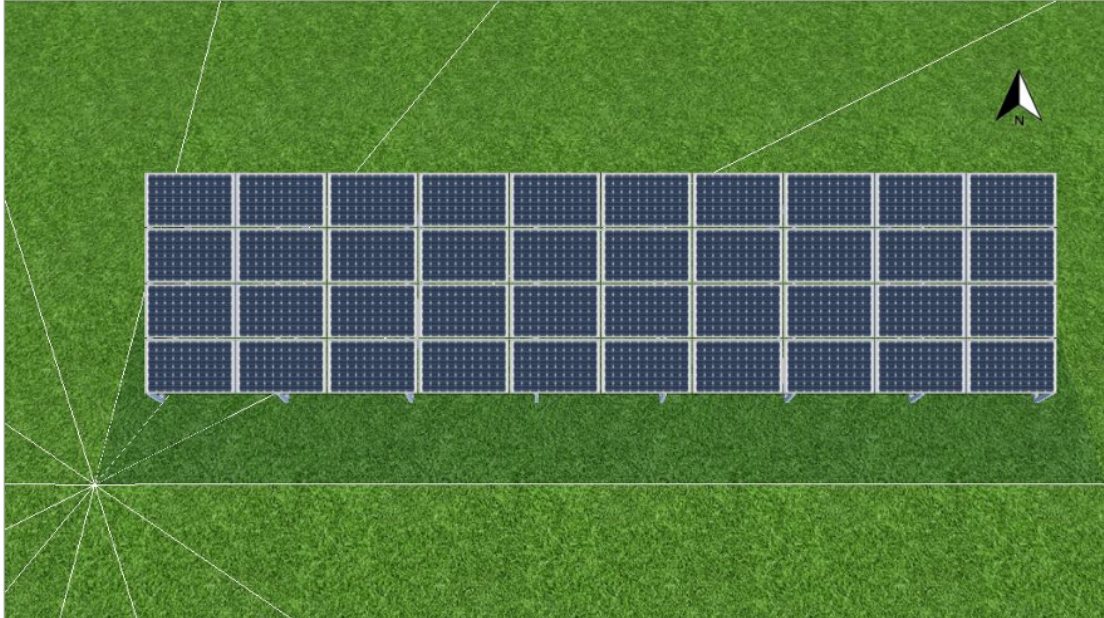
Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Modül Alanları

1. Modül Alanı - Açık alan 01-Alan Güney

PV jeneratörü, 1. Modül Alanı - Açık alan 01-Alan Güney

İsim	Açık alan 01-Alan Güney
PV modülleri	40 x CWT325-60PM-BC (v1)
Üretici	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.
Eğim	25 °
Yerleşim Yönü	Güney 180 °
Montaj Türü	Arazi Kurulumu
PV jeneratör yüzeyi	67,2 m ²



Resim: 1. Modül Alanı - Açık alan 01-Alan Güney

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

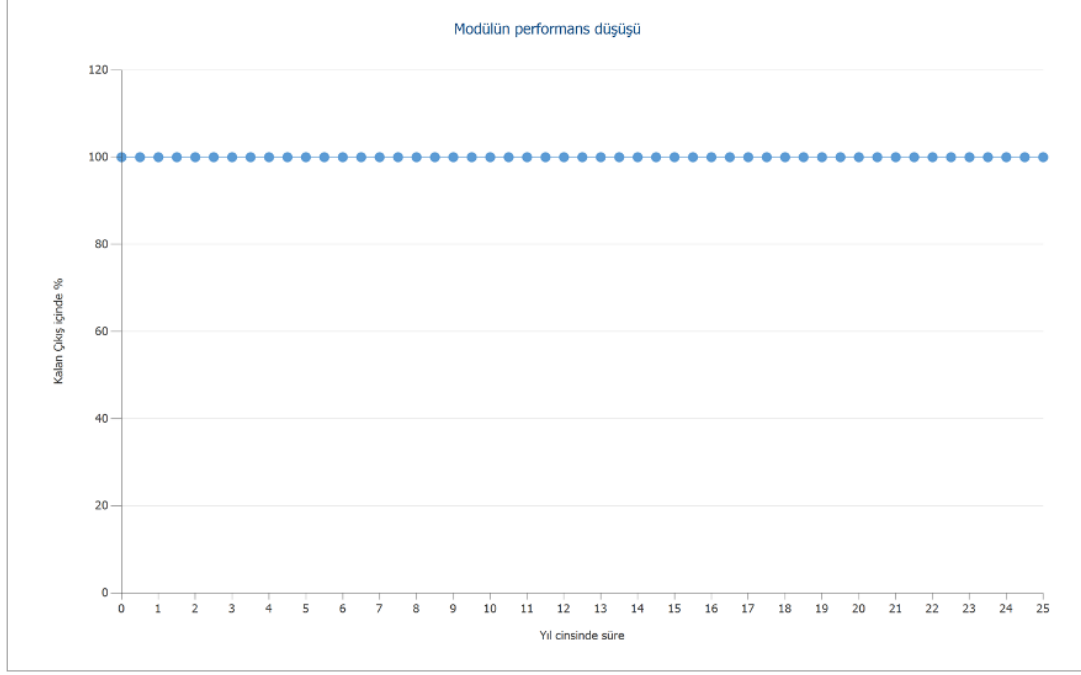
Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

