

# FOTOVOLTAİK GÜÇ DESTEKLİ MİKRO SULAMA SİSTEMİ PROJESİ-1: GENEL ESASLAR

Ümran ATAY<sup>1</sup>

Yusuf İŞİKER<sup>2</sup>

Bülent YEŞİLATA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GAP Toprak Su Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, Osmanbey Kampüsü, 63000 Merkez, Şanlıurfa.  
[umranatay@hotmail.com](mailto:umranatay@hotmail.com)<sup>1</sup>, [yusuf47@harran.edu.tr](mailto:yusuf47@harran.edu.tr)<sup>2</sup>, [byesilata@harran.edu.tr](mailto:byesilata@harran.edu.tr)<sup>2</sup>

## ÖZET

*Bu çalışmada; Şanlıurfa ilinin yüksek güneş enerjisi potansiyelinden yararlanmak amacıyla fotovoltaik (PV) güçle çalışan bir mikro (damla) sulama sistemi (MSS) kurulumu önerilmektedir. Fırçasız doğru akımlı (DC) pompa kullanılan PV-MSS sistemi, belirlenmiş bir alanda, yörede yetiştirilen yerli biberin sulama gereksinimine yönelik olarak boyutlandırılmış olup, tarla etkinliği deneysel olarak araştırılmaktadır. Ayrıca kullanılan DC pompanın, klasik alternatif akım (AC) pompalarla teknik ve ekonomik açıdan deneysel kıyaslamasının yapılması da hedeflenmektedir. Kıyaslama için aynı boyutlarda, aynı toprak ve bitki desenine sahip iki arazi seçilmiştir. Her iki pompa, aynı dizilime sahip mikro sulama hattına bağlı olup, aynı debide sulama yapılacaktır. Her iki pompa ile ilgili ölçülen deneysel veriler kullanılarak; tarla etkinlikleri ve sistem performansları, teknik ve ekonomik yönlerden araştırılacaktır. Çalışma sonunda gerçek tarla koşullarında elde edilmiş sonuçlar kullanılarak yöredeki çiftçilerin doğru bir şekilde yönlendirilmesi mümkün olabilecektir.*

**Anahtar Kelimeler:** Fotovoltaik Pil, Güneş enerjisi, Sulama pompaları

## 1. GİRİŞ

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP), sahip olduğu kaynaklar ve hedefleri açısından dünyadaki önemli projelerden birisidir. Son yıllarda GAP Bölgesinde, yoksulluğu azaltmak, sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla özellikle enerji ve sulama olmak üzere fiziksel yatırımlar alanında yoğunlaşmıştır. Ancak sulanmayan alanlarda gelir yeterince artmamakta, yoksulluk sorunu sulanan alanlar dahil olmak üzere önemli bir problem olmayı devam ettirmektedir. GAP Bölgesi'nin sulamaya açılacak alanlarında önemli bir gelir artışı gerçekleşeceği açıktır. Bu durum sulama dışı alanlarda yaşayanlarla, sulamadan yararlananlar arasında birinci grup aleyhine bir gelir düzeyi farklılaşmasının ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bu farkı ortadan kaldırmak, kırsal alandaki verimliliği ve istihdam imkanlarını artırmak amacıyla, güneş enerjisi ile çalışan fotovoltaik (PV) pompaların kullanılması en iyi seçeneklerden biri olarak görülmektedir.

Türkiye'de tarımsal sulama; elektrik, mazot veya petrol gibi konvansiyonel enerji kaynakları ile çalışan su pompaları kullanılarak yapılmaktadır. Elektrik olmayan veya elektrik götürülmesi güç ve pahalı olan tarımsal alanlarda, mazot ve petrol pompaları kullanılmaktadır. Bu tip sistemler daimi günlük bakım isterler ve ancak suyu bol olan yerlere değil, ulaşımı kolay olan yerlere kurulabilirler. Güneş enerjisi ile çalışan su pompası sistemleri ise günlük bakım istemedikleri gibi arzu edilen herhangi bir yerde, bol güneş olması şartı ile kurulabilirler. Bu tip pompaların ilk kuruluş masrafları yüksek olmasına rağmen, işletme ve bakım masrafları çok düşüktür. Bu nedenle,

özellikle güneş ışınım potansiyeli yüksek yerlerde çok kısa sürede daha ekonomik duruma geçerler.

