

Sabit Güneş Pili Sulama Sisteminin Performans Analizi*

Ümran ATAY¹, Yusuf İŞIKER², Bülent YEŞİLATA², Ahmet ÇIKMAN¹

¹GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Şanlıurfa

²Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü-Şanlıurfa
umranatay47@hotmail.com

Received (Geliş Tarihi): 09.05.2012

Accepted (Kabul Tarihi): 29.06.2012

Özet: Bu çalışmada Şanlıurfa İlinin yüksek güneş enerjisi potansiyelinden yararlanmak amacıyla kurulmuş olan sabit güneş pili damla sulama sistemine ait datalar verilmiştir. Kurulan bu sistemde 4 adet 160 W'lık güneş pili 2 adet 230 Ah akü, 1 adet MPPT ve güneş enerjisi ile çalışan fırçasız doğru akım motorlu pompa ve damla sulama sistemi kullanılmıştır. Özellikle tarla koşullarında değişik durumlar için 2 yıl süreyle deneysel çalışma yapılmıştır. Birinci yılda sistem fotovoltaik panellerle beraber akü konularak damla sulama yapılmış, ikinci yılda ise sadece fotovoltaik paneller kullanılmıştır. Her iki yılda yapılan sulamaya ait akım, gerilim ve DC motorlu pompanın basmış olduğu suyun debi değerleri ölçülerek sistem performansı araştırılmıştır. Çalışma sonunda güneş pili damla sulama sisteminde akü kullanıldığında günün 24 saati istenilen vakitte sulama yapılabileceği, bununla birlikte akü kullanılmadığında sabah erken saatlerde ve bulutlu havalarda sulama yapılamayacağı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, fotovoltaik pil, dc motorlu sulama pompası, damla sulama

The Performance Analysis of a Stationary Solar Cell Irrigation System

Abstract: This study provides data for stationary solar photovoltaic (PV) irrigation system which was established in order to take advantage of the high potential of solar energy of Sanliurfa province. In this system, 4 PV panel of 160 W nominal power, 2 batteries of 230 Ah capacity, 1 MPPT unit and 1 brushless DC motor driven pump are used to employ a drip irrigation system. Experimental work has been done for a period of two years under different scenarios. In the first year, the irrigation is employed together with PV panels and the batteries. On the other hand, in the second year only PV panels are employed. The system performances have been investigated by measuring currents, voltages and water flow rates for both years. The field experiments confirm that batteries have an advantage of providing continuous irrigation during any hour of a day. However, irrigation cannot be performed at early morning hours and at cloudy times when the system is employed only with PV panels.

Key words: Solar energy, photovoltaic panel, brushless dc motor driven pump, drip irrigation

GİRİŞ

Günümüzde dünya enerji üretiminde öncelikli kaynaklar petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Bu yenilenemeyen enerji kaynakları kullanıldıklarında çevreyi kirletmekte ve gittikçe tükenmektedirler. Bundan dolayı fosil kaynakların kıstıllığı, enerji üretiminde meydana gelen çevre kirliliği ve gün geçtikçe var olan enerji kaynakları maliyetinin artmasından dolayı hem yenilenebilir (sınırsız) hem de çevreyle uyumlu kaynakların araştırılması ve geliştirilmesi yönünde yaklaşımlar hızla artmaktadır. Böylece çevreyi kirletmeyen alternatif enerji kaynakları değer

kazanmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarından en önemlilerden biri olan güneş enerjisidir. Kullanımı giderek artan güneş enerjisinden önceleri ısı enerjisi olarak son yıllarda ise gelişen teknoloji ile beraber güneş pili yardımıyla elektrik enerjisi üretiminde yararlanılmaktadır. Güneş pilleri giderek azalan maliyetleriyle elektrik enerjisi elde etmede en önemli alternatiflerden biri durumundadır. İleriki yıllarda Türkiye'deki güneş pili üretiminin yaygınlaşmasıyla maliyetinin daha düşmesi beklenmektedir. Özellikle sulama mekanizasyonunda kullanımının yaygınlaşması çok önemlidir.

Güneş enerjisi potansiyel bakımından öncelikli bir kaynak durumundadır. GAP Bölgesinde bulunan illerin yüksek güneş enerjisi potansiyelinden tarımsal uygulamalarda yararlanmak amacıyla, güneş enerjisiyle çalışan damla sulama sisteminin (DSS) kullanılabilirliği ve yaygınlaştırılması, bölgenin geleceği açısından önemlilik arz etmektedir.