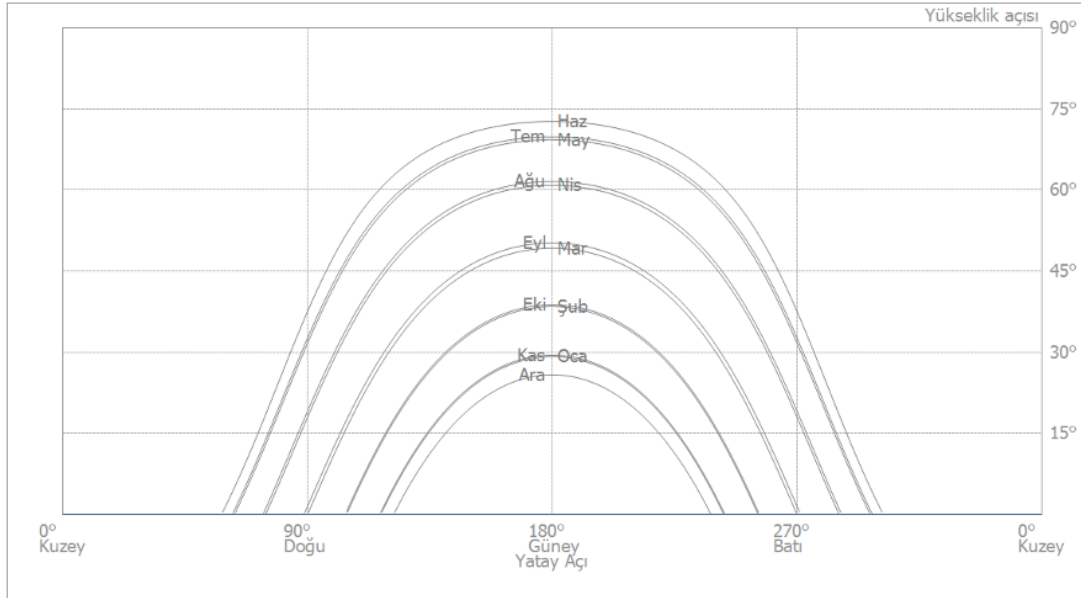
Modülün performans düşüşü, 1. Modül Alanı - Açık alan 01-Alan Güney

Karakteristik eğri	Doğrusal (düz çizgi)
20 yıl sonra kalan güç (güç çıkışı)	100 %



Resim: Modülün performans düşüşü, 1. Modül Alanı - Açık alan 01-Alan Güney

Ufuk çizgisi, 3D Tasarım



Resim: Ufuk (3D Tasarım)

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

İnvertör konfigürasyonu

Konfigürasyon 1

Modül Alanı	Açık alan 01-Alan Güney
İnvertörler 1	
Model	SINVERT PVM13 (v3)
Üretici	Siemens
Sayı	1
Boyutlandırma faktörü	104,8 %
Konfigürasyon	MPP 1: 2 x 20

AC Şebekesi

AC Şebekesi

Faz Adeti	3
Faz ve nötr arasındaki şebeke gerilimi	230 V
Deplasman Güç faktörü (cos phi)	+/- 1

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Simülasyon sonuçları

Sonuçlar Tüm Sistem

PV sistemi

PV jeneratör çıkışı	13,00	kWp	PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi) Öz Tüketim Besleme noktasındaki düzenleme Şebeke beslemesi
Yıllık Özgül Kazanç	1.491,05	kWh/kWp	
Sistem kullanım oranı (PR)	88,85	%	
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı	1,6	%	
PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)	19.385	kWh/Yıl	
Öz Tüketim	3.530	kWh/Yıl	Toplam tüketim PV ile karşılanmış Şebeke ile karşılanmış
Besleme noktasındaki düzenleme	0	kWh/Yıl	
Şebeke beslemesi	15.855	kWh/Yıl	
Kişisel Güç Tüketimi	18,2	%	
Önlenen CO ₂ emisyonu	9.110	kg/yıl	

Tüketici

Tüketici	10.038	kWh/Yıl	Toplam tüketim PV ile karşılanmış Şebeke ile karşılanmış
Bekleme Konumundaki Tüketim (İnvertörler)	1	kWh/Yıl	
Toplam tüketim	10.038	kWh/Yıl	
PV ile karşılanmış	3.530	kWh/Yıl	
Şebeke ile karşılanmış	6.509	kWh/Yıl	
Güneş Enerjisi Oranı	35,2	%	

Otarşi derecesi

Toplam tüketim	10.038	kWh/Yıl
Şebeke ile karşılanmış	6.509	kWh/Yıl
Otarşi derecesi	35,2	%

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

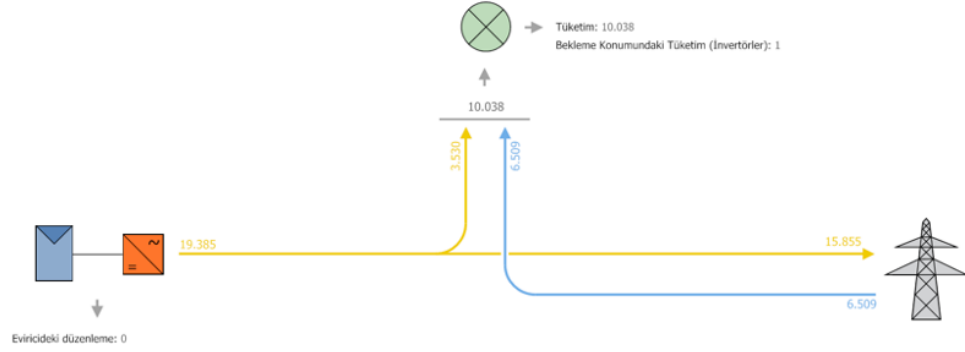
Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Enerji akışı grafiği

Proje: Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı



KWh Tüm değerler
Yazılım nedeni ile hesaplamada küçük sapmalar oluşabilir
created with PV*SOL