GAP Bölgesinde, baraj ve sulama projeleri vasıtasıyla sulamaya binlerce dönüm arazi açılmış olup, bu rakamın daha da büyümesi söz konusudur. Ülkemizin en büyük yatırım projesi olan GAP projesi kapsamında bulunan sulama alanlarında yeni enerji hatları oluşturulması gerekecek ve elektrik enerjisindeki cömertçe kullanımın ülkemize gittikçe artan yükler getirmesine sebep olacaktır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kırsal alanda, az nüfuslu çok sayıda birimden oluşmuş yaygın ve dağınık bir yerleşme düzeni egemendir. Bu yerleşimlere kamu hizmetlerinin götürülmesinde zorluklar yaşandığı gibi, bu hizmetleri götürmenin maliyeti de yüksek olmaktadır. Bölgenin başta gelen sorunları arasında, sağlık, temizlik, su temini gibi sorunlar bulunmaktadır. Bu anlamda enerji ile ilgili birçok toplumsal hizmetlerin yerine getirilmesinde güneş enerjisinden yararlanılması mümkündür (GAP Master Planı, 2008). Fotovoltaik güç destekli sulama uygulamaları bu kapsamda ön sıralarda gelen uygulamalar arasındadır.

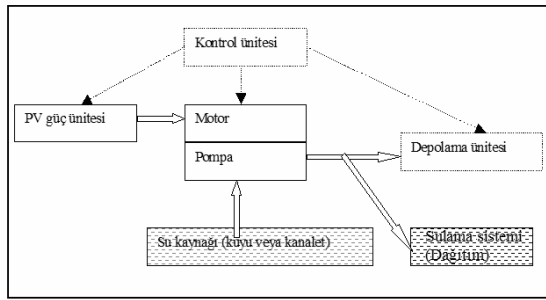
Belirtilen nedenlerle, bu çalışmada; Şanlıurfa ilinin yüksek güneş enerjisi potansiyelinden tarımsal uygulamalarda yararlanmak amacıyla fotovoltaik (PV) güçle çalışan bir mikro sulama sistemi (MSS) projesi önerilmekte ve bu projenin tasarımına yönelik bilgiler sunulmaktadır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

PV su pompalama sistemleri genel olarak diğer pompalama sistemlerine benzemekle birlikte çalışma verimlerini ve kararlılığını arttırmak açısından bazı ilave kontrol ve depolama ünitelerine ihtiyaç duyulabilir. Böyle bir sistemin elemanlarına



ait blok diyagramı Şekil 1’ de gösterilmiştir. PV destekli sulama sisteminin oluşturulması için minimum gerekli elemanlar; PV panel, pompa ve motordur. PV pompa sistemleri için diğer su sirkülasyon sistemlerinde olduğu gibi farklı boyut ve özelliklerde pompa kullanımı mümkün olup uygulamada bu pompaları merkezkaç ya da pistonlu olmak üzere iki temel kategoride toplamak mümkündür. Her iki kategorideki pompalar ayrıca suya daldırılabilir (dalğış tipi) ya da daldırılmaz olma (yüzey tipi) konumuna göre sınıflandırılabilir. Uygulamanın türüne, günlük su ihtiyacı ve pompa hidrolik kayıplarına bağlı olarak seçilen pompa tipini, PV sistemlere özel olmak üzere, akuple olduğu motorun alternatif akım (AC) ya da doğru akım (DC) kaynaklı olması da etkiler (Yeşilata ve Aktacir, 2001).



Şekil 1. PV- su pompalama sistemi kontrol şeması

Sistemde kontrol ünitesi; uygulamanın niteliğine bağlı olarak, PV panel güneş izleyici düzeneği, pompa yük düzenleyicileri, su seviye sensörleri içerebilir. Pompa yük düzenleyicileri, çevre sıcaklığı ve güneş ışınım şiddetiyle değişen PV panel güç çıkışı ile pompa yükü arasında optimum uyumun sağlanmasında kullanılırlar. Uygulamada, sabit voltaj izleyicileri (CVT) ve lineer akım güçlendiricileri (LCB) gibi bazı elektronik kontrol üniteleri bulunmakla birlikte; maksimum güç noktası izleyicileri (MPPT) olarak bilinen ve panellerden çekilen DC yükü maksimize eden üniteler yaygın olarak kullanılmaktadır. Depolama ünitesine duyulan ihtiyaç güneşin bulunmadığı anlarda su dağıtımını temin içindir. Depolama ünitesi için; üretilen elektrik enerjisinin bir batarya ünitesine aktarımı ya da pompalanan suyun yüksek bir depoda toplanması olmak üzere iki farklı seçenek mevcuttur (Yeşilata ve Aktacir, 2001).