Bu yaklaşım gerçekte, GAP Bölgesi rekabet gündemi çalışmalarında öncelikli olarak vurgulanan; organik tarım ve yenilenebilir enerji gibi alanların entegrasyonu açısından da önem taşımaktadır. Diğer taraftan GAP'ın merkezi konumundaki Şanlıurfa tarım alanı olarak 12.205.434 dekar bir alana sahip olup bu alan arazi dağılımı bakımından Türkiye' deki toplam tarım alanının %4,9 dur. Şanlıurfa ülkemizde Konya ve Ankara' dan sonra üçüncü en büyük tarım alanına sahiptir. Hali hazırda Şanlıurfa ilinde sulanan alan 3.693.248 dekadır. GAP projesi tamamlandığında ise sulanacak alan miktarının 5.181.420 dekar olması beklenmektedir (Atay ve ark., 2011). GAP'ın sonuçlandırılması sonunda Şanlıurfa bölgesinin tarım alanlarının yaklaşık olarak %42' lik bir kısmı sulanmış olacaktır. 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 olanaklarını artırmak amacıyla, güneş enerjisi ile çalışan fotovoltaik (PV) pompaların kullanılması en iyi seçeneklerden biri olarak görülmektedir (Atay vd., 2009).

Güneş pili destekli damla sulama sistemleri (PVDSS), enerji ve su kullanımında sağladığı verimlilik nedeniyle, GAP Bölgesi' nde aşırı enerji ve su tüketimine yönelik sorunları gidermede en uygun çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, ilk yatırım masraflarının yüksekliği ve toplam sistem verimlerinin düşüklüğü gibi, önemli dezavantajları da söz konusudur. Bu dezavantajların azaltılması için seçilen konfigürasyonların maksimum kullanılabilirliği sağlayacak şekilde optimize edilmesi gerekmektedir (Yeşilata ve ark., 2006). Güneş pili damla sulama sistemi tercihinde göz önüne alınması gerekli birçok faktör söz konusudur. Bu faktörler kullanım yerindeki günlük su ihtiyacı, su kalitesi, pompa statik ve dinamik yükleri, kullanılma sezonunu kapsayan aylar ve bu

aylardaki güneş ışınım şiddeti olup, uygulama öncesi bu faktörlerin detaylı olarak analizi gerekmektedir (Atay ve ark., 2009). Örneğin Brezilya'da çeşitli iklim verilerine ve parametreye göre maksimum su hacmi hesaplandıktan sonra sulama denemeleri yapılmış ve sistemin karakteristik eğrisi belirtilmiştir (Fraidenraich ve Vilela, 2000).

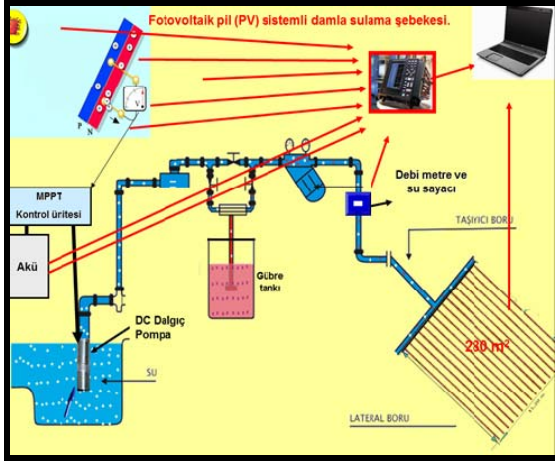
Bu çalışmada yüksek güneş enerjisi potansiyelinden yararlanmak için Şanlıurfa İli koşullarında kurulmuş olan "Sabit Güneş Pili Damla Sulama Sisteminin" hâlihazırda çalışan sistemlere alternatif olabileceğini göstermek için değişik durumdaki performansı incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Harran Ovası içinde bulunan Şanlıurfa GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsünün Koruklu Araştırma İstasyonu arazisinde uygulamaya dönük olarak kurulmuş olan sabit güneş pili damla sulama sisteminin performansı incelenmiştir. Bu İstasyon Şanlıurfa-Akçakale yolunun 31. km' sinde kurulu 36° 42' kuzey enlemi ile 38° 58' doğu boylamında olup, denizden yüksekliği 410 m' dir (Anonim, 2002). Uygulamada test bitkisi olarak yerli İnan 3363 biber çeşidi yetiştirilmiştir. PV sulama uygulaması için seçilen arazi ve DSS tesisatı ile ilgili boyutlar Şekil 1'de gösterilmiş olup PV-damla sulama sistemi için başlıca kullanılan cihazlar Çizelge 1'de verilmiştir. Performansı belirlenen güneş pili sisteminin maliyeti 15.576,00 TL' dir.