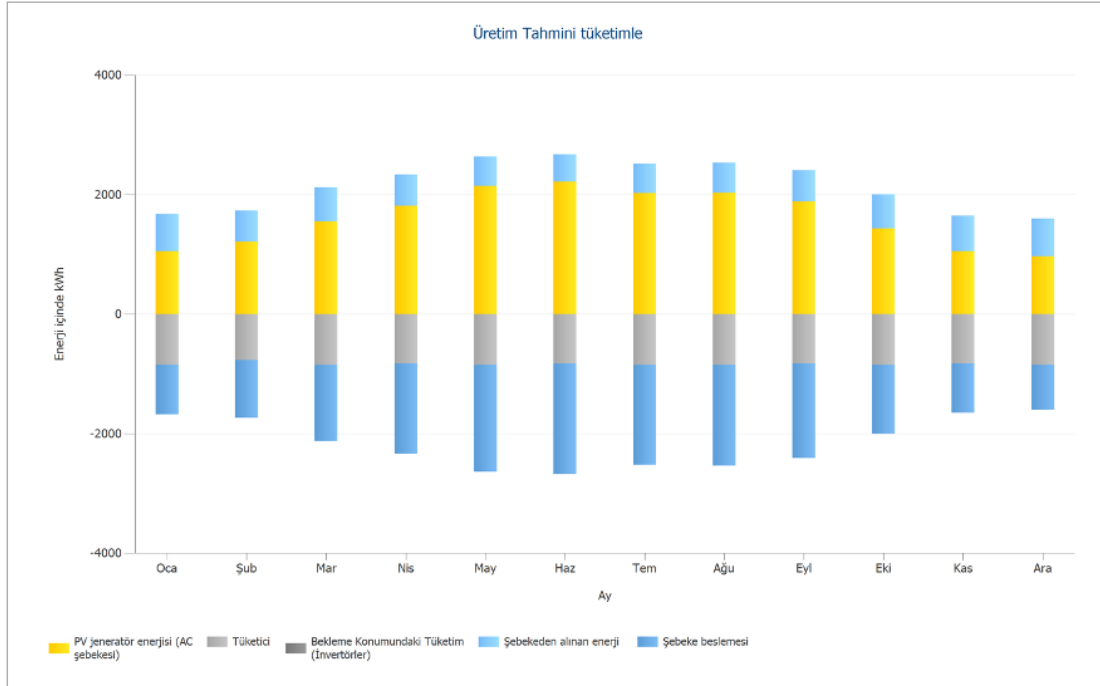
Resim: Enerji akışı

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

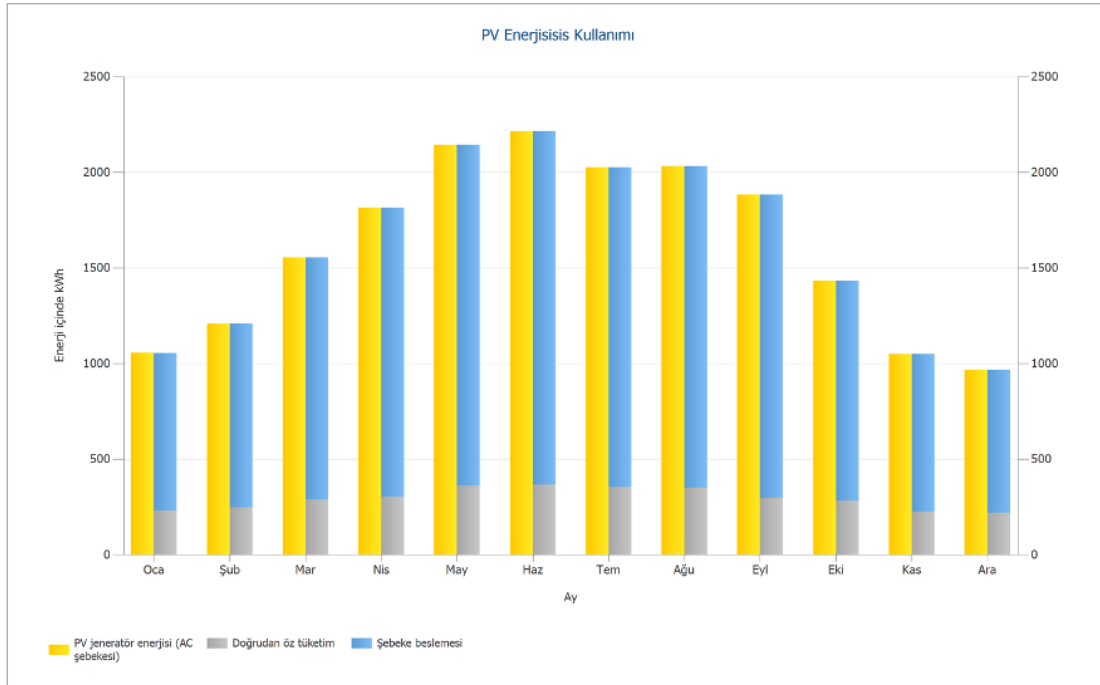
Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1



