

## Güneş-Rüzgâr Hibrid Enerji İle Su Pompalama

Mustafa ENGİN<sup>1</sup>

### Summary

#### Water Pumping With Pv-Wind Hybrid Energy

This paper presents simulation results of the pumping system that has been connected to the PV-wind hybrid power generating system. The models for the PV cell, the battery, the wind turbine and the pump are based on model description found in the literature. The other components models for PV-wind hybrid system, namely charger, inverter, converter, load and controller are based on electrical and electronics knowledge. The implementation is done using MATLAB Simulink, a simulating program.

**Keywords:** hybrid power generating system, PV, wind turbine, water pump.

### Giriş

İlk kurulum maliyetinin yüksek olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretmek tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Son yıllarda rüzgâr türbinlerinden elde edilen enerjinin maliyeti birçok devletin verdiği teşvik sonucu geleneksel enerji kaynakları ile rekabet eder hale gelmiştir. Birçok ülkede rüzgâr çiftlikleri ürettiği elektrik enerjisini ulusal elektrik ağına vermektedir. Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemler ulusal elektrik ağına bağlı olmalarına rağmen otonom sistemlerde daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada elektrik ağının olmadığı bölgelerde

---

<sup>1</sup> Öğ. Gör. Dr., E.Ü. EGE Meslek Yüksekokulu, Bornova, İzmir  
enginm@bornova.ege.edu.tr,

fotovoltaik enerji (PV) ile su pompalama birçok yerleşim biriminin içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Güneş ve rüzgâr enerjilerinin elektrik enerjisine dönüştürülmelerinin önünde duran en büyük engel kesikli olmalarıdır. Güneş enerjisi mevsimlere göre değişmekle beraber ancak günün üçte biri süresince elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Rüzgâr enerjisinde de durum farklı değildir. Küçük ve orta ölçekli otonom sistemlerde gündüz saatlerinde bataryalarda depolanan elektrik enerjisi gece yükü beslemektedir.

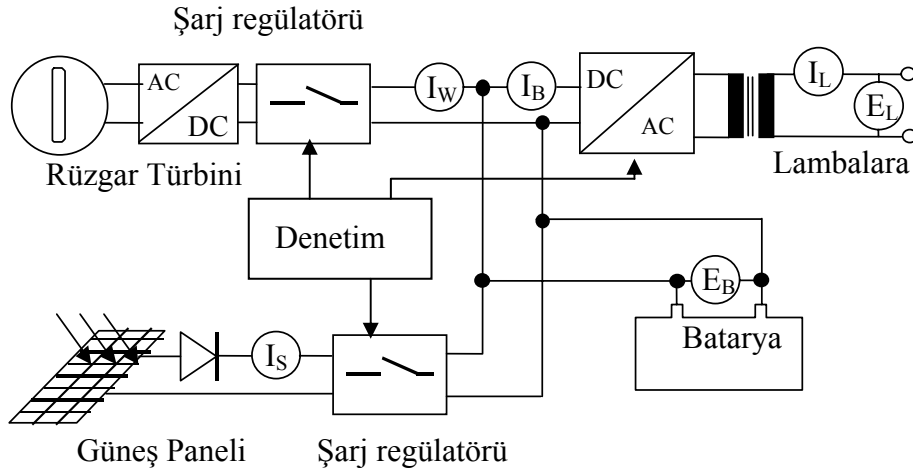
Son yıllarda yapılan araştırmalar ile birbirini tamamlayıcı özellik gösteren iki veya daha fazla alternatif enerji kaynağı birlikte kullanılarak sistem güvenilirliğinin artırılabilceği ortaya çıkmıştır. (Özdamar ve arkadaşlar, 2001). Hibrid enerji üretim sistemi adı verilen bu tür sistemlerde en çok rüzgar-güneş veya rüzgar-mikro hidroelektrik jeneratörleri birlikte kullanılmaktadır. Birden fazla yenilenebilir enerji kaynağının elektrik enerjisi üretiminde kullanımı elektrik üretim sistemin ilk kurulum maliyeti arttırmasının yanı sıra sistemin yapısını ve tasarımını karmaşık hale getirmektedir. Ülkemizin batı ve güney bölgelerinde Nisan-Kasım ayları arasında sadece güneşten elektrik enerjisi üreten sistem için gerekli güneş enerjisi bulunmasına rağmen kış aylarında yardımcı kaynak kullanılması gerekmektedir. Bu açık rüzgar potansiyeli yüksek olan yerlerde rüzgar enerjisi ile tamamlanabilir. (Engin ve arkadaşları, 2001).