Çizelge 1. PV sulama sisteminin parçaları

Malzeme ve Cihazlar	Özelliği
Güneş panelleri	4 adet 160 Watt'lık, 24 voltluk,
Batarya grubu	2 adet jel akü 230 Ah, 12 V
Solar kontrol ünitesi	Maksimum güç noktası izleyici MPPT (1 adet) ve şarj kontrollü
Dalgıç pompa	Debisi 3-5 m ³ /saat, DC 300-450 Watt, manometrik yükseklik 22 m
Su sayacı	Anma debisi (Qn) 3.5m ³ /h, 0-5 m ³ /h debi aralığında (1 adet)
Debimetre	Elektromanyetik (1 adet),
Manometre	(2 adet),
Gübre tankı	(1 adet),
Filtre	(1 adet),
Vanalar, bağlantı boruları, ana boru hattı ve lateral boru hattından oluşmaktadır.	



Şekil 1. PV-DSS uygulamasının arazi ve tesisat boyutları

Çizelge 1' de belirtilen sistemin sulama anlarındaki gerçek performansını belirlemek için birçok farklı parametre ölçülmüştür. Bu amaçla kullanılan diğer cihazlar şunlardır:

- Piranometre: Anlık güneş ışınım değerleri ölçümü için,
- Datalogger: Anlık DC akım, DC gerilim ve panel sıcaklık değerlerinin ölçümü için,
- Digital Kronometre: Sulama zamanını ölçme ve kayıt için,
- Voltmetre ve Pensampermetre: Anlık AC gerilimi ve AC akımı ölçmek için,
- Elektromanyetik Debimetre: Anlık geçen debiyi ölçmek için,
- Isıl çift (Termo couple) ortamın ve panellerin yüzey sıcaklığını ölçmek için kullanılmıştır.

DSS projelendirilmesi yapılırken, sulama için gerekli debi referans alınarak, su kaynağından itibaren son dağıtıcıya kadar hattaki tüm elemanlardaki basınç kayıpları dikkate alınmış ve pompanın sağlaması gereken toplam basınç (manometrik yükseklik, Hm) bulunmuştur. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için, sulanacak arazi ve sulama hatlarına yönelik tüm boyutlar ve elemanlar belirlenmiştir (Atay ve ark., 2009).

Toprak hazırlığı; ekimden önce kulaklı pulluk ve kültivatörle toprak işleme yapıldıktan sonra rototiller ile kesekler parçalanarak üzerinden tapan geçirilip ekime hazır hale getirilmiştir.

Parselasyon çalışmaları; test bitkisi olarak yetiştirilecek olan yerli biber deneme parseli 25 m uzunluğunda, 11,20 m genişliğinde ve 16 sıradan oluşmuştur. Biber tohumları mart ayının ilk haftası

civarında yastıklara ekilmiş daha sonra mayıs ayı ortalarında sıra araları 70 cm, sıra üzeri 40 cm olacak şekilde tarlaya dikilmiştir.

Toplam gerekli su debisi= Lateral boru hatları sayısı * Bir lateral boru hattı için gerekli debi= 16 sıra*300 lt /h = 4,8 m³/h olarak bulunmuştur. Buna göre kullanılan pompanın en az 4.8 m³/h debide olması gerekmiştir. İletim boruları ve vanalardaki kayıplar göz önüne alındığında gerekli pompa debisi 280 m²'lik biber tarlası için **5 m³/h** olarak belirlenmiştir.

Arazide kurulan PV-Damla sulama sistemi elemanlarına yönelik görüntüler Şekil 2 'de gösterilmiştir.