Resim: Üretim Tahmini tüketimle



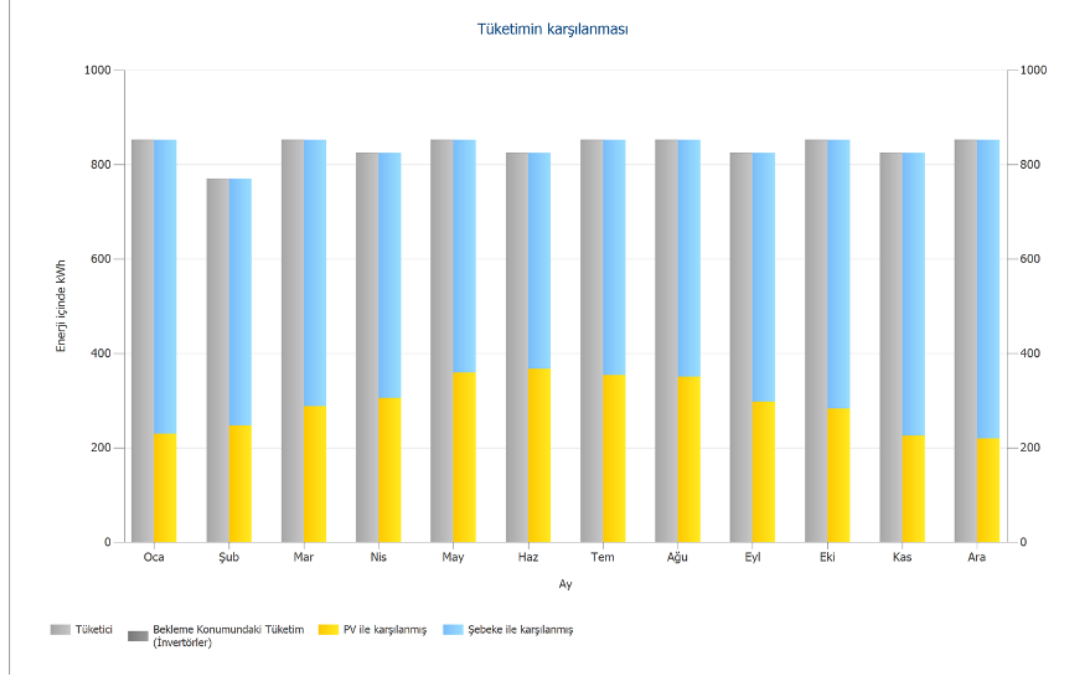
Resim: PV Enerjisisi Kullanımı

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1



Modül alanı başına sonuçlar

Açık alan 01-Alan Güney

PV jeneratör çıkışı	13,00	kWp
PV jeneratör yüzeyi	67,19	m ²
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1662,68	kWh/m ²
Modülde Yansımaz Küresel Radyasyonu	1678,34	kWh/m ²
Sistem kullanım oranı (PR)	88,86	%
PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)	19384,62	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1491,12	kWh/kWp

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

PV sistemi enerji bilançosu

PV sistemi enerji bilançosu

Toplam Işınım - Yatayda	1.511,98	kWh/m²	
Standart spektrumdan sapma	-15,12	kWh/m ²	-1,00 %
Zemin Yansıtma Katsayısı (Albedo)	16,16	kWh/m ²	1,08 %
Modül yüzeyinin Yerleşim Yönü ve Eğimi	170,19	kWh/m ²	11,25 %
Modülden bağımsız gölgeleme	-4,88	kWh/m ²	-0,29 %
Modül yüzeyinde yansım	-15,66	kWh/m ²	-0,93 %
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1.662,68	kWh/m²	
	1.662,68	kWh/m ²	
	x 67,187	m ²	
	= 111.710,26	kWh	
Toplam PV Işınımı	111.710,26	kWh	
Kirlenme	-3.601,61	kWh	-3,22 %
STC Dönüşümü (Modülün nominal verimliliği 19,35 %)	-87.193,73	kWh	-80,65 %
Anma PV Enerjisi	20.914,92	kWh	
modüle özgü kısmı gölgeleme	-185,72	kWh	-0,89 %
Düşük ışık performansı	59,90	kWh	0,29 %
Nominal modül sıcaklığından sapma	-475,35	kWh	-2,29 %
Diyotlar	-14,74	kWh	-0,07 %
Uyumsuzluk (üretici bilgisi)	-202,99	kWh	-1,00 %
Uyumsuzluk (konfigürasyon / gölgeleme)	-65,64	kWh	-0,33 %
Dizi Kablosu	-19,14	kWh	-0,10 %
Evirici düzenleyici olmadan PV enerjisi (DC)	20.011,24	kWh	
DC başlangıç çıkışına ulaşamadı	-5,30	kWh	-0,03 %
MPP-gerilim aralığı için düzenleme	-2,01	kWh	-0,01 %
Maks. DC Akımı için düzenleme	0,00	kWh	0,00 %
Maks. DC Performans için düzenleme	-0,82	kWh	0,00 %
Maks. AC Performans/cos phi için düzenleme	0,00	kWh	0,00 %
MPP Eşleme	-10,52	kWh	-0,05 %
PV Enerjisi (DC)	19.992,59	kWh	
Evirici Girişindeki Enerji	19.992,59	kWh	
Giriş gerilimi anma geriliminden sapıyor	-18,99	kWh	-0,09 %
DC/AC Dönüştürme	-527,30	kWh	-2,64 %
Bekleme Konumundaki Tüketim (İnvertörler)	-0,91	kWh	0,00 %
AC kabloları	-61,68	kWh	-0,32 %
Bekleme Konumundaki Kullanımı Hariç PV Enerjisi (AC)	19.383,71	kWh	
PV jeneratör enerjisi (AC şebekesi)	19.384,62	kWh	

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Finansal Analiz

Genel Bakış

Sistem bilgileri

İlk yıl içindeki şebeke beslemesi (Modülün performans düşüşü dahil)	15.855	kWh/Yıl
PV jeneratör çıkışı	13	kWp
Sistemin devreye alınması	17.12.2021	
Değerlendirme Dönemi	25	Yıllar
Anaparaya uygulanan faiz	0	%

Ekonomik Parametreler

İç Verim Oranı (IRR)	21,16	%
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	4.145.397,35	₺
Amortisman süresi	6,5	Yıllar
Elektrik üretim maliyeti	0,8358	₺/kWh

Ödemelere Genel Bakış

Belirli yatırım giderleri	30.769,23	₺/kWp
Yatırım Maliyetleri	400.000,00	₺
Yatırımlar	400.000,00	₺
Tek Seferlik Ödemeler	0,00	₺
Gelen Sübvansiyonlar	120.000,00	₺
Yıllık giderler	5.000,00	₺/Yıl
Diğer Gelirler veya Tasarruflar	0,00	₺/Yıl