Günümüzde, PV sistemlerin enerji kaynağı olarak en fazla tercih edildiği uygulamalar arasında su pompalama sistemleri bulunmaktadır. PV'den beslenen su pompalama özellikle şehir su ve elektrik şebekesine bağlı olmayan kırsal yörelerde kuyu veya kanallardan su temininde veya zirai amaçlı arazilerde sulama kanallarından araziye su dağıtımında ekonomik olarak kullanılabilir. Tarım arazilerinin şehir alanlarına göre daha geniş olmaları nedeniyle kurulacak elektrik dağıtım şebekesinin yatırım maliyeti yüksek olacaktır. Özellikle ülkemizde tarımsal sulama için teşvik verilse de elektrik fiyatlarının yüksek olduğu düşünülürse PV, rüzgar türbini veya rüzgar gülü gibi ilk yatırım maliyetleri yüksek fakat işletme maliyetleri yok denecek kadar az olan yenilenebilir enerji kaynaklarının su pompalama amaçlı kullanılması kaçınılmazdır. Dünyada Amerika başta olmak üzere birçok gelişmiş ülkede sulu tarım ve hayvancılıkta PV sistemlerinin kullanımına son çeyrek asırda hız verilmiştir. Bu eğilim son on yılda Meksika, Hindistan, Kenya, Brezilya ve Güney Kore gibi gelişmekte olan ülkelere de yansımıştır.

Bu makalede Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde aydınlatma amaçlı kurulan güneş- rüzgar hibrid enerji üretim sistemine özellikle sulamanın gerekli olduğu yaz aylarında aydınlatma sonrası artan enerjiyi değerlendirmek amacıyla su pompası bağlantısı yapıldığında elde edilebilecek su miktarı simülasyon ile belirlenmiştir.

### Materyal Ve Metot

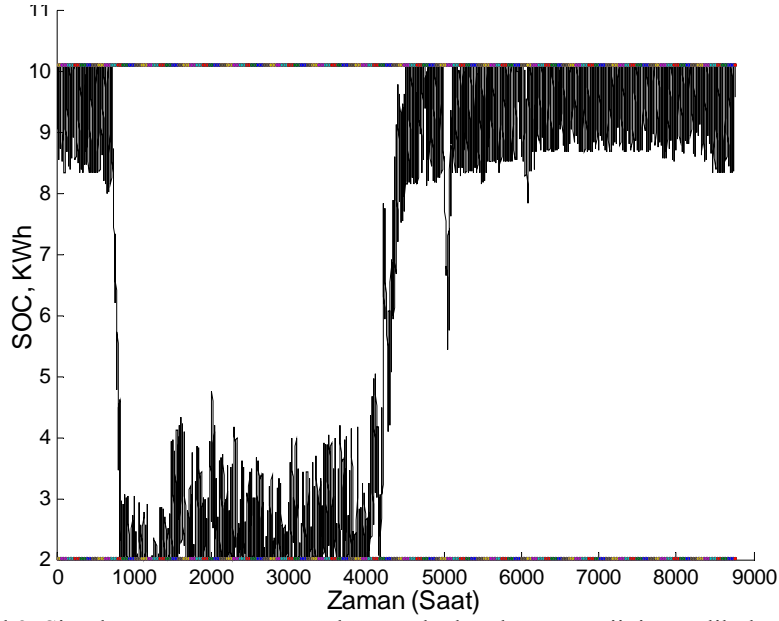
Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından 1994-1999 yılları arasında ölçülen saatlik ortalama rüzgar hızları ve güneş ışınım değerleri kullanılarak yapılan analizler sonucu E. Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü binasında bir rüzgar-güneş hibrid enerji üretim sistemi kurulduğunda yıl boyunca belirlenen yükü besleyebileceği belirlendi (Engin, 2002). Bu amaçla öncelikle hibrid enerji üretim sisteminin şekil-1' de de gösterilen temel elemanlarının matematik modelleri geliştirildi. Bu birimlerin birlikte düzgün bir şekilde çalışmasını sağlayan denetim biriminin çalışma koşulları belirlendi. Elde edilen matematik model kullanılarak MATLAB'de yazılan bilgisayar programı MATLAB Simulink programında 1999 yılı rüzgar hızı, güneş ışınımı ve ortam sıcaklık ölçümleri kullanılarak saatlik olarak simüle edildi ve bataryada depolanan enerjinin saatlik değişimi elde edildi (şekil-2).