Şekil 2. PV-Damla sulama sistemi elemanları

Proje çalışmasının birinci (2009) ve ikinci (2010) yılına ait planlanmış tüm aşamalar gerçekleştirilmiştir. Test bitkisi olan İnan 3363 yerli biber çeşidinin sulama gereksinimine yönelik olarak kurulmuş olan sistemlere ait elde edilen tüm veriler değerlendirilmiş ve sonuçlandırılmıştır. Proje kapsamında ayrıca aynı koşullarda çalışan aynı debiyeye sahip AC sisteminde performansına bakılmıştır.

Tarla ortamında deneysel olarak sistemlerin performans analizi için;

- a) Sulama sırasında: PV sistemde akü destekli ve desteksiz,
 - Akü destekli: Akü+ PV (1. yıl)
 - Akü desteksiz: Sadece PV (2. yıl)
- b) Sulama dışında değişik koşullarda maksimum PV sistem performansı analizi için ise
 - Sadece akü ile maksimum atılan su debisi (1. yıl): Dolu olan akülerle,
 - Sadece PV ile gündüz maksimum atılan su debisi (2. yıl): Güneş ışınım şiddetinin gün boyu

değişimine göre PV'lerin ürettiği güçle çalışan DC pompaya ait debinin zamana göre değişimi, ışınım sıcaklık gibi parametreler ölçülmüştür.

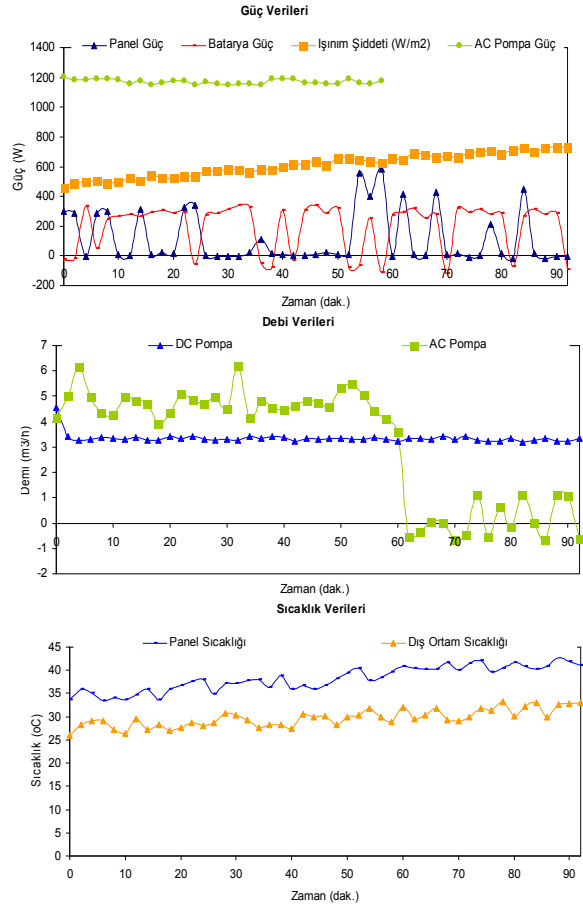
ARAŞTIRMA BULGULARI

Akü Destekli Sistemin Sulama Anındaki Performans Bulguları

2009 yılında sulama sezonu boyunca toplam 67 sulama yapılmıştır. Her parsele aynı miktarı olacak şekilde toplam 971,02 mm/da (parsel başı toplam 271,887 m³/h) sulama suyu verilmiştir. Akü destekli sistemin çalışması anındaki performansına örnek olması için 24 Ağustos 2009 tarihindeki sulamaya ait veri grafikleri Şekil 3' te verilmiştir. Saat 08:21' de sulamaya başlanmıştır. Grafikte görüldüğü gibi DC motorlu pompa enerjisini akülerden almıştır. Akülerdeki enerji azaldığı zaman paneller MPPT ünitesinin etkisiyle aküleri tekrar şarj etmiştir. Sistemde akülerin varlığından dolayı güneş ışınımdaki anlık değişimler pompa debisini etkilememiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi panel ve bataryanın negatif değerler aldığı görülmektedir. Bunun nedeni MPPT ünitesidir. Özellikle akülerdeki gücün azaldığı zaman MPPT devreye girmekte ve bataryaları şarj ettiği için o an bataryalar (-), paneller ise (+) değerlerinde okunmuştur. Ayrıca debi grafiğinde su kapandığında borulardaki basınç altındaki su zaman zaman geri akmış ve gübre tanklarındaki su ise akışa devam etmiştir. Bu veriler toplam debiye katılmamıştır.