Ödemeler ve tasarruflar

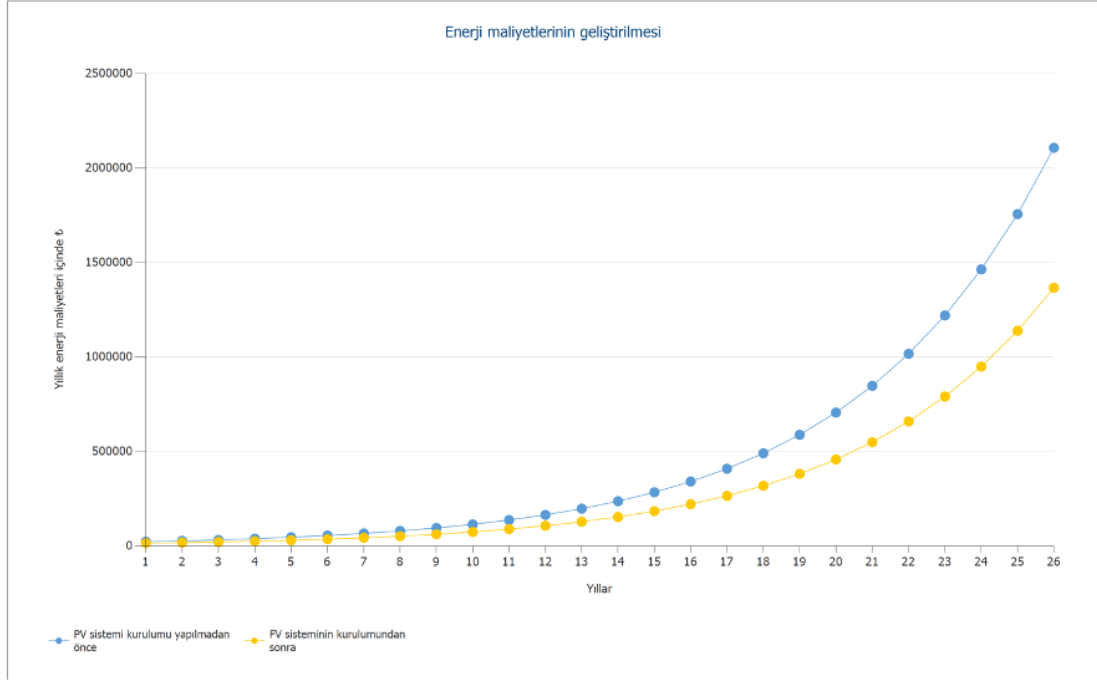
Şebeke İşletmecisi tarafından ilk yılda yapılan toplam ödeme	34.880,93	₺/Yıl
Birinci yılda oluşan tasarruflar	7.763,23	₺/Yıl
06/23 (Example)		
Enerji Fiyatı	2,2	₺/kWh
Taban fiyat	2,2	₺/Ay
Enerji Fiyatı için Enflasyon Oranı	20	%/Yıl
Üçüncü kişilere doğrudan satılan elektrik ücreti		
Doğrudan Üçüncü Kişilere Satılan Elektrik Fiyatı	2,20	₺/kWh
Üçüncü kişilere doğrudan satılan elektrik ücreti	34.880,93	₺/Yıl

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1



Resim: Enerji maliyetlerinin geliştirilmesi

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Nakit akışı

Nakit akışı

	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3	Yıl 4	Yıl 5
Yatırımlar	-₺400.000,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺120.000,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.032,73	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺7.501,67	₺9.315,88	₺11.179,06	₺13.414,87	₺16.097,84
Yıllık nakit akışı	-₺243.465,60	₺39.196,81	₺41.059,99	₺43.295,80	₺45.978,77
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	-₺243.465,60	-₺204.268,79	-₺163.208,80	-₺119.913,00	-₺73.934,23

Nakit akışı

	Yıl 6	Yıl 7	Yıl 8	Yıl 9	Yıl 10
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺19.317,41	₺23.180,89	₺27.817,07	₺33.380,48	₺40.056,58
Yıllık nakit akışı	₺49.198,34	₺53.061,82	₺57.698,00	₺63.261,41	₺69.937,51
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	-₺24.735,89	₺28.325,93	₺86.023,94	₺149.285,35	₺219.222,86

Nakit akışı

	Yıl 11	Yıl 12	Yıl 13	Yıl 14	Yıl 15
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺48.067,89	₺57.681,47	₺69.217,76	₺83.061,32	₺99.673,59
Yıllık nakit akışı	₺77.948,82	₺87.562,41	₺99.098,70	₺112.942,26	₺129.554,52
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	₺297.171,68	₺384.734,09	₺483.832,78	₺596.775,04	₺726.329,56

Nakit akışı

	Yıl 16	Yıl 17	Yıl 18	Yıl 19	Yıl 20
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺119.608,30	₺143.529,96	₺172.235,95	₺206.683,14	₺248.019,77
Yıllık nakit akışı	₺149.489,24	₺173.410,89	₺202.116,88	₺236.564,07	₺277.900,70
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	₺875.818,79	₺1.049.229,69	₺1.251.346,57	₺1.487.910,64	₺1.765.811,35

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

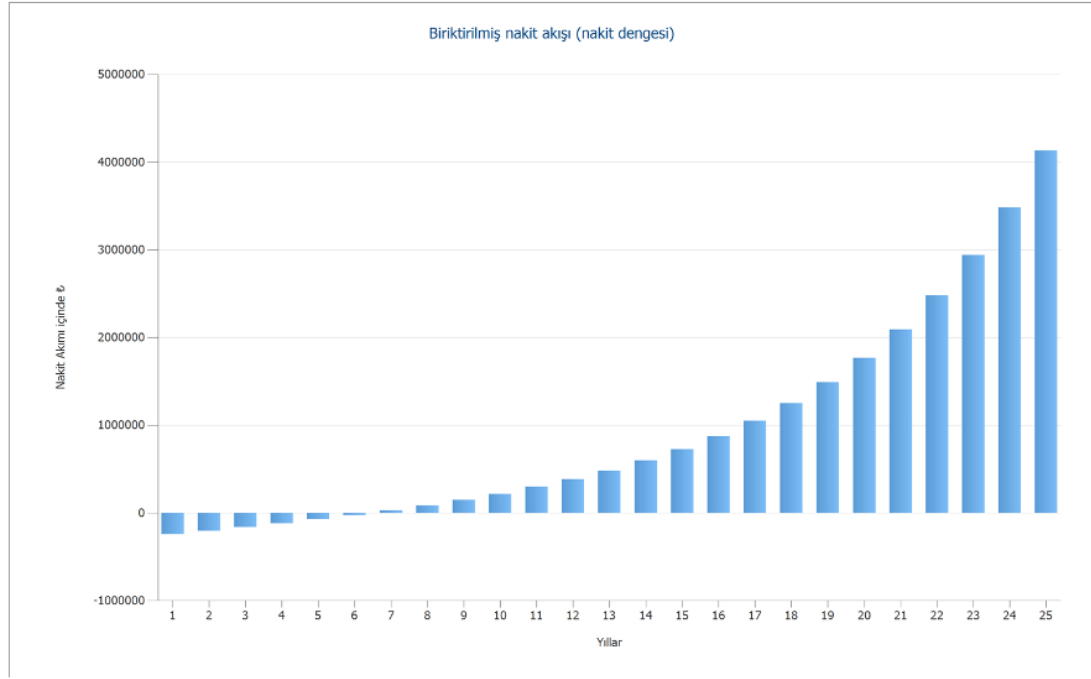
Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Nakit akışı