Uluslararası literatürde PV sulama sistemlerinin optimizasyonuna yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur. Ülkemizde özellikle son yıllarda bu kapsamda yapılan çalışmalarda bir artış söz konusudur. Gençoğlu ve ark. (2000), Doğu Anadolu Bölgesindeki güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek amacıyla, küçük güçlü tüketicilerin beslenmesinde fotovoltaik sistemlerin kullanılması incelenmiştir. Bu sistemlerin besleme sürekliliği açısından problem olması ihtimaline karşı PLC

yardımıyla kontrol edilen yedek enerji kaynaklarından yararlanılmasını amaçlamışlardır. Ayrıca bölgede fotovoltaik bir kaynaktan beslenen su pompalama sistemlerinin kullanım imkânları araştırılarak, bu konuda bilgi birikiminin sağlanmasını hedeflemişlerdir.

Yeşilata ve Aktacir (2001), çalışmalarında fotovoltaik (PV) güç sistemli su pompalarının dizayn esasları incelenmiş ve sistem bileşenlerinin kolaylıkla seçimine katkıda bulunacak bir yöntem takip edilerek tasarım grafikleri (abakları) oluşturulmuştur. Bu grafikler yardımıyla sistem için gerekli fotovoltaik güneş paneli seçimi pratik olarak yapılabileceğini belirlemişlerdir. Yeşilata ve Aktacir (2001), çalışmalarında şu şekilde DC/AC dönüştürücüsünü tanımlamışlardır; “Fotovoltaik paneller doğru akım kaynaklarıdır. Bu nedenle PV sistemlerin ürettiği elektrik enerjisi doğru akım (DC) ile çalışan cihazlara direkt olarak uygulanmasına karşın, günlük hayatta kullandığımız birçok cihaz alternatif akım (AC) ile çalışmaktadır. Bu durumda PV sistem ile cihaz arasında bir DC/AC dönüştürücü (inverter) gereklidir. İnverter kullanımının, sistem performansını ve güvenilirliğini azaltması dışında maliyetin yükselmesine sebep olması gibi dezavantajları söz konusudur.”

Kavlak ve Güngör (2006), çalışmalarında mazotlu pompa yerine fotovoltaik pillerle bir su pompalama sistemi uygulanıyor olsa daha temiz ve daha ekonomik yollar ile sulama işlemi yapılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Işıker ve ark. (2006), çalışmalarında panel yüzey sıcaklığı, panel eğim açısı ve elektriksel yüke ait direnç değerinin, PV panel güç çıktısı üzerindeki etkisi; teorik ve deneysel olarak incelemişlerdir. PV panel yüzeyi üzerine gelen günlük toplam ışınım şiddetini optimize etmek amacıyla yaptıkları hesaplamalardan, panellerin optimum aylık eğim açılarında yerleştirilmesi en uygun çözüm olarak gözlemlemişlerdir.

Dursun ve Saygın (2006), çalışmalarında güneş enerjisi ile çalışan 300W gücündeki 3 fazlı 12/8 kutuplu bir anahtarlamalı relüktans motor için boost konvertör tasarlamışlardır. Tasarladıkları konvertörü, sistemden maksimum verim elde etmek amacıyla kullanılmışlardır. Bu sürücü sistemi sulama sistemindeki santrifuj su pompasının sürülmesinde kullanılmışlardır. Ayrıca, tasarlanan sürme sistemi ile ilk hareket anındaki darbe akımları önlemişlerdir. Sürücü sisteminde düşük maliyetli ve yeterli performansa sahip bulunan PIC16F877 mikro denetleyicisi kullanmışlardır.

Yeşilata ve ark. (2006), çalışmalarında küçük ölçekte su teminine yönelik direkt-akupleli prototip bir PV panel dalğış pompa sistemi deneysel olarak analiz etmişlerdir. Sistemin günlük çalışması sırasında etkili olan parametrelerin anlık ve ortalama değerler bazında değişimlerine ait ölçüm sonuçları sunmuşlardır. Elde edilen sonuçlar, dinamik çevre koşullarının PV panele ait parametrelerin anlık değerlerinde büyük dalgalanmalara sebep olduğunu,

pompa debisindeki dalgalanma ise çok düşük seviyelerde kalmakta olduğunu ve PV panel çalışma parametreleri ile pompalanan su debisi arasında lineer olmayan bir ilişki mevcut olduğunu gözlemiştir. Deneysel sonuçlar kullanılan prototip sistem için geçerli olmakla birlikte, sistem tasarım ve kullanıcılarının göz önüne alması gereken noktalar şu şekilde sıralanmıştır:

- Dinamik atmosfer koşulları nedeniyle, temel sistem parametrelerinin anlık değerlerinde önemli dalgalanmalar beklenmelidir,

- Güneş ışınım değeri, PV panel akımını doğru orantılı; panel sıcaklığı ise voltaj değerini ters orantılı olacak şekilde ciddi seviyede etkilenmektedir,

- Anlık değerlerdeki önemli dalgalanmalara karşılık, pompalanan ortalama su debisindeki değişim nispeten düşük olmaktadır,