Şekil 1. Güneş-rüzgar hibrid enerji üretim sistemin elemanları.

Sisteme model yük olarak Enstitü binasının gece aydınlatması seçildi. Lambalar güneş ışığını algılayan bir sensör ile açılıp kapatıldı.

Batarya enerjisi kış ayları dışında minimum seviyeye hiç düşmedi. Kış aylarında ise değişik zamanlarda 230 saat minimum seviyeye düşerek lambalar yanmadı. Tüketilen enerjinin birim maliyeti 1,05 \$/kWh olarak hesaplandı (Engin ve arkadaşları, 2001).

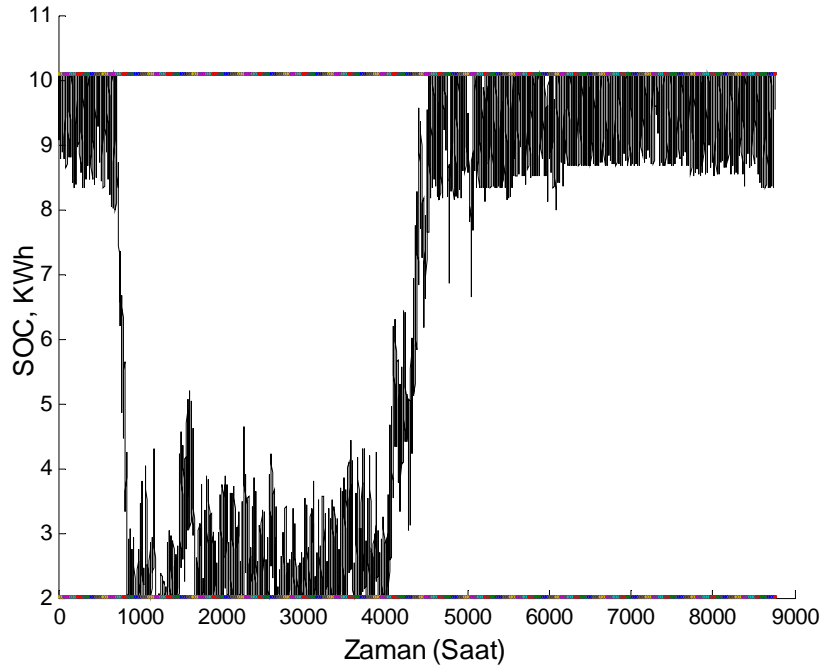


Şekil 2. Simülasyon sonucuna göre bataryada depolanan enerjinin saatlik değişimi.