	Yıl 21	Yıl 22	Yıl 23	Yıl 24	Yıl 25
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Diğer Giderler	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00	-₺5.000,00
Gelen Sübvansiyonlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
Teşvik Miktarı	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93	₺34.880,93
Elektrik tasarrufu	₺297.623,73	₺357.148,47	₺428.578,17	₺514.293,80	₺617.152,56
Yıllık nakit akışı	₺327.504,66	₺387.029,40	₺458.459,10	₺544.174,73	₺647.033,49
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	₺2.093.316,01	₺2.480.345,41	₺2.938.804,51	₺3.482.979,24	₺4.130.012,73
Düşüş ve enflasyon oranları, tüm gözlem dönemi boyunca aylık olarak uygulanır. Bu uygulama ilk sene içerisinde yapılır.					



Resim: Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Veri Sayfaları

PV Modül Veri Sayfası

PV modülü: CWT325-60PM-BC (v1)

Üretici	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.	
Mevcut	Evet	
Elektrik verileri		
Hücre tipi	Monokristalli Si	
Yarım hücre modülü	Hayır	
Hücre sayısı	60	
By-pass diyotların sayısı	3	
Baypas diyot başına V cinsinden kayıp	1 V	
Entegre güç iyileştiricisi	Hayır	
Sadece trafo eviricileri uygundur	Hayır	
STC'da bulunan I/V parametreleri		
MPP gerilimi	33,92 V	
MPP Akımı	9,58 A	
Açık Devre Gerilimi	41,14 V	
Kısa Devre Akımı	10,23 A	
Dengelenmeden önce açık devre gerilimindeki artış	0 %	
Nominal Çıkış	325 W	
Dolum Faktörü	77,21 %	
Verim	19,35 %	
I/V kısmi yük parametreleri		
Değerlerin kaynağı	Üretici/Kullanıcı tarafından oluşturulmuş	
Işınım	200 W/m ²	
Kısmi Yükteki MPP Gerilimi	32,62 V	
Kısmi yükte MPP akımı	1,976 A	
Açık Devre Gerilimi (Kısmi Yükte)	38,491 V	
Kısmi yükte kısa devre akımı	2,059 A	
Ek Parametreler		
Voc Sıcaklık Katsayısı	-110,3 mV/K	
Isc Sıcaklık Katsayısı	4,1 mA/K	
Pmpp Sıcaklık Katsayısı	-0,36 %/K	
Açı düzeltme faktörü (IAM)	99 %	
Makimum Sistem Gerilimi	1000 V	
Mekanik Veriler		
Genişlik	1007 mm	
Yükseklik	1668 mm	
Derinlik	35 mm	
Çerçeve genişliği	30 mm	
Ağırlık	18 kg	

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Evirici Veri Sayfası

İnvertörler: SINVERT PVM13 (v3)

Üretici	Siemens
Mevcut	Hayır
Elektriksel veriler - DC	
DC nominal çıkışı	12,6 kW
Maks. DC gücü	12,6 kW
Nominal DC Gerilimi	630 V
Maks. giriş gerilimi	1000 V
Maks. giriş akımı	30 A
Maks. kısa devre akımı	30 A
DC giriş sayısı	4
Elektrik verileri - AC	
AC nominal güç	12,4 kW
Maks. AC gücü	12,4 kVA
Faz Adeti	3
Trafo	Hayır
Elektriksel veriler - diğer	
Giriş geriliminin nominal gerilimden sapması nedeni ile verimliliğin değişimi	-0,37 %/100V
Min. Giriş Gücü	60 W
Bekleme Konumundaki Tüketim	0,2 W
Gece tüketimi	0,2 W
MPP İzleyici	
Çıkış Gücü aralığı < nominal gücün %20'si	99,9 %
Çıkış Gücü aralığı > nominal gücün %20'si	99,95 %
MPP İzleyici sayısı	1
MPP İzleyici 1	
Maks. giriş akımı	30 A
Maks. kısa devre akımı	30 A
Maksimum giriş gücü	12,6 kW
Min. MPP Gerilimi	420 V
Maks. MPP Gerilimi	850 V