Akü desteksiz PV sistemin sulama anındaki performans bulguları

2010 yılında sulama sezonu boyunca toplam 42 sulama yapılmıştır. Her parsele aynı su miktarı verilmiş olup parsel başı toplam 280 m³ (1000 mm/da) sulama suyu verilmiştir. Akü desteksiz PV sisteme örnek için 14 Ekim 2010 tarihindeki sulamaya ait veri grafikleri Şekil 4' te verilmiştir. Saat 10:12' de sulamaya başlanmıştır. Sulama başında ışınım şiddeti 550 W/m² sulama sonunda ise ışınım şiddeti 730 W/m² yi göstermiştir. Sulama süresince, panel gücü 245-317 W (7,4A x 33V - 9,6 A x 33V) arasında değişkenlik göstermiştir. Sulama sırasında güneş pilinden beslenen pompada ortalama debi 3,2 m³/h olmuştur. Panel sıcaklığı için başlangıçta okunan değer 41,56 °C iken, sulama sonlarında 45,75 °C olmuştur. Gölgede ölçülen sıcaklık ise başlangıçta 26,69 °C iken, sulama sonunda 29,14 °C olarak belirlenmiştir.



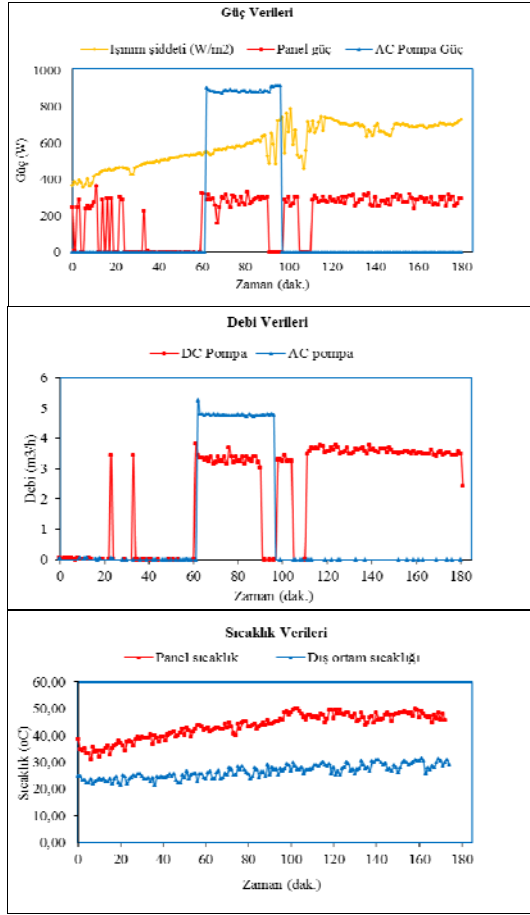
Şekil 3. 24 Ağustos 2009 tarihindeki sulamaya ait veri grafikleri

Akü PV'siz sistemin DC pompaya etkisine ait bulguları

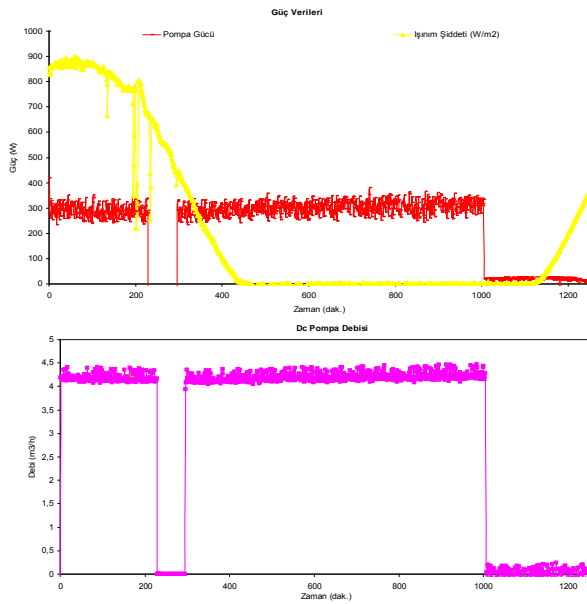
Burada güneş pilleri devreden çıkartılmış ve Aküler tam dolu iken DC pompa çalıştırılmıştır. Şekil 5' de 02 Eylül 2009 tarihine ait grafikte PV güç kesildikten sonra akülerdeki güçle saat 11:14' te pompa çalıştırılmış ve kendiliğinden duruncaya (gece saat 03:58'e kadar çalıştırılmıştır. Böylece DC motorlu pompanın güneş pili olmadan akülerle kesintisiz 16,76 saat (1006 dk) çalışabildiği bu süre içerisinde toplam 68,7 m³ su bastığı tespit edilmiştir.