- PV panel parametrelerinin sadece biri kullanılarak, debi tahmini yapmak gerektiğinde, en uygun parametrenin panel çıkış gücü olduğunu ve bu durumda bile hesaplamalarda önemli sapmalar olacağını önceden dikkate alınması gereklidir,

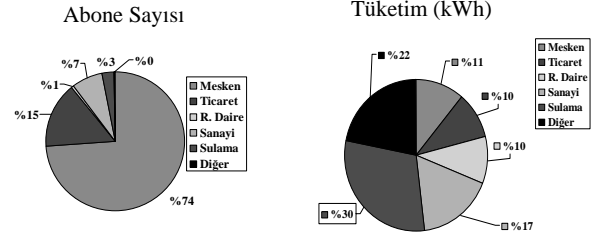
- PV-pompa sisteminin ilk yatırım maliyetinin yüksek, sistem toplam veriminin (sağlanan hidrolik güç/gelen güneş ışınım gücü) ise düşük seviyelerdedir.

İnternet araştırması sonucu; GAP Bölgesinde PV destekli pompa ile gerçek arazi koşullarında sulama uygulamasına yönelik araştırma([http://www.dicle.edu.tr/fakulte/ziraat/dosyalar/hb\\_kasim\\_2009.pdf](http://www.dicle.edu.tr/fakulte/ziraat/dosyalar/hb_kasim_2009.pdf)) ya da planlama (<http://teknoloji.haber.pro/haber-Tarlalar-gunes-enerjisiyle-sulanacak-6424.html>) safhasında olan yeni projelerin bulunduğu belirlenmiştir. Söz konusu bu projelerin tasarım ve hedefleri tamamen farklı olduğu gibi, bu çalışmada sunulan projenin de genel çerçevesi tamamen farklıdır.

### 3. GEREKÇE VE AMAÇLAR

Sulama uygulamalarında tüketilen elektrik enerjisi tarıma dayalı ekonomik yapısı bulunan ülkemizin genelinde çok ciddi seviyelerdedir. Ancak; tarım uygulamalarının daha yoğun olduğu GAP Bölgesinde sulama amaçlı tüketilen elektrik enerjisinin toplam tüketim içerisindeki payı, şehir merkezlerinde bile %20 ile %40 seviyeleri arasındadır. Bu duruma örnek teşkil etmesi nedeniyle, Şanlıurfa il merkezinde tipik bir yıla ait elektrik enerjisi tüketiminin sektörlere dağılımı aşağıdaki Şekil 2 'de gösterilmiştir (Yeşilata ve Aktacir 2001). Grafiklerden görüleceği üzere sulama uygulamaları için kayıtlı abone sayısı toplam abone sayısının sadece %3' ünü oluşturmasına karşın; bu amaçla tüketilen enerji, toplam tüketimin %30' unu oluşturmaktadır. Bu pay GAP projesinin bünyesinde bulunan diğer bazı illerde daha yüksek olup, ilçelerde %50' nin üzerine çıkabilmektedir. Projenin tam devreye girmesiyle bu oran ciddi seviyede artacağından, PV destekli

sulama uygulamaları gelecekte potansiyel enerji krizi tehlikesine karşı atılmış isabetli bir adım olacaktır. (Yeşilata ve Aktacir 2001).



Şekil 2. Şanlıurfa il merkezinde tipik bir yıla ait elektrik enerjisi tüketiminin sektörlere dağılımı

Diğer taraftan, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre; Türkiye'nin en fazla güneş ışınımı alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bölgenin merkezi konumunda bulunan Şanlıurfa iline ait toplam ışınım şiddeti ve toplam güneşlenme süresi değerleri ülke ortalamasının çok üzerindedir. Şanlıurfa ili için belirlenmiş bu verilerin ülke ortalamaları ile kıyaslaması Şekil 3'de gösterilmiş olup, bu durum PV sulama uygulamaları açısından yöreyi oldukça avantajlı kılmaktadır.

Yukarıda belirtilen gerekçeler doğrultusunda mevcut proje için belirlenen başlıca amaçlar aşağıda belirtilmiştir:

- Fosil yakıtların (petrol vb.) sınırsız bir kaynak olmadığı gerçeği bilindiği için ve elektrik enerjisinin yüksek maliyetli olmasından dolayı ucuz ve kolay enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisini fotovoltaik pil sistemi vasıtası ile sulamada kullanılabilirliğini araştırmak,

- Fotovoltaik sulama sistem ile klasik sulama sistemlerindeki kurulum maliyetiyle işletme maliyeti farklarını araştırarak uzun vade de ekonomik olan sistemi tespit etmek,