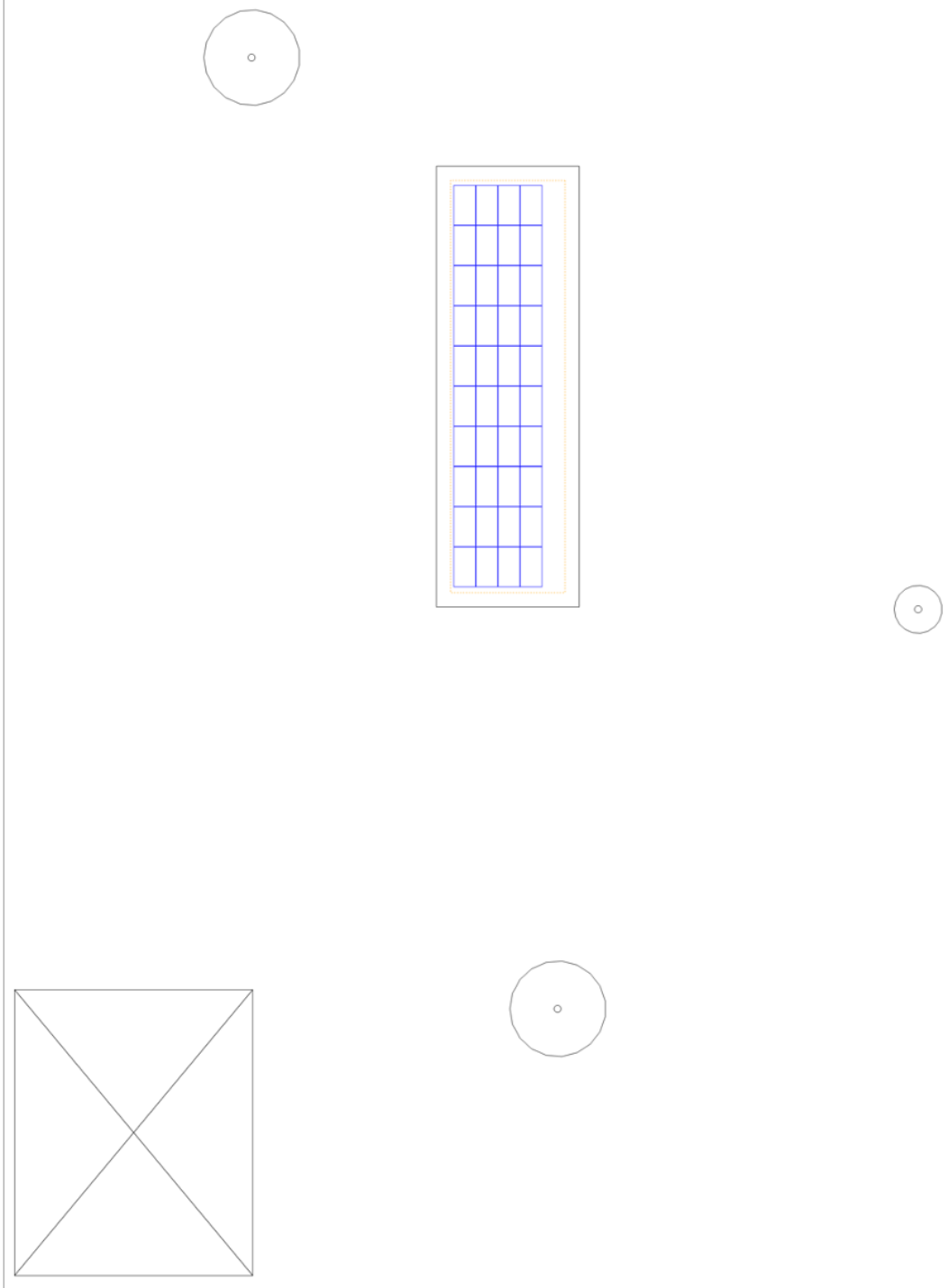
Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

genel bakış planı



Resim: genel bakış planı

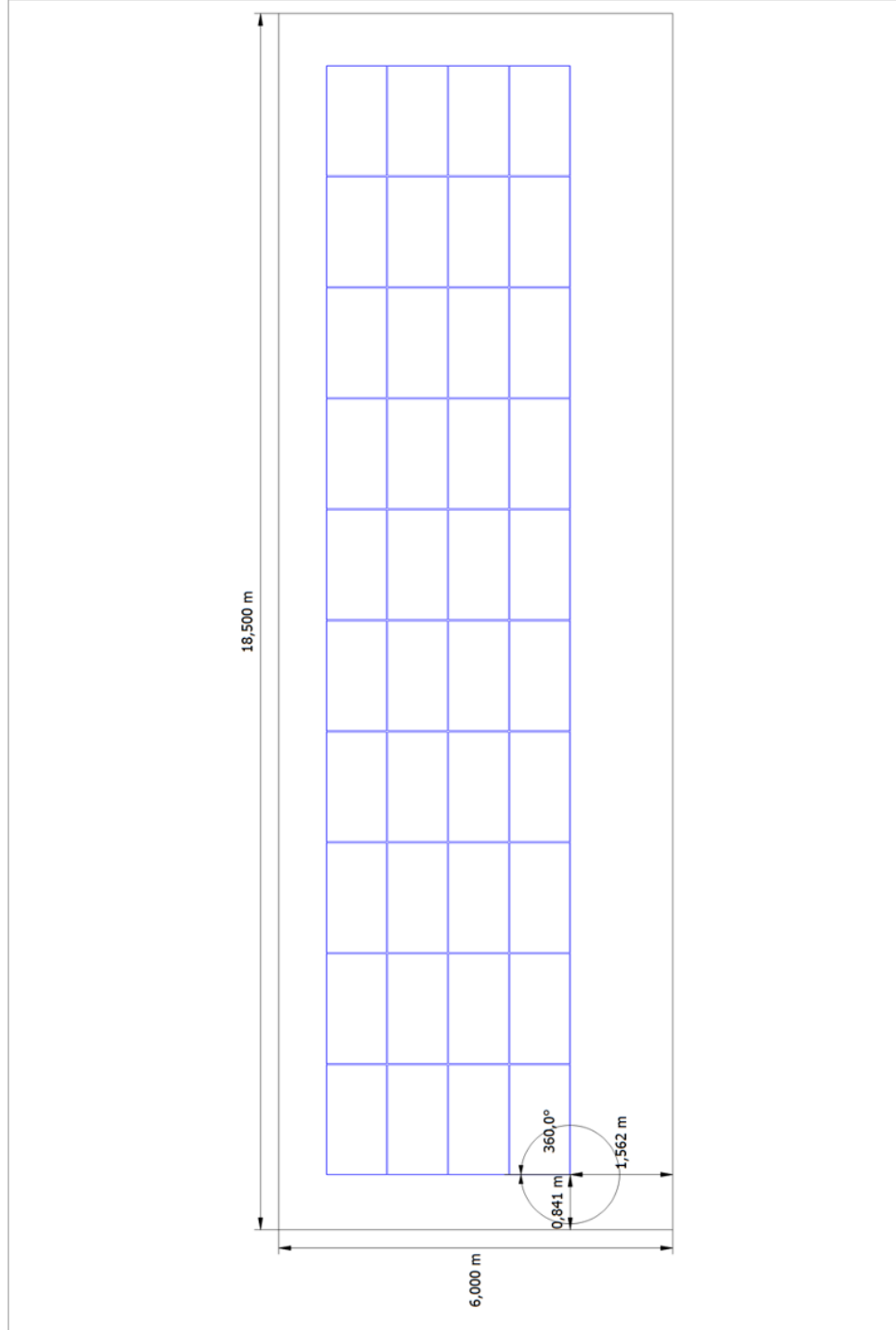
Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Boyutlandırma Planı