Akü PV'li sistemin DC pompaya etkisine ait tam günlük performans bulguları

Burada güneş pilleri devrede, aküler ise devre dışı bırakılmıştır. Şekil 6' da bataryalar iptal edilmiş, güneşin doğuşundan, pompanın çalışması için yeterli ışınım yoğunluğu oluştuktan sonraki çalışması ve çalışmasından ışınımın yetersiz olduğu ana kadar olan süreçteki parametreler verilmiştir.



Şekil 4. 14 Ekim 2010 tarihindeki sulamaya ait veri grafikleri



Şekil 5. 02 Eylül 2009 tarihindeki aküdeki enerjinin maksimum sulama zamanı

Aküsüz PV'li sistemin DC motorlu pompaya etkisine örnek olarak Şekil 6' da verilmiş olan 11 Haziran 2010 tarihine ait grafikte veriler saat 04:55' te alınmaya başlanmıştır. Başlangıçta ışınım 0 W/m² değerlerinde olup güneşin doğuşu ile gittikçe artmaya başlamıştır. Pompanın çalışabilmesi için yeterli ışınım ancak saat 08:16 civarında oluşmuş ve pompa kesintili çalışmaya başlamış, saat 08:30' dan sonra ise pompa kesintisiz çalışmaya başlamıştır. Saat 13:43 civarında bulutun etkisi ile anlık ışınım azaldığından (583W/m²) dolayı debi düşmüş ama pompa durmamıştır. Saat 14:25' te ise ışınım pompa çalışma sınırının altlarında olan 175W/m² değerine indiği için pompa durmuş (1dk kadar), bulutun çekilmesiyle ve ışınım şiddetinin artışıyla pompa tekrar çalışmıştır. Pompa 16:15 civarında ışınım şiddetinin düşmesiyle kesintili çalışmaya başlamış ve bundan dolayı durdurulmuştur. Bu güne ait maksimum ışınım saat 12:49' da 1007 W/m² olarak ölçülmüştür. Gündüz ortalama 3,67 m³/h su atan pompa, yaklaşık 8 saat civarında çalışmıştır. Bu sürenin sonunda su sayacında okunan toplam değer 28,9 m³ su olmuştur. Panel sıcaklığı başlangıçta ilk okunan değer 13,67 °C iken maksimum değer saat 12:20' de 66,08 °C olarak ölçülmüştür. Gölge sıcaklığı ise başlangıçta ilk okunan değer 21,37 °C iken maksimum değer saat 14:16' da 44,34 °C olarak ölçülmüştür.

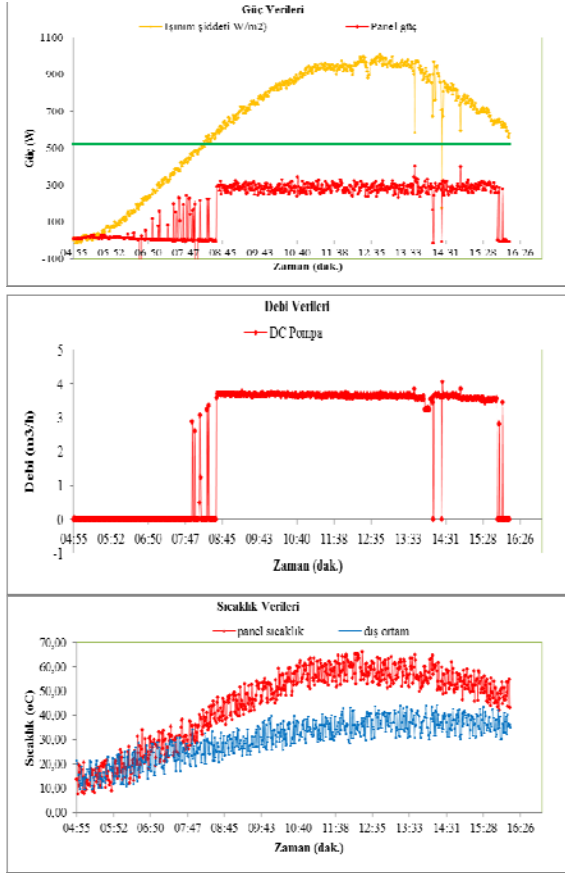
Proje çalışması süresi boyunca PV sistemin dataları değişik koşullardaki performans analizinde kayıt altına alınmıştır. Sistemden elde edilen su, damla sulama metodu uygulanarak bitki su ihtiyacını karşılamıştır. Sistem belirlenmiş bir alanda, bitkinin (yerli biber çeşidi İnan 3363) sulama gereksinimine yönelik olarak boyutlandırılmış ve tarla etkinliği deneysel olarak araştırılmıştır. PV sisteme ait çeşitli görüntüler Şekil 7'de verilmiştir.