- Tarımsal sulamanın, klasik enerji kaynakları ile çalışan sulama pompaları kullanılarak yapılabilmesi yanında; fotovoltaik pillerle çalışan sulama pompalarıyla da yapılabileceğini yöre çiftçisine göstermek ve çiftçilerin tarla ortamında sistemleri ve aralarındaki farkı kolaylıkla gözlemleyebileceği bir ortam hazırlayarak, yörede yaygınlaştırılması yönünde bilinçli bir kullanıcı zinciri oluşturmak,

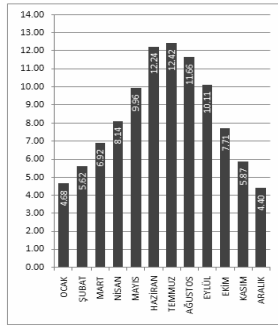
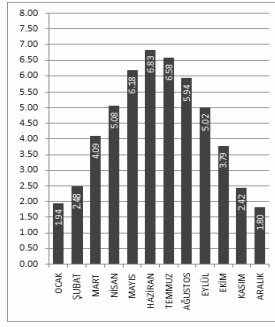
- Yörede elektrik kesintilerinden kaynaklanan sulama problemlerini en aza indirmek,

- Sulanması güç sahalarda bile sulama imkânı yaratılarak sulanan alanların artırılmasına katkı sağlamak,

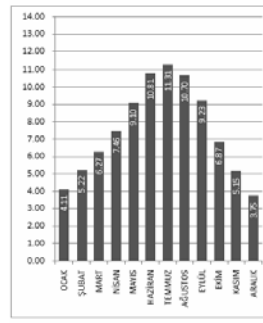
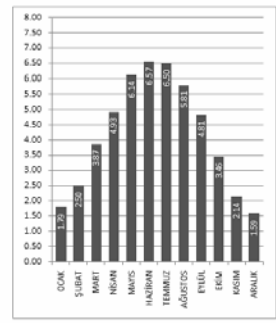
- Alternatif enerji kaynaklarını kullanarak ekosistemin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmak,

- GAP Bölgesindeki araştırmalar açısından; yenilenebilir enerji gibi güncel ve önemli bir konuda yeni projelerin üretilebileceği bir bilgi ve cihaz altyapısı oluşturmak.

Ş.URFA İLİ GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat)

Ş.URFA İLİ GLOBAL RADYASYON DEĞERLERİ (KWH/m<sup>2</sup>-gün)

TÜRKİYE GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat)

TÜRKİYE GLOBAL RADYASYON DEĞERLERİ (KWH/m<sup>2</sup>-gün)

Şekil 3. Şanlıurfa ili güneş enerjisi potansiyelinin ülke ortalaması ile kıyaslanması;

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1.Sulanacak Arazi Yapısı ve Özellikleri

Araştırma Harran Ovası içinde bulunan Şanlıurfa GAP Toprak-Su Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitüsünün Koruklu Talat Demirören Araştırma İstasyonu arazisinde yürütülecektir. Bu İstasyon Şanlıurfa-Akçakale yolunun 31. km'sinde kurulu 36 ° 42' kuzey enlemi 38° 58' doğu boylamında olup, denizden yüksekliği 410 m' dir (KHŞAEM., 2002). Koruklu deneme istasyonunda yıllık ortalama yağış 365.2 mm' dir. Yıllık ortalama sıcaklık 17.2 °C'dir. En yüksek ve en düşük sıcaklık ise sırasıyla 46.8 °C ve -16.8 °C olarak saptanmıştır. İlk don en erken 30 Ekimde, son don ise en geç 17 Nisan'da görülmüştür. 23 yıllık rasat sonuçlarına göre, ortalama nisbi nem % 51'dir. Nisbi nem en yüksek Ocak ayında % 69 oranında ve temmuz ayında da en düşük değer olan % 33 seviyesine inmektedir (KHŞAEM., 2002).

Şanlıurfa ili tarım alanlarında 6 değişik büyük toprak grubu vardır. Bunlar içerisinde geniş alan kaplayanlar sırasıyla kırmızı kahverengi topraklar (1 236 366 ha.), bazaltik topraklar (431 218 ha.), kahverengi topraklar (167 325 ha.) dır. Ayrıca il tarım alanları içerisinde kollüviyal topraklar, kahverengi orman toprakları ve allüviyal topraklar da yer almaktadır (Topraksu, 1971). Araştırmanın yürütüleceği yerde, kırmızı kahverengi büyük toprak grubu hakimdir. Araştırma, Harran Ovası kırmızı kahverengi toprak grubunda yaygın olarak yer alan Harran serisinde yapılacaktır. Anılan seri toprakları alüviyal ana materyalli düz ve düze yakın eğimli derin topraklardır. Tipik kırmızı renkli profilleri killi tekstürlüdür. Üst toprak orta köşeli blok, sonra granüler; alt toprak kuvvetli iri prizmatik sonra kuvvetli orta köşeli blok yapıdadır. Aşağılara doğru artan yoğunlukta sekonder kireç ceplerini içermektedir. Kayma yüzeyleri B horizonunda başlayıp, aşağıya doğru belirginliği artmaktadır. Tüm profil çok kireçlidir, seri topraklarının organik madde içeriği düşük, KDK' ları yüksektir. Organik madde yüzeyden aşağılara doğru azalmakta %0,9–0,3 arasında değişmektedir. KDK kil içeriğine bağlı