Resim: Açık alan 01-Alan Güney

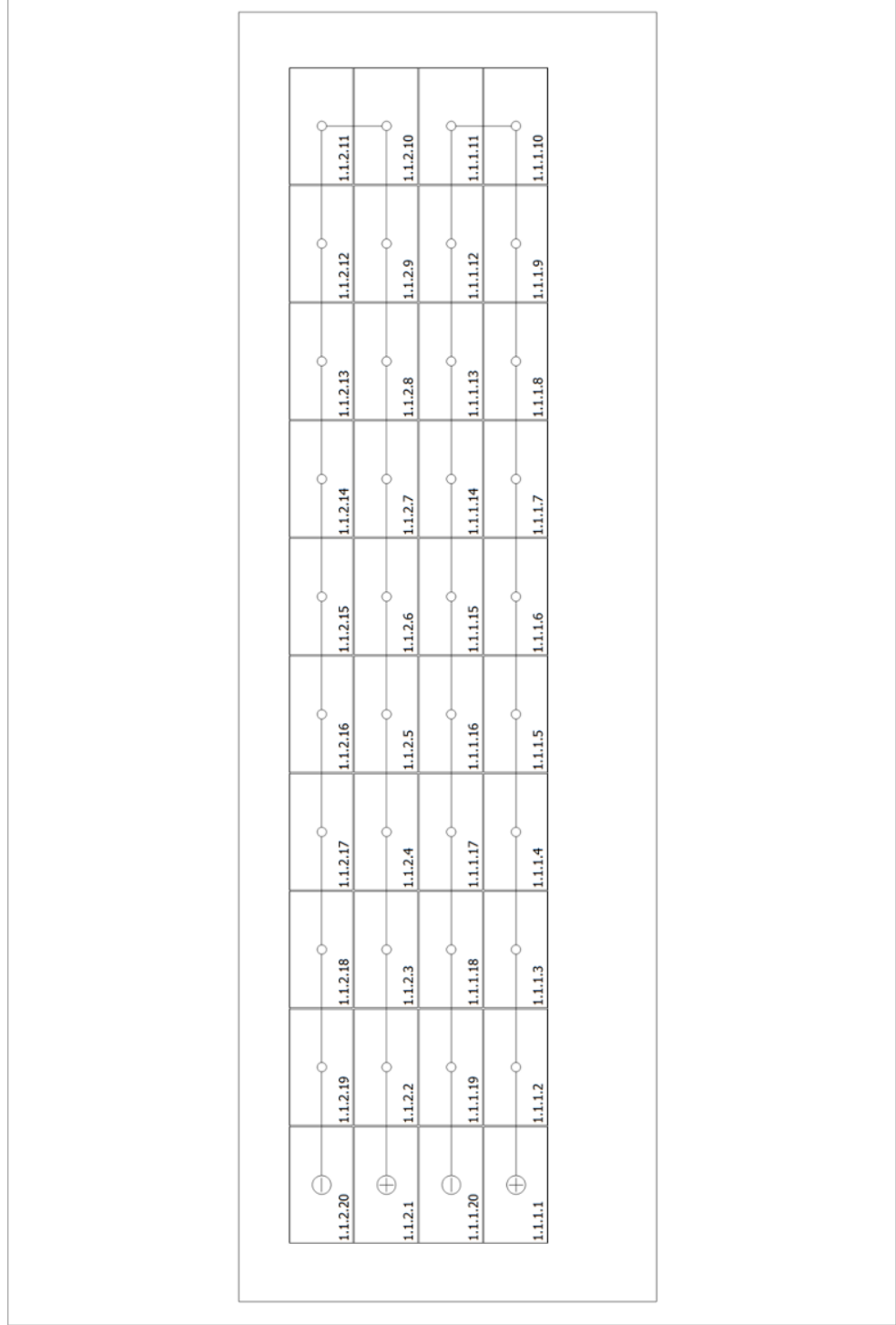
Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Dizi Planı



Resim: Açık alan 01-Alan Güney

Ek-1 (devam): Program Çıktısı

Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı

Proje Tasarımcısı: Aydın Oğuz BAŞ
Teklif no.: T-2021/1

Müşteri: T.C. Amasya İl Özel İdaresi, Erdin ACAR
Müşteri No.: M-2021/1

Parça listesi**Parça listesi**

#	Tür	Malzeme numarası	Üretici	İsim	Miktar	Birim
1	PV modülü		CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.	CWT325-60PM-BC	40	Adet
2	İnvertörler		Siemens	SINVERT PVM13	1	Adet
3	Kablo			DC Kablo 4 mm ² Bakır	50	m
4	Kablo			Dizi Kablosu 4 mm ² Bakır	50	m
5	Kablo			AC kabloları 3-fazlı 6 mm ² Bakır	25	m
6	Bileşenler			Devre kesicisi B 25A	1	Adet
7	Bileşenler			Entegre dinamik besleme kontrollü çift yönlü sayaç	1	Adet

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Aydın Oğuz BAŞ

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

1-) Baş A.O., Ekici M. 2022. “Şebeke Destekli GES ile Klor Dozaj Pompalı İçme Suyu Sistemi Tasarımı” In *3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences*, 2022, 1768.