Tarla ortamında deneysel olarak sistemlerin performans analizi bulguları

Akü destekli denemede Akü+ PV ile sistemin en iyi şekilde randıman verdiği gece-gündüz kesintisiz çalışabildiği AC sisteme rahatlıkla alternatif olduğu gözlenmiştir. Özellikle sulama döneminde elektrik kesintilerinde AC pompa ile sulama yapılamazken, DC pompa ile sorunsuz sulama yapılmıştır.

Akü desteksiz denemede ise sadece PV ile gündüz belirli koşullarda kesintisiz sulama yapılabilmştir.

Sabit Güneş Pili Sulama Sisteminin Performans Analizi



Şekil 6. 11 Haziran 2010 tarihindeki aküsüz PV enerjinin maksimum gün boyu debisi

Güneş pili sistemleri sadece gündüz sulama yapılacaksa aküye ihtiyaç duymamakta, aksi halde gecede sulama yapılacaksa aküye ihtiyaç duymaktadır. Gece sulama yapmak isteyip akü kullanmak istenmediğinde ise araziden yaklaşık 20 metre yüksekliğe su deposu yapılarak, DC pompa gündüz güneş var iken depoya su doldurabilmekte ve gece vana yardımıyla sulama tesisatına su bırakılarak sulama yapılması tavsiye edilebilmektedir. Böylece bu durum akülü sisteme alternatif sistem olarak önerilebilir.

Sulama dışında değişik koşullarda maksimum performans bulguları

Sadece akü ile maksimum atılan su debisi dolu olan akülerle çalıştırılarak tespit edilmiştir. DC pompanın uygulamada saatte ortalama 4.1 m³ su bastığı ve güneş pili olmadan akülerle kesintisiz 16,76 saat çalışabildiği bu süre içerisinde toplam 68,7 m³ su bastığı tespit edilmiştir.

PV ile gündüz maksimum atılan su debisi (2. yıl) ise güneş ışınım şiddetinin gün boyu değişimine göre

PV'lerin ürettiği güçle çalışan DC pompayı gündüz çalıştırabilmiştir. Güneşin doğmasıyla ışınım şiddetinin arttığı kurulu olan PV sistemin pompayı çalıştırabilmesi için ışınım şiddetinin 520 W/m²'yi aştığında ancak pompanın çalışabildiği, güneşin batışına doğru (ve bulutlu günlerde) 520 W/m² sınırının altına inildiğinde pompanın durduğu tespit edilmiştir. Bu durum pompanın günlük toplam çekeceği debiyi azaltmakta ama zarar görmesini engellemektedir.

Tam gün performans denemelerinde sadece PV ile (bataryasız sistemde) güneşin doğuşu ile hemen DC pompanın çalışmadığı gözlenmiş belli bir süre sonra yaklaşık 2-3 saat sonra çalıştığı gözlenmiştir. Aynı şekilde gün bitiminde güneş batışına 2-3 saat kala DC pompanın durduğu gözlenmiştir. Buna göre DC pompanın günlük toplam çekeceği su miktarının azalmasına sebep olan başlıca nedenler aşağıda verilmiştir.