olarak alt katmanlara doğru artmaktadır ( Dinç ve Ark, 1988 ).Şanlıurfa ili genellikle zengin bitki deseni tarıma uygun bir yapı göstermesine rağmen, bu durum tam oturmamıştır. Bölgenin kuru tarım yapılan kısımlarında genellikle buğday, mercimek ve susam yetiştirilmekte, ayrıca Antepfıstığı ve bağ tesislerine yer yer rastlanmaktadır. Sulu tarım yapılan bölgelerde pamuk, sebze meyve, yonca ve ikinci ürün yerli mısır yetiştirilmektedir.

### 4.2. Mikro Sulama Sistemi Bileşenleri ve Ölçüm Cihazları

Bu çalışmada biri PV destekli DC pompa, diğeri şebeke hattına bağlı AC pompa olmak üzere iki farklı pompa kullanılmakta olup, her bir pompa aynı tasarıma sahip birer mikro sulama sistemi girişine bağlıdır. Her iki sisteme ait bileşenler, Şekil 4'te gösterilmiştir. Pompalar eşit alanları sulayacağından, aynı su debisinde çalıştırılmaktadır. Pompalardan çıkan suyun miktarını ölçmek için hemen pompa çıkışlarında birer debi sayacı (elektromanyetik debimetre) bulunmaktadır. Çıkış basıncını ölçmek için ise manometre kullanılmaktadır.

Şekil 4(a)' daki PV-MSS şebekesinde PV paneller yüzeylerine gelen güneş ışığını, doğrudan DC akımlı elektrik enerjisine dönüştürür ve fırçasız DC motoru tahrik ederek, pompa çalıştırılır. Sistemde bulunan bataryalar fazla enerjiyi depolayarak, güneş ışımının yetersiz olduğu ya da hiç olmadığı zamanlarda pompanın çalıştırılmasında kullanılır. Pompa ile MSS arasındaki bağlantı boruları üzerinde debi sayacı ve manometre dışında, gübre ve ilaç ilavesi için gübre tankı ve suya karışması muhtemel kum, çakıl vb. yabancı maddeleri ayırmak için bir filtre bulunmaktadır. Şekil 4(b)' deki AC-MSS şebekesinde en önemli fark; PV panel ve kontrol elemanları yerine, şebeke enerji hattı ve elektrik sayacı bulunmasıdır. Bu sayede, şebekeden sulama için çekilen enerji ölçülebilecek ve işletme masrafları bulunabilecektir.

Yukarıda belirtilen sistemlerde; ilk yatırım masrafları yanında; işletme ve bakım masraflarını tespit etmek, her iki sistemin sulama anlarındaki gerçek performansını belirlemek için birçok farklı



parametre ölçülmektedir. Bu amaçla kullanılan diğer cihazlar ve kullanım amaçları şunlardır:

- Piranometre: Anlık güneş ışınım değerleri ölçümü için
- Datalogger: Anlık DC akım, DC volt ve panel sıcaklık değerleri ölçümü için
- Dijital Kronometre: Sulama zamanını ölçme ve kayıt için.
- Voltmetre ve Pensampermetre: anlık AC volt ve AC akım ölçmek için.
- Elektrik sayacı: Harcanan elektrik enerjisini ölçmek için (kWh),
- Elektromanyetik Debimetre: Anlık geçen debiyi ölçmek için.

### 4.3. Yöntem ve Sistem Kurulumu

Dinamik atmosfer koşullarının, PV su pompasına ait çalışma parametreleri üzerinde etkisini belirlemek amacıyla, sulama dönemlerinde Datalogger ve piranometre ile ışınım şiddeti, akım, gelirim ve sıcaklık parametrelerinin anlık değerleri belirli aralıklarla direk olarak ölçülecektir. Elde edilen suyun debisi ise sulama döneminde istenilen zaman aralıklarında elektromanyetik debimetre ile ölçülerek, bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. PV-MSS'de işletme sırasında hiçbir masrafa ihtiyaç duyulmamaktadır. Sadece kurulum masrafları vardır. Bu yüzden ekonomik açıdan karşılaştırma yaparken maliyet masraflarına bakılarak karşılaştırma yapılacaktır. Ayrıca bu sistemde aküler çıkartılarak, güneş ışınımının gün boyu değişmesine paralel olarak panel üretkenliğinin ve pompa debisinin zamana göre değişiminin ölçümü de yapılacaktır.