Güneş Pili	
Alanı (m <sup>2</sup> )	5,84
Çıkış gücü	720 W <sub>p</sub>
Tipi	M65
Üretici firma	Arco Solar
Rüzgar türbini	
Alanı (m <sup>2</sup> )	1,07
Çıkış gücü	400 W
Tipi	AIR403
Üretici firma	Shouthwest
Batarya Gurubu	
Toplam kapasite	10,08 (kWh)
Hücre gerilimi ve kapasitesi	2 V, 210 Ah, 24 adet akü
Tipi	Tüpçüklü, sabit tesis
Üretici firma	İnci akü

Çizelge 1. Kurulacak hibrid sistemin temel elemanlarının boyutları ve özellikleri.

Hibrid enerji üretim sistemi çizelge-1’de özellikleri belirtilen temel elemanlarla haziran 2000’de kuruldu deneme üretiminin sonunda Eylül 2000-Ağustos 2001 aralığında çalıştırıldı (Çolak ve arkadaşları, 2002). Şekil-1’de belirtilen değerler 10’ar dakikalık sıklıkla ölçülerek dataloggera kaydedildi. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar şekil-3’te gösterilmiştir. Şekil 2 ve 3’ü karşılaştırdığımızda birbirine çok yakın sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Kış aylarında sistemin gece tüketeceği enerjiyi ancak bataryalarda depolayabildiği bulutlu günlerde ise ancak rüzgarın olması durumunda aydınlatma yapabildiği belirlenmiştir. PV sistemle beslenen aydınlatma uygulamalarında sıkça karşılaşılan bu durum kış aylarında artan rüzgar potansiyeli ile kısmi de olsa kapatılmıştır. Sistem kış aylarında yükü 210 saat enerjisiz bırakmıştır. Tüketilen enerjinin birim maliyeti 0.85 \$/kWh olarak hesaplanmıştır (Engin ve arkadaşları, 2003).

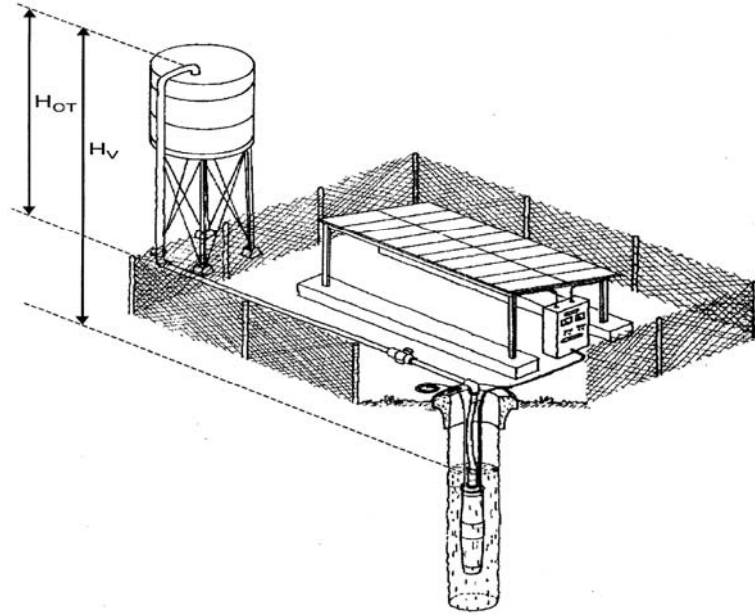


Şekil 3. Hibrid enerji sisteminden ölçülen değerlere göre bataryada depolanan enerjinin saatlik değişimi.

### **PV İle Beslenen Su Pompaları**

PV ile beslenen su pompalama sistemleri genel olarak diğer pompalama sistemlerine benzemekle birlikte çalışma verimlerini ve kararlılığını arttırmak açısından bazı ek denetim ve depolama

birimlerine gereksinim duyulabilir. PV ile beslenen pompalama sistemin blok diyagramı Şekil 4’de gösterilmiştir, sistemin temel elemanları; PV panel, pompa, motor, depo ve denetim birimidir. Bu temel elemanlara ek olarak PV pompa sistemleri için diğer su sirkülasyon sistemlerinde olduğu gibi farklı boyut ve özelliklerde pompa kullanımı mümkün olup uygulamada bu pompaları merkezkaç yada pistonlu olmak üzere iki temel kategoride toplamak mümkündür. Her iki kategorideki pompalar ayrıca suya daldırılabilir (dalgıç tipi) yada daldırılmaz olma konumuna göre sınıflandırılabilir. Uygulamanın türüne, günlük su ihtiyacı ve pompa hidrolik kayıplarına bağlı olarak pompa tipi seçilir.