- Güneş pillerinin sabit olmasından dolayı: Güneş doğar doğmaz ışınlar, panel yüzeyine hemen gelmemekte, belli bir zaman sonra geldiği için,
- Güneş pillerinin sabit olmasından dolayı: Güneş batımından önce panel yüzeyine ışınların, belli bir zaman sonra gelmediği için,
- Akü desteksiz sistemde MPPT ünitesinin gün içerisinde düşük ışınım şiddetinde (520 W/m²'den düşük) pompanın zarar görmemesi için sistemi durdurduğundan,
- Güneş pilleri arazide yere yakın montajı yapıldığından, ufuk doğrultusunda her hangi bir engelden (ağaç, bina, bulut, toz, sis vb.) etkilendiğinden dolayı debi kayıpları oluşmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu proje çalışması kapsamında kurulan PV sistem örnek bir güneş pili sistemi olmuştur. İlgililere yakıt, iletim ve enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıpları olmadığı, çevreyi kirletmediği yani ekosistemin sürdürülebilirliği için çok büyük önem arz ettiği gösterilmiştir (Şekil 7). Son yıllarda güneş pilleri satışını yapan firmaların çoğalması sonucunda rekabet artmış ve sistem maliyetleri düşüşe geçmiştir. Özellikle güneş pillerinin Türkiye'de üretilmesinin yaygınlaşmasıyla maliyetlerin daha da çok düşmesi beklenmektedir. Böylece yaygınlaşması önünde hiçbir engel kalmamaktadır.

Sonuç olarak bu proje çalışması ile;

- Bu tip PV sistemlere, Türkiye enerji politikalarında uygulamaya dönük olarak yer verilmesiyle enerji dış alımlarını azaltılabileceği gibi fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliğinin azaltılmasında da fayda sağlayabileceği anlaşılmıştır.

- Bu tip sistemlerin birim alan için uygun şekilde tasarlandığında küçük güçlü uygulamalar için AC sulama sistemine alternatif olabildiği tespit edilmiştir.
- Eğer şartlar uygunsa sabit sistem yerine güneşi takip edecek sistemin daha randımanlı olacağı görülmüştür.
- Bu tip PV* sistemlerin, örneğin Atatürk Barajı'nın kıyı kesimi ile suladığı/sulayacağı Harran, Suruç ve Mardin ovasındaki gibi özellikle sulama kanalından hemen yüksekte kalan arazilerde, kapalı sulama sistemlerinin entegre edilmesiyle birim alan için hesaplanıp kurulmasıyla rahatlıkla ihtiyacı karşılayabileceği anlaşılmıştır (Atay ve ark., 2011).



Şekil 7. PV sisteme ait çeşitli görüntüler

LİTERATÜR LİSTESİ

- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, 2009. Fotovoltaik Güç Destekli Mikro Sulama Sistemi Projesi-1: Genel Esaslar, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu bildiriler kitabı, Diyarbakır s57-62
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, 2009. Fotovoltaik Güç Destekli Mikro Sulama Sistemi Projesi-2: Simülasyon Çalışması V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu bildiriler kitabı, Diyarbakır s63-67
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, A. S. Nacar, A. Çıkman, U. Rastgeldi, 2009. "Güneş Pili Enerjisiyle Çalışan Damla Sulama Sistemlerinin Kurulumu ve Yaygınlaştırılması" 1.GAP Organik Tarım Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa. 210-217
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, 2011. "Güneş Enerjili Damla Sulama Sistemi Arazi Performansının Deneysel Değerlendirilmesi" TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Kitabı, 7-8 Ekim. Mersin.
- Atay Ü., H. Aslan, İ.H. Çetiner, 2011. "Şanlıurfa ili güneş pili sulama sistemi potansiyeli". II. Ulusal toprak ve su kaynakları kongresi 22-25 Kasım, Ankara
- Fraidenraich N., O. C. Vilela, 2000. "Performance of Solar Systems With Non-Linear Behavior Calculated by The Utilizability Method: Application to PV Solar Pumps", Solar Energy, Vol 69, pp 131-137,
- Anonim, 2002. Hidrometeorolojik rasat verileri. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü
- Yeşilata B., M. Aydın ve Y. Işiker, 2006. Küçük Ölçekli Bir PV Su Pompalama Sisteminin Deneysel Analizi, Mühendis ve Makina, cilt 47, sayı 553, sy. 31-38.

* Bu çalışma; TAGEM tarafından desteklenen "Güneş Pili Destekli Damla Sulama Sistemlerinin Kurulumu ve Sistem Performansının Teknik ve Enerji Maliyeti Yönünden Karşılaştırılması (Şanlıurfa örneği)" adlı proje kapsamında hazırlanmıştır.