AC-MSS'de şebekeden çekilen elektrik enerjisi ile su pompasına ait çalışma parametreleri üzerinde etkisini belirlemek amacıyla sulama dönemlerinde Alternatif akım (AC) ve gelirim parametrelerinin anlık değerleri belirli aralıklarla direkt olarak ölçülebilmektedir. Su debisinin ölçüm şekli diğer sistemle aynıdır. Ayrıca harcanan elektrik enerjisi bir elektrik sayacı vasıtasıyla

belirlenerek, yürürlükteki kWh birim fiyatı vasıtasıyla sistemde harcanan elektrik miktarının fiyatı tespit edilecektir.

Test bitkisi olarak yetiştirilecek olan yerli biberin deneme parselleri 2 adet olacaktır. Ekimden önce kulaklı pulluk ve kültivatörle toprak işleme yapıldıktan sonra rototiller ile kesekler parçalanarak üzerinden tapan geçirilip ekime hazır hale getirilecektir. Biber tohumları nisan ayının ilk haftası civarında yastıklara ekilecek daha sonra mayıs ayı başlarında sıra araları 70 cm, sıra üzeri 40 cm olacak şekilde tarlaya dikilecektir. Her bir parselde aynı çeşit ve özellikte yerli biber ekilecek olup tüm yetiştirme şartları eşit olacaktır. Her parsel 25 m uzunluğunda, 11.20 m genişliğinde ve 16 sıradan oluşacaktır.

İhtiyaç duyulan debiyi hesaplamak için öncelikle parsel alanından ( $25 \text{ m} \times 11,2 \text{ m} = 280 \text{ m}^2$ ) yola çıkılmıştır. Daha sonra bir damlatıcının saatlik debisi (2 L/h) seçilerek yapılan hesaplamalar sonucunda;

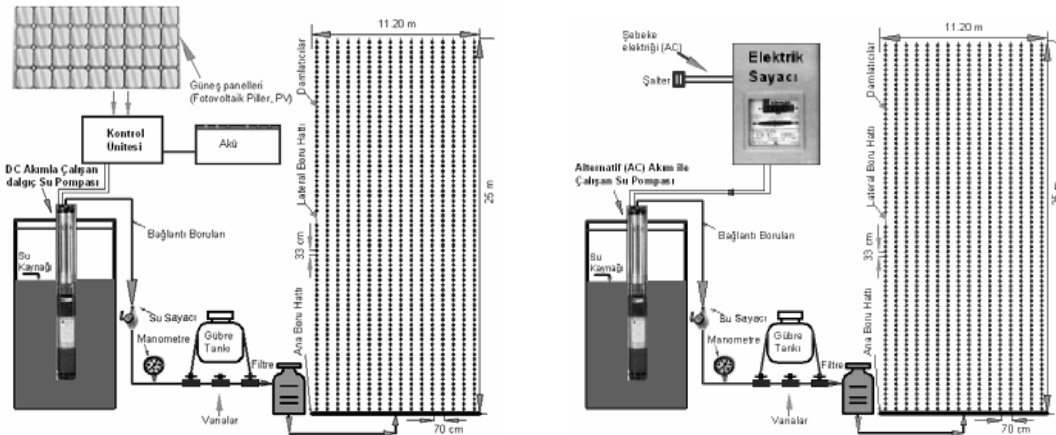
**Lateral boru hatları sayısı**= Parsel genişliği / sıra arası mesafe=  $11,2/0,70=16$  adet sıra

**Bir sıradaki damlatıcı sayısı** = Parsel uzunluğu/ Damlacıklar arası mesafe =  $25 / 0,33 = 75$  Adet

**Bir lateral boru hattı için gerekli debi** = damlatıcı sayısı x bir damlatıcı debisi=  $75 \times 2=150 \text{ L/h}$

**Toplam gerekli su debisi**= Lateral boru hatları sayısı x Bir hat için gerekli debi=  $2400 \text{ L/h}$

Bu veriler ışığında her bir sistem için gerekli pompa debisi en az 2.4 ton/h olmaktadır. Ancak, güneş ışınımındaki günlük değişken davranış göz önüne alınarak, yaklaşık %25 seviyesinde bir emniyet katsayısı uygulanmıştır. Bu şartlarda ortalama debi için 3 ton/h değeri seçilmiştir. Su kaynağı ile dağıtım hattı arası mesafe ve toplam boru sürtünme kayıpları hesaplandıktan sonra pompa seçimi ve PV panel seçimleri yapılmıştır. Arazide kurulan PV-pompalama sistemi elemanlarına yönelik görüntüler Şekil 5 'de gösterilmiştir.