Şekil-4 Dalgıç pompa ile derin kuyudan su çekilmesi.

Sistemde denetim birimi uygulamanın niteliğine bağlı olarak PV panel güneş izleyicisi, pompa yük regülatörü ve su seviye sensörleri içerebilir. Güneş izleyicisi gün boyu güneş ışınımının PV panel yüzeyine dik gelmesi için PV paneli yatay veya dikey olarak hareket ettirir. Pompa yük regülatörü, çevre sıcaklığı ve güneş ışınım şiddetiyle değişen PV panel güç çıkışı ile pompa yükü arasında optimum uyumun sağlanmasında kullanılır. Su seviye algılayıcıları ise deponun dolduğunu veya kuyuda suyun yeterli olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır. İhtiyaç fazlası üretilen elektrik veya pompalanan su güneşin olmadığı zamanlarda kullanılmak üzere depolanabilir. Fazla elektrik

bataryalarda, fazla su ise plastik, metal ve benzeri maddelerden yapılan havuzlarda yüksek bir yerde depolanır.

PV ile beslenen pompaya hareketi sağlayan motor alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) ile çalıştırılabilir. PV panelin doğru akım üretmesi nedeniyle bir çok uygulamada DC motorlar kullanılırken, kolay bulunabilmesi ve şebeke elektriği ile de çalışabilmesi nedeniyle AC motorların kullanıldığı uygulamalarda vardır. AC motorlar kullanıldığında doğru akımı alternatif akıma çevirmek için invertör kullanılmalıdır. İvertörün verimi yüke bağlı olarak %75 ile %96 arasında değişir. Alternatif akım motorunun verimi doğru akım motoruna göre daha düşüktür. Dünyada üretilen PV ile beslenen pompaların tamamı DC motordur ve 12-48 Volt ile çalışırlar.

### **DC Dalgıç Pompanın Matematik Modeli**

Suyu kuyudan depoya pompalayacak hidrolik güç, suyun taşınacağı toplam yükseklik, yer çekimi ivmesi, suyun akış hızının bir fonksiyonudur. Eşitlik 1'den hidrolik güç hesaplanabilir (Narvarte ve ark., 2000).

$$P_H = 2.725 \cdot Q \cdot H_V \quad (1)$$

Borularda sürtünme sonucu oluşan kayıpları,  $P_f$  dikkate aldığımızda istenilen suyu depoya aktarmak için gerekli elektrik gücü eşitlik 2'den hesaplanır.

$$P_{ELP} = \frac{P_H + P_f}{\eta_{MP}} \quad (2)$$

Eşitlikte  $\eta_{MP}$  motor pompa ikilisinin toplam verimidir.  $P_H + P_f$  pompanın çıkışındaki mekanik güçtür.  $P_f$  genellikle hidrolik gücün %10'u kadar kabul edilir (Cuadros ve ark., 2004). Pompa bu elektrik enerjisini güneş pilinden, rüzgar türbininden ve denetim biriminin izin verdiği kadarıyla akülerden karşılayacaktır. Eşitlik 3'te bataryadan çekilen gücün işareti denetim birimi tarafından belirlenecektir. Eğer aküler boş ise güneş pili ve rüzgar türbininden üretilen enerjinin bir kısmı bataryayı şarj etmek için kullanılacaktır. Güneş pili ve rüzgar

türbininden elde edilen toplam güç pompayı çalıştırmaya yetmediğinde ise bataryadan takviye alınabilecektir.

$$P_{ELP} = P_{PV} + P_W \pm P_B \quad (3)$$

Bir gün boyunca depoya pompalanacak suyun miktarı eşitlik 2, 3, ve 4'ün birleştirilmesi ile elde edilen eşitlik 5'ten hesaplanır.

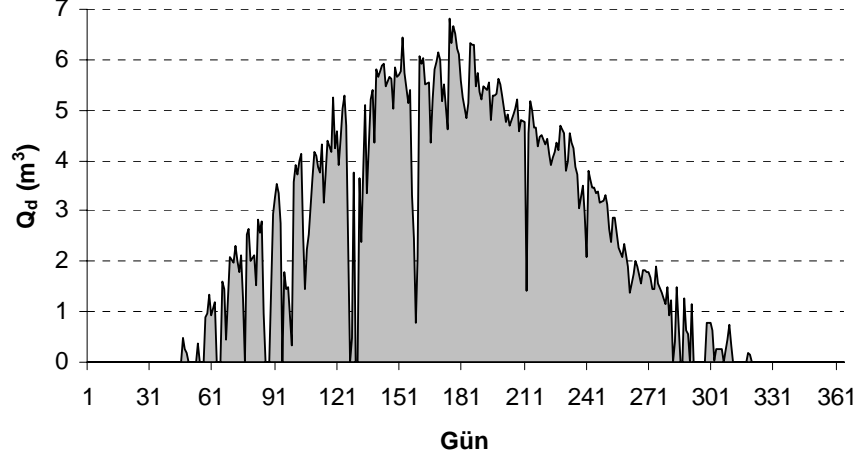
$$Q_d = \frac{V_H \cdot \eta_{MP}}{3.025 \cdot H_V} \int_{\text{gün}} (I_{PV} + I_W \pm I_B) \cdot dt \quad (4)$$

### **Sistemin Simülasyonu ve Bulgular**

Hibrid enerji sisteminin gerilimi 24 Volt olduğu için seçilecek pompa bu gerilimde çalışabilmelidir. Üretici firmalar pompanın teknik özelliklerinin yanı sıra performans eğrilerini de tüketicilere verirler. Bu eğriler kullanılarak pompanın verimi hesaplanabilir. Pompanın verimi suyun pompalanacağı toplam yüksekliğe ve uygulanan elektrik gücüne göre değişir. Simülasyon için SHURflo firmasınınca üretilen 9300 serisi 24 Voltluk DC dalgıç pompa seçilmiştir. (SHURflo, 2002). Suyun pompalanacağı kuyunun derinliği 60 m'dir, deponun yerden yüksekliği 10 metre olarak belirlendiğinde toplam suyun pompalanacağı yükseklik 70 metre olacaktır. Pompanın performans eğrisinden  $\eta_{MP}$  70 m için pompaya uygulanan elektrik gücüne bağlı olarak 0,38 ile 0,45 aralığında değişmektedir.

Sistem öncelikle aydınlatma amaçlı kurulduğu için denetim birimi akü grubu tam olarak şarj edilmeden pompayı çalıştırmayacak şekilde ayarlandı. Güneş rüzgâr hibrid enerji sisteminin simülasyonu 2001 yılında saatlik aralıklarla kaydedilmiş güneş ışınımı, rüzgâr hızı ve ortam sıcaklık değerleri kullanılarak MATLAB Simulink programında yapıldı ve günlük üretilen suyun yıl boyunca değişimi şekil-5'de gösterildi. Üretilen suyun %72,8'i PV panelden üretilen elektrik ile geri kalanı ise rüzgâr türbininden üretilen elektrik enerjisi ile pompalanmıştır. Aydınlatma ve su pompalamada kullanılan enerjinin birim fiyatı sistemin kullanım ömrü 20 yıl kabul edildiğinde 0.68\$/kWh olarak hesaplandı.





Şekil-5 Güneş-rüzgar hibrid sistemden beslenen dalgıç pompadan günlük elde edilen suyun yıl boyunca değişimi.