Şekil 4. (a) PV-MSS şebekesi, (b) AC-MSS şebekesi



Şekil 5. PV-pompalama sistemi elemanları

## 5. SONUÇ

Fotovoltaik hücreler (PV hücreler) gürültüsüz, çevreyi kirletmeden, herhangi bir hareket eden mekanizmaya ihtiyaç duymadan güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. PV sistemleri; evlerimizde kullanılan güneşli su kadar yaygınlaştırmada en önemli engellerden biri maliyet olmakla birlikte, bu çalışmada önerilen sulama sistemlerinde kullanımı oldukça kullanışlı ve avantajlı olarak görülmektedir. Bu proje çalışmasında, kurulumu tamamlanan PV-MSS uygulamasına yönelik çok kapsamlı teknik ve ekonomik parametre incelenecek olup, bu tür sistemlerin bölgede doğru bileşenlerle seçimine ve doğru yöntemlerle işletilmesine yönelik önemli bir bilgi ve deney altyapısı oluşacaktır.

Bu sayede, çiftçilere sağlanması gerekli devlet desteğinin teknik ve ekonomik boyutu belirlenebilecektir. Teşvikle ilgili kurumsal mekanizmalara, bu çalışmanın sonuçları yol gösterici olabilecektir. Devlet desteği ile yaygınlaşma hızı artacağından, kurulum maliyeti de azalacaktır. Elde edilecek sonuçların çiftçiler tarafından bilinmesi, uygulamaya aktarılması güneş pillerinin yaygınlaşmasında çok büyük önem arz etmektedir. Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kullanımlarına ülke enerji politikalarında yer verilmesi, enerji dış alımlarını azaltabileceği gibi fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliğinin azaltılmasını da sağlayacaktır. Tuzluluk ve çoraklaşma sorununa çözüm olacak mikro sulama yönteminin bu sistemlerde kullanılması ile çiftçilere örnek teşkil edecek ve böylece yaygınlaşarak, tuzluluk ve çoraklaşma sorunlarının azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

## KAYNAKLAR

- DİNÇ, U., ŞENOL, S., SAYIN, M., KAPUR, S. ve GÜZEL, N. 1988. Güneydoğu anadolu bölgesi toprakları (GAT) Harran ovası. TÜBİTAK-TOAG GÜdümlü Araştırma Projesi Kesin Raporu Toag-534, Adana.
- DURSUN M., SAYGIN A., 2006. Güneş Enerjisi İle Çalışan Bir Sulama Sistemi İçin Boost

Konvertörlü Anahtarlamalı Relüktans Motor Sürücüsü, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 22(1-2) 57-65. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü, ANKARA

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), Resmi internet sayfası, [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr), erişim: Ocak 2008

GAP Master Planı, 2008. Gaziantep Valiliği, Gaziantep.

GENÇOĞLU, M.T., CEBECİ, M., GÜNEŞ, M., 2000. Güneş Enerjisi İle Çalışan PLC Kontrollü Su Pompası Sistem Tasarımı, III.

İŞİKER, Y., YESİLATA, B., ve BULUT H., 2006. Fotovoltaik Panel Gücüne Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi Bildiriler Kitabı, sy. 150-155, Eskişehir.

KAVLAK, İ. ve GÜNGÖR H., 2006. Fotovoltaik Piller ve Fotovoltaik Pillerin Tarımsal Sulamada Kullanılması I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi Bildiriler Kitabı, sy. 22-29, Eskişehir.

KHŞAEM, 2002. Hidrometeorolojik rasat verileri. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü.

TAŞ, M. A., NACAR, A. S., DEĞİRMENCİ, V., GÜLDÜR, E., 2007, GAP Bölgesi Harran Ovası koşullarında Urfa Biberinde Bazı Sulama Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Şanlıurfa Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Eylül, Şanlıurfa.

Toprak Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yıllığı, 1971, Şanlıurfa

YESİLATA, B., AYDIN, M., İŞİKER, Y., 2006. Küçük Ölçekli Bir PV Su Pompalama Sisteminin Deneysel Analizi, Makina Mühendis Dergisi, sayı 553, sy. 31-38

YEŞİLATA, B., ve AKTACİR, A., 2001. Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması. Mühendis ve Makina Dergisi, 42 (493): 29-34.

([http://www.dicle.edu.tr/fakulte/ziraat/dosyalar/hb\\_kasim\\_2009.pdf](http://www.dicle.edu.tr/fakulte/ziraat/dosyalar/hb_kasim_2009.pdf))