### Sonuç Ve Tartışma

Güneş-rüzgar hibrid enerji üretim sisteminin matematik modeline DC dalgıç pompa matematik modeli eklendi. Güneş ışınımı, rüzgar hızı ve ortam sıcaklığı değerleri kullanılarak MATLAB Simulink'te hibrid enerji üretim sisteminin aydınlatma ve pompa yükü ile simülasyonu yapıldı. Simülasyon sonunda kurulu olan hibrid enerji üretim sisteminin aydınlatmaya ek olarak Mart ayından başlayarak Ekim ayının ortasına kadar günde 1 m<sup>3</sup>'ün üzerinde su pompalanabileceği belirlendi. Elde edilen bu suyun sulama amaçlı kullanılabilmesi için zirai sulama konusunda uzman kişiler ile işbirliği yapılmalıdır.

### Özet

Bu makalede güneş-rüzgar hibrid enerji üretim sistemine bağlanacak su pompalama sisteminin simülasyon sonuçları gösterilmiştir. Hibrid enerji üretim sisteminin modelini oluşturan PV, rüzgar türbini, batarya ve pompanın matematik modelleri literatürden alındı. İntertör, konvertör, denetim birimi, yük ve şarj regülatörü gibi yardımcı elemanların modelleri ise elektrik elektronik bilgileri kullanılarak yazıldı. Sistemin simülasyonu MATLAB Simulink simülasyon programı ile yapıldı.

**Anahtar kelimeler:** Hibrid enerji üretim sistemi, güneş pili, rüzgar türbini, su pompalama.

## Simgeler

$Q_d$	Günlük su üretimi ( $m^3$ ).
$P_{ELP}$	Suyu pompalamak için kullanılan elektrik gücü (W).
$P_H$	Suyu pompalamak için gerekli hidrolik güç (W).
$P_W$	Rüzgar türbininin ürettiği elektrik gücü (W).
$P_{PV}$	PV panelden elde edilen elektrik gücü (W).
$P_B$	Bataryadan çekilen güç (W).
$I_W$	Rüzgar türbininin ürettiği akım (Amper).
$I_{PV}$	PV panelin ürettiği akım (Amper).
$I_B$	Batarya akımı (Amper).
$V_H$	Hibrid sistem gerilimi (Volt).
$Q$	Suyun akış hızı ( $m^2$ ).
$H_V$	Suyun pompalanacağı toplam yükseklik (m).
$\eta_{MP}$	Motor ve pompa ikilisinin toplam verimi.
$P_f$	Borularda sürtünmeden dolayı oluşan kayıp güç (W).

## Kaynaklar

Cuadros F. López-Rodríguez F, A. Marcos A., Coello J. 2004, A procedure to size solar-powered irrigation (photoirrigation) schemes, Solar Energy vol. 76, pp 465–473

Çolak, M., Özdamar, A., Engin, M., 2002. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Binasının Gece İç ve Dış Aydınlatmasının Rüzgar ve Güneş Enerjisinden Sağlanması, E. Ü. Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 98/BİL/004, s.71, İzmir.

Engin, M, Çolak M, 2001, PV-Wind hybrid energy sytem for lighting, International Solar Energy Society 2001 Solar World Congress, 25-30 November, Adelaide, Australia.

Engin, M, Çolak M, Sizing Photovoltaic-Wind Hybrid Energy System, International Solar Energy Society 2003 Solar World Congress, 18-23 June 2003, Gothenburg, Sweden.

Narvarte L., Lorenzo E., Caamano E., 2000, Pv Pumping Analytical Design And Characteristics Of Boreholes, Solar Energy Vol. 68, No. 1, pp. 49–56,

Özdamar, A., Özbalta, N., Yıldırım, E. D., 2000, Rüzgar ve Güneş Enerjilerinin Birbirlerini Tamamlaması, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, s.97-112, İstanbul.

SHURflo Pump Manufacturing Company, 2002 5900 Katella Ave Cypress, Ca 90630.